Devoir surveillé – les transformations de la matière : changements d'état, réactions chimiques, synthèse et réactions nucléaires — niveau ★★★

Durée : 55 min – Calculatrice autorisée – Sur 20 points · Physique-chimie 2nde

Nom : _____ Date : _____ Note : _____ / 20

Tous les calculs doivent figurer sur la copie. Les résultats seront donnés sous la forme la plus simple possible.

Exercice 1 – Corriger une copie *(5 pts)*

Sacha a répondu à cinq questions d'un devoir ; chaque réponse contient au moins une erreur. Pour chacune, repère l'erreur, explique-la et écris la réponse juste. Données : $L_{fus}(\text{eau}) = 3{,}34 \times 10^{5}\ \text{J·kg}^{-1}$; masse d'une molécule : CH_4 $2{,}66 \times 10^{-23}$ g ; O_2 $5{,}31 \times 10^{-23}$ g ; éthanol $7{,}65 \times 10^{-23}$ g ; ester $1{,}46 \times 10^{-22}$ g ; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$; numéros atomiques : Pm 61 ; Sm 62.

a) « Un bonhomme de neige de 15 kg, à 0 °C, fond entièrement au soleil. C'est une fusion, exothermique : $Q = -15\,000 \times 3{,}34 \times 10^{5} = -5{,}01 \times 10^{9}$ J. »

b) « Dans un flacon fermé, 8,0 g de méthane brûlent dans 24 g de dioxygène selon $CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$. Comme 8,0 g < 24 g, le méthane est le réactif limitant. »

c) « Le prométhium 147 de certaines peintures luminescentes devient du samarium 147 : $^{147}_{61}\text{Pm} \rightarrow {}^{147}_{62}\text{Sm} + {}^{0}_{1}\text{e}$. Le noyau émet un positon. »

d) « Sur la plaque de CCM, mon produit de synthèse P donne deux taches, l'une à la hauteur de l'espèce pure R, l'autre à la hauteur du réactif A. Donc P est de l'espèce R pure, et A était le réactif limitant. »

e) « Un ester se forme molécule pour molécule à partir de 25,0 mL d'éthanol, réactif limitant ($\rho = 0{,}789$ g·mL^{-1}). $m(\text{éthanol}) = V \div \rho = 31{,}7$ g, donc $m_{max}(\text{ester}) = 31{,}7 \div (7{,}65 \times 10^{-23}) \times 1{,}46 \times 10^{-22} \approx 60{,}5$ g. »

Exercice 2 – Qui a raison ? *(5 pts)*

Pour chaque situation, deux élèves ne sont pas d'accord. Dis qui a raison et justifie avec le cours.

a) Dans une synthèse d'ester où l'alcool est le réactif limitant, Noé veut ajouter davantage d'acide pour obtenir une masse maximale d'ester plus grande. Lou répond qu'il faudrait plutôt ajouter de l'alcool.

b) Un glaçon à 0 °C est plongé dans de l'eau liquide à 0 °C, dans un récipient parfaitement isolé. Léo : « il va fondre, puisqu'il est entouré d'eau liquide ». Inès : « il ne fondra pas ».

c) En fine poudre, l'uranium peut brûler dans l'air en formant un oxyde. Noé : « brûler 1 kg d'uranium 235 libère autant d'énergie que le faire fissionner dans un réacteur, puisque c'est le même uranium ». Lou n'est pas d'accord.

d) On verse de la soude (ions Na^+ et HO^-) dans une solution de sulfate de fer(II) (ions Fe^{2+} et SO_4^{2-}) : un précipité vert de $Fe(OH)_2$ se forme. Dans le filtrat, du chlorure de baryum donne un précipité blanc, signe que des ions sulfate sont présents. Léo : « il reste du sulfate de fer, donc les ions Fe^{2+} sont en excès ». Inès : « on ne peut pas conclure ».

e) Dans un gobelet isolant, une transformation exothermique fait monter la température de 4,0 °C. On recommence avec deux fois plus de chaque réactif, dans le même volume de solution. Noé : « les proportions sont les mêmes, donc $\Delta\theta$ reste égale à 4,0 °C ». Lou : « $\Delta\theta$ double ».

Exercice 3 – Le thorium, un combustible à fabriquer *(5 pts)*

Le thorium naturel est presque entièrement formé de thorium 232, $^{232}_{90}\mathrm{Th}$, qui n'est pas fissile. Dans un réacteur, un noyau de thorium 232 qui capture un neutron devient, après deux désintégrations spontanées du même type, un noyau d'uranium 233, lui fissile. Le thorium est trois à quatre fois plus abondant que l'uranium dans l'écorce terrestre. Données : numéros atomiques Th 90 ; Pa 91 ; U 92 ; Sr 38 ; Xe 54 ; une fission d'uranium 233 libère environ 200 MeV ; 1 MeV $= 1{,}60 \times 10^{-13}$ J ; m(nucléon) $= 1{,}67 \times 10^{-27}$ kg ; le méthane libère $5{,}0 \times 10^{7}$ J par kilogramme brûlé.

a) Écris les trois équations qui mènent du thorium 232 à l'uranium 233 et identifie la particule émise lors des deux désintégrations.

b) Une fission de l'uranium 233, provoquée par un neutron, donne un noyau de xénon 140, un noyau X de 91 nucléons et des neutrons. Écris l'équation complète de cette fission et identifie X.

c) Pourquoi faut-il un peu d'uranium 235 ou de plutonium pour démarrer un tel réacteur ? Explique ensuite, à l'aide de la question 2, pourquoi on dit qu'il « fabrique son propre combustible ».

d) Pour récupérer l'uranium 233 formé dans le thorium, une séparation chimique suffit. Pour séparer l'uranium 235 de l'uranium 238, il faut au contraire des usines d'enrichissement très coûteuses. Explique cette différence.

e) On transforme entièrement 1,0 kg de thorium 232 en uranium 233, qui fissionne entièrement. Calcule l'énergie libérée, puis la masse de méthane qu'il faudrait brûler pour en libérer autant.

Exercice 4 – Problème — Le panache des tours de refroidissement *(5 pts)*

Un réacteur nucléaire fournit une puissance électrique de 900 MW. L'eau tiède qui sort de son condenseur ruisselle dans une tour aéroréfrigérante, où monte un courant d'air : une partie de cette eau s'évapore, le reste, refroidi, retourne au condenseur. Au sommet de la tour s'élève un grand panache blanc. Pour un réacteur de cette puissance, la tour évapore environ 0,67 m³ d'eau par seconde. Données : Lvap(eau, vers 30 °C) $= 2{,}4 \times 10^{6}$ J·kg^{-1} ; 1 m³ d'eau a une masse de $1{,}0 \times 10^{3}$ kg ; une fission d'uranium 235 libère environ 200 MeV ; 1 MeV $= 1{,}60 \times 10^{-13}$ J ; m(nucléon) $= 1{,}67 \times 10^{-27}$ kg ; le rendement réel d'un tel réacteur est d'environ 33 %.

a) Le panache blanc n'est ni de la fumée, ni de la vapeur d'eau. De quoi est-il fait ? Nomme et écris le changement d'état qui le forme, puis dis s'il est endothermique ou exothermique et qui reçoit l'énergie échangée.

b) Explique, en termes d'énergie, pourquoi l'évaporation d'une partie de l'eau refroidit l'eau qui retourne au condenseur.

c) Calcule la puissance évacuée par l'évaporation de l'eau dans la tour.

d) On admet que toute la puissance qui n'est pas convertie en électricité est évacuée par cette évaporation. Déduis-en la puissance thermique Pth libérée par les fissions et le rendement du réacteur (Pélec ÷ Pth). Compare au rendement réel et explique l'écart.

e) Quelle masse d'uranium 235 fissionne pendant que la tour évapore 1,0 m³ d'eau ? Utilise la puissance thermique trouvée à la question 4.

Bon courage !

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).