

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8

*L'usage des calculatrices EST autorisé.*

**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.**

**Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10**

**La feuille d'annexe (page 10/10) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE.**

## EXERCICE I : RÉACTIONS TOTALES ? (7 points)

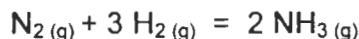
Les trois parties de l'exercice sont indépendantes.

### 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  $100 \cdot 10^5$  Pa et  $200 \cdot 10^5$  Pa et à une température comprise entre  $350^\circ\text{C}$  et  $500^\circ\text{C}$ .

D'après : <http://www.iupac.org>

L'équation associée à la réaction de synthèse est :



Dans un réacteur, on mélange  $1,0 \cdot 10^2$  mol de diazote et  $3,0 \cdot 10^2$  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 :  $V_m = 24,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;
- produit ionique de l'eau :  $K_e = 1,0 \cdot 10^{-14}$ .

Un volume gazeux d'ammoniac  $v = 2,4 \cdot 10^{-1}$  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 :  $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$ .

### 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  $K_e = 1,0 \cdot 10^{-14}$  ;
- $pK_a$  du couple  $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3 = 9,2$  ;
- $pK_a$  du couple  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} / \text{CH}_3\text{CO}_2^- = 4,8$ .

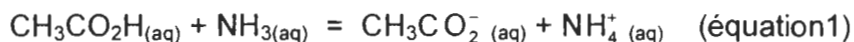
#### **Expérience** :

**État initial** : dans un bécher on introduit  $V_A = 100,0 \text{ mL}$  d'une solution d'acide éthanoïque de concentration  $c_A = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  et  $V_B = 40,0 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse d'ammoniac de concentration  $c_B = 5,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ . Dans cet état, on néglige la présence d'ions  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$  et  $\text{NH}_4^+$ . 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 :



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  $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$ , tracer le diagramme de prédominance des espèces en fonction du pH.

3.2.2. En déduire la relation entre  $[\text{NH}_3]_{eq}$  et  $[\text{NH}_4^+]_{eq}$  dans le mélange étudié.

3.3. Donner, en la justifiant, la relation entre  $[\text{NH}_4^+]_{eq}$  et  $[\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{eq}$ .

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  $[\text{NH}_4^+]_{\text{eq}} = 7,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

3.4.1. En déduire la quantité de matière des espèces  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$ ,  $\text{NH}_3$  et  $\text{CH}_3\text{COOH}$  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 éthanóique 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  $\eta$  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.

	<p><b><u>Données :</u></b> accélération de la pesanteur <math>g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}</math></p> <p><b><u>Tube :</u></b> hauteur : <math>d = OS = 40 \text{ cm}</math> deux traits horizontaux, utiles dans la partie 2, ont été tracés en D et F..</p> <p><b><u>Bille :</u></b> masse volumique de l'acier : <math>\rho_s = 7850 \text{ kg.m}^{-3}</math> rayon de la bille : <math>R = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}</math> volume de la bille <math>V</math></p> <p><b><u>Glycérol :</u></b> masse volumique : <math>\rho_{gly} = 1260 \text{ kg.m}^{-3}</math> la viscosité <math>\eta</math> s'exprime en Pa.s (pascal×seconde).</p>
--	---

**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  $\rho_s$ ,  $V$ ,  $g$  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  $\rho_{gly}$ ,  $V$ ,  $g$  et  $\vec{j}$ .
- 1.3. L'intensité de la force de frottement, donnée par la loi de Stokes, a pour expression  $f = k\eta Rv$  ;  $v$  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  $\Delta t_{ch}$  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  $\Delta t_{ch}$  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  $\eta$ , sachant que  $C = 7,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$  et  $\Delta t_{ch} = 0,29 \text{ s}$ .
- 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  $\tau$  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 : TUYAUX SONORES. (4 POINTS)

#### Données :

La célérité du son dans l'air est  $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$  à  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### 1. Ondes sonores

1.1. Une source sonore émet en continu un son dans l'air.

Caractériser l'onde sonore qui se propage dans l'air en utilisant tout ou partie du vocabulaire suivant :

*progressive, électromagnétique, transversale, mécanique, longitudinale, stationnaire.*

1.2. Un auditeur peut déterminer la direction dans laquelle est située une source sonore  $S$ , sans la voir, quand le retard entre les vibrations reçues par ses deux oreilles  $D$  (droite) et  $G$  (gauche) est au moins égal à  $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ s}$ .

L'auditeur pourra-t-il définir la direction de la source sonore  $S$  si celle-ci est située à  $7,20 \text{ m}$  de son oreille droite et à  $7,10 \text{ m}$  de son oreille gauche, la température étant de  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  ?

#### 2. Tuyaux sonores à embouchure de flûte

Les tuyaux sonores à embouchure de flûte équipent en partie les tuyaux d'orgues.

Un tuyau sonore à embouchure de flûte, comprend un biseau ; l'air vient frapper ce biseau, il en découle une mise en oscillation de la colonne d'air à l'intérieur du tuyau. Ces tuyaux sont considérés comme des tuyaux ouverts au niveau de l'embouchure. L'autre extrémité du tuyau peut être :

- soit ouverte, le tuyau sonore est alors un tuyau ouvert aux deux extrémités.
- soit fermée, le tuyau est alors ouvert à une extrémité, fermé à l'autre.

**À une extrémité ouverte, est toujours situé un ventre de vibration noté V.**

**À une extrémité fermée, est toujours situé un nœud de vibration noté N.**

##### 2.1. Tuyau sonore ouvert aux deux extrémités

Un tuyau sonore de longueur  $L$  ouvert aux deux extrémités émet à  $\theta = 15 \text{ }^\circ\text{C}$  un son de fréquence  $f = 262 \text{ Hz}$ . L'état vibratoire du mode fondamental du tuyau peut être représenté de la manière suivante :

    V        N        V    

2.1.1. A quel type d'ondes appartient le mode de vibration de la colonne d'air ?

2.1.2. Parmi les caractéristiques suivantes d'un son : intensité, hauteur, timbre, quelle est celle qui correspond à la fréquence du son ?

2.1.3. Dans le cas d'une corde tendue entre deux points fixes, donner la relation entre la distance qui sépare deux ventres ou deux nœuds successifs en fonction de la longueur d'onde.

Sachant qu'elle reste valable dans le cas du tuyau sonore, en déduire la relation entre  $L$ ,  $v$ , et  $f$ .

2.1.4. Justifier l'affirmation suivante d'un élève : « À un tuyau sonore long correspond un son grave ».

2.1.5. Exprimer, en fonction de  $f$ , la longueur  $L_2$  du tuyau qui émettrait un son dont le fondamental correspondrait à l'harmonique de rang 2 du tuyau de longueur  $L$ .

En déduire la relation entre  $L_2$  et  $L$ .

## 2.2. Tuyau sonore fermé à une extrémité

Soit un tuyau à embouchure de flûte de longueur  $L_0$ , mais fermé à l'autre extrémité.

Ce tuyau est représenté ci-dessous dans le mode fondamental :



2.2.1. Par analogie avec une corde tendue entre deux points fixes, exprimer la fréquence  $f_0$  du mode fondamental émis par ce tuyau en fonction de  $v$  et  $L_0$ .

2.2.2. Un élève affirme : « Un tuyau ouvert aux deux extrémités sonne avec une fréquence double de celle d'un tuyau de même longueur, fermé à une extrémité ». Est-ce vrai ou faux ? Justifier la réponse.

## 2.3. Influence de la température sur la fréquence du son émis

**Données** : La vitesse du son dans l'air est proportionnelle à  $\sqrt{T}$ .

$T$  est la température absolue, exprimée en Kelvin (K) ; elle est reliée à  $\theta$ , température exprimée en degré Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) par la relation :  $T = 273,15 + \theta$

**Expérience** : Le tuyau sonore est celui de longueur  $L$  étudié en 2.1.

On rappelle que lorsque la température  $\theta$  était égale à  $15^{\circ}\text{C}$ , la célérité du son dans l'air était  $v$  et le son émis avait une fréquence  $f$  égale à  $262\text{ Hz}$ .

On réalise une nouvelle expérience au cours de laquelle la température de l'air a augmenté de  $7^{\circ}\text{C}$  ; la vitesse du son est devenue  $v'$  et la fréquence du son alors émis est  $f'$ .

### Questions :

2.3.1. Exprimer la célérité  $v$  du son dans l'air à la température absolue  $T$ .

Exprimer la célérité  $v'$  du son dans l'air à la température absolue  $T'$ .

En déduire l'expression de  $v'$  en fonction de  $T$ ,  $T'$  et  $v$ .



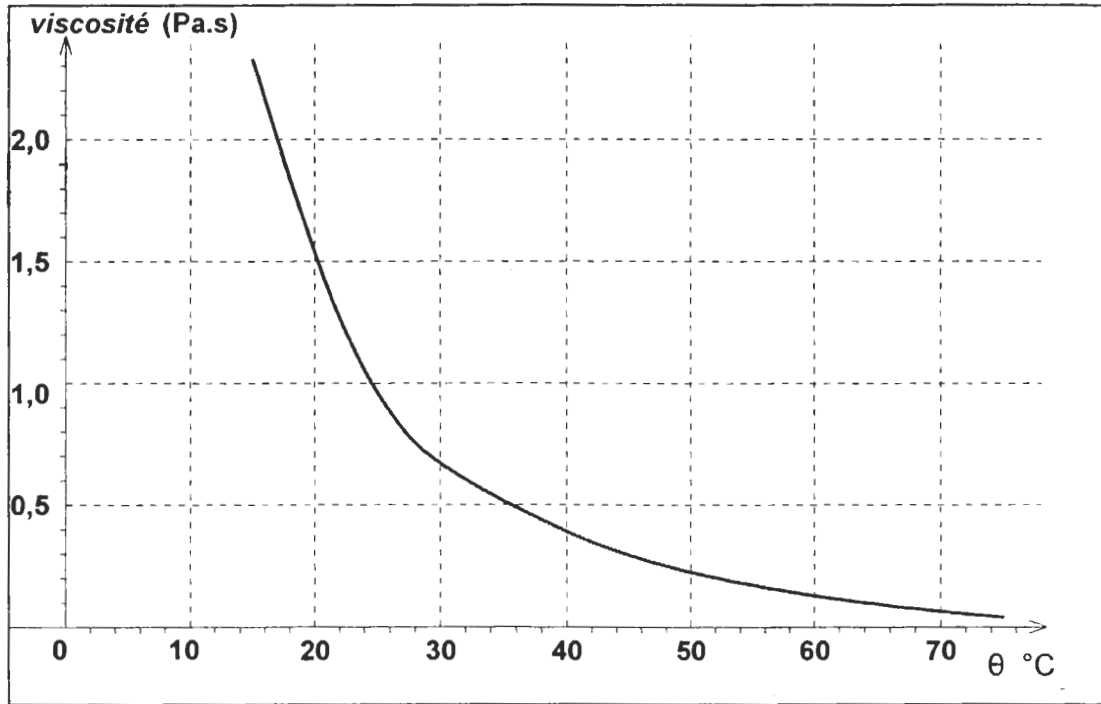
2.3.2. Montrer que la nouvelle fréquence  $f'$  du son à la température  $T'$  est donnée par la relation  $f' = \sqrt{\frac{T'}{T}} \cdot f$ .

2.3.3. Une oreille moyenne distingue deux sons de fréquence  $f$  et  $f'$  si le rapport  $\log \frac{f'}{f}$  est supérieur à  $5 \cdot 10^{-3}$ .

L'oreille moyenne pourra-t-elle distinguer les deux sons émis avec un écart de température de  $7^\circ\text{C}$  ?

**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**

