



MINISTÈRE
DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES
ET DE L'INDUSTRIE



MINISTÈRE DU BUDGET
DES COMPTES PUBLICS, DE LA FONCTION PUBLIQUE
ET DE LA RÉFORME DE L'ÉTAT

CONCOURS INTERNE POUR LE RECRUTEMENT DE TECHNICIENS SUPÉRIEURS DE L'INDUSTRIE ET DES MINES

SESSION 2011



ÉPREUVE ÉCRITE D'ADMISSIBILITÉ DU 23 FÉVRIER 2011



PHYSIQUE



(Durée : 3 heures - Coefficient : 2)

L'usage d'une calculatrice de poche est autorisé (standard, programmable ou alphanumérique) à condition qu'elle soit autonome et qu'elle ne comporte ni dispositif d'impression, ni dispositif externe de stockage d'information (cassette, bandes magnétiques, etc...).

Les notices de fonctionnement ne sont pas autorisées.

Le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction ; si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

REMARQUES IMPORTANTES :

- les copies doivent être rigoureusement anonymes et ne comporter aucun signe distinctif ni signature, même fictive, sous peine de nullité.
- le candidat s'assurera, à l'aide de la pagination, qu'il détient un sujet complet.

TOUTE NOTE INFÉRIEURE À 6 SUR 20 EST ÉLIMINATOIRE

Exercice I : Variation de la température au cours du traitement d'un effluent liquide.

Un pilote d'électrocoagulation servant pour le traitement d'un effluent liquide est constitué d'une cuve et de deux électrodes reliées à un générateur de courant continu. Les électrodes sont des plaques d'aluminium rectangulaires de surface active $S = 175 \text{ cm}^2$ et distantes de $L = 2,0 \text{ cm}$. L'intensité de travail I est de $5,0 \text{ A}$. Une pompe alimente le pilote en effluent d'une industrie textile, avec un débit D de 600 L.h^{-1} . L'effluent traité présente une conductivité γ de $2,4 \text{ mS.cm}^{-1}$ (milli Siemens par centimètre).

On donne l'expression de la résistance de l'effluent entre les électrodes : $R = \frac{L}{\gamma S}$ en Ω .

I.1. Calculer la résistance de la solution entre les électrodes.

I.2. Exprimer puis calculer la puissance P dissipée par effet Joule lorsque le module d'électrocoagulation fonctionne.

I.3. Vérifier que l'énergie dissipée par effet Joule en 1 h est $E = 4,3 \times 10^5 \text{ J}$.

I.4. On réalise un bilan énergétique sur une heure de fonctionnement.

I.4.1. Déterminer la masse d'effluent traité pendant 1,0 h.

I.4.2. Exprimer la quantité de chaleur reçue par l'effluent en fonction de la capacité thermique de l'effluent c_m , de la masse m de l'effluent et de la variation de température ΔT .

I.4.3. Evaluer la variation de température ΔT au cours du traitement de l'effluent.

Données : Capacité thermique massique de l'effluent : $c_m = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

Masse volumique de l'effluent $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$.

Exercice II : Radioactivité : Production d'énergie et radioprotection

La grande majorité de la production d'énergie électrique française est d'origine nucléaire.

Données

- $1 u$ (unité de masse atomique) = $1,6606 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- $c = 2,9979 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$

Masses de quelques particules		
proton	neutron	électron
$m_p = 1,6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$m_n = 1,6749 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$m_e = 9,1093 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Masses atomiques de quelques isotopes			
${}_{92}^{235}\text{U}$	${}_{58}^{146}\text{Ce}$	${}_{34}^{85}\text{Se}$	${}^2_1\text{H}$
235,044 u	145,910 u	84,922 u	2,0141 u

II.1. Les réacteurs nucléaires.

La production d'énergie dans les réacteurs à eau sous pression (REP) repose sur la fission de l'uranium 235. En effet, lorsqu'un neutron ${}_0^1n$ heurte un noyau d'uranium ${}_{92}^{235}\text{U}$, une des fissions possibles conduit à la formation d'un noyau de cérium ${}_{58}^{146}\text{Ce}$, d'un noyau de sélénium ${}_{34}^{85}\text{Se}$, ainsi qu'à un nombre α de neutrons.

II.1.1. Écrire l'équation complète de cette réaction nucléaire ; en déduire la valeur de α . Justifier en exprimant les lois appliquées.

II.1.2. Calculer la variation de masse Δm en unité de masse atomique u puis en kg qui accompagne la fission d'un noyau d'uranium 235.

II.1.3. Calculer, en joule et en MeV, l'énergie E libérée par cette réaction.

II.1.4. Une centrale nucléaire française utilisant de l'uranium 235 fournit au maximum une puissance électrique $P = 1455 \text{ MW}$.

La combustion d'un kilogramme de pétrole libère une énergie $E = 45 \times 10^6 \text{ J}$ sous forme de chaleur. Le rendement de la transformation d'énergie thermique en énergie électrique est de 34,2 %. En déduire la masse de pétrole qui serait nécessaire pour produire pendant un an la même énergie électrique qu'une centrale nucléaire française.

Donnée : 1 an = 365 jours

II.2. Étude des déchets et radioprotection

II.2.1. La fission de l'uranium 235 produit, entre autres nucléides, le césium 137, émetteur radioactif γ .

Un employé de la centrale reste accidentellement durant une heure à proximité de la source de 1,0 g de césium 137. Durant cette exposition, il absorbe, uniformément sur l'ensemble du corps, 5% des rayons γ d'énergie 0,66 MeV émis par cette source.

On suppose que l'activité de cette source est égale à $3,0 \times 10^{12}$ Bq.

II.2.1.1. Calculer l'énergie reçue pendant 1,0 h par l'employé de la centrale en MeV puis en J.

II.2.1.2. Sachant que l'employé a une masse de 70 kg, calculer la dose absorbée en gray (ou $J \cdot kg^{-1}$).

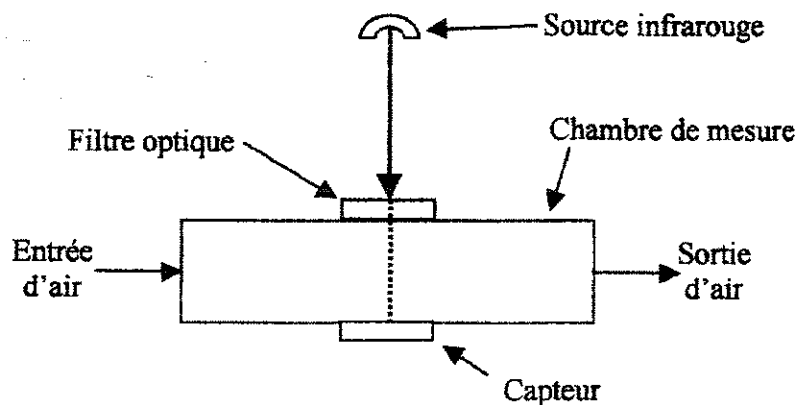
II.2.2. La notion de dose n'est pas suffisante pour expliquer les relations " doses-effets ". C'est pourquoi on lui assortit un paramètre " qualité " du rayonnement traduisant la nature du rayonnement incident. Ainsi le produit de ce coefficient appelé EBR par la dose absorbée traduit une " dose équivalente " exprimée en sievert (Sv) ; la dose maximale annuelle autorisée est de 50 mSv.

Calculer la dose absorbée reçue par l'employé de la centrale victime de l'accident sachant que l'EBR vaut dans ces conditions 0,06. Commenter ce résultat.

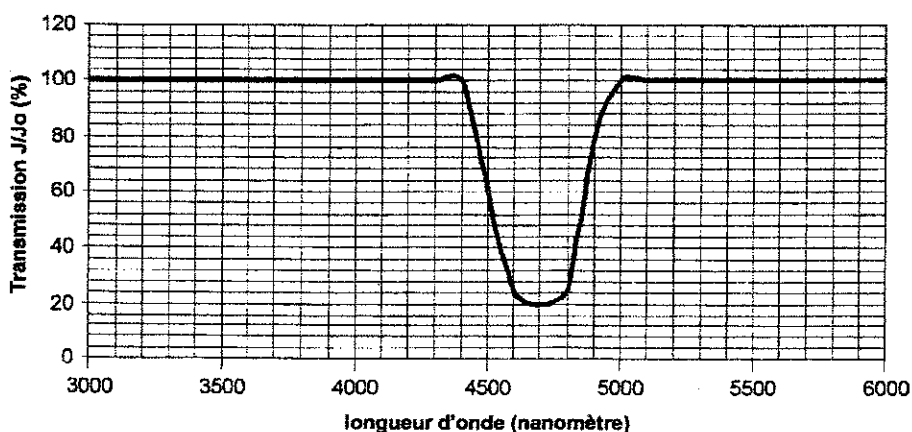
Exercice III : Détection de gaz polluants

Certains polluants atmosphériques absorbent le rayonnement infrarouge. On se propose d'étudier un dispositif de détection.

Un rayonnement infrarouge d'intensité lumineuse J_0 , émis par un filament chauffé, traverse un filtre optique monochromatique, une chambre de mesure puis est détecté par un capteur pyro électrique :



On appelle J l'intensité lumineuse du rayonnement infrarouge détectée par le capteur. Le spectre du gaz est la représentation du rapport $\frac{J}{J_0}$, exprimé en %, en fonction de la longueur d'onde λ du rayonnement. Il est donné ci-dessous :



Afin d'éviter toute confusion, nous appellerons l'intensité du courant électrique continu délivré par le capteur. On admettra que I est proportionnelle à l'intensité lumineuse J . L'intensité I dépend de la concentration C en gaz polluant dans l'air. Dans les conditions normales de température et de pression, la concentration C est donnée par la relation suivante :

$$C = 6,21 \cdot 10^2 \text{Ln} \left[\frac{I_0}{I} \right] \quad \text{Relation (1)}$$

On désigne par :

C : concentration en gaz polluant exprimée en ppm (parties par million) ;

I : intensité, exprimée en mA du courant de sortie (proportionnelle à l'intensité lumineuse J mesurée)

I_0 : intensité, exprimée en mA, de ce courant quand la concentration est nulle

Ln : logarithme népérien

III.1. Le capteur

III.1.1. En vous appuyant sur le spectre du monoxyde de carbone, quelle longueur d'onde λ doit-on utiliser pour détecter de manière optimale la présence du gaz polluant.

III.1.2. En déduire la fréquence f (en Hz) de l'onde lumineuse. On prendra la valeur de la célérité de la lumière dans le vide $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

III.1.3. A partir de la relation (1), montrer que l'intensité du courant I s'écrit sous la forme suivante :

$$I = I_0 e^{-kC}$$

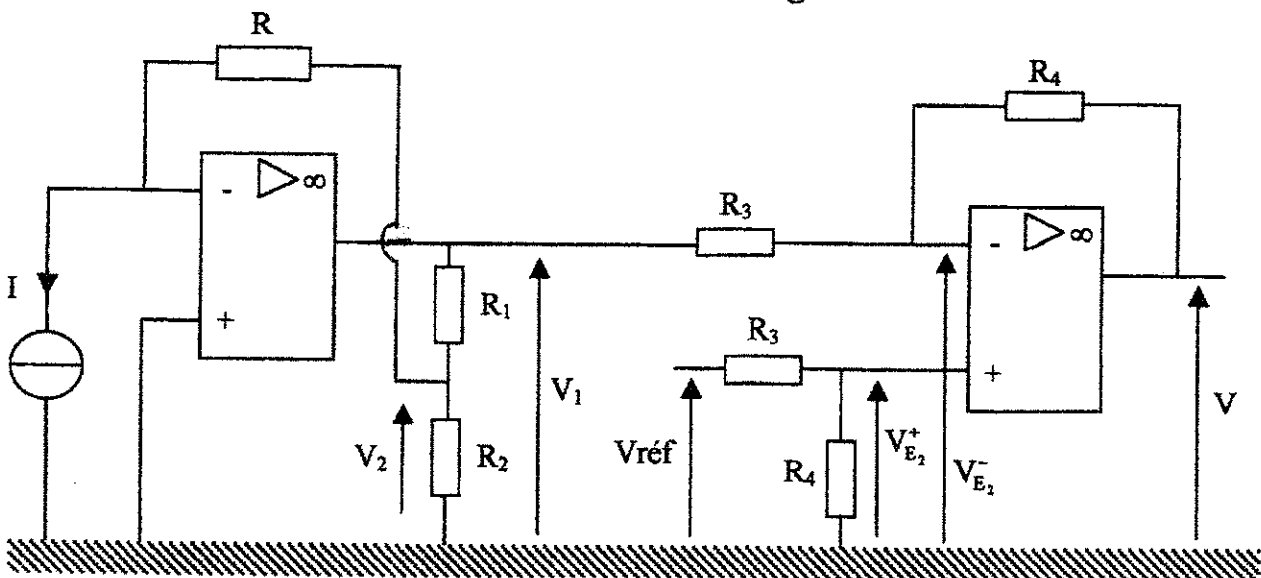
III.1.4. Donner la valeur du coefficient k , préciser son unité.

III.1.5. On donne $I_0 = 1 \text{ mA}$. En utilisant la relation établie précédemment, calculer l'intensité I du courant correspondant à une concentration en gaz polluant de 200 ppm. On exprimera le résultat à 10^{-2} près.

III.2. Traitement du signal

On suppose pour cette partie que l'intensité I du courant issu du détecteur varie de 1,00 mA à 0,72 mA quand la concentration du gaz varie de 0 ppm à 200 ppm.

On considère le montage ci-dessous où la source de courant représentée correspond au détecteur précédemment étudié.



Les amplificateurs opérationnels, supposés parfaits sont alimentés en +15 V, -15 V. Ces alimentations ne sont pas représentées sur le schéma. L'intensité I est négligeable devant celle du courant circulant dans les résistances R_1 et R_2 .

III.2.1. Exprimer la tension V_2 en fonction de V_1 , R_1 et R_2 .

III.2.2. Exprimer la tension V_2 en fonction de R et I .

III.2.3. En déduire l'expression de la tension V_1 en fonction de l'intensité I .

III.2.4. On donne $R_1 = R_2$ et $R = 5 \text{ k}\Omega$. Déterminer les valeurs extrêmes de la tension V_1 .

III.2.5. Exprimer $V_{E_2}^+$ en fonction de V_{ref} , R_3 et R_4 .

III.2.6. Exprimer $V_{E_2}^-$ en fonction de V , V_1 , R_3 et R_4 .

III.2.7. On pose $A = \frac{R_4}{R_3}$. Déduire des deux résultats précédents que la tension V peut se mettre sous la forme suivante : $V = A(V_{ref} - V_1)$.

III.2.8. On souhaite obtenir $V = 0$ V pour $V_1 = 10$ V et $V = 10$ V pour $V_1 = 7,2$ V. Déterminer les valeurs de l'amplification A ainsi que celle de la tension V_{ref} .

Exercice IV: Surveillance de la pollution de l'atmosphère terrestre

Chaque gaz possédant un rayonnement qui lui est proche, il est possible de surveiller et d'évaluer les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère terrestre à l'aide de satellites.

La Terre est assimilée à une sphère homogène de masse M_T , de centre T et de rayon R_T . On admettra que la force de gravitation, qu'elle exerce sur les objets situés à une distance $r > R_T$ de son centre T, est la même que si toute la masse M_T était concentrée en T.

Un satellite artificiel de la Terre, de masse m , est en orbite circulaire à l'altitude $h = 300$ km au-dessus de la Terre.

IV.1. Rappeler la loi de la gravitation universelle. On notera G la constante de gravitation.

IV.2. Appliquer la deuxième loi de Newton ou relation fondamentale de la dynamique au satellite et montrer que le mouvement circulaire est uniforme.

IV.3. Déterminer l'expression de sa vitesse en fonction de $r = R_T + h$, G et M_T .

IV.4. Les satellites de type SPOT évoluent sur des orbites circulaires d'altitude 830 km environ. Leur vitesse est-elle plus grande, plus petite ou égale à celle du satellite précédent. Justifier.

IV.5. Exprimer la période de révolution du satellite en fonction de G , R_T , h et M_T .

IV.6. Montrer que la troisième loi de Képler est vérifiée.