



© 1999 Université de Liège
Section de Chimie
Groupe Transition
<http://www.ulg.ac.be/grptrans>

Conditions d'utilisation **des versions électroniques des modules de chimie**

Vous pouvez:

- consulter les versions électroniques sur un ou plusieurs ordinateurs
- imprimer un ou plusieurs modules pour une distribution en classe en mentionnant l'origine du didacticiel
- distribuer gratuitement un ou plusieurs fichiers PDF ou ZIP complets et sans modification à d'autres personnes

Vous ne pouvez pas:

- modifier ou traduire un module
- enlever ou modifier les logos ou les copyrights
- recopier entièrement ou partiellement un module pour l'inclure dans un autre projet
- mettre à disposition les versions électroniques des modules sur un autre site internet
- inclure les fichiers ZIP ou PDF dans un projet commercial (p.ex. un CD-ROM d'un périodique) sans autorisation écrite préalable du Groupe Transition

Responsable administratif:
André Cornélis
Université de Liège
Institut de Chimie B6
Sart-Tilman
B 4000 Liège (Belgique)
Fax: +32-4-3664738
Email: Andre.Cornelis@ulg.ac.be

**Université de Liège
Section de Chimie**

La dissociation des électrolytes forts en solution aqueuse

**Une réalisation du groupe « TRANSITION »
édition 1999**

Objectif du module

Le but de ce module est de vous aider à écrire les équations de dissociation des électrolytes forts dans l'eau. Les électrolytes que nous considérerons sont des acides, des hydroxydes et des sels.

Prérequis

Avant d'aborder cette matière, veuillez à avoir la maîtrise :

a) de la loi de Coulomb

b) de la matière des deux modules suivants :

- *Les éléments chimiques et le tableau périodique*
- *Nomenclature et fonctions en chimie inorganique*

Vous devez notamment pouvoir écrire la formule chimique d'une substance à partir de son nom officiel.

INTRODUCTION

L'étiquette de certaines bouteilles d'eau en indique l'analyse chimique moyenne (en mg/L)¹
Nous en donnons quelques exemples ci-dessous.

Première eau	Deuxième eau
Na ⁺ : 92 mg/L	Na : 5 mg/L
K ⁺ : 20 mg/L	K : 0,5 mg/L
Ca ²⁺ : 60 mg/L	Ca : 5,5 mg/L
Mg ²⁺ : 23 mg/L	Mg : 1,5 mg/L
Cl ⁻ : 36 mg/L	Cl : 5,5 mg/L
SO ₄ ²⁻ : 55 mg/L	SO ₄ : 7,5 mg/L
NO ₃ ⁻ : < 2 mg/L	NO ₃ : 1,5 mg/L
HCO ₃ ⁻ : 476 mg/L	HCO ₃ : 18 mg/L

Troisième eau	Quatrième eau
Sodium : 14 mg/L	Sodium Na ⁺ : 3,8 mg/L
Calcium : 555 mg/L	Calcium Ca ²⁺ : 202 mg/L
Magnésium : 110 mg/L	Magnésium Mg ²⁺ : 36 mg/L
Sulfate : 1479 mg/L	Sulfate SO ₄ ²⁻ : 306 mg/L
Hydrogénocarbonate : 403 mg/L	Hydrogénocarbonate HCO ₃ ⁻ : 402 mg/L

Remarquons tout d'abord la diversité des notations :

Certaines étiquettes mentionnent la présence de différentes espèces d'ions: Na⁺, SO₄²⁻...

D'autres mentionnent uniquement la teneur en diverses espèces sans spécifier qu'il s'agit d'ions. Un bon exercice consiste à examiner les étiquettes de plusieurs eaux minérales et à reconstituer des étiquettes conformes à l'attente d'un chimiste, c'est-à-dire des étiquettes reprenant des espèces réellement présentes dans l'eau.

Question 1

Pour la troisième eau ci-dessus, donnez les formules des différents ions dont on donne la teneur :

Ion sodium

Ion calcium

Ion magnésium

Ion sulfate

Ion hydrogénocarbonate.

¹ Le mg/L est une unité de concentration massique (voir module "La matière et ses quantités: les concentrations").

Réponse 1 :

Pour trouver les bonnes réponses, point n'est besoin de chercher trop loin. Elles se trouvent in extenso sur l'étiquette de la quatrième eau.

Ion sodium : Na^+

Ion calcium : Ca^{2+}

Ion magnésium : Mg^{2+}

Ion sulfate : SO_4^{2-}

Ion hydrogénocarbonate : HCO_3^- .

Par ailleurs, certaines eaux minérales vantent leur teneur en sels (la "troisième eau" mentionne explicitement "Riche en sels minéraux"). Pourtant, ces analyses ne mentionnent pas la formule chimique d'un ou de plusieurs sels mais uniquement la teneur en divers ions.

L'eau de mer doit son goût salé à la présence de chlorure de sodium, souvent d'ailleurs appelé sel de cuisine.

Or, l'analyse de l'eau de mer ne donne, elle aussi, que la teneur des différents éléments présents sous forme d'ions.²

Type d'ion	Concentration massique (en g/L)	Type d'ion	Concentration massique (en g/L)
sodium	10,600	chlorure	19,000
magnésium	1,900	sulfate	2,700
calcium	0,400	bromure	0,065
potassium	0,380	carbonate	0,140

Si, dans les analyses des eaux, on ne trouve que ces types de renseignements, c'est parce que, lors de leur dissolution dans l'eau, les sels se dissocient en leurs ions constitutifs.

Les informations données sur les paquets de poudre à lessiver mentionnent aussi la présence d'ions, par exemple : agents tensioactifs³ anioniques : 5 à 15 %.

Ce module veut vous aider :

- à comprendre pourquoi et comment certaines substances se dissocient en ions dans l'eau;
- à écrire les équations chimiques décrivant cette dissociation.

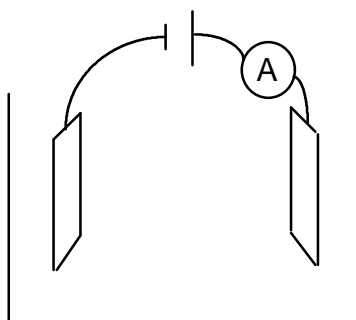
² E.Flamand et R.P.Tremblay, Sainte Foy (Québec), Les éditions Le Griffon d'argile, p 109, 1990.

³ Substance capable de modifier les propriétés de surface d'un liquide, dont son caractère "mouillant"; un tensioactif a la propriété de faciliter la dispersion des huiles dans l'eau.

ÉLECTROLYTES ET NON-ÉLECTROLYTES

Réalisons un montage comportant:

- une cuve en verre d'une contenance égale à environ 150 mL,
- deux électrodes métalliques inattaquables (en Pt, par exemple) maintenues à distance constante l'une de l'autre et reliées par un conducteur métallique à :
 - un générateur de tension continue,
 - un ampèremètre placé en série dans le circuit électrique.



a) Versons de l'eau déminéralisée⁴ dans la cuve de manière à recouvrir totalement les électrodes (environ 100 mL); l'intensité du courant électrique mesurée par l'ampèremètre est quasi nulle. L'eau pure ne conduit pratiquement pas le courant.

Si, dans l'eau, on ajoute 0,01 mole d'éthanol, C_2H_5OH , ce dernier se dissout et la solution ne conduit pratiquement pas le courant électrique. Il en va de même si on dissout dans l'eau 0,01 mole de glucose solide, $C_6H_{12}O_6$ (sucre de raisin) ou de saccharose⁵, $C_{12}H_{22}O_{11}$ (sucre de betterave ou de canne).

b) On réalise une nouvelle expérience en ajoutant dans 100 mL d'eau, 0,01 mole de chlorure de sodium solide, $NaCl$. Ce dernier se dissout et cette fois, la solution conduit le courant électrique de manière significative. Une intensité de courant importante est mesurée par l'ampèremètre.

Si au lieu de chlorure de sodium, on ajoute dans le même volume d'eau 0,01 mole de chlorure de cuivre(II) hydraté solide, $CuCl_2 \cdot 2 H_2O$, ce dernier se dissout et la solution conduit également le courant électrique.

Laissons passer le courant dans la solution aqueuse de chlorure de cuivre(II) pendant un certain temps :

- on perçoit l'odeur du dichlore au voisinage de la lame reliée à la borne positive du générateur,
- on observe un dépôt métallique rougeâtre de cuivre métallique sur la lame reliée à la borne négative du générateur.

Si, au lieu de chlorure de sodium ou de cuivre (II), on ajoute aux 100 mL d'eau 0,01 mole d'hydroxyde de sodium solide, $NaOH$, la solution conduit aussi le courant électrique de manière significative.

⁴ C'est-à-dire débarrassée de tout ion étranger.

⁵ On dit aussi parfois sucre.

c) Re commençons l'expérience en versant, dans la cuve, une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène (acide chlorhydrique) réalisée en dissolvant 0,01 mole de HCl par 100 mL de solution; on observe que cette solution aqueuse conduit également bien le courant électrique.

Il est donc possible de classer les substances selon la capacité de leurs solutions aqueuses à conduire le courant électrique.

Les valeurs des intensités de courant mesurées avec le dispositif décrit ci-dessus sont reprises dans l'annexe 1 figurant à la fin du module.

Les substances dont la solution aqueuse ne conduit pas le courant électrique sont les **NON-ÉLECTROLYTES**.
Celles dont la solution aqueuse le conduit sont les **ÉLECTROLYTES**.

Question 2

Parmi les composés suivants : $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (éthanol), HCl , NaCl , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (glucose), NaOH , CuCl_2 , $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ (saccharose), établissez la liste de **tous** ceux qui sont des électrolytes en solution aqueuse.

1. HCl , NaCl , CuCl_2
2. HCl , NaCl , NaOH , CuCl_2
3. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
4. HCl , NaOH
5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.
6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

Réponse 2 : 2

Nous avons vu dans les expériences présentées au début du module que l'eau et les solutions aqueuses de $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ et $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ne conduisent pas le courant électrique.

Par contre, les solutions aqueuses de HCl , NaCl , NaOH et CuCl_2 conduisent le courant électrique de manière significative. Ces substances sont donc des **électrolytes**. Il s'agit de sels (NaCl , CuCl_2), d'un acide (HCl) et d'un hydroxyde alcalin (NaOH).

Question 3

Parmi les composés suivants : CH_3OH (méthanol), $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$ (méthanal ou formaldéhyde), NaCl , KBr , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (éthanol), établissez la liste de **tous** ceux qui sont des électrolytes en solution aqueuse.

1. CH_3OH , NaCl , KBr
2. NaCl , KBr , H_2CO
3. CH_3OH , H_2CO , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
4. NaCl , KBr
5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.
6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

Réponse 3 : 4

NaCl et KBr sont des sels alors que CH_3OH , $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ sont des molécules organiques, essentiellement covalentes. NaCl et KBr peuvent seuls jouer le rôle d'électrolyte.

Ces phénomènes peuvent s'interpréter comme suit à l'échelle moléculaire (microscopique):

Dans l'eau, comme dans tous les liquides et tous les gaz, les molécules sont en état d'agitation continue; c'est ce qu'on appelle l'agitation thermique.

a) L'éthanol, le glucose, le saccharose sont constitués de molécules covalentes.

Après leur dissolution dans l'eau, elles subsistent en tant qu'entités covalentes neutres; les chocs incessants auxquelles elles sont soumises de la part des molécules d'eau les laissent intactes. Les solutions obtenues ne conduisent dès lors pas le courant électrique.

b) Le chlorure de sodium solide est un composé ionique; il est constitué d'un assemblage tridimensionnel régulier de particules électriquement chargées: des cations Na^+ et des anions Cl^- .

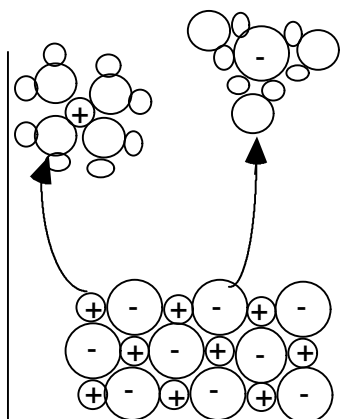
Lorsqu'on introduit un cristal de chlorure de sodium dans l'eau, ce dernier subit de la part des molécules d'eau, des chocs incessants. Ceux-ci désagrègent la structure cristalline en libérant des ions Na^+ et Cl^- qui s'entourent immédiatement de molécules d'eau, fortement polaires. Ce phénomène porte le nom d'**hydratation** des ions. Ces ions hydratés se dispersent au hasard dans l'ensemble de la solution.

Comme l'eau est un solvant à grande constante diélectrique ($\epsilon_r = 80$), l'attraction qui porte les ions de charges de signes opposés à se recombiner est réduite d'un facteur 80 par rapport à ce qu'elle serait dans le vide conformément à la loi de Coulomb:

$$F = \frac{q^+ \cdot q^-}{4 \pi \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot r^2}$$

où q^+ et q^- représentent les charges des ions positifs et négatifs, r , la distance entre ces ions, ϵ_0 , la permittivité du vide et ϵ_r la constante diélectrique du milieu.

De ce fait, dans l'eau, les ions hydratés ne se réassocient pas.



Lorsqu'on établit un champ électrique entre les électrodes en branchant le générateur de tension continue, les ions positifs Na^+ se dirigent vers l'électrode négative et les ions négatifs Cl^- vers l'électrode positive, constituant ainsi un courant électrique (charges qui se déplacent) de nature ionique.

Le chlorure de cuivre se comporte de la même façon: lorsqu'il se dissout, des ions Cu^{2+} et Cl^- sont libérés dans l'eau, s'entourent de molécules d'eau et se dispersent dans la solution. Sous l'effet du champ électrique, les ions Cu^{2+} migrent vers la borne négative où ils se transforment en cuivre métallique; les ions Cl^- migrent vers la borne positive où ils se déchargent pour former du dichlore gazeux.

Ces mouvements coordonnés des ions positifs et négatifs correspondent à des déplacements de charges électriques, c'est-à-dire à un courant électrique.

L'hydroxyde de sodium a un comportement semblable à celui des deux sels précédents. Sa structure est constituée d'ions Na^+ et OH^- qui, dans l'eau, se séparent et s'entourent d'une coque de molécules d'eau.

c) Lorsqu'on dissout dans l'eau du chlorure d'hydrogène gazeux, la polarisation de la molécule est exacerbée jusqu'à ce que sa liaison covalente polarisée devienne équivalente à une liaison ionique entre Cl^- et H^+ . Ces paires d'ions sont soumises à des chocs continuels de la part du solvant (eau), chocs qui les dissocient en ions H^+ et en ions Cl^- .

Comme l'eau est un milieu à grande constante diélectrique, l'attraction qui porte les ions à se recombiner est ici également réduite d'un facteur 80 par rapport à ce qu'elle serait dans le vide et la dissociation de HCl en ions H^+ et en ions Cl^- peut être considérée comme pratiquement totale.

Comme tous les ions, les ions H^+ et Cl^- s'entourent de molécules d'eau mais l'interaction des ions H^+ avec l'eau est plus intense que celle des autres cations (Na^+ , Ca^{2+} , etc.). Avec H^+ , il se produit une véritable réaction chimique qui aboutit à la formation d'ions H_3O^+ qui eux mêmes s'hydratent.

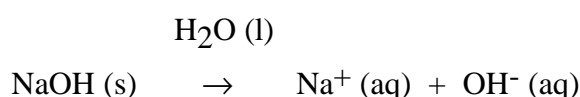
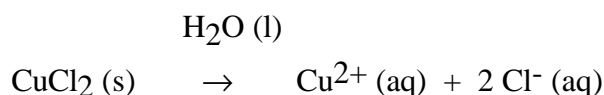
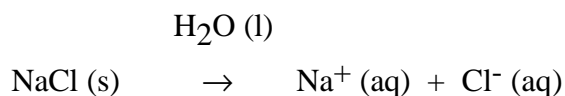
En résumé, on peut ainsi dire que :

En solution aqueuse, les électrolytes subissent une dissociation en ions.

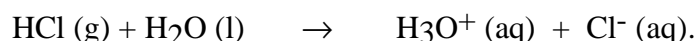
Les électrolytes totalement dissociés sont dits **forts**.

Ceux-ci sont essentiellement les sels, les hydroxydes alcalins et alcalino-terreux ainsi que quelques acides. Ces hydroxydes et ces acides sont appelés respectivement **bases fortes** et **acides forts**.

Lors de leur dissolution dans l'eau, **l'équation chimique représentant le bilan de la dissociation des électrolytes forts** rencontrés jusqu'ici est :



Dans le cas d'un acide fort comme HCl (aq), l'écriture qui traduit la réaction chimique entre le proton et l'eau est :



Les abréviations placées après les formules donnent une information sur l'état physique sous lequel les substances mises en oeuvre se trouvent. Les significations des abréviations sont les suivantes:

(s) : solide (l) : liquide (g) : gaz (aq) : en solution aqueuse.

H₂O (l) sur la flèche indique que l'on opère en présence d'eau liquide.

ÉLECTROLYTES FORTS ET FAIBLES

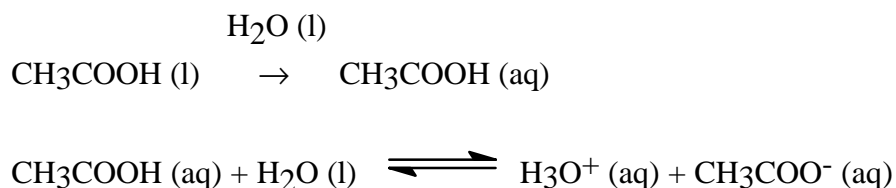
Faisons une nouvelle mesure de conductivité en versant, dans la cuve, de l'eau puis de l'acide acétique (CH₃COOH, le constituant acide du vinaigre) pour atteindre une concentration de 0,1 mol/L; ce dernier se dissout et on observe que la solution aqueuse d'acide acétique conduit, mais très peu, le courant électrique.

Dans l'eau, les molécules d'acide acétique sont constamment soumises à des chocs de la part du solvant (eau). Lors de certains chocs, suffisamment énergétiques, une faible fraction (environ 1,3 % dans les conditions de l'expérience) des molécules d'acide acétique se dissocient en ions H⁺, qui réagissent avec l'eau pour former H₃O⁺ et des ions CH₃COO⁻.

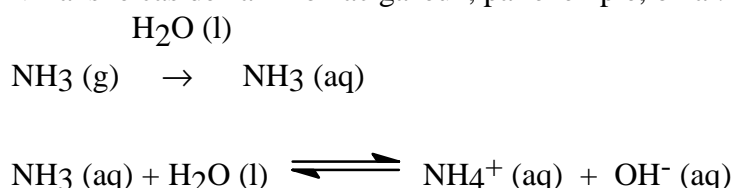
On dit que l'acide acétique est dissocié partiellement en ions.

Les électrolytes partiellement dissociés sont dits **faibles**.

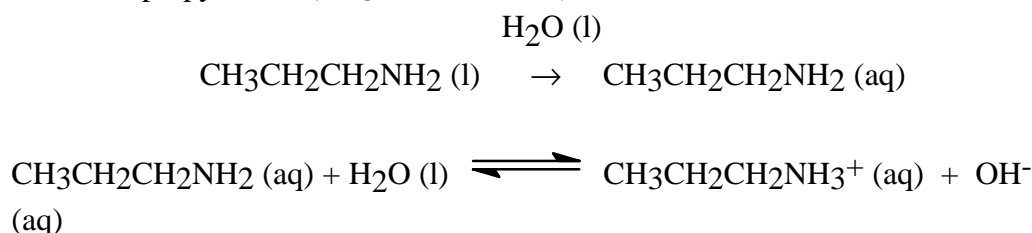
Comme dans le cas des acides forts, les équations chimiques représentant le bilan de la dissociation de l'acide acétique dans l'eau doivent tenir compte de la réaction des ions H^+ avec l'eau. On écrit dès lors⁶ :



Des bases comme l'ammoniac (NH_3) ou les amines se comportent aussi comme des électrolytes faibles mais par un mécanisme différent car ces substances enlèvent des ions H^+ aux molécules d'eau, donnant naissance à des cations polyatomiques et des anions hydroxyde OH^- . Dans le cas de l'ammoniac gazeux, par exemple, on a :



Dans le cas de la propylamine ($CH_3CH_2CH_2NH_2$), on a :



Les électrolytes faibles se rencontrent surtout parmi les acides et les bases qui, dans ce cas, sont appelés **acides et bases faibles**.

Dans ce module, nous n'envisageons que la dissociation "complète" des sels, des acides forts et des bases fortes. De plus, dans le cas des sels, nous n'envisagerons que les sels solubles dans l'eau.

Question 4

*Parmi les composés suivants en solution aqueuse : K_2SO_4 , CH_3COONa (acétate de sodium), $NaOH$, KBr , H_2SO_4 , HNO_3 , citez **tous** ceux qui sont des sels*

1. K_2SO_4 , KBr , CH_3COONa
2. $NaOH$, H_2SO_4 , HNO_3
3. K_2SO_4 , KBr
4. $NaOH$, HNO_3
5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.
6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

⁶ L'utilisation de la double flèche \rightleftharpoons indique que la réaction est loin d'être complète.

Réponse 4 : 1.

K_2SO_4 , KBr , CH_3COONa sont des sels.

$NaOH$ est un hydroxyde alcalin, donc une base forte.

H_2SO_4 et HNO_3 sont des acides forts.

COMMENT ÉCRIRE LES ÉQUATIONS DE DISSOCIATION DES ÉLECTROLYTES DANS L'EAU ?

Pour écrire les équations de dissociation, il faut:

- d'une part, déterminer la charge des ions (cations et anions) dans les composés considérés;
- d'autre part, écrire l'équation de dissociation en respectant les lois de conservation de la matière et de conservation des charges électriques.

Question 5

Habituellement, les charges que portent les ions sodium, magnésium et aluminium en solution aqueuse sont respectivement:

1. + 1, + 2 et + 3

2. + 2, + 3 et + 4

3. -1, -2 et -3

4. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.

5. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

Réponse 5 : 1.

Le sodium est un élément alcalin, le magnésium un élément alcalino-terreux et l'aluminium, un élément terreux. Les ions qui en dérivent sont chargés positivement – ce sont des **cations** - et leur charge correspond à la perte de tous les électrons de la couche de valence de l'élément⁷.

On note ces ions : Na^+ (aq), Mg^{2+} (aq), Al^{3+} (aq).

Question 6

Les charges que portent respectivement les ions chlorure, sulfure et sulfate sont respectivement :

- 1. + 1, + 2 et + 3*
- 2. -1, -2 et - 2*
- 3. -1, -2 et -3*
- 4. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.*
- 5. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.*

⁷ Cfr module "Les éléments chimiques et leur structure électronique"

Remarquez que deux systèmes de numérotation coexistent pour désigner les familles d'éléments chimiques. La nouvelle numérotation est croissante de 1 à 18 (chiffres arabes). L'ancienne numérotation comprend les familles principales (a) et de transition (b) numérotées chacune de I à VIII (en chiffres romains)

1 Les éléments des trois premières familles principales du tableau périodique, à savoir les éléments des familles principales, Ia ou 1 (alcalins), IIa ou 2 (alcalino-terreux) et IIIa ou 13 (terreux), ont un caractère essentiellement métallique.

Ces éléments forment des ions chargés positivement - des **cations** -. La charge de ceux qui sont stables en solution aqueuse correspond à la perte de tous les électrons de leur couche de valence.

L'hydrogène, quant à lui, forme essentiellement des ions H^+ (aq) qui réagissent avec l'eau pour former des ions H_3O^+ .

1 Les sulfurides et les halogènes, à savoir les éléments des familles principales, VIA ou 16 (sulfurides) et VIIa ou 17 (halogènes), ont un caractère essentiellement non-métallique.

Ces éléments forment des ions chargés négativement - des **anions** - et leur état de charge stable en solution aqueuse résulte du remplissage complet de leur couche de valence.

A l'exception du fluor, ces éléments peuvent aussi former des **oxoanions**.

Les anions stables en solution aqueuse des éléments des familles principales IVa ou 14 (carbonides) et Va ou 15 (azotides) sont essentiellement des **oxoanions**.

En solution aqueuse, l'anion stable dérivant de l'oxygène est l'anion hydroxyde OH^- .

1 Les éléments des périodes 4, 5, 6 situés au centre du tableau périodique (colonnes b, c'est-à-dire 3 à 12 incluses) sont des éléments de transition.

Ils peuvent présenter différents nombres d'oxydation et former ainsi, selon les cas, différents cations (par exemple, Fe^{2+} , cation du fer(II) ou Fe^{3+} , cation du fer(III)) mais aussi des oxoanions (par exemple, CrO_4^{2-} et $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, oxoanions du Cr(VI), MnO_4^- , oxoanion du Mn(VII))⁸.

Il n'est pas possible de dégager une règle générale simple à laquelle répondraient toutes les structures des ions observés. C'est pourquoi, nous mentionnons ci-après les cations et les anions que vous rencontrerez le plus fréquemment et qu'il est utile de mémoriser.

1 CATIONS (IONS POSITIFS)

1 Élément hydrogène

Dans les acides, l'hydrogène forme toujours des ions de charge $+1(\text{H}^+)$ qui réagissent avec l'eau pour former des ions H_3O^+ .

⁸ Voir le module traitant des nombres d'oxydation.

1 Éléments des familles principales

- Les éléments de la famille des **alcalins** (1 ou Ia) forment des ions de charge **+1**.
Exemples : Li^+ , Na^+ , K^+
- Les éléments de la famille des **alcalino-terreux** (2 ou IIa) forment des ions de charge **+2**.
Exemples : Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+}
- Les éléments de la famille des **terreux** (13 ou IIIa) forment des ions de charge **+3**.
Exemples : Al^{3+} , Ga^{3+}

1 Éléments des familles 3 à 12

Vous devez mémoriser ces quelques cations !!

- Les éléments de **transition** {3 (IIIb) à 12 (IIb)} forment
soit un seul type de cations portant toujours la **même charge**
Exemples : Zn^{2+} , Cd^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+}
soit plusieurs types de cations portant des **charges différentes**
Exemples : Fe^{2+} et Fe^{3+}

N.B. Bien qu'ils puissent former plusieurs types de cations, on considérera que

- le chrome forme essentiellement des cations Cr^{3+} ;
- le cuivre forme essentiellement des cations Cu^{2+}
- le mercure forme essentiellement des cations Hg^{2+}
- l'argent forme essentiellement des cations Ag^+

1 ANIONS (IONS NÉGATIFS)

1 Ions monoatomiques

- Les éléments de la famille des **halogènes** (17 ou VIIa) forment des ions de charge **-1**.
Exemples : F^- , Cl^- , Br^- , I^-
- Les éléments de la famille des **sulfurides** (encore appelés chalcogènes) (16 ou VIa) forment des ions de charge **-2**.
Exemples : S^{2-} , Se^{2-}

1 Ions polyatomiques - Oxoanions

On obtient les différents oxoanions à partir de la formule de l'acide électriquement neutre correspondant (qu'on appellera **acide parent**) dont on retire successivement tous les atomes d'hydrogène correspondant à ses fonctions acides.

Par exemple, l'oxoanion SO_4^{2-} provient de l'enlèvement successif de 2 ions H^+ de l'acide parent H_2SO_4 .

Chaque fois que l'on retire une charge positive (sous forme de H^+), le résidu acquiert une charge négative supplémentaire de façon à respecter l'électronégativité globale du système.

Nous nous limiterons à un ensemble de cas que vous avez rencontrés dans l'enseignement secondaire.

Le tableau ci-après donne la formule et le nom des oxoanions courants ainsi que la formule et le nom de l'**acide parent**.

Quelques oxoanions courants

ANION	NOM	ACIDE PARENT	
NO_2^-	nitrite	nitreux	HNO_2 ($\rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$)
NO_3^-	nitrate	nitrique	HNO_3 ($\rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$)
SO_3^{2-}	sulfite	sulfureux	" H_2SO_3 " ($\rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$)
HSO_3^-	hydrogénosulfite	sulfureux	" H_2SO_3 " ($\rightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$)
SO_4^{2-}	sulfate	sulfurique	H_2SO_4 ($\rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$)
HSO_4^-	hydrogénosulfate	sulfurique	H_2SO_4 ($\rightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$)
ClO^-	hypochlorite	hypochloreux	HClO ($\rightarrow \text{H}^+ + \text{ClO}^-$)
ClO_3^-	chlorate	chlorique	HClO_3 ($\rightarrow \text{H}^+ + \text{ClO}_3^-$)
ClO_4^-	perchlorate	perchlorique	HClO_4 ($\rightarrow \text{H}^+ + \text{ClO}_4^-$)
PO_4^{3-}	phosphate	phosphorique	H_3PO_4 ($\rightarrow 3 \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$)
HPO_4^{2-}	hydrogénophosphate	phosphorique	H_3PO_4 ($\rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$)
H_2PO_4^-	dihydrogénophosphate	phosphorique	H_3PO_4 ($\rightarrow \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$)
CO_3^{2-}	carbonate	carbonique	" H_2CO_3 " ($\rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$)
HCO_3^-	hydrogénocarbonate	carbonique	" H_2CO_3 " ($\rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$)
MnO_4^-	permanganate	permanganique	" HMnO_4 " ($\rightarrow \text{H}^+ + \text{MnO}_4^-$)
CrO_4^{2-}	chromate	chromique	" H_2CrO_4 " ($\rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{CrO}_4^{2-}$)
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	dichromate	dichromique	" $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ " ($\rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$)
OH^-	hydroxyde	eau	H_2O ($\rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$)

N.B. Les molécules H_2SO_3 , H_2CO_3 , HMnO_4 , H_2CrO_4 , $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ n'existent pas ou pratiquement pas en solution aqueuse; c'est pour l'indiquer que les formules sont placées entre guillemets.

Exemples : NO_3^- a une charge -1 ($\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$)
 SO_4^{2-} a une charge -2 ($\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$)
 HSO_4^- a une charge -1 ($\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$).

On peut vérifier que dans l'équation bilan de dissociation de l'acide, il y a non seulement conservation de la matière et des charges électriques mais aussi de la structure chimique des anions.

Cas de l'hydroxyde

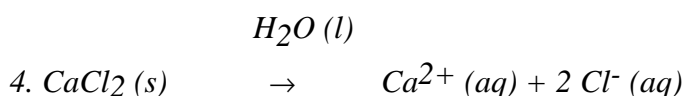
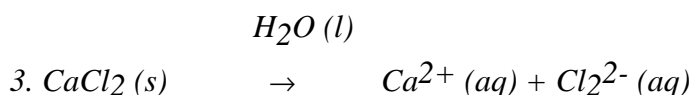
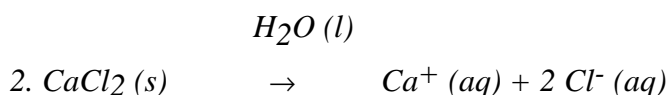
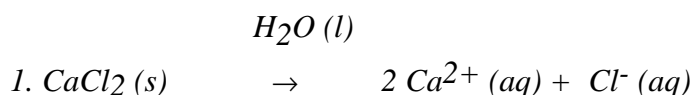
L'anion hydroxyde OH^- dérive formellement de la perte d'un ion H^+ par une molécule d'eau.

Signalons que les seuls hydroxydes significativement solubles sont les hydroxydes alcalins et, dans une moindre mesure, les hydroxydes alcalino-terreux⁹.

Question 7

Lors de sa dissolution dans l'eau, le chlorure de calcium solide (CaCl_2) se dissocie en ions.

L'équation chimique représentant le bilan de ce phénomène est:



5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.

6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

⁹ Par exemple, on peut dissoudre 1,07 kg de KOH dans un litre d'eau à 15 °C et seulement $1,7 \cdot 10^{-3}$ kg de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dans le même volume d'eau à la même température.

Réponse 7 : 4.

CaCl_2 est un sel binaire (il est constitué de deux éléments).

Une mole de chlorure de calcium contient 1 mole d'ions Ca^{2+} et 2 moles d'ions Cl^- .
D'où, lorsqu'on dissout le chlorure de calcium dans l'eau, c'est l'équation 4 qui rend compte des lois de conservation de la matière et des charges.

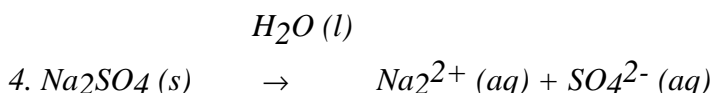
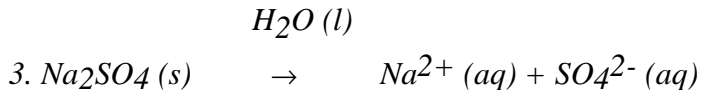
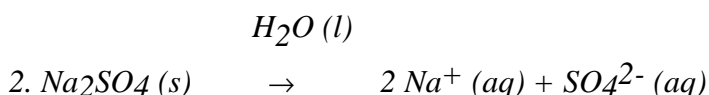
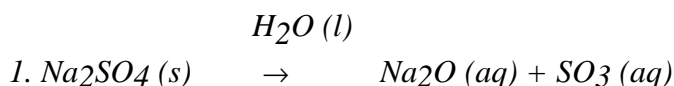
L'équation 1 ne respecte ni la conservation de la matière ni celle des charges.

L'équation 2 respecte la conservation de la matière mais non la conservation des charges, en faisant intervenir une espèce d'ion qui n'existe pas en solution aqueuse, Ca^+ (aq).

L'équation 3 respecte les conditions de conservation mais fait intervenir une espèce d'ions qui n'existe pas Cl_2^{2-} (aq).

Question 8

L'équation chimique correspondant à la dissociation de Na_2SO_4 solide dans l'eau est :



5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.

6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

Réponse 8 : 2. (voir plus loin une démarche détaillée)

Na_2SO_4 est un sel ternaire (il est constitué de trois éléments).

Une mole de sulfate de sodium contient 2 moles d'ions Na^+ et 1 mole d'ions SO_4^{2-} .

D'où, lorsqu'on dissout le sulfate de sodium dans l'eau, c'est l'équation 2 qui rend compte des lois de conservation de la matière et des charges.

COMMENT ÉCRIRE L'ÉQUATION DE DISSOCIATION ?

On peut écrire l'équation de dissociation dans l'eau d'un composé en suivant l'algorithme suivant.

1) Repérer le type de composé: binaire ou ternaire et supérieur

Le qualificatif supérieur se rapporte à une espèce chimique dont la formule comporte plus de 3 éléments.

A. Dans le cas d'un composé binaire (HX ou MX^{10})

M désigne un métal et **X**, un non métal.

Il s'agit de composés comme: HCl , NaCl , NaBr , CaBr_2

a) Si c'est un acide (fort) (HX)

ex : HCl , HBr

1 les cations présents dans les solutions acides sont toujours des ions H_3O^+ .

2 Il faut déterminer la charge de l'anion correspondant à l'élément non-métallique X (ou M') à partir de sa position dans le tableau périodique :

- VIa ou 16 (sulfurides) : charge -2
- VIIa ou 17 (halogènes) : charge -1

b) Si c'est un sel (MX)

ex : NaCl , NaBr , CaBr_2

Il faut repérer :

1 l'élément métallique M et voir s'il s'agit :

- d'un élément d'une famille principale : Ia ou 1 (alcalins), IIa ou 2 (alcalino-terreux) ou IIIa ou 3 (terreux)
- d'un élément de transition

et déterminer la charge du cation (voir plus haut).

2 l'élément non-métallique X (ou parfois aussi M') et déterminer la charge de l'anion à partir de sa position dans le tableau périodique :

- VIa ou 16 (sulfurides)
- VIIa ou 17 (halogènes).

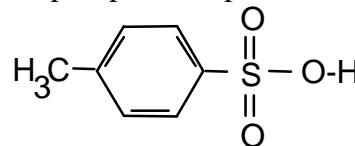
¹⁰ Dans certains manuels, on peut trouver M' au lieu de X.

B. Dans le cas d'un composé ternaire et supérieur: oxoacide, sel dérivé d'un oxacide, sel d'un acide organique ou hydroxyde

a) Si c'est un acide (fort)

ex. : HClO_3 , H_2SO_4 , HNO_3 .

En chimie organique, il peut toutefois y avoir des exemples plus complexes.



Par exemple, l'acide paratoluènesulfonique :

1 les cations présents dans les solutions acides sont toujours des ions H_3O^+ .

1 Il faut déterminer la charge de l'anion à partir de la formule de l'acide.

b) Si c'est un sel

ex. : NaClO_4 , Na_2SO_4 , CH_3COONa (acétate de sodium).

Il faut repérer :

1 l'élément métallique M et voir s'il s'agit :

- d'un élément d'une famille principale : Ia ou 1 (alcalins), IIa ou 2 (alcalino-terreux) ou IIIa ou 3 (terreux)
- d'un élément de transition

et déterminer la charge du cation.

1 le groupement d'atomes constituant l'oxoanion et déterminer sa charge à partir de la formule de l'acide dont il dérive.

c) Si c'est un hydroxyde

ex. : $\text{Ca}(\text{OH})_2$, KOH ou $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]^+ \text{OH}^-$, hydroxyde de tétraméthylammonium

1 les anions obtenus par dissociation des hydroxydes forts sont toujours des ions OH^-

1 la charge du cation est

- soit +1 (alcalins, ammonium quaternaires $[\text{R}_4\text{N}]^+$)
- soit +2 (alcalino-terreux).

2) Dissocier le composé en respectant les lois de conservation de la matière et des charges

Il faut aussi conserver la structure chimique des cations et des anions. C'est ce qu'on appellera la **conservation des structures**.

3) Écrire l'équation de dissociation

Dans deux exemples, nous allons suivre pas-à-pas le raisonnement que nous venons de décrire. Un diagramme proposant schématiquement le raisonnement à suivre pour repérer le type de composé (binaire ou ternaire, acide, sel, hydroxyde) et les types d'ions impliqués figure dans l'annexe 2 à la fin du module.

Premier exemple

Considérons la dissociation de CaCl_2 solide lors de sa mise en solution aqueuse.

1) Il s'agit d'un **composé binaire** car il ne comporte que deux espèces d'éléments.

2) C'est un **sel** car le composé ne contient pas d'hydrogène.

Il faut **repérer** l'élément métallique et l'élément non-métallique.

Ici, l'élément métallique est le calcium, de la famille des alcalino-terreux; donc, le cation correspondant est Ca^{2+} .

L'élément non-métallique est le chlore, de la famille des halogènes. Il s'agit d'un chlorure, anion dont la charge est de -1.

3) Appliquons les **lois de conservation**.

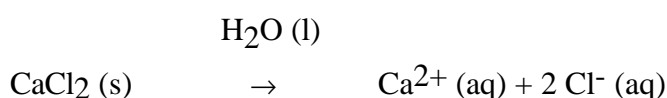
Conservation de la matière et des structures :

Dans CaCl_2 , il y a 1 ion Ca^{2+} et 2 ions Cl^- ; ces ions doivent se retrouver dans le membre de droite.

Conservation des charges :

Il y a deux charges + dans l'ion Ca^{2+} ; elles sont compensées par deux charges - provenant des deux ions Cl^- .

4) L'équation de dissociation est donc :



Deuxième exemple

Considérons la dissociation de Na_2SO_4 solide.

1) Il s'agit d'un composé **ternaire**.

2) C'est un **sel** et non un acide ou un hydroxyde.

Il faut **repérer** l'élément métallique et le groupement formant l'anion.

Dans ce composé, l'élément métallique est le sodium, élément de la famille des alcalins; donc, le cation correspondant est Na^+ .

Le groupement d'atomes, SO_4 provient de l'acide sulfurique, H_2SO_4 dont l'anion (obtenu en enlevant deux H^+) est SO_4^{2-} , chargé deux fois négativement.

3) Appliquons les lois de conservation.

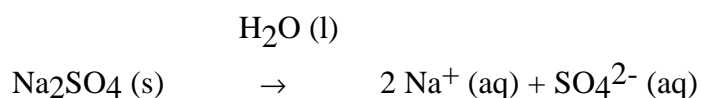
Conservation de la matière et des structures:

Dans Na_2SO_4 , il y a 2 ions Na^+ et 1 ion SO_4^{2-} ; ces ions doivent se retrouver dans le membre de droite.

Conservation des charges :

Chaque ion Na^+ étant chargé une fois positivement, il y a 2 charges +; elles sont compensées par deux charges - provenant de l'ion SO_4^{2-} .

4) L'équation de dissociation est donc :



CAS PARTICULIERS

A - Un cation polyatomique courant, l'ion ammonium, NH_4^+

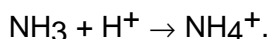
Question 9

En solution aqueuse, la dissociation d'une mole de sulfate d'ammonium solide, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 (\text{s})$, met en solution :

1. 2 moles d'ions
2. 10 moles d'ions
3. 3 moles d'ions
4. 15 moles d'ions
5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.
6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

Réponse 9 : 3.

L'ion NH_4^+ résulte de la capture par l'ammoniac, NH_3 , molécule neutre, d'un cation H^+ :



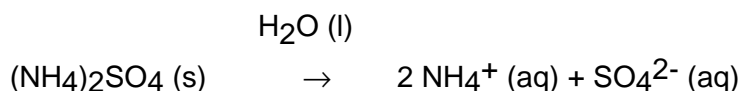
L'ion NH_4^+ porte donc une charge **+1**.

L'examen de la formule du sulfate d'ammonium, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ montre qu'il y a 2 entités NH_4 qui, en solution aqueuse, libèrent 2 ions NH_4^+ , au total, porteurs de 2 charges positives.

Ces charges sont compensées par les deux charges négatives portées par l'ion sulfate, SO_4^{2-} , dérivé de l'acide parent H_2SO_4 .

Il y a donc au total 3 moles d'ions (2 moles d'ions NH_4^+ et 1 mole d'ions SO_4^{2-}) par mole de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dissocié en solution aqueuse.

En respectant les lois de conservation de la matière et des charges, l'équation de dissociation de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ solide en solution aqueuse est :



De la même manière que la structure chimique des anions est conservée, la structure des cations polyatomiques est aussi conservée.

C'est le cas de l'ion ammonium, NH_4^+ , mais aussi de cations plus complexes comme l'ion tétraméthylammonium: $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]^+$

B - Quand les parenthèses nous aident

Envisageons la dissociation en solution aqueuse de $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

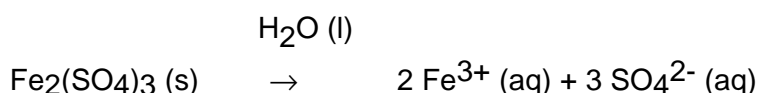
Dans la formule $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, les parenthèses indiquent qu'il y a 3 groupements SO_4 . Il s'agit en fait d'ions SO_4^{2-} , porteurs de 2 charges négatives car ils dérivent de l'acide parent H_2SO_4 par perte de 2 ions H^+ . En solution aqueuse, la dissociation de $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ libérera donc 3 ions SO_4^{2-} , correspondant à 6 charges négatives.

Pour respecter l'électroneutralité, ces charges négatives doivent être compensées par 6 charges positives. La formule indique aussi la présence de 2 atomes de fer qui vont être libérés sous forme d'ions en solution aqueuse.

Si **Y** est la charge positive portée par un ion fer, on a

$$\begin{array}{l} 2 \times \text{Y} = - (-6) \\ \text{Y} = +3 \end{array}$$

En respectant les lois de conservation de la matière et des charges, l'équation de dissociation de $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ solide en solution aqueuse est :



Si on fournit le nom correspondant à $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, à savoir sulfate de fer(III), le nombre d'oxydation mentionné entre parenthèses indique directement la charge de l'ion fer, Fe^{3+} et le problème devient alors très simple.

C - Électrolytes organiques

C'est une idée fausse de croire que tous les composés organiques sont covalents. Les acides organiques, par exemple, en réagissant avec une base, donnent lieu à la formation de sels qui, en solution aqueuse, se dissocient en ions.

Les amines, en réagissant avec un acide, donnent aussi lieu à la formation de sels qui, en solution aqueuse, se dissocient en ions.

Dans ce cas, la démarche à suivre est identique à celle adoptée pour les sels inorganiques mais, comme on repère immédiatement la chaîne carbonée, le problème est encore plus simple.

Question 10

Dans le cas du sel sodique de l'acide acétique, l'acétate de sodium, correspondant à la formule CH_3COONa , quels sont les ions formés en solution aqueuse ?

1. CH_3CO^- et ONa^+
2. CH_3COO^+ et Na^-
3. CH_3COO^- et Na^+
4. $^-\text{CH}_2\text{COOH}$ et Na^+
5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.
6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

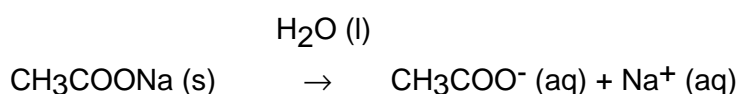
Réponse 10 : 3.

Le sodium forme uniquement des ions Na^+ en solution aqueuse; on ne trouve donc pas en solution aqueuse des ions Na^- ou ONa^+ . Les charges positives provenant des ions Na^+ doivent être compensées par des charges négatives portées par les anions.

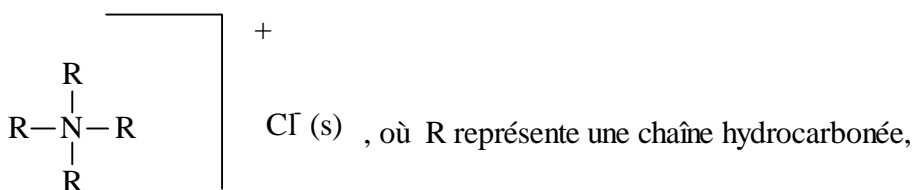
En enlevant un ion Na^+ à la formule du sel, on obtient la formule de l'anion qui a évidemment la charge -1.

Cet anion dérive de l'enlèvement d'un ion H^+ de la fonction acide carboxylique de l'acide acétique (ou éthanoïque) CH_3COOH . On l'appelle anion acétate. D'une manière générale, les anions RCOO^- qui résultent de la perte d'un H^+ par un acide carboxylique sont appelés anions carboxylates

L'équation de dissociation de CH_3COONa solide en solution aqueuse est :



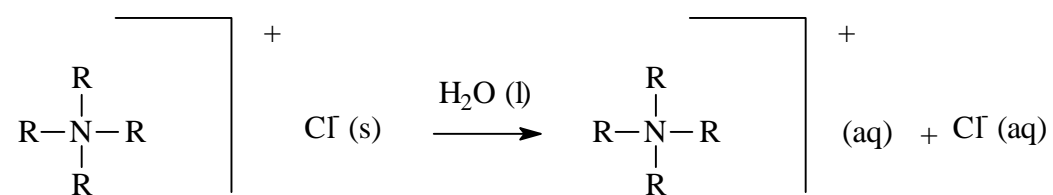
Les composés du type



sont comparables au chlorure d'ammonium (NH_4^+) Cl^- dans lequel les 4 atomes d'hydrogène ont été remplacés par des groupements alkyles ($-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$, ..., R).

On les désigne par chlorure de tétraalkylammonium. On dit qu'il s'agit de sels d'ammonium quaternaire (formule générale $\text{R}_4\text{N}^+ \text{X}^-$).

Dans l'eau, la réaction de dissociation peut se traduire par l'équation :



Question 11

Quels sont les ions formés lorsqu'on dissout de l'éthanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) dans l'eau ?
Quels sont les ions formés lorsqu'on dissout de l'éthanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) dans l'eau ?

Réponse 11 :

Comme nous l'avons vu dans les expériences décrites au début du module, une solution d'éthanol dans l'eau ne conduit pratiquement pas le courant. L'éthanol est un non-électrolyte. Dans l'eau, il ne forme donc pas d'ions.

A VOUS DE JOUER

N.B. Il arrive souvent que la dissolution dans l'eau de différents électrolytes conduise à la formation d'espèces plus complexes que les ions cités dans le module. Toutefois, nous n'envisageons pas ce type de phénomène. Dans les exercices qui vous sont proposés, considérez que les ions formés peuvent être directement déduits de la formule des composés mis en solution.

Question 12

Parmi les composés suivants, solubles dans l'eau: $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (éthylèneglycol ou éthane-1,2-diol), KCl , CH_3CHO (éthanal ou acétaldéhyde), $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (éthanol), Na_2SO_4 , déterminez tous ceux qui sont des composés ioniques.

- 1. CH_3CHO , KCl , Na_2SO_4*
- 2. KCl , $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$*
- 3. $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, CH_3CHO , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$*
- 4. KCl , Na_2SO_4*
- 5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.*
- 6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.*

Réponse 12 : 4.

Question 13

Parmi les composés suivants, solubles dans l'eau: $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$ (glycérol), KCl , CaBr_2 , CH_3OH (méthanol), CsCl , déterminez tous ceux qui sont des composés covalents.

- 1. KCl , CaBr_2 , $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$*
- 2. KCl , CaBr_2 , CH_3OH*
- 3. KCl , CaBr_2 , CsCl*
- 4. $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$, CH_3OH*
- 5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.*
- 6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.*

Réponse 13 : 4.

Question 14

*Parmi les composés suivants: CaBr_2 , Na_3PO_4 , HBr , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, H_2S , CH_3COONa ,
déterminez tous les composés qui sont des sels*

- 1. $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaBr_2*
- 2. HBr , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, H_2S*
- 3. CaBr_2 , Na_3PO_4 , CH_3COONa*
- 4. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.*
- 5. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.*

Réponse 14 : 3.

Question 15

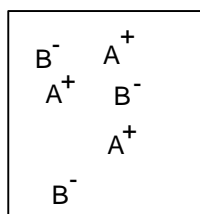
Parmi les composés suivants: CaBr_2 , H_3PO_4 , HBr , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, H_2S , CH_3OH (méthanol) déterminez tous les composés qui sont des acides en solution aqueuse.

- 1. H_3PO_4 , HBr , H_2S , CH_3OH*
- 2. H_3PO_4 , HBr , H_2S*
- 3. CaBr_2 , HBr*
- 4. $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CH_3OH*
- 5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.*
- 6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.*

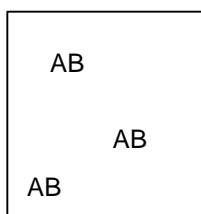
Réponse 15 : 2.

Question 16

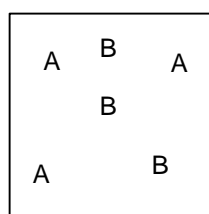
On représente au moyen d'un modèle figuratif la solution dans l'eau d'un électrolyte fort du type AB.



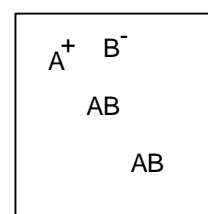
a)



b)



c)



d)

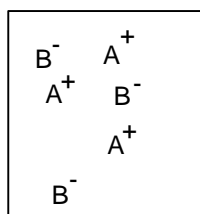
Le modèle qui représente le mieux cette solution est :

1. Le modèle a)
2. Le modèle b)
3. Le modèle c)
4. Le modèle d)
5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.
6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

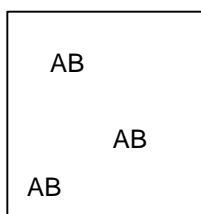
Réponse 16 : 1.

Question 17

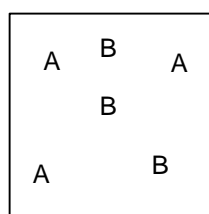
On représente au moyen d'un modèle figuratif la solution dans l'eau d'un non-électrolyte du type AB.



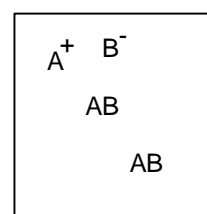
a)



b)



c)



d)

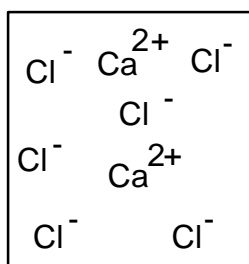
Le modèle qui représente le mieux cette solution est :

1. Le modèle a)
2. Le modèle b)
3. Le modèle c)
4. Le modèle d)
5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.
6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

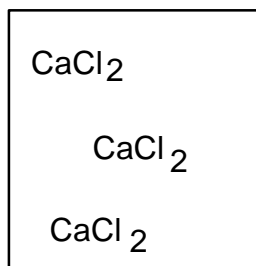
Réponse 17 : 2.

Question 18

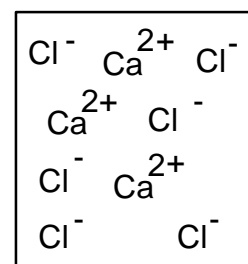
On représente au moyen d'un modèle figuratif la solution dans l'eau d'un électrolyte fort comme CaCl_2 .



a)



b)



c)

Le modèle qui représente le mieux cette solution est :

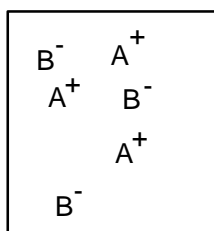
1. Le modèle a)
2. Le modèle b)
3. Le modèle c)
4. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.
5. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

Réponse 18 : 3.

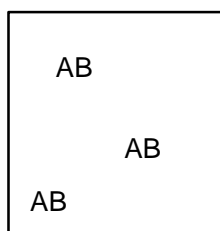
Remarquons que le modèle a) ne respecte pas la condition d'électroneutralité globale.

Question 19

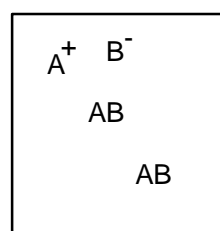
On représente au moyen d'un modèle figuratif la solution dans l'eau d'un électrolyte faible du type AB.



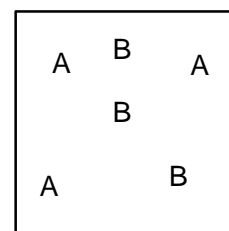
a)



b)



c)



d)

Le modèle qui représente le mieux cette solution est :

1. Le modèle a)
2. Le modèle b)
3. Le modèle c)
4. Le modèle d)
5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.
6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

Réponse 19 : 3.

Question 20

Combien d'atomes y a-t-il dans une entité correspondant à la formule $Al_2(SO_4)_3$?

1. 3

2. 2

3. 5

4. 17

5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.

6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

Réponse 20 : 4.

Question 21

Combien de moles d'ions la dissolution dans l'eau d'une mole de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ libère-t-elle?

1. 2

2. 3

3. 5

4. 17

5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.

6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

Réponse 21 : 3.

Question 22

La réaction de dissolution de HCl gazeux dans l'eau peut être représentée par l'équation:



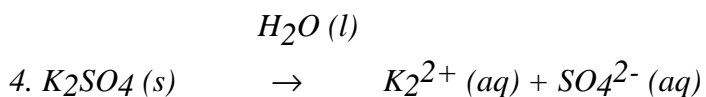
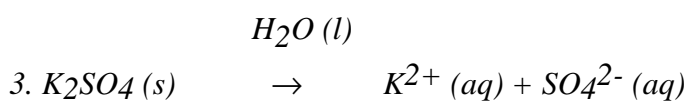
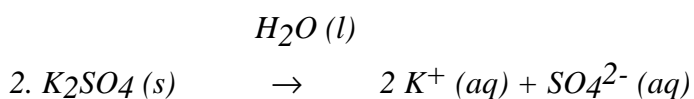
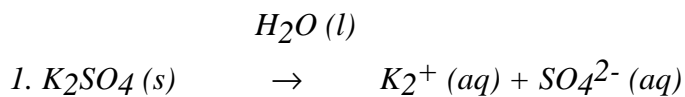
Combien de liaisons chimiques rompt-on, par molécule de HCl, lors de la dissolution de cette substance dans l'eau?

1. 0
2. 1
3. 2
4. Beaucoup
5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.
6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

Réponse 22 : 2.

Question 23

L'équation chimique correspondant à la dissociation de K_2SO_4 solide dans l'eau est :



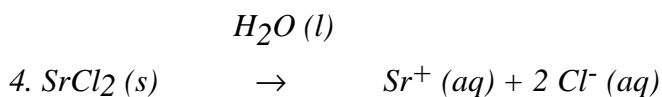
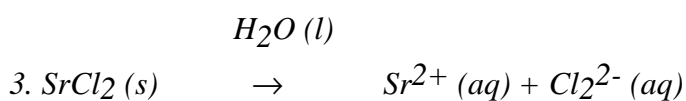
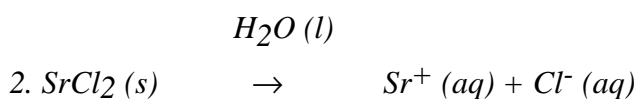
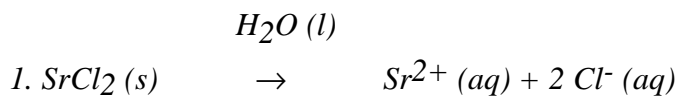
5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.

6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

Réponse 23 : 2.

Question 24

L'équation chimique correspondant à la dissociation de SrCl_2 solide dans l'eau est :



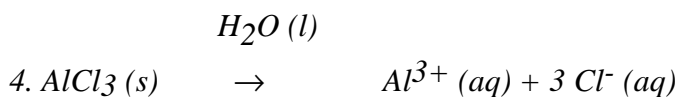
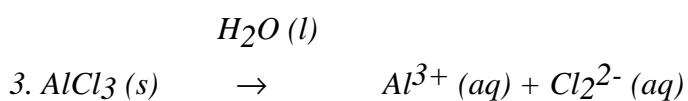
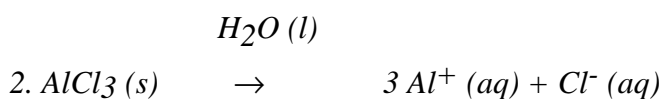
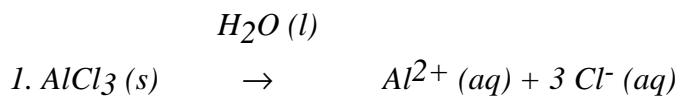
5. *Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.*

6. *Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.*

Réponse 24 : 1.

Question 25

L'équation chimique correspondant à la dissociation de AlCl_3 solide dans l'eau est :



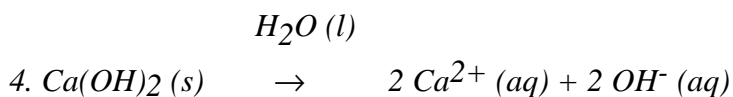
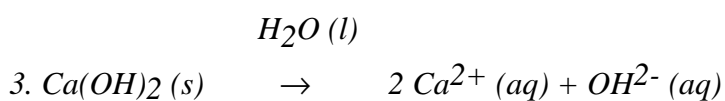
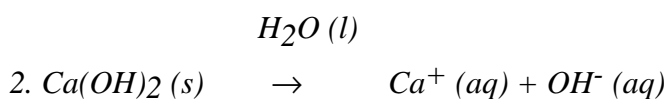
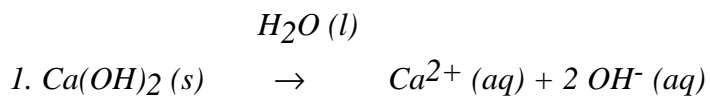
5. *Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.*

6. *Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.*

Réponse 25 : 4.

Question 26

L'équation chimique correspondant à la dissociation de Ca(OH)_2 solide dans l'eau est :



5. *Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.*

6. *Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.*

Réponse 26 : 1.

Question 27

Dans une solution aqueuse, on trouve essentiellement des ions Na^+ et PO_4^{3-} ; quel est le sel que l'on a dissous?

1. Na_3PO_4
2. Na_2HPO_4
3. NaH_2PO_4
4. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.
5. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

Réponse 27 : 1.

Question 28

Dans une solution aqueuse, on trouve essentiellement des ions Ca^{2+} et Br^- ; quel est le sel que l'on a dissous?

1. CaBr
2. CaBr_2
3. CaBr_3
4. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.
5. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

Réponse 28 : 2.

Question 29

L'eau de mer a la composition suivante :

<i>Type d'ion</i>	<i>Concentration massique (en g/L)</i>	<i>Type d'ion</i>	<i>Concentration massique (en g/L)</i>
<i>sodium</i>	<i>10,600</i>	<i>chlorure</i>	<i>19,000</i>
<i>magnésium</i>	<i>1,900</i>	<i>sulfate</i>	<i>2,700</i>
<i>calcium</i>	<i>0,400</i>	<i>bromure</i>	<i>0,065</i>
<i>potassium</i>	<i>0,380</i>	<i>carbonate</i>	<i>0,140</i>

Si on évapore l'eau de mer, quel(s) sel(s) pourrait-on, entre autres, recueillir à l'état solide ?

- 1. NaCl*
- 2. MgCl₂*
- 3. MgSO₄*
- 4. KBr*
- 5. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.*
- 6. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.*

Réponse 29 : 5.

Question 30

Dans certains cachets antiacides, on trouve des composés comme le citrate de sodium. La dissolution dans l'eau de ce composé solide donne lieu à la libération d'ions Na^+ et citrate, $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$.

Quelle est la formule moléculaire du citrate de sodium, sachant que toutes les charges de l'anion sont compensées par des cations Na^+ ?

1. $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}$
2. $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_2$
3. $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{HNa}_2$
4. Toutes les propositions ci-dessus sont correctes.
5. Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte.

Réponse 30 : 5.

La charge 3^- de l'ion citrate, $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$ doit être compensée par 3 charges élémentaires positives provenant de 3 cations Na^+ .

La formule moléculaire du citrate de sodium est donc: $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$

Annexe 1

**MESURES DE L'INTENSITÉ DE COURANT DE L'EAU ET DE DIFFÉRENTES
SOLUTIONS AQUEUSES (c = 0,10 mol/L)**

Conditions expérimentales:

Becher de 150 mL dans lequel plongent

2 électrodes de platine brillant de 3,1 cm x 4,4 cm (S = 13,6 cm²)

Tension appliquée: 4,5 V

100 mL de solution (c = 0,10 mol/L) sont nécessaires pour recouvrir les lames de platine.

Mesures de l'intensité de courant:

Liquide ou solution aqueuse (c = 0,10 mol/L)	Intensité de courant mesurée (en mA ou μA)
H₂O	59 μ A
C₂H₅OH (aq) (éthanol)	28 μ A
C₆H₁₂O₆ (aq) (glucose)	71 μ A
NaCl (aq)	92 mA
CuCl₂. 2H₂O (aq)	150 mA
NaOH (aq)	130 mA
HCl (aq)	190 mA
CH₃COOH (aq)	8 mA
NH₃ (aq)	4 mA

**Annexe 2 DÉMARCHÉ À SUIVRE POUR REPÉRER LE TYPE DE COMPOSÉ ET LES IONS FORMÉS
LORS DE LA DISSOLUTION DES ELECTROLYTES FORTS DANS L'EAU**

