



EN  
CARTES  
MENTALES

T<sup>le</sup>

SPÉCIALITÉ

# PHYSIQUE CHIMIE

EN CARTES MENTALES

- » L'essentiel du cours
- » 22 cartes mentales
- » 104 exercices corrigés



ellipses

## L'essentiel du cours

### 1 Les acides et les bases

#### ► Définition

Selon Brønsted, un **acide** est une espèce chimique susceptible de **céder** un ou plusieurs ions hydrogène  $H^+$  (ou proton). Une **base** est une espèce chimique capable de **capter** un ou plusieurs ions hydrogène  $H^+$ .

#### ► Couple acide-base

Deux espèces notées  $AH$  et  $A^-$  forment un **couple acide-base** noté  $AH/A^-$  s'il est possible de passer de l'une à l'autre par un transfert d'ion hydrogène  $H^+$ .

La **demi-équation acide-base** modélisant le transfert d'ion hydrogène entre l'acide  $AH$  et sa base conjuguée  $A^-$  est :



**Remarques :** conventionnellement, on représente toujours l'acide à gauche et la base à droite dans la demi-équation.

Le symbole  $\rightleftharpoons$  signifie que le transfert d'un ion hydrogène peut se faire dans les deux sens. La demi-équation acide-base obéit aux lois de conservation des éléments chimiques et de la charge électrique.

**EXEMPLE.** L'acide méthanoïque  $HCO_2H$  et l'ion méthanoate  $HCO_2^-$  sont des espèces conjuguées et forment le couple acide-base  $HCO_2H/HCO_2^-$ . Ces deux espèces sont reliées par la demi-équation acide-base :

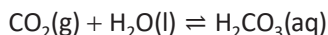


Acide	Base	Couple acide-base	Demi-équation
eau	ion hydroxyde	$H_2O_{(l)}/HO^-_{(aq)}$	$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HO^-_{(aq)} + H^+$
ion oxonium	eau	$H_3O^+_{(aq)}/H_2O_{(l)}$	$H_3O^+_{(aq)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)} + H^+$
acide carbonique	ion hydrogénocarbonate	$H_2CO_{3(aq)}/HCO_3^-_{(aq)}$	$H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons HCO_3^-_{(aq)} + H^+$
ion hydrogénéocarbonate	ion carbonate	$HCO_3^-_{(aq)}/CO_3^{2-}_{(aq)}$	$HCO_3^-_{(aq)} \rightleftharpoons CO_3^{2-}_{(aq)} + H^+$

L'eau est l'**acide** du couple  $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$  et la **base** du couple  $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$ . On dit que l'eau, qui peut être un acide ou une base, est une espèce **amphotère**.

Il en est de même pour l'ion hydrogénocarbonate  $\text{HCO}_3^-$ .

**Remarque** : l'acide carbonique  $\text{H}_2\text{CO}_3$  est une espèce instable qui se forme au cours de la dissolution du dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  dans l'eau :

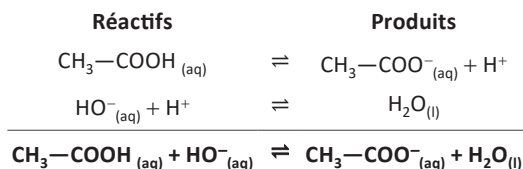


Cette réaction est responsable de l'acidification des océans.

### ▶ Réaction acide-base

Une réaction acide-base est un transfert d'ion hydrogène entre l'acide d'un couple acide-base et la base d'un autre couple.

**EXEMPLE.** L'équation de la réaction acide-base entre l'acide éthanoïque  $\text{CH}_3\text{COOH}$  et l'ion hydroxyde  $\text{HO}^-$  est :



L'équation associée à une réaction acide-base ne fait pas apparaître d'ion hydrogène : elle s'écrit en combinant les deux demi-équations des deux couples acide-base présents.

**Remarque** : un acide peut réagir avec une base. Deux acides ne réagissent pas entre eux, de même que deux bases.

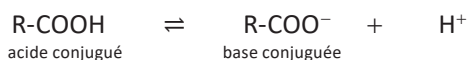
## 2 Structure des acides et des bases

### ▶ Cas des acides carboxyliques

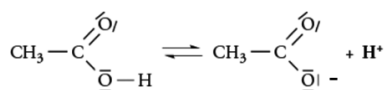
Les acides carboxyliques sont des composés organiques possédant le groupe caractéristique carboxyle  $-\text{COOH}$ . Leur formule générale est  $\text{R—COOH}$  où R peut être un atome d'hydrogène ou une chaîne carbonée.

La mobilité de l'atome d'hydrogène **H** présent dans le groupe carboxyle lui confère un **caractère acide**.

L'ion carboxylate  $\text{R—COO}^-$  est la base conjuguée de l'acide carboxylique. Ils forment le couple acide-base  $\text{R—COOH}/\text{R—COO}^-$  qui est relié par la demi-équation acide-base :



**EXEMPLE.** Couple acide éthanoïque/ion éthanoate,  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}(\text{aq})/\text{CH}_3\text{CO}_2^-(\text{aq})$



Représentation de Lewis simplifiée des espèces conjuguées

### ► Cas des amines

Les amines sont des composés organiques azotés dérivés de l'ammoniac  $\text{NH}_3$  où au moins un atome d'hydrogène a été remplacé par une chaîne carbonée. Les amines primaires possèdent le groupe caractéristique amine  $-\text{NH}_2$ .

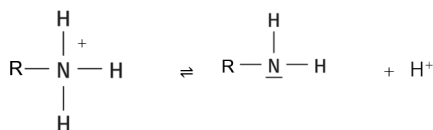
Leur formule générale est  $\text{R-NH}_2$  où R est une chaîne carbonée.

L'atome d'azote N présent dans le groupe amine, possède un doublet non liant qui peut capter un ion hydrogène ; **les amines sont des bases selon Brönsted.**

L'ion alkylammonium  $\text{R-NH}_3^+$  est l'acide conjugué de l'amine primaire  $\text{R-NH}_2$ . Ils forment le couple acide-base  $\text{R-NH}_3^+ / \text{R-NH}_2$  et sont reliés par la demi-équation acide-base :



EXEMPLE.



Représentation de Lewis des espèces conjuguées

## 3 Le pH d'une solution aqueuse

### DÉFINITION

Le pH (potentiel hydrogène) d'une solution aqueuse est une grandeur sans unité, donnée par la relation :

$$\text{pH} = -\log ([\text{H}_3\text{O}^+]/c^\circ)$$

où  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  désigne la concentration en quantité de matière en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  (en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) et  $c^\circ$  la concentration standard égale à  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

« log » représente la fonction logarithme décimal. Ne pas confondre avec le logarithme népérien « ln ».

La concentration  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  (en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) est liée au pH par la relation :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = c^\circ \cdot 10^{-\text{pH}}$$

Le pH indique la nature acide, neutre ou basique d'une solution.

À 25 °C, le pH d'une solution aqueuse est compris entre 0 et 14.

Plus une solution contient d'ions  $\text{H}_3\text{O}^+$ , plus son pH est faible et plus elle est acide.



**Définition**  
 $\text{pH} = -\log \left( \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c^\circ} \right)$  et  $[\text{H}_3\text{O}^+] = c^\circ \times 10^{-\text{pH}}$   
 $[\text{H}_3\text{O}^+]$  en mol.L<sup>-1</sup>  
 $c^\circ = 1 \text{ mol.L}^{-1}$  (concentration standard)

**Mesure du pH**  
 Le pH est un nombre sans unité compris entre 0 et 14 à 25°C.  
 Mesures du pH :  
 papier pH, pH-mètre

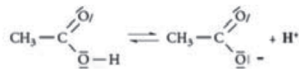
### Acide et base selon Brönsted

**Base**  
 espèce chimique susceptible de capter un ion hydrogène H<sup>+</sup>  
**Exemples** : NH<sub>3</sub>, OH<sup>-</sup>

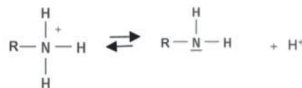
**Acide**  
 espèce chimique susceptible de céder un ion hydrogène H<sup>+</sup>  
**Exemples** : H<sub>2</sub>S, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>

### Structure des acides et bases

**Représentations de Lewis**  
 couple acide carboxylique / ion carboxylate



couple ion alkylammonium / amine primaire  
 R-NH<sub>3</sub><sup>+</sup> / R-NH<sub>2</sub>



### pH en solution aqueuse

## Les transformations acide-base

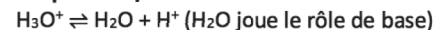
### Couple acide-base

Demi-équation acide/base  
 $\text{AH} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}^+$   
 AH et A<sup>-</sup> espèces conjuguées

#### Exemples

Couples de l'eau

#### couple H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>/H<sub>2</sub>O



#### couple H<sub>2</sub>O/OH<sup>-</sup>



Couples de l'acide carbonique

#### couple H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>



#### couple HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>

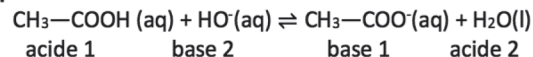


H<sub>2</sub>O et HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> sont des espèces amphotères car à la fois acide et base.

### Réaction acide-base

Transfert d'un ion hydrogène entre l'acide d'un couple et la base d'un autre couple.

#### Exemple



Les ions hydrogène n'apparaissent pas dans l'équation de réaction.

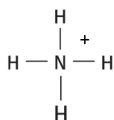


Le doublet non liant porté par l'atome d'azote permet de capter un ion hydrogène  $H^+$  ; l'ammoniac est une base selon Brönsted.

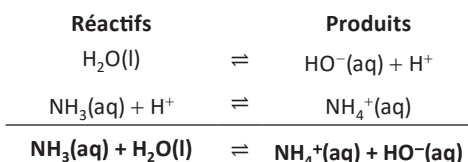
b. L'ion ammonium  $NH_4^+$  est associé à l'ammoniac par la demi-équation acide-base :



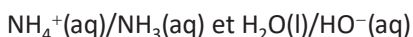
La représentation de Lewis de l'ion ammonium est :



c. L'équation de la réaction acide-base entre l'ammoniac et l'eau est obtenue en additionnant les deux demi-équations acide-base :

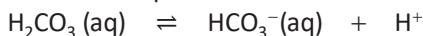


Les couples acide-base mis en jeu sont :



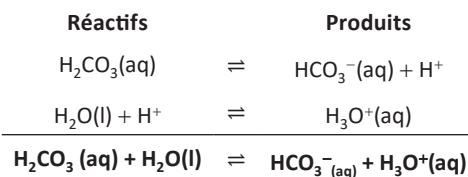
d. L'eau en cédant un ion hydrogène  $H^+$  joue le rôle d'acide.

2 a. L'acide carbonique  $H_2CO_3(aq)$  et sa base conjuguée, l'ion hydrogénocarbonate  $HCO_3^-(aq)$  sont reliés par la demi-équation acide-base :



Ils appartiennent au couple acide-base  $H_2CO_3(aq)/HCO_3^-(aq)$ .

b. L'équation de la réaction acide-base entre l'acide carbonique et l'eau est obtenue en additionnant les deux demi-équations acide-base :



Au cours de la réaction des ions oxonium  $H_3O^+(aq)$  sont produits ce qui entraîne une diminution du pH.

c. L'eau en captant un ion hydrogène  $H^+$  joue le rôle de base.

3 L'eau joue le rôle d'acide dans la première réaction et de base dans la deuxième. L'eau est une espèce amphotère.

## ▶ Les exercices pour préparer son contrôle

### | Exercice 1.1.

Identifier les couples acide-base parmi les couples suivants :

- a.  $\text{H}_2\text{S}/\text{HS}^-$       b.  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$       c.  $\text{HNO}_3/\text{NO}_3^-$       d.  $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$

📖 Corrigé page 256.

### | Exercice 1.2.

Compléter les couples acide-base ci-dessous.

Justifier en indiquant la demi-équation acide-base associée à chaque couple.

- a. ....../ $\text{HCO}_3^-$       b.  $(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+/\text{.....}$       c.  $\text{H}_3\text{O}^+/\text{.....}$

📖 Corrigé page 256.

### | Exercice 1.3.

On mélange une solution aqueuse d'acide méthanoïque avec une solution aqueuse d'ammoniac.

Écrire l'équation de la réaction acide-base mise en jeu lors du mélange.

**Données :**

Couples acide-base  $\text{NH}_4^+(\text{aq})/\text{NH}_3(\text{aq})$  et  $\text{HCO}_2\text{H}(\text{aq})/\text{HCO}_2^-(\text{aq})$

📖 Corrigé page 256.

### | Exercice 1.4.

On dissout un sachet d'aspirine (ou acide acétylsalicylique de formule brute  $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ ) dans de l'eau. La solution aqueuse obtenue a un pH de 2,1.

- 1 Écrire l'équation de la réaction acide-base entre l'acide acétylsalicylique et l'eau.
- 2 Déterminer la concentration en quantité de matière en ions oxonium dans la solution aqueuse.

📖 Corrigé page 256.



## Exercice 1.5.

En cuisine, nous savons qu'on peut ajouter du vinaigre dans l'eau de cuisson d'un poisson pour éliminer les mauvaises odeurs. L'odeur désagréable du poisson est due à la libération d'une amine, la triméthylamine de formule  $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ .

- 1 On dispose d'une solution aqueuse de triméthylamine dont le pH est égal à 9,4.
  - a. Écrire le couple acide/base faisant intervenir la triméthylamine.
  - b. Établir l'équation de la réaction acide-base entre la triméthylamine et l'eau.
  - c. Déterminer la concentration en quantité de matière en ions oxonium dans la solution aqueuse.
- 2 Le vinaigre est une solution aqueuse diluée contenant principalement de l'acide éthanoïque (ou acétique) de formule  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
  - a. Écrire le couple acide/base faisant intervenir l'acide éthanoïque.
  - b. Écrire la représentation de Lewis de l'acide éthanoïque et de sa base conjuguée.
  - c. Établir l'équation de la réaction acide-base entre l'acide éthanoïque et l'eau.
- 3 On introduit du vinaigre dans la solution aqueuse de triméthylamine. Le pH du mélange est alors égal à 6,8.  
Établir l'équation de la réaction acide-base entre la triméthylamine et l'acide éthanoïque.

 Corrigé page 257.