

TERMINALE SPÉCIALITÉ · PHYSIQUE-CHIMIE · CONSTITUTION ET TRANSFORMATIONS DE LA MATIÈRE · CHAPITRE 1



R. RINGUET · 2026 – 2027

Exercices 2 Transformations acide-base

Applications : antiacides, acidité des aliments, eaux de pluie et océans, amines volatiles, conservateurs

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

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

- Identifier les couples acide-base d'une situation concrète, écrire l'équation de la réaction et la relier aux observations expérimentales.
- Construire un tableau d'avancement, déterminer un réactif limitant, exploiter un graphique, un programme Python et des documents pour prévoir le résultat d'une transformation acide-base.

Exercice 1 Lait de magnésie contre acidité de l'estomac

●●○

Le suc gastrique contient des ions oxonium H_3O^+ qui, en excès, provoquent des brûlures d'estomac. Le « lait de magnésie » est une suspension d'hydroxyde de magnésium $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s})$, dont les ions hydroxyde captent les ions H_3O^+ . Une dose contenant $m = 0,583 \text{ g}$ d'hydroxyde de magnésium est ajoutée à $V = 100 \text{ mL}$ de suc gastrique de concentration $c = 0,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en ions H_3O^+ ; la transformation est totale.

■ **DONNÉES** M en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $M(\text{H}) = 1,0$ • $M(\text{C}) = 12,0$ • $M(\text{O}) = 16,0$ • $M(\text{Na}) = 23,0$ • $M(\text{Mg}) = 24,3$

- 1.1 Identifier les deux couples acide-base mis en jeu et écrire les deux demi-équations. En déduire que l'équation de la réaction s'écrit : $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \longrightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
- 1.2 Calculer les quantités de matière initiales des deux réactifs, puis recopier et compléter le tableau d'avancement ci-dessous.

Équation de la réaction		$\text{Mg}(\text{OH})_2$	+	$2 \text{H}_3\text{O}^+$	→	Mg^{2+}	+	$4 \text{H}_2\text{O}$
État	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)						
initial	$x = 0$							solvant
en cours	x							solvant
final	$x = x_{\text{max}}$							solvant

- 1.3 Déterminer l'avancement maximal et le réactif limitant, puis donner la composition finale du mélange (hors eau) et la masse d'hydroxyde de magnésium restante.
- 1.4 Un autre antiacide utilise l'hydrogénocarbonate de sodium NaHCO_3 . Écrire l'équation de la réaction entre HCO_3^- et H_3O^+ , comparer, pour $1,00 \text{ g}$ de principe actif, les quantités d'ions H_3O^+ que chacun des deux antiacides neutralise, puis citer un inconvénient du second, lié au produit formé.

Exercice 2 L'acide lactique d'un yaourt

●●○

Lors de la fermentation du lait, des bactéries transforment le lactose en acide lactique, de formule semi-développée $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{COOH}$. Un yaourt contient une concentration $c = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en acide lactique.

■ **DONNÉES** M en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $M(\text{H}) = 1,0$ • $M(\text{C}) = 12,0$ • $M(\text{O}) = 16,0$ • $M(\text{Na}) = 23,0$ • $V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$

- 2.1 Cette molécule porte deux groupes caractéristiques : les nommer. Un seul des atomes d'hydrogène de la molécule peut être cédé sous forme d'ion H^+ : indiquer lequel et justifier en une phrase.
- 2.2 Calculer la masse molaire de l'acide lactique, puis la masse contenue dans un pot de 125 mL . Écrire enfin la demi-équation du couple acide lactique / ion lactate et donner la formule semi-développée de l'ion lactate.

- 2.3** Pour adoucir une préparation, un pâtissier ajoute de l'hydrogénocarbonate de sodium à 250 mL de ce yaourt. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide lactique et l'ion HCO_3^- , puis calculer la masse minimale d'hydrogénocarbonate de sodium nécessaire pour faire réagir tout l'acide lactique.
- 2.4** Quelle observation expérimentale simple montre qu'un transfert d'ion H^+ a eu lieu ? Calculer le volume de gaz correspondant.

Exercice 3 Pluie et pierre calcaire



L'eau de pluie n'est jamais neutre : le dioxyde de carbone de l'air s'y dissout et donne l'espèce notée $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$, qui réagit avec l'eau. Au contact d'une statue en calcaire $\text{CaCO}_3(\text{s})$, il se forme des ions calcium et hydrogénocarbonate, entraînés par le ruissellement : la pierre est rongée.

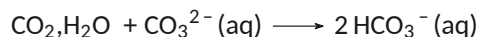
■ **DONNÉES** M en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $M(\text{C}) = 12,0$ • $M(\text{O}) = 16,0$ • $M(\text{Ca}) = 40,1$ • $V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$

- 3.1** Écrire l'équation de la réaction entre l'espèce $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ et l'eau, en identifiant les deux couples mis en jeu.
- 3.2** L'attaque du calcaire est modélisée par $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{HCO}_3^-(\text{aq})$: vérifier que cette équation est ajustée, puis montrer qu'il s'agit d'un transfert d'ion H^+ en précisant l'espèce qui cède l'ion H^+ et celle qui le capte.
- 3.3** Une statue perd chaque année une masse $m = 25 \text{ g}$ de calcaire par ce mécanisme. Calculer la quantité de carbonate de calcium dissoute, puis le volume de dioxyde de carbone consommé chaque année.
- 3.4** Les pluies dites « acides » contiennent en outre du dioxyde de soufre dissous, qui rend l'attaque bien plus rapide. Sans calcul, expliquer pourquoi une eau plus riche en ions H_3O^+ dissout plus vite le calcaire, puis proposer une expérience simple, avec un morceau de craie, qui le montre qualitativement.

Exercice 4 L'acidification des océans



Les océans absorbent chaque année environ $9,2 \times 10^{12} \text{ kg}$ de dioxyde de carbone. Le CO_2 dissous réagit avec les ions carbonate de l'eau de mer selon l'équation :



La figure 1 donne l'évolution de la concentration en ions carbonate des eaux de surface.

- 4.1** Identifier les deux couples acide-base mis en jeu et écrire les deux demi-équations, puis calculer la quantité de matière de dioxyde de carbone absorbée chaque année par les océans.
- 4.2** Déterminer graphiquement la concentration en ions carbonate en 1980 et en 2020, calculer le pourcentage de diminution sur cette période, puis, en supposant l'évolution linéaire, estimer cette concentration en 2100.
- 4.3** Les coquilles de nombreux organismes marins sont formées de carbonate de calcium, dont la dissolution est d'autant plus facile que l'eau est pauvre en ions carbonate. Expliquer, à l'aide de l'équation ci-dessus, pourquoi l'augmentation du CO_2 atmosphérique les menace.

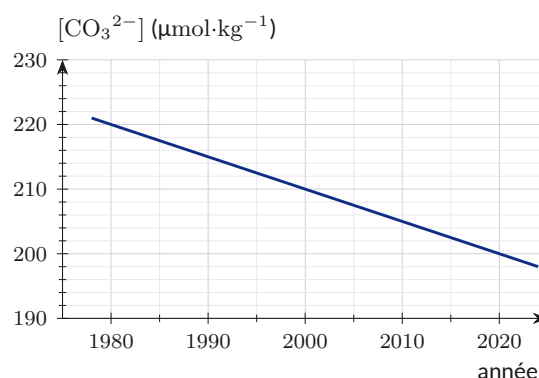


Figure 1 — Concentration en ions carbonate des eaux océaniques de surface

■ **DONNÉES** M en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $M(\text{C}) = 12,0$ • $M(\text{O}) = 16,0$

Exercice 5 Vinaigre et bicarbonate : prévoir le volume de gaz



Dans un ballon fermé par un tube à gaz, on verse $V = 50,0 \text{ mL}$ de vinaigre, assimilé à une solution d'acide éthanoïque CH_3COOH de concentration $c_a = 0,80 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, puis une masse m d'hydrogénocarbonate de sodium $\text{NaHCO}_3(\text{s})$. Les transformations sont totales et la figure 2 donne le volume de gaz recueilli en fonction de m .

- 5.1 Écrire l'équation de la réaction, préciser les deux couples mis en jeu et calculer la quantité de matière d'acide éthanoïque introduite.
- 5.2 Déterminer, par le calcul, le réactif limitant pour $m = 2,10 \text{ g}$, puis le volume de gaz dégagé. Vérifier la cohérence avec la figure 2.
- 5.3 Interpréter la rupture de pente : quelle masse m lui correspond et que dire alors du mélange initial ? Lire le volume obtenu pour $m = 5,04 \text{ g}$ et le retrouver par le calcul.
- 5.4 Compléter les lignes 4 et 5 du programme ci-dessous, puis donner la valeur affichée pour $m = 1,68 \text{ g}$.

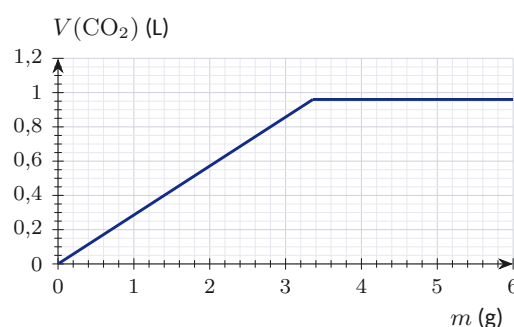


Figure 2 — Volume de gaz recueilli en fonction de la masse de NaHCO_3 introduite

■ **DONNÉES** M en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $M(\text{H}) = 1,0 \bullet$
 $M(\text{C}) = 12,0 \bullet M(\text{O}) = 16,0 \bullet M(\text{Na}) = 23,0 \bullet V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$

```
1 Vm = 24.0          # volume molaire en L/mol
2 n_acide = 0.80 * 0.0500
3 m = float(input("masse de NaHCO3 en g : "))
4 n_hydro = ...      # ligne à compléter
5 n_limitant = ...    # ligne à compléter
6 print("V(CO2) =", round(n_limitant * Vm, 3), "L")
```

Exercice 6 Pourquoi mettre du citron sur le poisson ?



L'odeur du poisson peu frais est due à des amines volatiles, dont la méthanimine CH_3NH_2 . Arroser le poisson de jus de citron, solution acide de concentration $c = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en ions H_3O^+ , fait disparaître cette odeur.

- 6.1 Donner la formule semi-développée et le schéma de Lewis de la méthanimine, puis ceux de l'ion méthylammonium.
- 6.2 Écrire la demi-équation acide-base du couple $\text{CH}_3\text{NH}_3^+/\text{CH}_3\text{NH}_2$, puis l'équation de la réaction entre la méthanimine et l'ion oxonium.
- 6.3 Un filet de poisson porte $n = 1,2 \times 10^{-4} \text{ mol}$ de méthanimine. Calculer le volume minimal de jus de citron à verser pour la faire entièrement réagir. Ce résultat est-il compatible avec l'usage en cuisine ?
- 6.4 L'ion méthylammonium, contrairement à la méthanimine, n'est pas volatil : expliquer pourquoi l'odeur disparaît. Le vinaigre et le vin blanc produisent le même effet ; quelle propriété commune à ces trois ingrédients est ici utilisée ?

Exercice 7 Un conservateur alimentaire : le benzoate de sodium



Le benzoate de sodium ($\text{Na}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$), additif E211, est ajouté à certaines boissons : c'est la forme acide, l'acide benzoïque $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$, qui empêche le développement des micro-organismes. Une bouteille de $V = 1,5 \text{ L}$ contient une concentration $c = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en ions benzoate.

■ **DONNÉES** M en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $M(\text{H}) = 1,0 \bullet M(\text{C}) = 12,0 \bullet M(\text{O}) = 16,0$

- 7.1 Donner la formule semi-développée de l'acide benzoïque et celle de l'ion benzoate, puis nommer les deux familles auxquelles ils appartiennent.
- 7.2 Écrire la demi-équation du couple $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}/\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$, puis l'équation de la réaction entre l'ion benzoate et l'ion oxonium.
- 7.3 Calculer la quantité de matière d'ions benzoate de la bouteille et la masse maximale d'acide benzoïque formée. Pourquoi ce conservateur est-il inefficace dans un aliment non acide ?