Corrigé et barème – la matière à l'échelle microscopique : noyau, cortège électronique, ions, molécules et mole — niveau ★★★

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

Exercice 1 – Corriger une copie *(4 pts)*

a) On compte toute la couche de valence n = 3, sous-couches s et p ensemble : $3s^2\ 3p^4$, soit **6 électrons de valence** (0,5 pt). Il en gagne 2 pour l'octet : l'ion sulfure est $\mathbf{S^{2-}}$, avec 16 + 2 = 18 électrons, la configuration de l'argon. (0,5 pt) (1)

b) Na ($1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$) n'a qu'**un** électron de valence : Na^+, avec 11 − 1 = 10 électrons ($1s^2\ 2s^2\ 2p^6$), a déjà une couche externe **pleine**, la couche n = 2, comme le néon (0,5 pt). Perdre un second électron entamerait cette couche pleine : **pas de $\mathbf{Na^{2+}}$**. Le magnésium ($3s^2$) perd 2 électrons parce qu'il en a 2 de valence ; le sodium, en colonne 1, forme seulement Na^+. (0,5 pt) (1)

c) Avec un ion Na^+ pour un ion S^{2-}, la charge totale vaudrait $-e$: le solide ne serait pas neutre (0,5 pt). Il faut deux ions Na^+ ($+2e$) pour un ion S^{2-} ($-2e$) : $\mathbf{Na_2S}$. (0,5 pt) (1)

d) Deux erreurs. La masse se calcule avec A = 32, tous les nucléons, et non avec Z : $32 \times 1{,}67 \times 10^{-27} \approx \mathbf{5{,}34 \times 10^{-26}\ kg}$ (0,5 pt). Gagner 2 électrons ajoute $2 \times 9{,}11 \times 10^{-31} \approx 1{,}82 \times 10^{-30}$ kg : l'ion est très légèrement **plus lourd** que l'atome, d'environ 3×10^{-5} de sa masse, une différence négligeable. (0,5 pt) (1)

Méthode — pour corriger une affirmation, je cite la règle du cours qu'elle viole (toute la couche de valence, une couche pleine ne s'entame pas, électroneutralité, masse avec A), puis j'écris la valeur juste.

Exercice 2 – L'acide des fourmis *(6 pts)*

a) Liaisons à former : H 1, C 4, O 2. Avec des liaisons simples, C n'en a que 3 (C–H et deux C–O) : il lui faut une liaison double avec un oxygène qui en manque aussi (0,5 pt). L'oxygène lié à H a déjà ses 2 liaisons (avec C et H) : la liaison double relie C à l'**autre oxygène**, H–C(=O)–O–H ; chaque O porte **2 doublets non liants**, C et H aucun (0,5 pt). Vérification : $2 \times 1 + 4 + 2 \times 6 = 18$ électrons de valence, soit 9 doublets = 5 liants (C–H, C=O qui en compte 2, C–O, O–H) + 4 non liants ; 8 électrons autour de C et de chaque O, 2 autour de chaque H. (0,5 pt) (1,5)

b) Dans son schéma, l'oxygène lié à H forme 3 liaisons (la liaison double en compte 2, plus O–H) et l'autre oxygène une seule (0,5 pt). Or un atome d'oxygène a 6 électrons de valence : il lui en manque 2, il forme exactement **2 liaisons** (0,5 pt). Le total des doublets et les octets ne suffisent pas : on vérifie aussi le nombre de liaisons de chaque atome, première étape de la méthode. (0,5 pt) (1,5)

c) 1 C–H, 1 C=O, 1 C–O et 1 O–H : $E = 6{,}89 \times 10^{-19} + 1{,}23 \times 10^{-18} + 5{,}81 \times 10^{-19} + 7{,}70 \times 10^{-19}$ (0,5 pt) $= 32{,}70 \times 10^{-19}$, soit $\approx \mathbf{3{,}27 \times 10^{-18}\ J}$ (0,5 pt). La plus petite énergie est celle de la liaison simple **C–O** ($5{,}81 \times 10^{-19}$ J) : c'est la plus facile à rompre. (0,5 pt) (1,5)

d) $m(HCOOH) = 2 \times 1{,}67 \times 10^{-27} + 1{,}99 \times 10^{-26} + 2 \times 2{,}66 \times 10^{-26} \approx 7{,}64 \times 10^{-26}$ kg (0,5 pt) ; $N = 2{,}30 \times 10^{-3} \div (7{,}64 \times 10^{-26}) \approx 3{,}01 \times 10^{22}$ molécules, $n = N \div N_A \approx \mathbf{5{,}00 \times 10^{-2}\ mol}$ (0,5 pt). $E = 3{,}01 \times 10^{22} \times 3{,}27 \times 10^{-18} \approx \mathbf{9{,}84 \times 10^{4}\ J}$. (0,5 pt) (1,5)

Piège — un schéma qui a le bon nombre de doublets et un octet partout peut encore être faux : chaque atome doit former exactement le nombre de liaisons qui lui manque (H 1, C 4, N 3, O 2).

Exercice 3 – Le vide d'une plaquette de silicium *(5 pts)*

a) Si : $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^2$, 4 électrons de valence ; il lui en manque 4 pour l'octet : il forme **4 liaisons** (0,5 pt). Ses 4 électrons de valence sont tous engagés dans ces liaisons : il n'en reste aucun pour un doublet non liant ; autour de chaque Si : $4 \times 2 = 8$ électrons. (0,5 pt) (1)

b) $N = 10{,}0 \times 10^{-3} \div (4{,}66 \times 10^{-26}) \approx \mathbf{2{,}15 \times 10^{23}}$ **atomes** (0,5 pt) ; $n = N \div N_A \approx \mathbf{0{,}356}$ **mol** (0,357 mol avec N arrondi). (0,5 pt) (1)

c) $V = m \div \rho = 10{,}0 \div 2{,}33 \approx 4{,}29$ cm³ (0,5 pt) ; 1 cm³ $= 10^{-6}$ m³, donc $V \approx \mathbf{4{,}29 \times 10^{-6}}$ **m³**. (0,5 pt) (1)

d) Un noyau : $(4/3) \times \pi \times (3{,}6 \times 10^{-15})^3 \approx 1{,}95 \times 10^{-43}$ m³ ; tous les noyaux : $2{,}15 \times 10^{23} \times 1{,}95 \times 10^{-43} \approx 4{,}19 \times 10^{-20}$ m³ (0,5 pt). Fraction : $4{,}19 \times 10^{-20} \div (4{,}29 \times 10^{-6}) \approx \mathbf{1 \times 10^{-14}}$ ($9{,}8 \times 10^{-15}$), un centmillième de milliardième : le cristal, pourtant compact, est presque entièrement vide, la matière est **lacunaire**. (0,5 pt) (1)

e) Électrons d'un atome : $14 \times 9{,}11 \times 10^{-31} \approx 1{,}28 \times 10^{-29}$ kg (0,5 pt) ; $1{,}28 \times 10^{-29} \div (4{,}66 \times 10^{-26}) \approx 2{,}7 \times 10^{-4}$, soit **0,027 %** de la masse : presque toute la masse est dans les noyaux, minuscules ; les électrons, très légers, occupent le volume. (0,5 pt) (1)

Erreur fréquente — croire que ce qui occupe la place porte la masse : le noyau concentre la masse dans un volume infime, le cortège électronique fixe la taille de l'atome.

Exercice 4 – Énigme : la formule du corindon *(5 pts)*

a) Électroneutralité : les 2 cations compensent les 3 anions, donc $2 \times$ (charge de X) $= 3 \times$ (charge de Y, en valeur absolue) (0,5 pt). Avec $+e$, $+2e$ ou $+3e$ pour X et $-e$ ou $-2e$ pour Y, seule possibilité : $2 \times 3 = 3 \times 2$, donc $\mathbf{X^{3+}}$ **et** $\mathbf{Y^{2-}}$. (0,5 pt) (1)

b) Chaque ion a 10 électrons. X^{3+} en a perdu 3 : l'atome en a 13, $Z = 13$, l'**aluminium** ; Y^{2-} en a gagné 2 : $Z = 8$, l'**oxygène** (0,5 pt). Al : $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$; O : $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$; avec 3 et 6 électrons de valence (colonnes 13 et 16), les charges trouvées sont cohérentes. (0,5 pt) (1)

c) $A = 13 + 14 = 27$: ${}^{27}_{13}\mathrm{Al}$; $A = 8 + 8 = 16$: ${}^{16}_{8}\mathrm{O}$ (0,5 pt). Ion Y^{2-} : $-2e = -2 \times 1{,}60 \times 10^{-19} = \mathbf{-3{,}20 \times 10^{-19}}$ **C**. (0,5 pt) (1)

d) Nucléons d'une entité : $2 \times 27 + 3 \times 16 = 102$ (0,5 pt) ; $m \approx 102 \times 1{,}67 \times 10^{-27} \approx \mathbf{1{,}70 \times 10^{-25}}$ **kg**, les électrons étant négligeables. (0,5 pt) (1)

e) Entités : $0{,}50 \times 10^{-3} \div (1{,}70 \times 10^{-25}) \approx 2{,}9 \times 10^{21}$ (0,5 pt) ; 2 ions X^{3+} par entité : $5{,}9 \times 10^{21}$ ions, soit $n = 5{,}9 \times 10^{21} \div (6{,}02 \times 10^{23}) \approx \mathbf{9{,}8 \times 10^{-3}}$ **mol**. (0,5 pt) (1)

Astuce — une formule ionique se lit dans les deux sens : les indices donnent le rapport des charges (ici $2 \times 3 = 3 \times 2$), et le nombre d'électrons d'un ion permet de remonter à Z.

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).