

TP1 : Réactions acide-base et pH

Comme le thé, les hortensias, le chou rouge ou encore l'artichaut, le bleu de bromothymol (BBT), un indicateur coloré, change de couleur en fonction du pH de la solution. Comment modéliser les transformations acide-base à l'origine des changements de couleur du BBT ?

Document 1 Bleu de bromothymol (BBT)

Le BBT est une espèce chimique qui existe sous

- une forme jaune $\text{C}_{27}\text{H}_{28}\text{Br}_2\text{O}_5\text{S}_{(\text{aq})}$ et
- une forme bleue-verte $\text{C}_{27}\text{H}_{27}\text{Br}_2\text{O}_5\text{S}^{-}_{(\text{aq})}$

**Document 2** Analogie entre les transformations d'oxydoréduction et les transformations acide-base

	Oxydoréduction	Acide-base
Particule échangée	Électron (e^-)	Ion hydrogène (H^+)
Couple	Oxydant / Réducteur	Acide / Base
Demi-équation	Oxydant + $n e^-$ = Réducteur	Acide = Base + H^+
Exemple	$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 e^- = \text{Cu}_{(\text{s})}$	$\text{H}_3\text{O}^{+}_{(\text{aq})} = \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$

Document 3 Utilisation BBT comme indicateur coloré**Partie 1 : mise en évidence des ions hydroxyde**

Dans un tube à essai (a) :

- Verser 2 mL d'eau distillée.
- Ajouter quelques gouttes de solution d'hydroxyde de sodium (Na^+ , HO^-) à $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- Ajouter quelques gouttes de BBT sous sa forme jaune.

Dans un tube à essai (b) :

- Verser 2 mL de solution de chlorure de sodium à $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- Ajouter quelques gouttes de BBT sous sa forme jaune.

Document 4 Matériels et produits

Quatre tubes à essais avec bouchons et portoir, BBT sous ses formes bleue et jaune, Solutions à $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, une fiole jaugée de 50 mL et une pipette jaugée de 5 mL, deux béchers, pH-mètre **étalonné**

Mettre en œuvre la partie 1 du protocole de document 3.

1. Dans quel tube (a ou b) peut-on affirmer qu'une transformation chimique a lieu ? Identifier les réactifs et le produit formé lors de cette transformation.
2. La forme jaune du BBT est un acide : en quoi se transforme-t-elle ?
3. Écrire l'équation correspondante, appelée demi-équation acido-basique.

L'ion hydroxyde HO^- , est une base se transformant en eau par une réaction acide-base.

4. Écrire la demi-équation correspondante
5. Identifier dans cette réaction l'acide et la base.
6. Écrire l'équation-bilan de la réaction comprenant les demi-équations précédentes (question 4 et 5)

On met en œuvre la partie 2 du protocole de document 3. On observe que le contenu du premier tube (c) devient jaune, alors que le deuxième (d) ne change pas d'aspect.

7. Dans quel tube (c ou d) peut-on affirmer qu'une transformation chimique a lieu ? En identifier les réactifs et un produit. Écrire la demi-équation de la réaction acide-base.
8. L'autre réaction qui se passe en même temps que la réaction précédente a pour demi-équation $\text{H}_3\text{O}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$. Identifier l'acide et la base dans cette réaction.
9. En sachant que l'un des produits est l'eau, écrire l'équation-bilan rendant compte de la transformation globale.
10. Justifier que les deux formes du BBT constituent un couple acide-base.

11. Donner la définition d'un acide, d'une base et d'un couple acide-base selon Brønsted.

12. Donner deux autres couples acide / base intervenant dans les transformations chimiques ci-dessus.

Une espèce **amphotère** est une espèce susceptible de céder ou de capter un proton selon le contexte réactionnel. Elle peut donc se comporter à la fois comme un acide et comme une base.

13. Quelle est l'espèce amphotère rencontrée dans les réactions précédentes ?

Document 5 pH-mètre

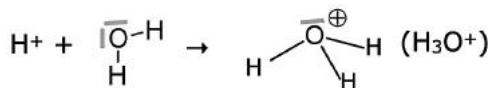
La précision du papier pH est de $u_{\text{papier pH}}(\text{pH}) = 1$. Pour mesurer le pH de manière plus précise, on utilise un pH-mètre qui a une précision théorique de $u_{\text{pH-mètre}}(\text{pH}) = 0,2$.

Cet appareil doit être étalonné à l'aide de solutions de référence. L'électrode est très fragile. Entre chaque mesure, on doit la rincer et la sécher délicatement.

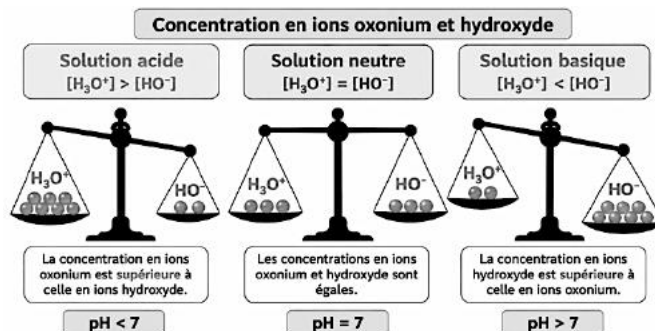


Document 6 Une solution aqueuse acide

Une solution aqueuse acide contient des ions hydrogène H^+ . Toutefois les ions H^+ n'existent pas à l'état libre dans l'eau. Ces ions se recombinaient avec des molécules d'eau pour donner des ions oxonium H_3O^+ :



Document 7 Rappels



14. Mesurer le pH de la solution d'acide chlorhydrique HCl à $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Diluer la solution de l'acide chlorhydrique de 10 fois et mesurer de nouveau son pH. Compléter le tableau ci-dessous

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₃	S ₄
Concentration en acide chlorhydrique HCl (en mol.L^{-1})	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$
pH mesuré	1,1			4,2	5,2

15. Indiquer comment semble augmenter le pH de la solution quand on divise la concentration en HCl par 10 ? Proposer une relation mathématique entre le pH et la concentration en ions oxonium.

16. Mesurer le pH de la solution de soude NaOH à $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Diluer la solution de la soude de 10 fois et mesurer de nouveau son pH. Compléter le tableau ci-dessous

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₃	S ₄
Concentration en hydroxyde de sodium NaOH (en mol.L^{-1})	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$
pH mesuré	13			9,9	9,0

17. Indiquer comment semble augmenter le pH de la solution quand on divise la concentration en NaOH par 10 ? Proposer une équation reliant pH et $[\text{OH}^-]$.

L'acide chlorhydrique noté ici HCl est un **acide fort** car il **dissocie totalement** dans l'eau : $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$.

18. Faire un tableau d'avancement pour la réaction HCl dans l'eau pour justifier que la concentration en quantité de matière en ions oxonium $[\text{H}_3\text{O}^+]$ à l'état final est égale à la concentration en soluté apporté HCl que l'on notera C .

19. Montrer qu'on peut écrire les résultats de la question 14 sous la forme $\text{pH} = -\log(C)$ avec C : concentration en soluté acide fort apporté.

De la même manière qu'un acide fort, une **base forte comme l'hydroxyde de sodium** se dissocie **totalement dans l'eau** suivant la réaction : $\text{NaOH}_{(s)} \rightarrow \text{HO}^-_{(aq)} + \text{Na}^+_{(aq)}$

20. Faire un tableau d'avancement pour la réaction ci-dessus pour justifier que la concentration en quantité de matière en ions hydroxyde $[\text{HO}^-]$ à l'état final est égale à la concentration en soluté apporté NaOH que l'on notera C .

21. Montrer qu'on peut écrire les résultats de la question 16 sous la forme $\text{pH} = 14 + \log(C)$ avec C : concentration en soluté base forte apporté

22. Mesurer les pH des solutions de l'acide éthanóique CH_3COOH et de l'éthanoate de sodium à $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

23. Justifier les qualificatifs « acide faible » et « base faible » pour ces deux solutions.