



Baccalauréat STL B

Épreuve de physique chimie

Session de juin 2014
Antilles Guyane

02/07/2014
<http://www.udppc.asso.fr>

Corrigé

Partie A : la scintigraphie osseuse (8,5 points)

A.1. Désintégration du noyau radioactif utilisé pour la scintigraphie

A.1.1. D'après l'annexe A1 page 4, pourquoi la caméra utilisée pour cette technique est-elle appelée « gamma caméra » ?

On peut lire sur le document que « le technétium 99 métastable est un émetteur de rayons γ ». La caméra est donc sensible à ce rayonnement, d'où son nom.

A.1.2. Donner la signification des nombres 42 et 99 pour le noyau du molybdène 99. Vérifier que ce noyau contient 57 neutrons. En utilisant le document de l'annexe A3 page 5 ci-après, expliquer pourquoi ce nucléide est radioactif.

42 correspond au nombre de protons, 99 est le nombre de nucléons (protons et neutrons) présents dans le noyau.

Parmi les 99 nucléons, 42 sont des protons, le reste : $99 - 42 = 57$ sont des neutrons.

D'après le document A3, un noyau pour lequel $N = 57$ et $Z = 42$ se situe dans la zone des nucléides se désintégrant selon le mode β^- : il est donc radioactif.

A.1.3. Le nucléide ${}_{42}^{99}\text{Mo}$ se désintègre en technétium ${}_{43}^{99}\text{Tc}$ en émettant également une particule.

A.1.3.1. Écrire l'équation de la réaction de désintégration nucléaire du molybdène et identifier la particule émise en précisant les lois de conservation utilisées.



La particule est un électron.

On utilise les règles lois de conservation des nombres totaux de masse et de charge :

$$99 = 99 + 0$$

$$42 = 43 + -1$$

A.1.3.2. De quel type de radioactivité s'agit-il ? Préciser, en justifiant, si votre réponse est en accord avec les indications du document de l'annexe A3 page 5.

Il s'agit de radioactivité β^- , ce qui est en accord avec le document A3.

A.1.3.3. Le noyau ${}_{43}^{99}\text{Tc}$ est également instable. Expliquer, à partir du document A3 page 5, quel type de désintégration est mis en jeu.

Pour le noyau ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ on a : $N = 56$ et $Z = 43$, on est toujours en dessous de la zone de stabilité, il s'agit donc aussi de radioactivité β^- .

A.2. Rayonnement γ

Lors de la désintégration précédente le technétium est obtenu dans un état excité. Il subit spontanément une transition de l'état excité vers l'état fondamental et émet un rayonnement γ d'énergie $E = 141,0$ keV.

Données :

Énergie d'un photon : $E = h \cdot \nu$ avec $h = 6,62 \times 10^{-34}$ J.s.

Relation entre la longueur d'onde et la fréquence d'une onde électromagnétique : $c = \lambda \cdot \nu$
avec $c = 3,00 \times 10^8$ m.s $^{-1}$

1,00 eV = $1,60 \times 10^{-19}$ J

1 pm = 10^{-12} m

A.2.1.1. À quel type d'ondes appartient le rayonnement γ ?

Un rayonnement γ est une onde électromagnétique.

A.2.1.2. Vérifier que l'énergie du photon émis vaut $2,26 \times 10^{-14}$ J.

$$E = 141,0 \text{ keV} = 1,41 \cdot 10^5 \text{ eV} = 1,41 \cdot 10^5 \times 1,60 \times 10^{-19} = 2,26 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

A.2.1.3. Calculer la fréquence ν de l'onde associée en hertz (Hz).

On sait que $E = h \times \nu$

$$\text{Donc } \nu = \frac{E}{h} = \frac{2,26 \cdot 10^{-14}}{6,62 \cdot 10^{-34}} = 3,41 \cdot 10^{19} \text{ Hz}$$

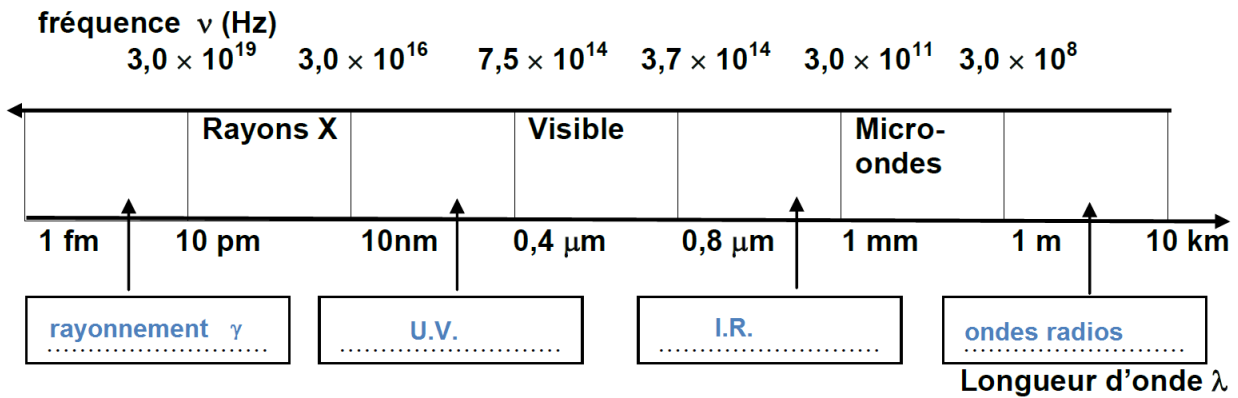
A.2.1.4. En déduire sa longueur d'onde λ dans le vide. Exprimer le résultat en mètre et picomètre.

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{3,41 \cdot 10^{19}} = 8,80 \cdot 10^{-12} \text{ m soit } 8,80 \text{ pm}$$

A.2.2. Selon vous, parmi les termes suivants, quel est celui qui caractérise la situation physique étudiée : *absorption*, *décroissance radioactive*, *désintégration*, *désexcitation*.

On étudie le rayonnement gamma issu de la désexcitation de noyau radioactif.

A.2.3. Compléter le spectre des ondes électromagnétiques donné sur le document réponse DR1 page 12 à rendre avec la copie en plaçant les termes suivants : *rayonnement γ* , *ondes radio*, *rayonnements infrarouges* et *ultraviolets*.



A.3. Décroissance radioactive

A.3.1. Définir la demi-vie $t_{1/2}$ ou période radioactive d'un radioélément.

La demi-vie correspond à la durée au bout de laquelle l'activité initiale est divisée par deux.

A.3.2. Rechercher sur le document de l'annexe A1 page 4 la demi-vie du technétium 99. Donner sa valeur en heure puis la convertir en seconde.

D'après ce document, la demi-vie du technétium 99 est $t_{1/2} = 6$ h, soit $6 \times 3600 = 21600$ s.

A.3.3. Des trois graphiques (a), (b) et (c) représentés en annexe A5 page 6, quel est celui qui illustre la loi de décroissance radioactive du radioélément ? Justifier votre réponse.

Le graphique qui illustre la loi de décroissance radioactive du radioélément est le (b).

C'est le seul qui est compatible avec la définition et la valeur de la demi-vie.

A.3.4. D'après le document A2 page 4, plus de 90 % des noyaux de technétium injectés sont désintégrés au bout de 25 heures. Justifier cette affirmation par la méthode de votre choix.

1^{re} solution :

La demi-vie du technétium est de 6 h, donc sur une population initiale de 1000 noyaux :

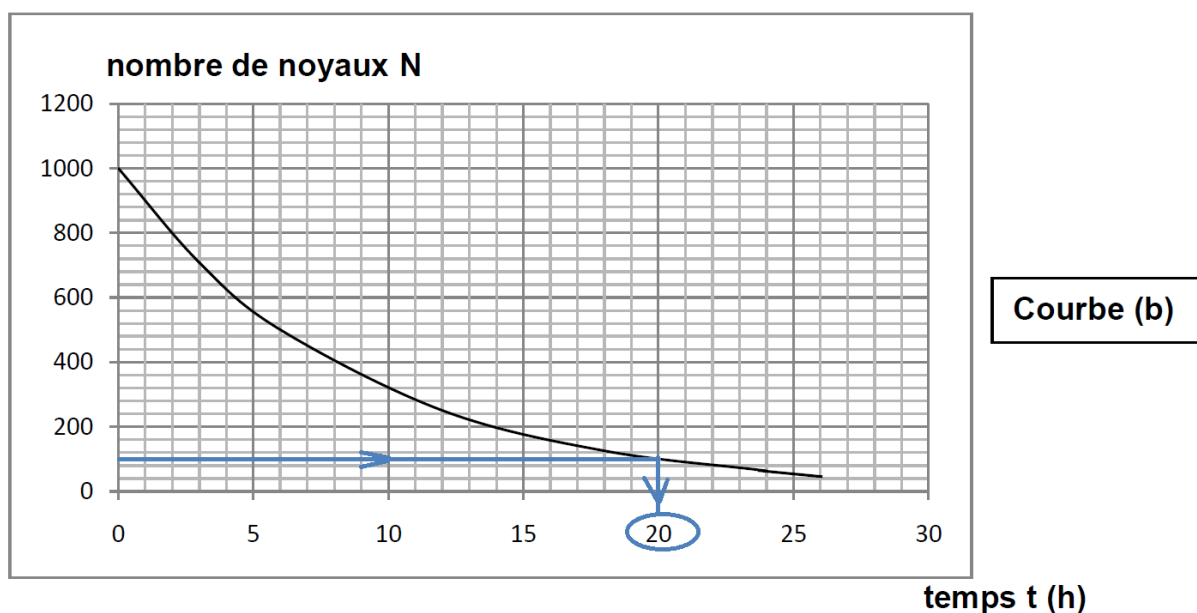
- il en reste $\frac{1000}{2} = 500$ au bout de 6h : 50 % se ont désintégrés.
- il en reste $\frac{1000}{2^2} = 250$ au bout de $2 \times 6h = 12$ h : 75 % se ont désintégrés.
- il en reste $\frac{1000}{2^4} = 125$ au bout de $3 \times 6h = 18$ h : 87,5% se ont désintégrés.
- il en reste $\frac{1000}{2^5} = 62$ au bout de $4 \times 6h = 24$ h : 93,8% se ont désintégrés.

Donc, il est exact de dire qu'au bout de 25h, plus de 90% des noyaux sont désintégrés.

2^e solution :

Lorsque que 90% des noyaux se sont désintégrés, il en reste 100 sur les 1000 de départ (document A5b page 6). On peut voir sur ce document, que 90% des noyaux se sont désintégrés au bout de 20h.

Donc, il est exact de dire qu'au bout de 25h, plus de 90% des noyaux sont désintégrés.



A.4. Effets biologiques et protection

La préparation du produit radioactif utilisé pour la scintigraphie nécessite la mise en place de règles de sécurité qui tiennent compte de l'exposition aux rayonnements.

Données :

Énergie du photon γ étudié : 141,0 keV

$1,00 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

La dose absorbée est le rapport de l'énergie absorbée par la masse irradiée.

La dose équivalente est le produit de la dose absorbée par un facteur de pondération.

A.4.1. En supposant que le nombre de photons γ émis pendant 7,0 h vaut $1,5 \times 10^{13}$ et que le technicien en absorbe une fraction égale à 1,0 %, vérifier que l'énergie qu'il absorbe vaut $3,4 \times 10^{-3} \text{ J}$.

L'énergie absorbée est $E = 1,5 \cdot 10^{13} \times \frac{1}{100} \times 141,0 \cdot 10^3 \times 1,60 \cdot 10^{-19} = 3,4 \times 10^{-3} \text{ J}$

A.4.2. Calculer la dose absorbée D en grays (Gy) pendant 7,0 h par le technicien si sa masse m vaut 70,0 kg.

D'après les données : $D = \frac{E}{m} = \frac{3,4 \cdot 10^{-3}}{70} = 4,9 \cdot 10^{-5} \text{ Gy} \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1})$

A.4.3. En déduire la dose équivalente H en millisievert (mSv). Le facteur de pondération vaut 1 pour les rayons γ .

$H = D \times w_R = 4,9 \cdot 10^{-5} \times 1 = 4,9 \cdot 10^{-5} \text{ Sv}$ soit $4,9 \cdot 10^{-2} \text{ mSv}$.

A.4.4. À partir de l'annexe A4 page 5, préciser la couleur de la zone dans laquelle travaille le technicien.

$H = 4,9 \cdot 10^{-2} \text{ mSv}$ pendant 7h, soit $\frac{4,9 \cdot 10^{-2}}{7} = 7,0 \cdot 10^{-3} \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ ou $7,0 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$:

le technicien travaille en zone bleue.

A.4.5. Indiquer au moins deux mesures de protection qui permettent de limiter les risques d'exposition dangereuse aux radiations.

Pour limiter les risques d'exposition dangereuse aux radiations, il faut :

- **Travailler derrière des écrans de protection (au plomb)**
- **Limiter la durée d'exposition,**
- **S'éloigner des sources...**

Partie B : l'imagerie par résonance magnétique (6 points)

Une des techniques les plus performantes en imagerie médicale est l'imagerie par résonance magnétique (I.R.M.). Les images obtenues sont très précises, d'excellente qualité et de très grande sensibilité (on atteint actuellement une résolution de l'ordre du millimètre).

Cette technique reposant sur les propriétés magnétiques de la matière, afin de mieux l'assimiler, l'étudiant se penche tout d'abord sur les caractéristiques générales d'un champ magnétique. Il considère ainsi le champ magnétique terrestre.

B.1. Les propriétés du champ magnétique terrestre

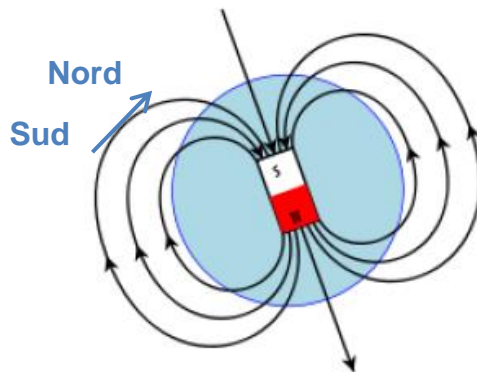
B.1.1. Comment peut-on mettre en évidence le champ magnétique terrestre ?

Le champ magnétique terrestre peut être mis en évidence avec une boussole ou de la limaille de fer, ou avec un détecteur de champ magnétique.

B.1.2. Comment appelle-t-on les courbes représentées sur l'annexe B1 page 8 ?

Ce sont des lignes de champ.

B.1.3. En complétant le document réponse DR2 page 12 à rendre avec la copie, représenter sur une de ces courbes une petite aiguille aimantée. On indiquera bien clairement la nature de chacun de ses pôles.



B.1.4. Les pôles géographiques et magnétiques correspondent-ils ?

Non, le pôle nord géographique correspond à un pôle sud magnétique.

B.1.5. L'intensité du champ magnétique terrestre B vaut $4,7 \times 10^{-5}$ S.I. Quel est le nom de cette unité et quel est son symbole ?

L'unité de champ magnétique terrestre est le tesla (T)

B.2. Le principe de l'imagerie par résonance magnétique : IRM

Données :

vitesse des ondes électromagnétiques dans l'air : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$

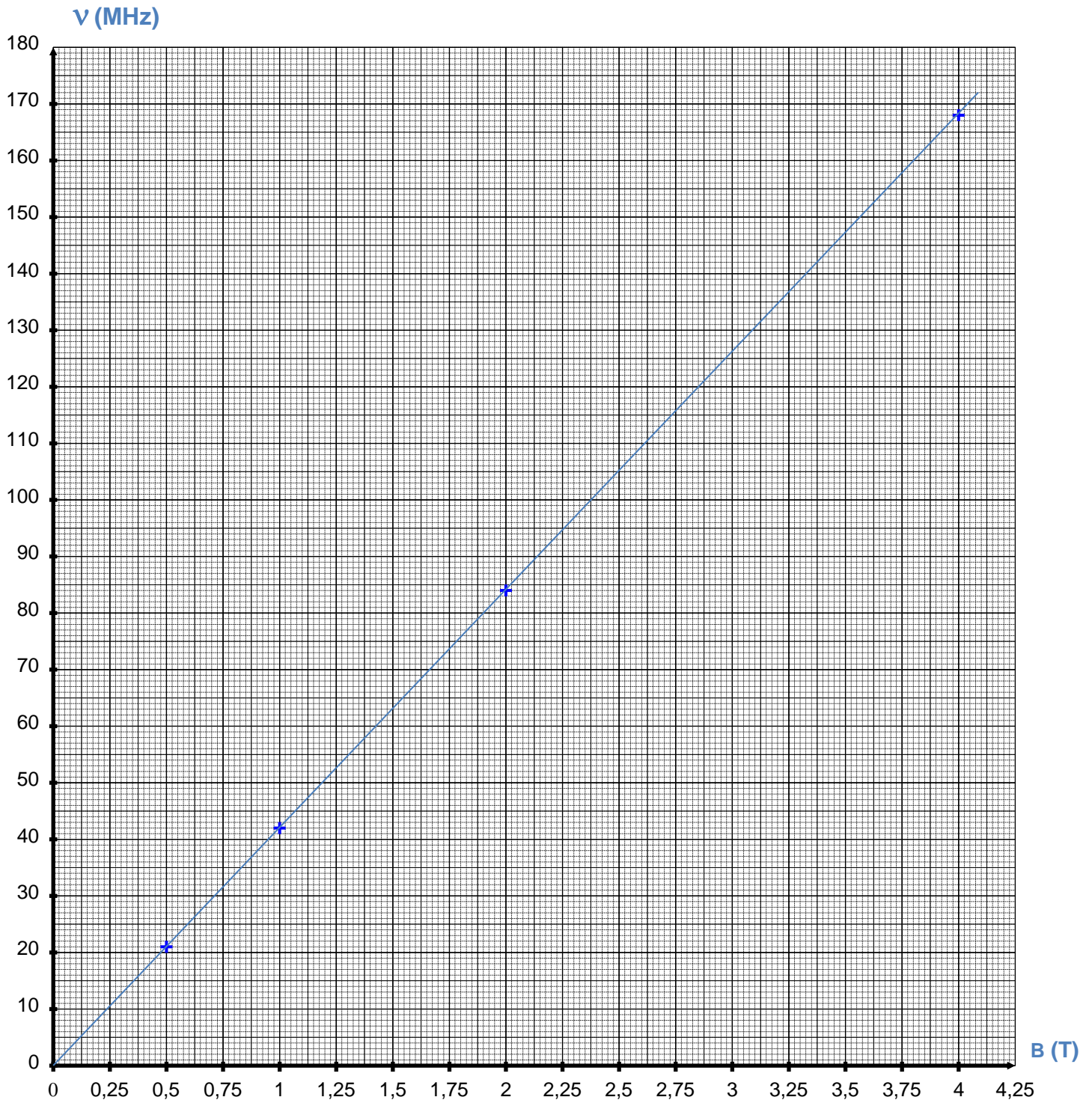
$1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$

B.2.1. Peut-on négliger le champ magnétique terrestre devant le champ magnétique créé par un aimant ?

Oui : le champ magnétique créé par un aimant est de l'ordre de 0,1 T, il est très supérieur au champ magnétique terrestre.

B.2.2. À partir de l'annexe B3 page 9, tracer sur papier millimétré la courbe $\nu = f(B)$ en prenant pour échelle : 4 cm pour 1 T et 1 cm pour 10 MHz. Quel constat peut-on faire ?

On peut s'apercevoir que les points sont alignés selon une droite qui passe par l'origine : ν est proportionnelle à B .



B.2.3. Établir que la valeur de la fréquence du rayonnement électromagnétique qui sera utilisé pour l'IRM de 11,7 T est d'environ 491 MHz.

Puisque ν est proportionnelle à B, et que pour B = 1T, on a $\nu = 42$ MHz, alors pour B = 11,7 T, on aura $\nu = 11,7 \times 42 = 491$ MHz.

B.2.4. Déterminer la valeur de la longueur d'onde de ce rayonnement électromagnétique.

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{491 \cdot 10^6} = 0,61 \text{ m.}$$

B.2.5. Déterminer l'énergie associée à ce rayonnement. Exprimer cette énergie en joules puis en eV.

$$E = h \times \nu = 6,63 \cdot 10^{-34} \times 491 \cdot 10^6 = 3,26 \cdot 10^{-25} \text{ J}$$

$$\text{Soit } \frac{3,26 \cdot 10^{-25}}{1,60 \cdot 10^{-19}} = 2,03 \cdot 10^{-6} \text{ eV}$$

B.2.6. Quel est l'intérêt d'utiliser un électroaimant supraconducteur ?

D'après le document B4, cela permet de supprimer les pertes par effet joule dans le conducteur.

Partie C : l'ammoniaque, un produit nettoyant (5,5 points)

L'hygiène des locaux d'examen d'imagerie nécessite l'utilisation de produits d'entretien. Parmi ceux-ci, les solutions aqueuses d'ammoniaque vendues dans le commerce sont utilisées après dilution comme produit nettoyant.

L'ammoniaque est une solution aqueuse obtenue par dissolution d'ammoniac NH_3 gazeux dans l'eau. La solution obtenue a un caractère basique.

C.1. Considérations acido-basiques

Données :

$$\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]) \text{ ou } [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 10^{-\text{pH}}$$

$$\text{Produit ionique de l'eau : } K_e = [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] \times [\text{HO}^-_{(\text{aq})}] = 1,00 \times 10^{-14} \text{ à } 25^\circ\text{C}$$

C.1.1. Qu'est-ce qu'une solution aqueuse ?

Il s'agit d'une solution pour laquelle le solvant est l'eau.

C.1.2. Donner la définition d'une base.

Une base est une espèce chimique capable de capter un proton H^+ .

C.1.3. On donne le couple acide-base $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})} / \text{NH}_{3(\text{aq})}$. Écrire la demi-équation correspondante puis l'équation modélisant la réaction de l'ammoniac $\text{NH}_{3(\text{aq})}$ avec l'eau.



Équation de la réaction de l'ammoniac avec l'eau :



C.1.4. Le pH d'une solution aqueuse d'ammoniac vaut 11,0 à 25°C. Calculer la concentration molaire en ion oxonium notée $[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]$ de cette solution. En déduire la concentration molaire en ion hydroxyde notée $[\text{HO}^-_{(\text{aq})}]$.

$$[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-11} \text{ mol/L}$$

$$K_e = [\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] \times [\text{HO}^-_{(\text{aq})}] = 1,00 \times 10^{-14}$$

$$\text{donc : } [\text{HO}^-_{(\text{aq})}] = \frac{1,00 \cdot 10^{-14}}{10^{-11}} = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

C.1.5. Si on dilue dans l'eau cette solution aqueuse d'ammoniac, donner et justifier le sens d'évolution de son pH.

Si on dilue la solution, la concentration des ions diminue.

Or, $\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}])$: si la concentration des ions H_3O^+ diminue, le pH va augmenter.

C.2. Dilution

Sur l'étiquette d'une solution aqueuse de nettoyage contenant de l'ammoniac, il est indiqué que la concentration molaire en ammoniac apporté est de $6,0 \text{ mol.L}^{-1}$. Soit A cette solution.

C.2.1. Quel volume de solution aqueuse A faut-il prélever pour préparer 1,0 L de solution aqueuse B diluée de concentration molaire en ammoniac égale à $3,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$? Développer votre raisonnement.

On veut une quantité $n = C_B \times V_B = 3,0 \cdot 10^{-2} \times 1,0 = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ d'ammoniac.

Pour cela, on doit prélever un volume $V_A = \frac{n}{C_A} = \frac{3,0 \cdot 10^{-2}}{6} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 5,0 \text{ mL}$ de solution.

C.2.2. Décrire un protocole opératoire pour réaliser cette dilution. On précisera en particulier la nature de la verrerie utilisée. On pourra s'aider de schémas annotés.




On divise la concentration initiale par $\frac{6}{3,0 \cdot 10^{-2}} = 200$.

On doit donc utiliser une pipette jauge de 1,00 mL et une fiole jaugée de 200,0 mL

- **On prélève 1,00 mL de solution A avec la pipette jaugée que l'on a préalablement rincé avec de l'eau et de la solution que l'on place dans la fiole jaugée que l'on a préalablement rincée à l'eau distillée.**

- On complète le niveau de la fiole jaugée avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.
- On homogénéise.

C.2.3. L'étiquette portée par le flacon d'une solution aqueuse d'ammoniac est reproduit sur l'annexe C1 page 11. Donner la signification de deux des trois pictogrammes représentés.

	<p>corrosif</p>
	<p>Toxique / irritant</p>
	<p>Dangereux pour l'environnement</p>