

Approfondissement Transformations chimiques

Airbag, ajustements difficiles, méthode des mélanges, Lavoisier, gaz de cuisson

5 exercices · niveau ●●● · durée conseillée : 2 h 30 · calculatrice autorisée

Exercice 1 Comment un airbag se gonfle-t-il ?

●●●

Lors d'un choc, un capteur déclenche une étincelle dans le générateur de gaz de l'airbag. L'azoture de sodium $\text{NaN}_3(\text{s})$ qu'il contient se décompose en quelques millisecondes selon la réaction d'équation $2 \text{NaN}_3(\text{s}) \longrightarrow 2 \text{Na}(\text{s}) + 3 \text{N}_2(\text{g})$. Le générateur contient 130 g d'azoture de sodium.

■ **DONNÉES** $n = N/N_A$ avec $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ • $N = m/m_{\text{entité}}$ • $m_{\text{NaN}_3} = 1,08 \times 10^{-25} \text{ kg}$

- 1.1 Vérifier que l'équation est ajustée. Quelle particularité présente cette réaction ?
- 1.2 Calculer le nombre d'entités NaN_3 , puis la quantité de matière d'azoture de sodium dans le générateur.
- 1.3 En déduire les quantités de matière de diazote et de sodium formés.
- 1.4 Le sodium est un métal très dangereux, qui réagit violemment avec l'eau. On ajoute donc du nitrate de potassium KNO_3 , qui réagit avec le sodium formé : $\text{Na} + \text{KNO}_3 \longrightarrow \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{N}_2$. Ajuster cette équation. Quelle quantité minimale de nitrate de potassium faut-il prévoir pour consommer tout le sodium ? Quelle quantité de diazote supplémentaire se forme alors ?
- 1.5 (*Hors programme — pour aller plus loin.*) On admet que, dans les conditions du gonflage, une mole de gaz occupe 24 L. Le coussin d'un airbag conducteur a un volume de 60 L. Le générateur est-il correctement dimensionné ?

Exercice 2 Ajuster les équations difficiles : la méthode algébrique

●●●

► MÉTHODE — Une méthode sûre

On affecte à chaque formule un coefficient inconnu ($a, b, c, \dots$), on écrit une égalité par élément (et une pour la charge), puis on fixe l'un des coefficients (par exemple $a = 1$) et on résout. On multiplie enfin tous les coefficients par un même nombre pour qu'ils soient entiers et les plus petits possible.

Exemple : $a \text{C}_3\text{H}_8 + b \text{O}_2 \longrightarrow c \text{CO}_2 + d \text{H}_2\text{O}$; C : $3a = c$; H : $8a = 2d$; O : $2b = 2c + d$. Avec $a = 1$: $c = 3$, $d = 4$, $b = 5$.

- 2.1 Ajuster par cette méthode l'équation de la combustion de l'octane, principal constituant de l'essence : $\text{C}_8\text{H}_{18} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
- 2.2 Ajuster l'équation de la respiration cellulaire : $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
- 2.3 La soudure des rails de chemin de fer utilise la réaction très exothermique de l'aluminium sur l'oxyde de fer : $\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}$. Ajuster l'équation.
- 2.4 Ajuster l'équation $\text{Cu} + \text{H}^+ + \text{NO}_3^- \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ (attaque du cuivre par l'acide nitrique). Montrer que les égalités par élément ne suffisent pas, puis conclure avec la conservation de la charge.
- 2.5 Ajuster $\text{MnO}_4^- + \text{H}^+ + \text{Fe}^{2+} \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$. Pourquoi la conservation de la charge est-elle ici indispensable pour trouver les coefficients ?

Exercice 3 Trouver les coefficients par une mesure de température



L'acide citrique, noté H_3A , réagit avec les ions hydroxyde HO^- selon une équation de la forme $\text{H}_3\text{A} + x \text{HO}^- \longrightarrow \text{A}^{x-} + x \text{H}_2\text{O}$, où x est un entier inconnu. On dispose d'une solution d'acide citrique et d'une solution d'hydroxyde de sodium ; chacune contient $5,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ d'entités réactives (H_3A ou HO^-) par millilitre. Dans un gobelet isolant, on mélange un volume V_B de solution d'hydroxyde de sodium et un volume $60 \text{ mL} - V_B$ de solution d'acide citrique, et on relève l'élévation maximale de température $\Delta\theta$ (figure 1).

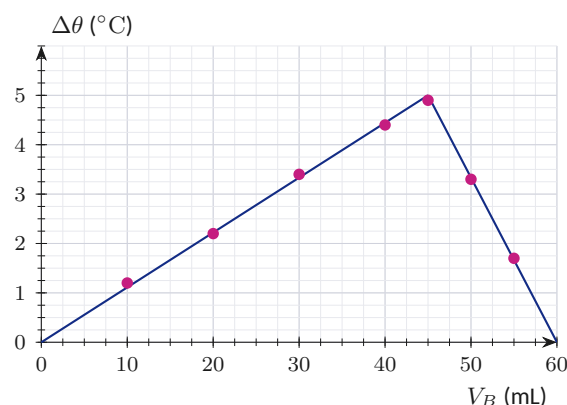


Figure 1 — Mesures et droites modélisées

- 3.1 La transformation est-elle endothermique ou exothermique ? Quelles sont les espèces spectatrices ?
- 3.2 Pour $V_B = 20 \text{ mL}$, quel est le réactif limitant, sachant que $x \geq 1$? Justifier sans connaître x . Pourquoi $\Delta\theta$ augmente-t-elle avec V_B tant que ce réactif est limitant ?
- 3.3 Pour quelle valeur de V_B l'élévation de température est-elle maximale ? Expliquer pourquoi le maximum correspond au mélange stœchiométrique.
- 3.4 Calculer les quantités de matière d'acide citrique et d'ions hydroxyde dans ce mélange. En déduire la valeur de x et écrire l'équation ajustée ; vérifier la conservation de la charge.
- 3.5 Pour $V_B = 50 \text{ mL}$, quel est le réactif limitant ? Quelle quantité d'ions HO^- reste-t-il en fin de transformation ?

Exercice 4 « Rien ne se perd, rien ne se crée »



On pose sur une balance 1,68 g de paille de fer, que l'on enflamme à l'air libre. Elle brûle en rougeoyant et se transforme en un solide noir, l'oxyde magnétique de fer Fe_3O_4 . À la fin, la balance indique 2,32 g.

■ **DONNÉES** $n = N/N_A$ avec $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ • $N = m/m_{\text{entité}}$ • $m_{\text{Fe}} = 9,27 \times 10^{-26} \text{ kg}$ • $m_{\text{O}} = 2,66 \times 10^{-26} \text{ kg}$

- 4.1 Écrire et ajuster l'équation de la combustion du fer. Un élève affirme que la masse n'est pas conservée. Que lui répondre ?
- 4.2 Calculer la quantité de matière de fer brûlé, puis la quantité de dioxygène consommé.
- 4.3 Calculer la masse de ce dioxygène (une molécule O_2 est formée de deux atomes d'oxygène), puis vérifier par le calcul l'indication finale de la balance.
- 4.4 Lavoisier réalisait ses expériences dans des récipients fermés. On place la même paille de fer dans un flacon fermé qui contient $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ de dioxygène, et on l'enflamme à l'aide d'une lentille. Quel est le réactif limitant ? Quelle masse de fer reste-t-il ? Quelle est la masse de solide dans le flacon à la fin ? La masse totale du flacon a-t-elle varié ?

Exercice 5 Méthane ou propane ?



Une cuisinière peut fonctionner au gaz naturel (méthane CH_4) ou au propane C_3H_8 , à condition de changer les injecteurs, qui règlent le mélange du gaz avec l'air (20 % de dioxygène en volume). La combustion complète d'une mole de méthane libère environ $8,0 \times 10^5 \text{ J}$; celle d'une mole de propane, environ $2,04 \times 10^6 \text{ J}$.

■ **DONNÉES** À température et pression données, des quantités de matière égales de gaz occupent des volumes égaux.

- 5.1 Écrire les équations de combustion complète du méthane et du propane. Pour chaque gaz, calculer le volume d'air nécessaire à la combustion complète de 1,0 L de gaz.
- 5.2 Une cuisinière réglée pour le méthane est branchée par erreur sur une bouteille de propane sans changer les injecteurs. Expliquer pourquoi la flamme devient jaune et fumante et pourquoi cette situation est dangereuse.

- 5.3** Pour obtenir une même énergie de $1,0 \times 10^7$ J (une semaine de cuisine), calculer la quantité de matière de dioxyde de carbone rejetée avec chaque gaz. Lequel est préférable du point de vue de l'effet de serre ?