# 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 – La cartouche qui givre *(5 pts)*

a) Liquide → gaz : **vaporisation**, $C_4H_{10}(\ell) \rightarrow C_4H_{10}(g)$ (0,5 pt). Elle est endothermique : le butane qui se vaporise reçoit de l'énergie, cédée par le butane encore liquide, la paroi de la cartouche et l'air proche, qui se refroidissent. (0,5 pt) (1)

b) La vapeur d'eau de l'air, au contact de la paroi glacée, passe directement à l'état solide : **condensation** (condensation solide), $H_2O(g) \rightarrow H_2O(s)$ (0,5 pt). Elle est exothermique : la vapeur d'eau cède de l'énergie à la cartouche. (0,5 pt) (1)

c) $m = 54\ g = 0{,}054\ kg$ ; $Q = 0{,}054 \times 3{,}9 \times 10^5 \approx 2{,}1 \times 10^4$ J (0,5 pt). $\Delta t = 12 \times 60 = 720$ s ; $P = Q \div \Delta t = 2{,}1 \times 10^4 \div 720 \approx$ **29 W**. (0,5 pt) (1)

d) $E = 0{,}054 \times 4{,}6 \times 10^7 \approx 2{,}5 \times 10^6$ J (0,5 pt). $2{,}5 \times 10^6 \div (2{,}1 \times 10^4) \approx$ **$1{,}2 \times 10^2$** : environ 120 fois plus. Un changement d'état met en jeu de $10^5$ à $10^6$ J par kilogramme, une combustion quelques $10^7$ J : la transformation chimique l'emporte largement, la flamme chauffe alors que la cartouche se refroidit. (0,5 pt) (1)

e) Énergie reçue par l'eau : $0{,}30 \times 2{,}5 \times 10^6 \approx 7{,}5 \times 10^5$ J (0,5 pt). $m = E \div Lvap = 7{,}5 \times 10^5 \div (2{,}26 \times 10^6) \approx$ **0,33 kg**, soit environ 330 g d'eau. (0,5 pt) (1)

**Piège** — une même situation peut mêler deux effets opposés : la vaporisation du butane refroidit la cartouche (endothermique), sa combustion chauffe la casserole (exothermique). Je dis toujours de quelle espèce je parle.

## Exercice 2 – Recycler le dioxyde de carbone dans l'espace *(5 pts)*

a) Il faut 2 $H_2O$ pour les 2 atomes O de $CO_2$ ; H à droite : $4 + 2 \times 2 = 8$ atomes, soit 4 $H_2$ : $\mathbf{CO_2 + 4\ H_2 \rightarrow CH_4 + 2\ H_2O}$ (0,5 pt). Vérification : C : $1 = 1$ ; H : $4 \times 2 = 8$ et $4 + 4 = 8$ ; O : $2 = 2$. (0,5 pt) (1)

b) $n(CO_2) = 3{,}00 \times 10^3 \div (7{,}31 \times 10^{-23}) \div (6{,}02 \times 10^{23}) \approx$ **68,2 mol** (masse en grammes) (0,5 pt) ; $n(H_2) = 500 \div (3{,}35 \times 10^{-24}) \div (6{,}02 \times 10^{23}) \approx$ **248 mol**. (0,5 pt) (1)

c) Quotients : $68{,}2 \div 1 = 68{,}2$ pour $CO_2$ et $248 \div 4 = 62{,}0$ pour $H_2$ : le **dihydrogène** est limitant, bien qu'il soit introduit en plus grande quantité de matière (0,5 pt). $CO_2$ consommé : 62,0 mol ; il en reste $68{,}2 - 62{,}0 \approx$ **6,2 mol**. (0,5 pt) (1)

d) 1 mol de $CO_2$ consommée forme 2 mol d'eau : $n(H_2O) = 2 \times 62{,}0 = 124$ mol (0,5 pt). $m = 124 \times 6{,}02 \times 10^{23} \times 2{,}99 \times 10^{-23} \approx 2{,}23 \times 10^3$ g, soit **2,23 kg** d'eau. (0,5 pt) (1)

e) Il se forme 62,0 mol de méthane : $E = 62{,}0 \times 165 \times 10^3 \approx 1{,}02 \times 10^7$ J libérés, la transformation est **exothermique** (0,5 pt). Gaz → liquide : **liquéfaction**, $H_2O(g) \rightarrow H_2O(\ell)$, exothermique : la vapeur cède de l'énergie à la paroi froide qui la refroidit. (0,5 pt) (1)

**Erreur fréquente** — conclure d'après les masses (3,00 kg contre 0,500 kg) ou d'après les quantités brutes : seuls les quotients n ÷ nombre stœchiométrique désignent le réactif limitant.

## Exercice 3 – La coumarine, odeur de foin coupé *(5 pts)*

a) Sur la même plaque, côte à côte : le produit de synthèse P, un extrait de fève tonka, de la coumarine pure (référence) et le salicylaldéhyde (réactif) (0,5 pt). Si P a une tache à la même hauteur que la coumarine pure et que l'une des taches de l'extrait, c'est la même espèce que celle de la fève ; une seule tache : P est pur ; une tache à la hauteur du salicylaldéhyde : il reste ce réactif. (0,5 pt) (1)

b) ③ et ④ : **isolement** ; elles séparent le produit du mélange réactionnel sans rien former (0,5 pt). La coumarine cristallise dans l'eau glacée : elle s'y dissout très peu, alors que l'acide acétique formé s'y dissout ; l'eau froide entraîne ces espèces solubles en dissolvant le moins possible de coumarine, bien plus soluble dans l'eau chaude. (0,5 pt) (1)

c) Salicylaldéhyde : $m = \rho \times V = 1{,}15 \times 5{,}0 \approx 5{,}75$ g ; $N = 5{,}75 \div (2{,}03 \times 10^{-22}) \approx 2{,}8 \times 10^{22}$ ; $n \approx \mathbf{4{,}7 \times 10^{-2}\ mol}$ (0,5 pt). Anhydride : $m = 1{,}08 \times 12{,}0 \approx 13{,}0$ g ; $N = 13{,}0 \div (1{,}70 \times 10^{-22}) \approx 7{,}6 \times 10^{22}$ ; $n \approx \mathbf{0{,}13\ mol}$. (0,5 pt) (1)

d) Nombres stœchiométriques égaux à 1 : $4{,}7 \times 10^{-2}$ mol $< 0{,}13$ mol, le **salicylaldéhyde** est limitant ; $m\ max = 4{,}7 \times 10^{-2} \times 6{,}02 \times 10^{23} \times 2{,}43 \times 10^{-22} \approx \mathbf{6{,}9\ g}$ (0,5 pt). 2,1 g < 6,9 g : la transformation n'est pas totale et une partie du produit se perd pendant l'isolement (filtration, lavage). (0,5 pt) (1)

e) Solide brut : fusion progressive entre 62 °C et 67 °C, en dessous des valeurs des tables : il contient des impuretés (0,5 pt). Solide purifié : fusion nette à 70 °C, entre 69 °C et 71 °C, à la précision du banc près (environ 1 °C) : résultat compatible avec de la coumarine pure. (0,5 pt) (1)

**Méthode** — pour un réactif liquide, la chaîne est toujours la même : $m = \rho \times V$, puis $N = m \div$ masse d'une molécule, puis $n = N \div N_A$. Je ne compare jamais des volumes.

## Exercice 4 – Contrôler une soudure à l'iridium 192 *(5 pts)*

a) 114, 115 et 116 neutrons ($A - 77$) ; même $Z = 77$, donc même élément, et des A différents : ce sont des isotopes (0,5 pt). Leurs atomes ont le même nombre d'électrons (77) : mêmes propriétés chimiques. Seuls leurs noyaux diffèrent : nombre de neutrons, et le noyau d'iridium 192 est radioactif alors que ceux d'iridium 191 et 193 sont stables. (0,5 pt) (1)

b) $^{191}_{77}\mathrm{Ir} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{192}_{77}\mathrm{Ir}$ : nucléons $191 + 1 = 192$ ; charge $77 + 0 = 77$ (0,5 pt). Réaction provoquée : un neutron vient frapper le noyau. Ce n'est pas une fission : le noyau ne se scinde pas, il capture le neutron et devient un isotope plus lourd. (0,5 pt) (1)

c) $^{192}_{77}\mathrm{Ir} \rightarrow {}^{192}_{78}\mathrm{Pt} + {}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ : $192 = A + 192$, donc $A = 0$ ; $77 = Z + 78$, donc $Z = -1$ : X est un **électron** ${}^{0}_{-1}\mathrm{e}$ (0,5 pt). L'élément est défini par Z, le nombre de protons, qui passe de 77 à 78 : l'iridium devient du platine ; le nombre de nucléons A n'y joue aucun rôle. (0,5 pt) (1)

d) $E = 0{,}47 \times 1{,}60 \times 10^{-13} \approx \mathbf{7{,}5 \times 10^{-14}\ J}$ ; 0,47 MeV $= 4{,}7 \times 10^{5}$ eV, environ $10^5$ fois plus que les quelques eV d'une réaction chimique : ce rayonnement est ionisant (0,5 pt). Protection : rester loin de la source (distance), interposer des écrans de plomb ou de béton, limiter la durée d'exposition. (0,5 pt) (1)

e) Fusion et solidification du métal : physiques (même espèce) ; formation de l'oxyde : chimique (espèce nouvelle, éléments Fe et O conservés) ; transformation de la source : nucléaire (l'iridium devient du platine) (0,5 pt). La solidification est exothermique : le transfert thermique va du métal qui se solidifie vers le tube et l'air. (0,5 pt) (1)

**Astuce** — une capture de neutron ne change pas l'élément : Z reste le même, A augmente de 1. Il se forme un isotope plus lourd, souvent radioactif.

*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).*