Corrigé et barème – 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

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

a) Deux erreurs : la fusion est endothermique (la neige reçoit de l'énergie du Soleil et de l'air, $Q > 0$), et la masse doit être en kilogrammes (0,5 pt). $Q = 15 \times 3{,}34 \times 10^{5} \approx \mathbf{5{,}01 \times 10^{6}\ J}$, reçue par la neige. (0,5 pt) (1)

b) Sacha compare des masses, sans passer aux quantités de matière ni diviser par les nombres stœchiométriques (0,5 pt). $n(CH_4) = 8{,}0 \div (2{,}66 \times 10^{-23}) \div (6{,}02 \times 10^{23}) \approx 0{,}50$ mol ; $n(O_2) = 24 \div (5{,}31 \times 10^{-23}) \div (6{,}02 \times 10^{23}) \approx 0{,}75$ mol ; quotients $0{,}50 \div 1 = 0{,}50$ et $0{,}75 \div 2 \approx 0{,}38$: c'est le dioxygène qui est limitant. (0,5 pt) (1)

c) La charge n'est pas conservée : 61 à gauche, $62 + 1 = 63$ à droite (0,5 pt). $61 = Z + 62$ donne $Z = -1$: la particule émise est un **électron**, ${}^{147}_{61}\mathrm{Pm} \rightarrow {}^{147}_{62}\mathrm{Sm} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$. (0,5 pt) (1)

d) P contient bien l'espèce R, mais deux taches signifient au moins deux espèces : P est **impur** (0,5 pt). Un réactif limitant est entièrement consommé si la transformation est totale : s'il reste du A, c'est qu'il était en excès ou que la transformation n'a pas été totale ; la plaque ne permet pas de dire que A était limitant. (0,5 pt) (1)

e) Sacha a divisé au lieu de multiplier : $m = \rho \times V$ (0,5 pt). $m = 0{,}789 \times 25{,}0 \approx 19{,}7$ g ; $N = 19{,}7 \div (7{,}65 \times 10^{-23}) \approx 2{,}58 \times 10^{23}$ molécules, autant que de molécules d'ester au plus : $m_{max} = 2{,}58 \times 10^{23} \times 1{,}46 \times 10^{-22} \approx \mathbf{37{,}6\ g}$ (37,7 g si l'on arrondit N). (0,5 pt) (1)

Erreur fréquente — dans une copie, je contrôle dans l'ordre les unités et les signes (kg, J, $Q > 0$ pour une fusion), la conservation des nucléons et des charges, puis la règle utilisée : on compare des quotients n ÷ nombre stœchiométrique, jamais des masses.

Exercice 2 – Qui a raison ? *(5 pts)*

a) Lou a raison (0,5 pt). La masse maximale est fixée par le réactif limitant : ajouter de l'acide, déjà en excès, ne la change pas ; ajouter de l'alcool l'augmente, tant que l'alcool reste limitant. (0,5 pt) (1)

b) Inès a raison (0,5 pt). La fusion est endothermique : le glaçon devrait recevoir de l'énergie. Or un transfert thermique ne se fait que du corps le plus chaud vers le plus froid : tout est à 0 °C et rien n'entre dans le récipient isolé, aucune énergie ne parvient au glaçon ; la glace et l'eau restent ensemble à 0 °C. (0,5 pt) (1)

c) Lou a raison (0,5 pt). La combustion est une transformation chimique : les noyaux restent intacts et l'énergie est celle d'une réaction chimique, au plus de l'ordre de 10^7 J par kilogramme. La fission change les noyaux : environ 200 MeV par noyau, de l'ordre de 10^{14} J par kilogramme, des millions de fois plus. (0,5 pt) (1)

d) Inès a raison (0,5 pt). Les ions sulfate sont spectateurs : présents avant et après, ils ne disent rien du réactif limitant. Il faut tester les réactifs : de la soude dans le filtrat (un précipité vert prouverait qu'il reste des ions Fe^{2+}) ou un papier pH (un milieu basique, qu'il reste des ions HO^-). (0,5 pt) (1)

e) Lou a raison (0,5 pt). L'énergie libérée est proportionnelle à la quantité de réactif limitant consommée, qui double ; elle chauffe le même volume de solution : $\Delta\theta \approx 8{,}0$ °C. Noé aurait raison si l'on doublait aussi le volume de solution. (0,5 pt) (1)

Astuce — avant de trancher, je cherche la grandeur qui commande le résultat : le réactif limitant pour la masse de produit et pour $\Delta\theta$, l'écart de température pour un transfert thermique, la nature de la transformation pour l'ordre de grandeur de l'énergie.

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

a) Capture : $^{232}_{90}\text{Th} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{233}_{90}\text{Th}$. Ensuite A ne change plus et Z passe de 90 à 92 en deux étapes identiques : chaque particule émise a $A = 0$ et $Z = -1$, c'est un **électron** (0,5 pt). $^{233}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{233}_{91}\text{Pa} + {}^{0}_{-1}\text{e}$, puis $^{233}_{91}\text{Pa} \rightarrow {}^{233}_{92}\text{U} + {}^{0}_{-1}\text{e}$. (0,5 pt) (1)

b) Charge : $92 + 0 = 54 + Z$, donc $Z = 38$: X est un noyau de **strontium** $^{91}_{38}\text{Sr}$ (0,5 pt). Nucléons : $233 + 1 = 140 + 91 + x$, soit $234 = 231 + x$, donc $x = \mathbf{3}$ neutrons : $^{233}_{92}\text{U} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{140}_{54}\text{Xe} + {}^{91}_{38}\text{Sr} + 3\,{}^{1}_{0}\text{n}$. (0,5 pt) (1)

c) Le thorium 232 n'est pas fissile : sans noyau fissile au départ, aucune fission ne fournit de neutrons ; il faut un combustible fissile pour lancer la réaction en chaîne (0,5 pt). Ensuite, la fission de la question 2 libère 3 neutrons (2,5 en moyenne pour l'uranium 233) : l'un peut provoquer la fission suivante, un autre être capturé par un noyau de thorium 232, qui deviendra un nouveau noyau d'uranium 233. Le combustible fissile se reforme au fur et à mesure qu'il est consommé. (0,5 pt) (1)

d) L'uranium et le thorium sont deux éléments différents ($Z = 92$ et $Z = 90$) : leurs atomes n'ont pas le même nombre d'électrons, donc pas les mêmes propriétés chimiques, et une réaction chimique peut les séparer (0,5 pt). L'uranium 235 et l'uranium 238 sont isotopes : même Z, même nombre d'électrons, mêmes propriétés chimiques ; aucune réaction chimique ne les distingue, il faut exploiter leur petite différence de masse. (0,5 pt) (1)

e) $N = 1{,}0 \div (232 \times 1{,}67 \times 10^{-27}) \approx 2{,}58 \times 10^{24}$ noyaux, chacun donnant une fission ; $E = 2{,}58 \times 10^{24} \times 200 \times 1{,}60 \times 10^{-13} \approx \mathbf{8{,}3 \times 10^{13}\ J}$ (0,5 pt). Méthane : $8{,}3 \times 10^{13} \div (5{,}0 \times 10^{7}) \approx \mathbf{1{,}7 \times 10^{6}\ kg}$, soit environ 1 700 tonnes, plus d'un million de fois la masse de thorium. (0,5 pt) (1)

Piège — des isotopes ont les mêmes propriétés chimiques : la chimie sépare des éléments, jamais des isotopes. C'est ce qui rend l'enrichissement de l'uranium si difficile.

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

a) La vapeur d'eau est invisible : le panache est fait de fines gouttelettes d'eau liquide, formées quand l'air humide sorti de la tour se refroidit : **liquéfaction**, $H_2O(g) \to H_2O(\ell)$ (0,5 pt). Elle est exothermique : la vapeur qui se liquéfie cède de l'énergie à l'air extérieur, plus froid. (0,5 pt) (1)

b) La vaporisation est endothermique : l'eau qui s'évapore reçoit de l'énergie (0,5 pt). Cette énergie lui est cédée surtout par l'eau liquide qui ruisselle avec elle : cette eau se refroidit avant de retourner au condenseur. (0,5 pt) (1)

c) Chaque seconde, $m = 0{,}67 \times 1{,}0 \times 10^3 = 670$ kg d'eau s'évaporent (0,5 pt) ; énergie reçue en 1 s : $670 \times 2{,}4 \times 10^6 \approx 1{,}61 \times 10^9$ J, soit $P \approx \mathbf{1{,}6 \times 10^9\ W}$. (0,5 pt) (1)

d) $P_{th} = 0{,}900 \times 10^9 + 1{,}61 \times 10^9 \approx \mathbf{2{,}5 \times 10^9\ W}$; rendement $= 0{,}900 \times 10^9 \div (2{,}51 \times 10^9) \approx 0{,}36$, soit **36 %** (0,5 pt). C'est plus que 33 % : l'hypothèse est trop simple. L'air qui sort de la tour, réchauffé, emporte lui aussi de l'énergie : la puissance évacuée dépasse $1{,}6 \times 10^9$ W, la puissance thermique est plus grande et le rendement plus petit. (0,5 pt) (1)

e) Durée : $1{,}0 \times 10^3 \div 670 \approx 1{,}49$ s ; énergie libérée par les fissions : $2{,}51 \times 10^9 \times 1{,}49 \approx 3{,}74 \times 10^9$ J (0,5 pt). Fissions : $3{,}74 \times 10^9 \div (200 \times 1{,}60 \times 10^{-13}) \approx 1{,}17 \times 10^{20}$; masse : $1{,}17 \times 10^{20} \times 235 \times 1{,}67 \times 10^{-27} \approx \mathbf{4{,}6 \times 10^{-5}\ kg}$, soit environ 46 mg d'uranium 235 pour une tonne d'eau évaporée. (0,5 pt) (1)

Méthode — une puissance est une énergie par seconde : je raisonne sur ce qui se passe en 1 s (masse évaporée, énergie reçue), puis je passe à la durée voulue et au nombre de fissions.

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).