

Exercices 2 Avancement d'une réaction

Applications : graphe $n(x)$, mesure d'un volume de gaz, programme Python

3 exercices · niveau ●●○ · durée conseillée : 2 h · calculatrice autorisée

★ À RETENIR — Ce qu'il faut savoir faire à la fin de la feuille

- Exploiter un graphe donnant les quantités de matière en fonction de l'avancement : identifier les espèces, lire $x_{\max}$ et les quantités initiales.
- Écrire l'équation d'une réaction d'oxydoréduction et l'exploiter dans un tableau d'avancement.
- Déterminer un avancement final x_f à partir d'un volume de gaz mesuré, le comparer à $x_{\max}$ et interpréter l'écart.
- Compléter et exécuter « à la main » un programme Python donnant la composition de l'état final.

Exercice 1 Un briquet sous une cloche

●●○

On allume un briquet à gaz sous une cloche en verre fermée contenant de l'air. La flamme finit par s'éteindre. Le butane C_4H_{10} réagit avec le dioxygène O_2 de l'air ; il se forme du dioxyde de carbone et de l'eau (vapeur). La transformation est considérée comme totale : on admet (modèle simplifié) que la flamme ne s'éteint que lorsque l'un des deux réactifs est entièrement consommé.

■ **DONNÉES** $M(H) = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ • $M(C) = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ • $V_m = 24,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ (volume molaire des gaz)

- 1.1 Écrire l'équation ajustée de la réaction, avec les plus petits nombres stœchiométriques entiers.
- 1.2 On note n_1 et n_2 les quantités initiales de butane et de dioxygène. Exprimer, en fonction de l'avancement x , la quantité de matière de chacune des quatre espèces au cours de la transformation.
- 1.3 La figure 1 représente ces quatre quantités en fonction de x jusqu'à l'état final. Associer chaque droite ① à ④ à une espèce, en justifiant à l'aide des coefficients directeurs.

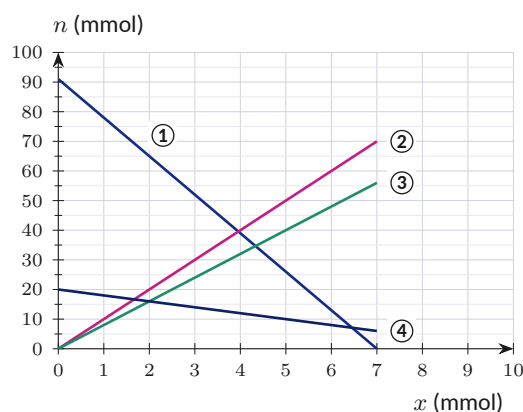


Figure 1 — Quantités de matière en fonction de l'avancement

- 1.4 Lire sur la figure 1 l'avancement maximal $x_{\max}$ et la quantité initiale n_1 de butane. Quel est le réactif limitant ?
- 1.5 En déduire la quantité initiale n_2 de dioxygène, puis le volume d'air contenu dans la cloche, sachant que l'air contient 21 % de dioxygène en volume.
- 1.6 Donner la composition du système dans l'état final. Calculer la diminution de masse du briquet.

Exercice 2 La paille de fer est-elle pure ?



On introduit un échantillon de paille de fer de masse $m = 0,300 \text{ g}$ dans un erlenmeyer contenant $V = 20,0 \text{ mL}$ d'acide chlorhydrique de concentration $c = 1,00 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en ions H^+ . Le dihydrogène formé est recueilli par déplacement d'eau dans une éprouvette graduée (figure 2). Quand l'effervescence cesse, il ne reste qu'un léger dépôt noir d'impuretés et on a recueilli $V_{\text{H}_2} = 124 \text{ mL}$ de gaz. On admet que les impuretés de la paille de fer ne réagissent pas et que le volume recueilli est égal au volume de dihydrogène formé.

■ **DONNÉES** $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ • $V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ (volume molaire des gaz)

2.1 Les couples mis en jeu sont $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe}(\text{s})$ et $\text{H}^+(\text{aq})/\text{H}_2(\text{g})$. Écrire les deux demi-équations électroniques, puis montrer que l'équation de la réaction s'écrit $\text{Fe}(\text{s}) + 2 \text{H}^+(\text{aq}) \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$. Quelle est l'espèce oxydée ?

2.2 On suppose d'abord que la paille de fer est constituée de fer pur. Calculer les quantités initiales des réactifs, dresser le tableau d'avancement et déterminer x_{max} et le réactif limitant.

2.3 Quel volume de dihydrogène devrait-on alors recueillir ?

2.4 Déterminer l'avancement final x_f à partir du volume mesuré et le comparer à x_{max} . Pourquoi ne peut-on pas conclure pour autant que la transformation est non totale ?

2.5 En déduire la masse de fer contenue dans l'échantillon, puis le pourcentage massique de fer dans la paille de fer.

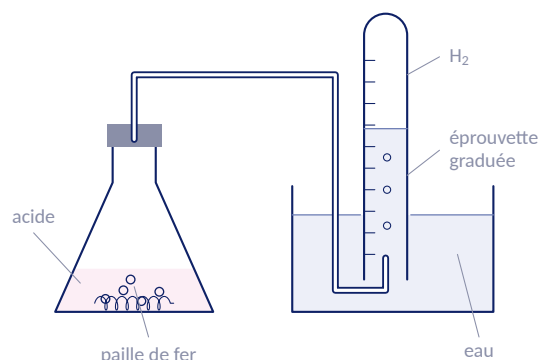


Figure 2 — Recueil du gaz par déplacement d'eau

Exercice 3 Un programme pour l'état final



On considère une transformation totale d'équation $a \text{ A} + b \text{ B} \longrightarrow c \text{ C} + d \text{ D}$. La fonction Python ci-dessous, incomplète, renvoie l'avancement maximal, le réactif limitant et les quantités de matière (en mol) de l'état final.

■ **DONNÉES** $M(\text{Al}) = 27,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ • $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

```
1 def etat_final(nA, nB, a, b, c, d):
2     xA = nA / a
3     xB = nB / b
4     if xA <= xB:
5         xmax = xA
6         limitant = "A"
7     else:
8         xmax = ...
9         limitant = ...
10    nA_f = nA - a * xmax
11    nB_f = ...
12    nC_f = ...
13    nD_f = d * xmax
14    return xmax, limitant, nA_f, nB_f, nC_f, nD_f
15
16 print(etat_final(0.010, 0.012, 2, 3, 2, 3))
```

3.1 Que représentent les variables xA et xB ? Justifier le test de la ligne 4.

3.2 Recopier et compléter les lignes 8, 9, 11 et 12.

3.3 On plonge 0,270 g de poudre d'aluminium dans 60,0 mL de solution de sulfate de cuivre(II) de concentration $0,200 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. La réaction qui se produit a pour équation $2 \text{ Al}(\text{s}) + 3 \text{ Cu}^{2+}(\text{aq}) \longrightarrow 2 \text{ Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{ Cu}(\text{s})$. Montrer que la dernière ligne du programme correspond à cette expérience, puis indiquer les valeurs affichées (arrondies) sans exécuter le programme.

3.4 En déduire la masse de cuivre déposé. La solution est-elle encore bleue à la fin ?

3.5 Écrire les lignes à ajouter pour que la fonction affiche « mélange stœchiométrique » lorsque c'est le cas.