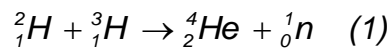


Devoir non surveillé n°5

Partie Physique

Le 28 juin 2005, le site de Cadarache (dans les bouches du Rhône) a été retenu pour l'implantation du projet international de fusion nucléaire ITER.

La fusion de deux noyaux légers en un noyau plus lourd est un processus qui libère de l'énergie. C'est le cas lors de la formation d'un noyau « d'hélium 4 » à partir de la réaction entre le deutérium et le tritium. On récupère une quantité d'énergie de quelques mégaélectronvolts (MeV), suivant la réaction :



Des problèmes se posent si l'on cherche ainsi à récupérer cette énergie :

- pour initier la réaction, les noyaux doivent avoir la possibilité de s'approcher l'un de l'autre à moins de 10^{-14} m. Cela leur impose de vaincre la répulsion électrostatique. Pour ce faire, on porte la matière à une température de plus de 100 millions de degrés ;

- à la fin de la vie du réacteur de fusion, les matériaux constituant la structure du réacteur seront radioactifs. Toutefois, le choix d'éléments de structure conduisant à des produits radioactifs à temps de décroissance rapide permet de minimiser les quantités de déchets radioactifs. Cent ans après l'arrêt définitif du réacteur, la majorité voire la totalité des matériaux peut être considérée comme des déchets de très faible activité.

D'après le livre « Le monde subatomique », de Luc Valentin et le site Internet du CEA.

Les cinq parties sont indépendantes.

Données :

masse du neutron : $m(n) = 1,674927 \times 10^{-27}$ kg

masse du proton : $m(p) = 1,672622 \times 10^{-27}$ kg

masse d'un noyau de deutérium : $m({}^2_1\text{H}) = 3,344497 \times 10^{-27}$ kg

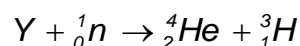
masse d'un noyau de tritium : $m({}^3_1\text{H}) = 5,008271 \times 10^{-27}$ kg

masse d'un noyau d'« hélium 4 » : $m({}^4_2\text{He}) = 6,646483 \times 10^{-27}$ kg

célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹

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

Les « combustibles » utilisés dans le réacteur de fusion ne nécessitent pas de transport de matière radioactive. En effet, le deutérium n'est pas radioactif. Le tritium est fabriqué sur site, à partir d'un élément Y non radioactif suivant la réaction :



1. Le tritium

Donner la composition et le symbole du noyau Y en précisant les règles de conservation.

On donne un extrait de la classification périodique : H (Z=1), He (Z=2), Li (Z=3), Be (Z=4), B (Z=5).

2. Le noyau de deutérium

2.1. Donner la composition du noyau de deutérium ${}^2_1\text{H}$.

2.2. Le deutérium et le tritium sont des isotopes. Justifier cette affirmation.

2.3. Donner l'expression littérale puis la valeur du défaut de masse $\Delta m({}^2_1\text{H})$ du noyau de deutérium.

2.4. En déduire l'énergie $E(^2_1\text{H})$ correspondant à ce défaut de masse en J puis en MeV et donner sa signification physique.

3. Étude de la réaction de fusion

On considère la réaction de fusion traduite par l'équation (1) dans le texte. Donner l'expression littérale de l'énergie libérée par cette réaction en fonction des données de l'énoncé.

Calculer cette énergie en MeV.

4. Ressources en deutérium.

On trouve le deutérium en abondance dans l'eau de mer. La ressource dans les océans est estimée à $4,6 \times 10^{13}$ tonnes.

La réaction (1) libère une énergie de 17,6 MeV.

On assimile la masse d'un atome de deutérium à la masse de son noyau.

4.1.

4.1.1. Déterminer le nombre N de noyaux présents dans la masse $m = 1,0$ kg de deutérium.

4.1.2. En déduire l'énergie E libérée par une masse $m = 1,0$ kg de deutérium.

4.2. *La consommation annuelle énergétique mondiale actuelle est d'environ 4×10^{20} J. On fait l'hypothèse simplificatrice selon laquelle le rendement d'une centrale à fusion est équivalent à celui d'une centrale nucléaire. Ceci revient à considérer que seule 33% de l'énergie libérée par la réaction de fusion est réellement convertie en électricité.*

Estimer en années, la durée Δt nécessaire pour épuiser la réserve de deutérium disponible dans les océans répondant à la consommation annuelle actuelle.

Les ressources en combustible sont en fait limitées par le lithium, utilisé pour fabriquer le tritium. L'utilisation du lithium contenu dans l'eau de mer ramène les limites à quelques millions d'années.

Partie Chimie

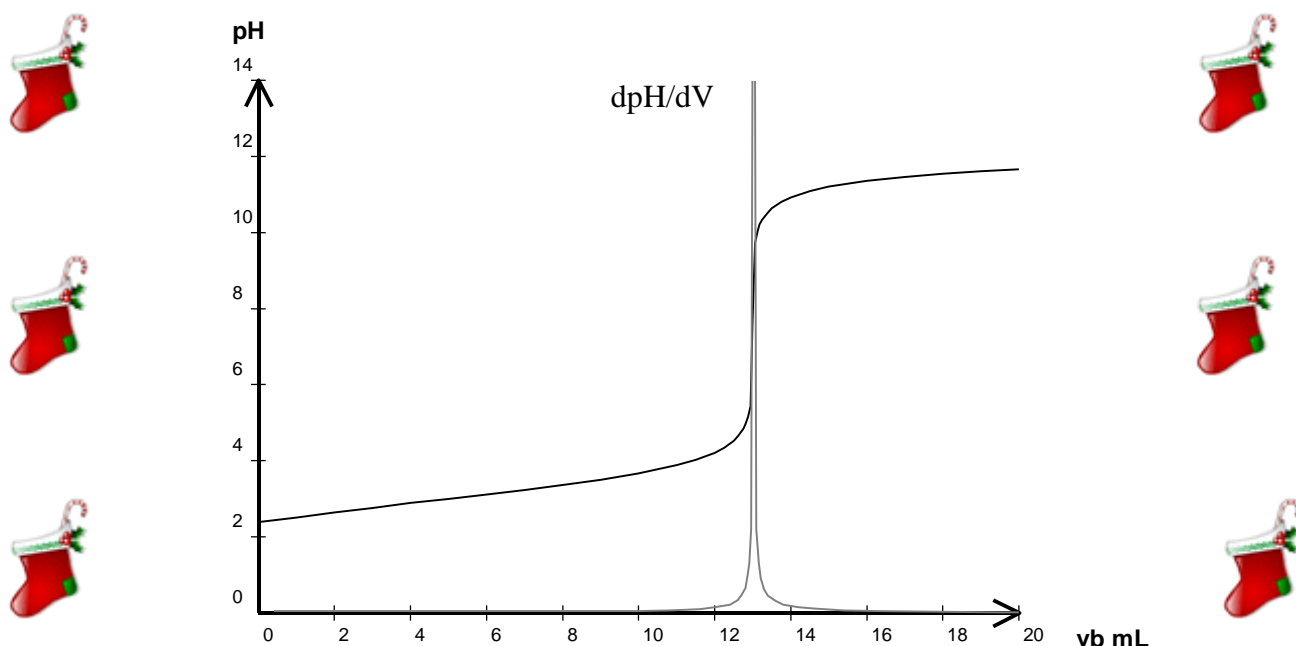


18 décembre 2010 : branle bas de combat à Rovaniemi (Finlande), fabrique de jouet et de friandises du Père Noël. Tous les magasins de bonbons du monde entier retournent les friandises acidulées (vous savez, celles qui piquent ..) que les enfants aiment tant. Motifs : elles sont immangeables car beaucoup trop acide .Vite, il faut faire quelques choses. Le Père Noël est en pétard : " Nom d'un rêne boiteux, encore un coup du Père Fouetard. Qu'on aille tout de suite me chercher un scientifique pour analyser la composition en acide citrique de ces bonbons. Tiens, le nouveau stagiaire, Léo, un bon gars travailleur, il va nous faire ça vite fait et va nous trouver une solution."

Sachant que l'acidité des bonbons est due à l'acide citrique, Léo décide de réaliser un dosage acide base pour connaître la quantité d'acide dans un bonbon, et comparer à la norme qui est de 25 mg par bonbon. Pour cela, il décide de dissoudre un bonbon dans 100 mL d'eau, et de réaliser un prélèvement de 10 mL en vue d'un dosage pHmétrique. Après de nombreuses tentatives infructueuses, il se rend compte qu'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ convient.

- Avec quel appareil de verrerie Léo va t-il réaliser le prélèvement de 10 mL ? Justifier
- Faire un schéma du dispositif de dosage réalisé.
- L'acide citrique a pour formule $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$.
 - Donner le couple acide base auquel appartient l'acide citrique.
 - Ecrire l'équation bilan de la réaction de dosage.

d) Léo obtient la courbe suivante.



Soudain, il se pose la question suivante : " la réaction utilisée peut-elle servir à un dosage ?" Il décide de déterminer le taux d'avancement de celle-ci lorsque 7 mL d'hydroxyde de sodium ont été versés. Le pH du mélange vaut alors 3,1





1 Quel est, dans cette condition, le réactif limitant ?

2. Déterminer la valeur de l'avancement maximum

3. Déterminer la valeur de l'avancement final, et du taux d'avancement. Pourquoi Léo est-il rassuré ?

e) Léo peut donc déterminer la masse d'acide citrique dans un bonbon.

1. Quel est le volume de solution d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre le point d'équivalence ? Justifier la réponse.

2. Léo se dit qu'il aurait pu utiliser un indicateur coloré de pH pour mieux visualiser l'équivalence. Parmi ceux qui sont à sa disposition lequel aurait-il pu utiliser ? Quelle serait sa couleur au point d'équivalence ? Expliquer.

indicateur	teinte acide	zone de virage	teinte basique
rouge d'alizarine S	jaune	3,7 – 5,2	violet
carmin d'indigo	bleu	11,7 – 14,0	jaune
rouge de crésol	jaune	7,2-8,8	rouge

3. En vous aidant d'un tableau d'avancement, déterminer la quantité d'acide citrique dosée.

4. En déduire la quantité d'acide citrique, puis la masse d'acide citrique dans un bonbon. La norme est-elle réellement dépassée ?

f) La solution est toute trouvée : il suffit de faire fondre tous les bonbons, et de réaliser une dilution du sirop obtenu.

1. Quel doit être le facteur de dilution ?

2. Quel type de verrerie utiliseriez vous dans un laboratoire pour diluer 10 mL de sirop et ainsi, vérifier que la nouvelle concentration convient ?



Léo, fier de lui, alla rendre compte au Père Noël. Très content de son travail, il le décora de l'ordre du Rêne d'Or, et le nom de Léo restera gravé dans toutes les mémoires comme celui grâce auquel tous les enfants du monde purent passer un très joyeux Noël 2010



Joyeux Noël à tous !!!!

(Et merci à Léo !!!!)