BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

L'usage des calculatrices EST autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.

La feuille d'annexe (page 9/9) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE.

EXERCICE I : RÉACTIONS TOTALES ? (7 points)

Les trois parties de l'exercice sont indépendantes.

1. L'ammoniac

La synthèse industrielle de l'ammoniac s'effectue en phase gazeuse. Les réactifs dihydrogène et diazote sont introduits dans les proportions stœchiométriques. La réaction a lieu en présence d'un catalyseur qui est du ruthénium sur un support de graphite, sous une pression comprise entre 100.10^5 Pa et 200.10^5 Pa et à une température comprise entre 350°C et 500°C.

D'après : http://www.iupac.org

L'équation associée à la réaction de synthèse est :

$$N_{2\,(g)} + 3\,H_{2\,(g)} = 2\,NH_{3\,(g)}$$

Dans un réacteur, on mélange $1{,}0.10^2$ mol de diazote et $3{,}0.10^2$ mol de dihydrogène.
Le taux d'avancement final de cette réaction est $\tau = 0{,}70$.

1.1. Donner l'expression du taux d'avancement final et la signification des termes utilisés.

1.2. La réaction de synthèse de l'ammoniac est-elle une réaction totale ? Justifier la réponse.

1.3. Établir le tableau d'avancement relatif à cette réaction.

En déduire la composition finale en quantité de matière du mélange.

1.4. Quel intérêt a-t-on d'un point de vue microscopique à choisir une température élevée lors d'une transformation chimique ?

1.5. Quel est le rôle du catalyseur dans la synthèse de l'ammoniac ?

2. La solution aqueuse d'ammoniac

Données *: dans les conditions expérimentales de l'exercice on a :*

- *volume molaire d'un gaz : $V_m = 24{,}0\ L.mol^{-1}$;*
- *produit ionique de l'eau : $K_e = 1{,}0.10^{-14}$.*

Un volume gazeux d'ammoniac $v = 2{,}4.10^{-1}$ L est dissous dans de l'eau distillée pour obtenir $V_s = 1{,}0$ L de solution aqueuse d'ammoniac S.

2.1. Donner l'expression, puis calculer la quantité de matière d'ammoniac n_0 contenue dans le volume gazeux v.

2.2. Le pH de la solution S est mesuré et a pour valeur 10,6.

2.2.1. Rappeler la définition d'une base selon Brønsted.

2.2.2. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique de l'ammoniac avec l'eau.

2.2.3. Calculer la quantité de matière en ions hydroxyde présente dans la solution S.

2.2.4. La transformation chimique associée à la réaction dont l'équation a été écrite en 2.2.2 est-elle totale ? Justifier la réponse.

2.3. Détermination de la constante d'acidité.

2.3.1. Donner l'expression de la constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction 2.2.2 et déterminer sa valeur.

2.3.2. En déduire la valeur de la constante d'acidité K_a du couple : NH_4^+ / NH_3.

3. Étude d'un mélange d'acide éthanoïque et d'une solution aqueuse d'ammoniac

Données *: dans les conditions expérimentales de l'exercice on a :*

- *produit ionique de l'eau* $K_e = 1{,}0.10^{-14}$;
- pK_a *du couple* $NH_4^+/NH_3 = 9{,}2$;
- pK_a *du couple* $CH_3CO_2H/CH_3CO_2^- = 4{,}8$.

Expérience :

État initial : dans un bécher on introduit $V_A = 100{,}0$ *mL d'une solution d'acide éthanoïque de concentration* $c_A = 1{,}0.10^{-1}$ *mol.L*$^{-1}$ *et* $V_B = 40{,}0$ *mL d'une solution aqueuse d'ammoniac de concentration* $c_B = 5{,}0.10^{-1}$ *mol.L*$^{-1}$*. Dans cet état, on néglige la présence d'ions* $CH_3CO_2^-$ *et* NH_4^+*. Toutes les grandeurs relatives à cet état seront notées avec i en indice.*
État d'équilibre : le pH du mélange est mesuré et a pour valeur 9,2. Toutes les grandeurs dans cet état seront notées avec eq en indice.

Questions :

La transformation chimique qui a lieu est modélisée par la réaction chimique d'équation :

$$CH_3CO_2H_{(aq)} + NH_{3(aq)} = CH_3CO_2^-{}_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)} \quad \text{(équation1)}$$

3.1. Détermination du quotient de réaction

3.1.1. Donner l'expression littérale puis calculer le quotient de réaction du système dans l'état d'équilibre : $Q_{r,eq}$.

3.1.2. Quelle est la valeur du quotient de réaction dans l'état initial $Q_{r,i}$? Le comparer à $Q_{r,eq}$ et conclure sur l'évolution du système.

3.2. Composition du mélange

3.2.1. Pour le couple NH_4^+/NH_3, tracer le diagramme de prédominance des espèces en fonction du pH.

3.2.2. En déduire la relation entre $[NH_3]_{eq}$ et $[NH_4^+]_{eq}$ dans le mélange étudié.

3.3. Donner, en la justifiant, la relation entre $[NH_4^+]_{eq}$ et $[CH_3CO_2^-]_{eq}$.

3.4. La mesure de la conductivité de la solution S a permis de connaître la concentration en ion ammonium lorsque l'équilibre est atteint. Sa valeur est $[NH_4^+]_{eq} = 7{,}1.10^{-2}$ mol.L^{-1}.

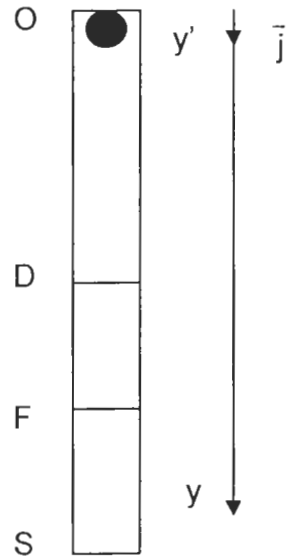
3.4.1. En déduire la quantité de matière des espèces NH_4^+, $CH_3CO_2^-$, NH_3 et CH_3COOH présentes dans le mélange à l'équilibre. On pourra s'aider éventuellement d'un tableau d'avancement.

3.4.2. La transformation chimique entre l'acide éthanoïque et l'ammoniac, modélisée par la réaction chimique d'équation 1, est-elle totale ?

EXERCICE II : DÉTERMINATION DE LA VISCOSITÉ DU GLYCÉROL (5 points)

Expérience et données:

On réalise l'expérience suivante :
Un long tube OS, fermé aux deux extrémités, contient du glycérol de viscosité η et une bille en acier.
Le tube est retourné à l'instant t = 0, la bille se trouve alors en haut du tube sans vitesse initiale puis elle tombe verticalement dans le glycérol.



Données :
accélération de la pesanteur g = 9,81 m.s^{-2}

Tube *:*
hauteur : d =OS = 40 cm
deux traits horizontaux, utiles dans la partie 2, ont été tracés en D et F..

Bille *:*
masse volumique de l'acier : ρ_s = 7850 kg.m^{-3}
rayon de la bille : R = 6,0.10^{-3} m
volume de la bille V

Glycérol :
masse volumique : ρ_{gly} = 1260 kg.m^{-3}
la viscosité η s'exprime en Pa.s (pascal×seconde).

L'étude est effectuée dans le référentiel de laboratoire supposé galiléen.
L'axe pour l'étude est l'axe y'y vertical orienté vers le bas sur le schéma ci-dessus, de vecteur unitaire $\vec{j}$.

1. Les forces

1.1. Donner l'expression vectorielle du poids de la bille $\vec{P}$ en fonction de ρ_s, V, g et $\vec{j}$.

1.2. Donner l'expression vectorielle de la poussée d'Archimède $\vec{F}_A$ s'exerçant sur la bille en fonction de ρ_{gly}, V, g et $\vec{j}$.

1.3. L'intensité de la force de frottement, donnée par la loi de Stokes, a pour expression f = kηRv ; v est la valeur de la vitesse de chute de la bille, et k une constante sans dimension.
Donner l'expression vectorielle de la force de frottement $\vec{f}$.

1.4. Représenter ces forces sur un schéma sans souci d'échelle.

2. Détermination de la viscosité du glycérol, principe du viscosimètre

Au cours de la chute, la bille atteint très rapidement sa vitesse limite, notée v_{lim}. Lorsque la bille passe devant le trait D et au-delà, sa vitesse est constante.
La durée de chute Δt_{ch} de la bille, entre les deux traits D et F qui sont distants d'une hauteur L, est mesurée.

2.1. Exprimer la vitesse de chute limite v_{lim} en fonction de Δt_{ch} et L.

2.2. Écrire la relation vectorielle entre les forces s'exerçant sur la bille lorsqu'elle se trouve entre les deux traits D et F. Justifier la réponse.

2.3. En déduire l'expression de la viscosité du glycérol $\eta = C(\rho_s - \rho_{gly})(\Delta t_{ch})$ avec :

$$C = \frac{gV}{kRL}$$

2.4. Calculer la valeur de η, sachant que $C = 7{,}84.10^{-4}\ m^2.s^{-2}$ et $\Delta t_{ch} = 0{,}29$ s.

2.5. La courbe représentant la viscosité du glycérol en fonction de la température est donnée **en annexe à rendre avec la copie.**
Déterminer graphiquement la température à laquelle l'expérience a été réalisée.

3. Étude du mouvement de chute de la bille

Le début de la chute a été filmé, puis le traitement de la vidéo a permis d'obtenir la représentation de la vitesse de la bille en fonction du temps. Cette représentation est donnée ***en annexe à rendre avec la copie.***

3.1. Exploitation de l'expérience.

3.1.1. Identifier graphiquement les deux phases d'évolution de la vitesse et les nommer.

3.1.2. Déterminer graphiquement :

- le temps caractéristique τ de l'évolution de la valeur de la vitesse de la bille ;
- la valeur de la vitesse limite v_{lim} atteinte par la bille.

3.1.3. Comment le graphe v = f(t) permet-il d'étudier l'évolution de l'accélération au cours du temps ? Décrire cette évolution.

3.2. Étude théorique.

3.2.1. Par application de la seconde loi de Newton, établir l'équation différentielle vérifiée par la valeur de la vitesse v de la bille.
L'écrire sous la forme $\frac{dv}{dt} = A + B.v.$

3.2.2. Calculer A et préciser son unité.

3.2.3. En déduire la valeur de l'accélération a_0 de la bille à l'instant t = 0.

EXERCICE III : LE RADON ET SES DESCENDANTS. (4 points)

Le radon 222 est un gaz incolore, inodore et insipide qui provient de la désintégration de l'uranium dans la croûte terrestre. Sa ***demi-vie radioactive de 3,82 jours*** *est très courte mais il est régénéré en tant que membre de la filiation radioactive de l'uranium 238. L'inhalation du radon et de ses descendants représente pour la population française le tiers de l'exposition moyenne aux rayonnements ionisants. Sa présence est plus importante dans les régions granitiques et volcaniques.*
La principale voie d'infiltration du radon dans une maison est le sol sur lequel le bâtiment est construit. Le radon s'accumule de préférence dans des endroits clos et peu ventilés comme les caves et, dans les maisons modernes, les vides sanitaires. Dans la plupart des cas, les moyens pour diminuer les concentrations élevées en radon sont simples : aérer et ventiler les maisons, les sous-sols et les vides sanitaires ; améliorer l'étanchéité des murs et des planchers.
Le radon 222 se désintègre en donnant successivement dans un court délai du polonium 218, du plomb 214, du bismuth 214, du polonium 214, et du plomb 210. Tous ces descendants sont solides. Les quatre premiers peuvent être inhalés sous forme d'aérosols et se déposer sur les cellules pulmonaires.*
La nocivité du radon est surtout due aux désintégrations alpha de ses descendants. L'énergie émise lors des désintégrations alpha est de 6,13 MeV ou 7,85 MeV

**aérosol : ensemble de particules, solides ou liquides, en suspension dans un milieu gazeux.*

D'après : http://www.laradioactivite.com

Données :

Unité de masse atomique : u	$1\ u = 1{,}6605402.10^{-27} kg$
Électronvolt : eV	$1\ eV = 1{,}60210.10^{-19} J$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3{,}00.10^{8}\ m.s^{-1}$

Nom	plomb	bismuth	polonium	radon
Symbole	Pb	Bi	Po	Rn
Z	82	83	84	86

Nom du noyau ou de la particule	polonium 214	bismuth 214	électron
masse en u	$m_{Po} = 213{,}995176$	$m_{Bi} = 213{,}998691$	$m_e = 5{,}49.10^{-4}$

Constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02.10^{23}\ mol^{-1}$.

Masse molaire du radon 222 : $M = 222{,}0\ g.mol^{-1}$.

1. Désintégration du radon 222

1.1. Donner la définition d'un noyau radioactif.

1.2. En s'aidant du texte, écrire les équations de désintégrations successives permettant d'obtenir les trois premiers descendants du radon 222.

1.3. Indiquer dans chaque cas le type de radioactivité.

2. Bilan énergétique des descendants du radon 222

2.1. L'équation de désintégration du bismuth 214 est :

$$^{214}_{83}Bi \rightarrow {}^{214}_{84}Po + {}^{0}_{-1}e$$

Donner l'expression de la variation d'énergie lors de la désintégration du bismuth 214 ; préciser les unités des grandeurs dans le Système International.

2.2. Calculer l'énergie émise, en MeV, lors de cette désintégration. Toutes les étapes du calcul devront apparaître.

3. Activité du radon 222

La mesure de l'activité du radon dans une cave a donné un résultat de six mille becquerels par mètre cube d'air.

Un noyau radioactif peut être caractérisé par sa constante radioactive λ. *L'activité d'un échantillon radioactif à un instant t, notée A(t), est liée au nombre de noyaux radioactifs N(t) dans l'échantillon au même instant par la relation :* $A(t) = \lambda . N(t)$.

La demi-vie radioactive est liée à la constante radioactive λ *par la relation :* $\lambda . t_{1/2} = ln2$.

3.1. Calculer la valeur de λ pour le radon 222.

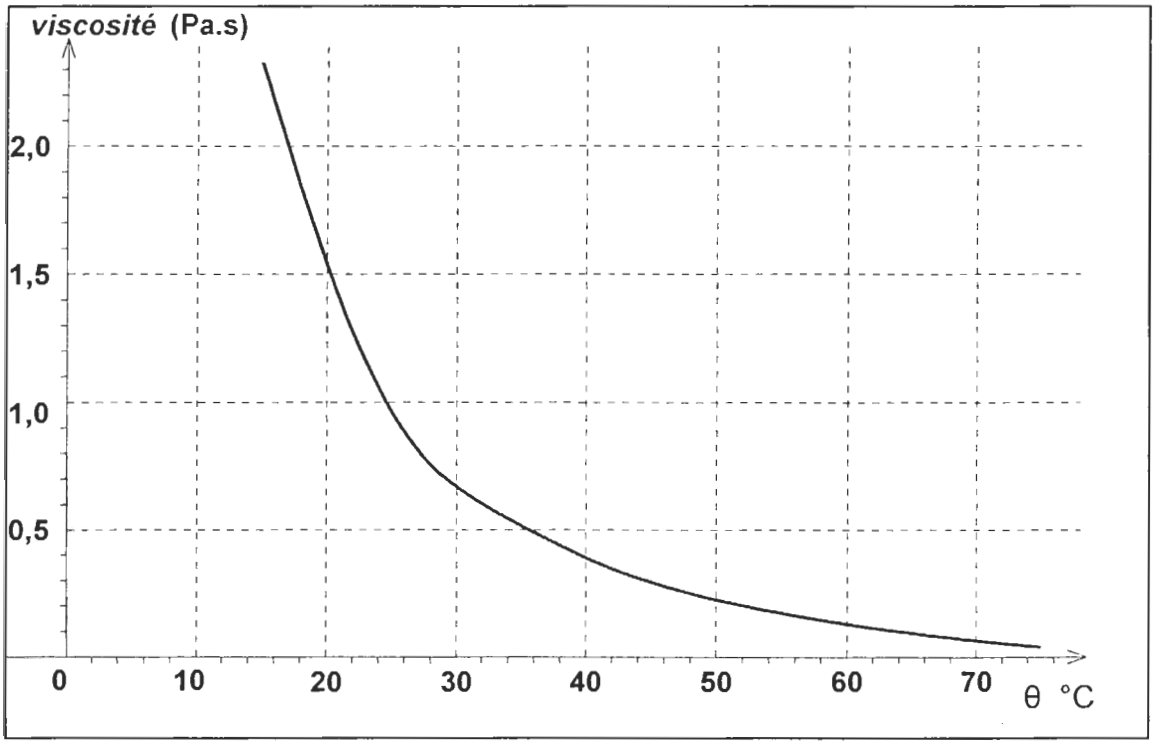
3.2. Quelle est la masse de radon 222 contenue dans 1,0 m^3 d'air de cette cave ? Toutes les étapes du raisonnement devront apparaître et le résultat sera d'abord donné sous forme littérale.

3.3. La loi de décroissance de l'activité en fonction du temps est $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$. En supposant que le radon ne s'infiltre plus et ne s'échappe pas de cette cave, au bout de combien de jours l'activité du radon 222 sera-t-elle de 400 $Bq.m^{-3}$, seuil au dessus duquel l'Union Européenne recommande d'entreprendre des mesures correctrices simples ?

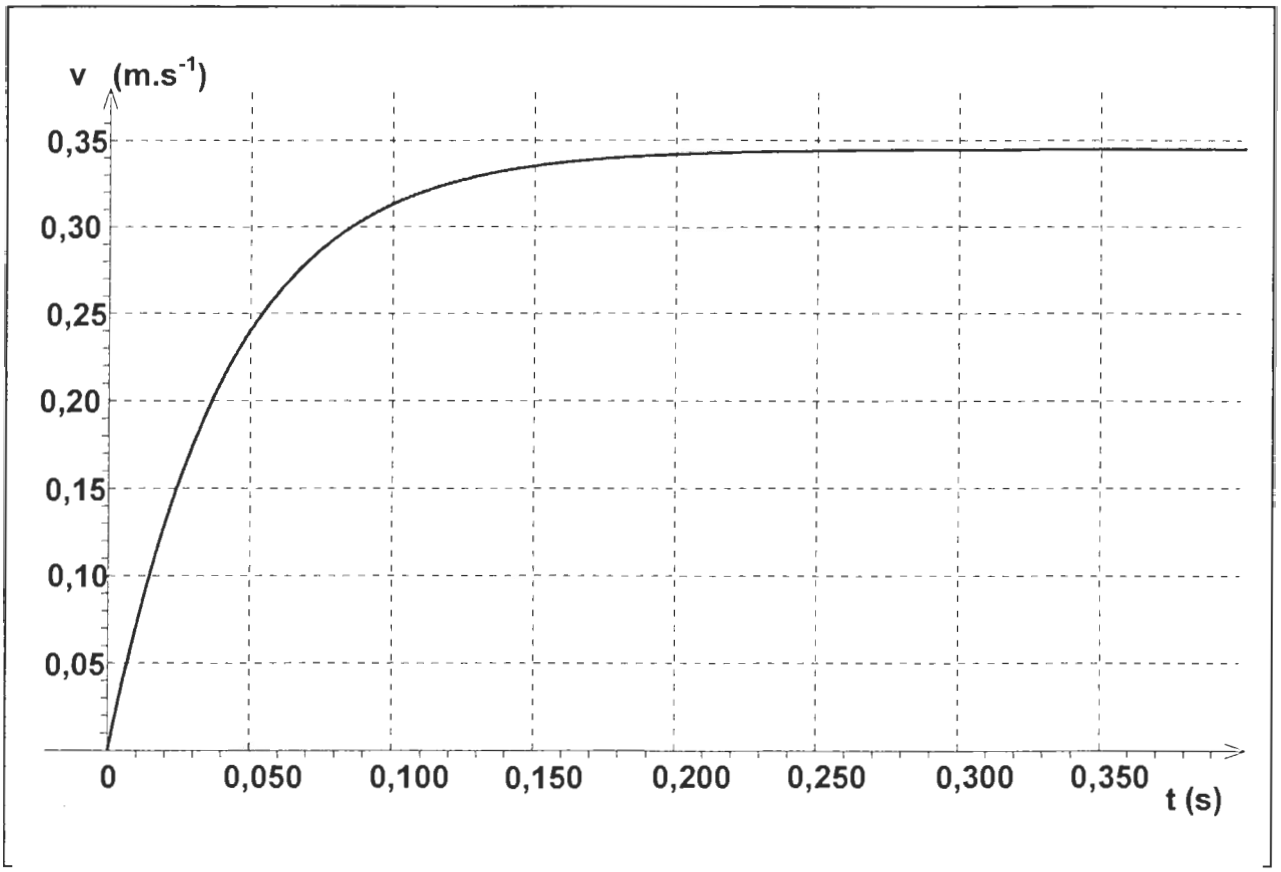
3.4. Quelles mesures simples faut-il prendre pour diminuer la concentration en radon dans cette cave ?

EXERCICE II ANNEXE à rendre avec la copie

2.5. Courbe représentant la viscosité du glycérol en fonction de la température

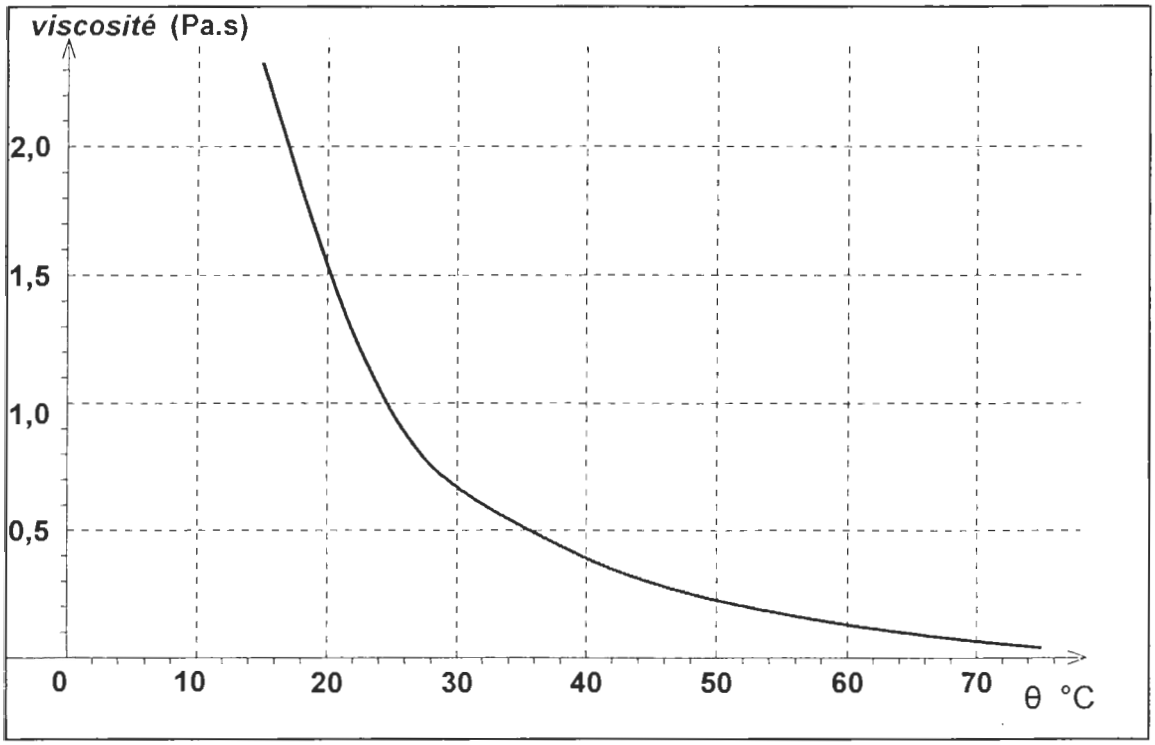


3. Étude du mouvement de chute de la bille



EXERCICE II ANNEXE à rendre avec la copie

2.5. Courbe représentant la viscosité du glycérol en fonction de la température



3. Étude du mouvement de chute de la bille

