Corrigé et barème – décrire la matière : masse volumique, air et organisation de l'Univers — niveau ★★★

Durée : 55 min – Calculatrice autorisée – Sur 20 points · Chimie 4e

Exercice 1 – Corriger une copie : la masse d'un litre d'air *(4 pts)*

a) À 20 °C, un litre d'air a une masse d'environ 1,2 g (0,5 pt) ; Nils trouve 2,4 g/L, deux fois trop : son résultat ne peut pas être juste. (0,5 pt) (1)

b) « Bouteille vide » : elle n'est pas vide, elle est pleine d'air ; $m_2 - m_1$ n'est que la masse de l'air **ajouté** par la pompe (0,5 pt). « Le volume de cet air est celui de la bouteille » : faux, l'air ajouté n'occuperait pas 1,5 L dans la salle ; son volume doit être mesuré. (0,5 pt) (1)

c) Il place la valve sous l'eau, sous un récipient gradué retourné et rempli d'eau, et laisse sortir l'air ajouté jusqu'à ce qu'il ne sorte plus de bulles (0,5 pt) ; l'air chasse l'eau : le volume d'eau chassée est le volume de l'air ajouté (déplacement d'eau). (0,5 pt) (1)

d) $V = m \div \rho = 3{,}60 \div 1{,}2 = 3{,}0$ L (0,5 pt) : dans la salle, l'air pompé occupe deux fois le volume de la bouteille. Dans la bouteille, il est comprimé : la pompe y a ajouté des molécules, qui y sont plus serrées que dans l'air de la salle. C'est possible parce que, dans un gaz, les molécules sont très éloignées les unes des autres. (0,5 pt) (1)

Erreur fréquente — prendre le volume du récipient pour celui de l'air ajouté : la bouteille contenait déjà de l'air avant le pompage. On ne pèse et on ne mesure que l'air ajouté.

Exercice 2 – Problème — Le ludion *(4 pts)*

a) $V_{verre} = m \div \rho = 6{,}0 \div 2{,}5 = 2{,}4$ cm³ ; $V_{air} = 6{,}5 - 2{,}4 = 4{,}1$ cm³ (0,5 pt). Un litre d'air a une masse d'environ 1,2 g ; 4,1 cm³ = 0,0041 L, de masse $1{,}2 \times 0{,}0041 \approx 0{,}005$ g : négligeable devant 6,0 g. (0,5 pt) (1)

b) $\rho_{moyenne} = 6{,}0 \div 6{,}5 \approx 0{,}92$ g/cm³ (0,5 pt) : plus petite que celle de l'eau (1,00 g/cm³), le ludion flotte ; c'est l'air enfermé qui abaisse sa masse volumique moyenne, car le verre seul (2,5 g/cm³) coulerait. (0,5 pt) (1)

c) Masse : $6{,}0 + 0{,}7 \times 1{,}00 = 6{,}7$ g pour le même volume total de 6,5 cm³ ; $\rho_{moyenne} = 6{,}7 \div 6{,}5 \approx 1{,}03$ g/cm³, plus que 1,00 : il coule (0,5 pt). Dans un gaz, les molécules sont très éloignées : on peut les rapprocher. Dans un liquide, elles sont déjà au contact les unes des autres : l'eau ne se comprime presque pas. (0,5 pt) (1)

d) Le ludion coule dès que sa masse dépasse $1{,}00 \times 6{,}5 = 6{,}5$ g (0,5 pt), donc dès qu'il entre plus de $6{,}5 - 6{,}0 = 0{,}5$ g d'eau : plus de 0,5 cm³. (0,5 pt) (1)

Méthode — pour un objet creux, on additionne toutes les masses (verre, air, eau entrée) et on divise par le volume total : c'est cette masse volumique moyenne qu'on compare à celle du liquide.

Exercice 3 – Jupiter, une géante peu dense *(4 pts)*

a) Il confond masse et masse volumique (0,5 pt). $1{,}9 \times 10^{27} \div (6{,}0 \times 10^{24}) \approx 0{,}32 \times 10^{3}$, soit environ 317 : Jupiter a une masse plus de 300 fois plus grande que celle de la Terre (environ 318 fois avec des valeurs précises). Elle n'est pas « plus légère » : elle est moins dense, parce que sa masse occupe un volume énorme. (0,5 pt) (1)

b) $V = m \div \rho$. Terre : $6{,}0 \times 10^{24} \div 5\,500 \approx 1{,}1 \times 10^{21}$ m³ (0,5 pt) ; Jupiter : $1{,}9 \times 10^{27} \div 1\,300 \approx 1{,}5 \times 10^{24}$ m³ (0,5 pt). $1{,}5 \times 10^{24} \div (1{,}1 \times 10^{21}) \approx 1{,}4 \times 10^{3}$: le volume de Jupiter vaut environ 1 400 fois celui de la Terre (environ 1 340 sans arrondir les volumes), bien plus de mille. (0,5 pt) (1)

c) Saturne (690 kg/m³, moins que les 1 000 kg/m³ de l'eau) est une géante gazeuse, faite surtout d'hydrogène et d'hélium, les éléments les plus légers (0,5 pt). Neptune (1 600 kg/m³) est une géante de glaces : formée loin du Soleil, là où l'eau, l'ammoniac et le méthane étaient gelés, elle en contient beaucoup, et cette matière est plus dense que l'hydrogène et l'hélium. (0,5 pt) (1)

d) Les deux géantes gazeuses sont faites surtout d'hydrogène et d'hélium, mais Jupiter a une masse plus de trois fois plus grande ($1{,}9 \times 10^{27} \div (5{,}7 \times 10^{26}) \approx 3{,}3$) : sa masse énorme comprime davantage ses gaz, les molécules y sont plus serrées, et plus les particules sont serrées, plus la masse volumique est grande. On accepte aussi : un cœur de roches et de métaux, plus dense. (0,5 pt) (1)

Piège — « lourd » et « léger » parlent de masse ; « dense » parle de masse volumique. Jupiter a une masse 318 fois plus grande que la Terre mais une masse volumique quatre fois plus petite : les deux idées ne se mélangent pas.

Exercice 4 – Des molécules par milliards de milliards *(4 pts)*

a) 200 m³ = 200 000 L $= 2 \times 10^{5}$ L (0,5 pt) ; $2{,}7 \times 10^{22} \times 2 \times 10^{5} = 5{,}4 \times 10^{27}$ particules. (0,5 pt) (1)

b) $5{,}4 \times 10^{27} \times 21 \div 100 = 1{,}134 \times 10^{27} \approx 1{,}1 \times 10^{27}$ molécules de dioxygène. (1 pt : 0,5 pour la méthode, 0,5 pour le résultat) (1)

c) $1{,}29 \div (2{,}7 \times 10^{22}) \approx 0{,}48 \times 10^{-22} = 4{,}8 \times 10^{-23}$ g (1 pt). Chaque particule a une masse minuscule, mais elles sont si nombreuses qu'un litre d'air a une masse de plus d'un gramme. (1)

d) Masse de NO_2 : 10 µg $= 10 \times 10^{-6}$ g $= 10^{-5}$ g ; masse de 1 m³ = 1 000 L d'air : $1{,}29 \times 1\,000 = 1\,290$ g $= 1{,}29 \times 10^{3}$ g (0,5 pt). $10^{-5} \div (1{,}29 \times 10^{3}) \approx 7{,}8 \times 10^{-9}$: environ 8 milliardièmes de la masse de l'air. Un polluant peut nuire à la santé en quantité infime : c'est pourquoi on le mesure en µg/m³. (0,5 pt) (1)

Astuce — pour diviser en notation scientifique, divise les nombres devant ($1{,}29 \div 2{,}7 \approx 0{,}48$), puis les puissances de 10 ($10^{0} \div 10^{22} = 10^{-22}$), et remets le résultat sous la forme $a \times 10^{n}$ avec $1 \leq a < 10$: $0{,}48 \times 10^{-22} = 4{,}8 \times 10^{-23}$.

Exercice 5 — Débat : quatre affirmations à juger *(4 pts)*

a) **Vrai** (0,5 pt). Les atomes d'hydrogène (de l'eau et des molécules du vivant) viennent du Big Bang, il y a 13,8 milliards d'années. Le carbone, l'azote, l'oxygène, le calcium, le fer… ont été fabriqués au cœur d'étoiles disparues avant le Soleil, puis dispersés dans le nuage d'où sont nés le Soleil et la Terre il y a 4,6 milliards d'années : ils existaient avant lui. (0,5 pt) (1)

b) **Faux** (0,5 pt). L'Univers observable compte 100 à 200 milliards de galaxies, et la Voie lactée 200 à 400 milliards d'étoiles : même la plus petite estimation des étoiles (200 milliards) atteint la plus grande des galaxies. Notre seule galaxie compte donc au moins autant d'étoiles que l'Univers observable compte de galaxies. (0,5 pt) (1)

c) **Faux** (0,5 pt). Quand l'hydrogène de son cœur sera épuisé, le Soleil fusionnera l'hélium en carbone et en oxygène, et n'ira pas plus loin. Seules les étoiles plus de 8 fois plus massives que lui enchaînent les fusions jusqu'au fer. (0,5 pt) (1)

d) **Vrai** (0,5 pt). Un gaz se dissout mieux dans l'eau froide que dans l'eau chaude ; et l'eau agitée est brassée avec l'air, ce qui y dissout du dioxygène. L'étang chaud et calme cumule les deux défauts. (0,5 pt) (1)

Erreur fréquente — répondre d'instinct : chaque mot compte (« presque tous », « plus de… que », « fer »). Repère d'abord ce que l'affirmation compare, puis cherche les chiffres et les règles du cours.

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).