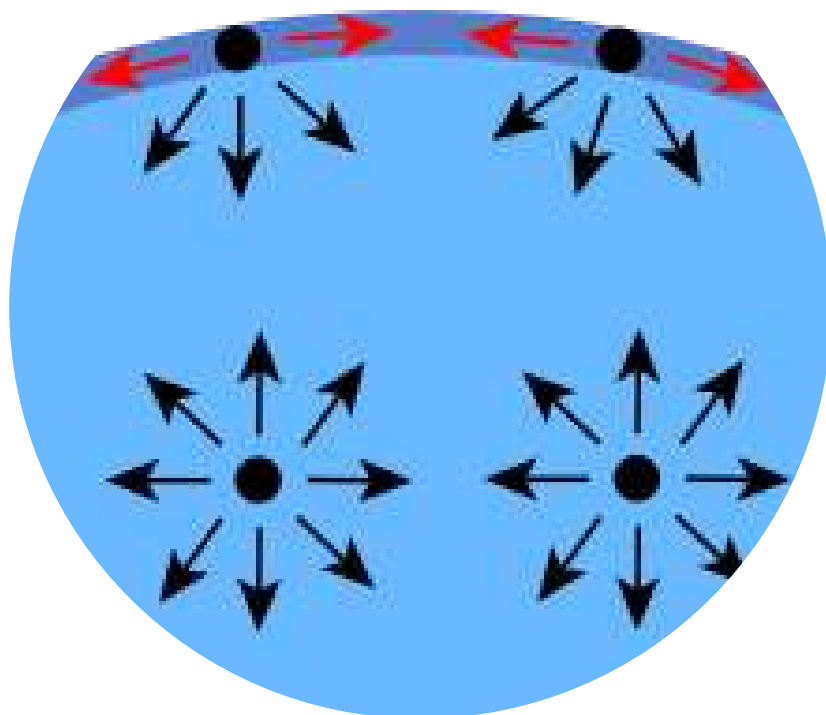


Biophysique



SCIENCES DE LA VIE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter Biologie Maroc pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE



Université Cadi Ayyad
Faculté Polydisciplinaire de Safi
Département Biologie



Module: Biophysique

SVI, Semestre 3, 2020/2021

Pr. Taoufiq Benali

PLAN DU COURS

- **Introduction générale**
 - Définition de la Biophysique

Partie 1: Physique de l'eau et des solutions en milieu biologique, phénomène de surface

- **Chapitre 1 : Les solutions bioélectrolytiques**
- **Chapitre 2: Etude des interfaces solides-liquides**
- **Chapitre 3: Etude des interfaces liquides-gaz**
- **Chapitre 4: Forces appliquées dans les interactions des molécules biologiques**

Partie 2 : Interactions des ondes et des particules avec la matière biologique.

Travaux Dirigés et Travaux Pratiques

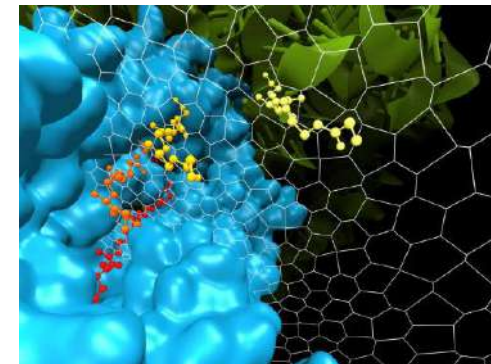
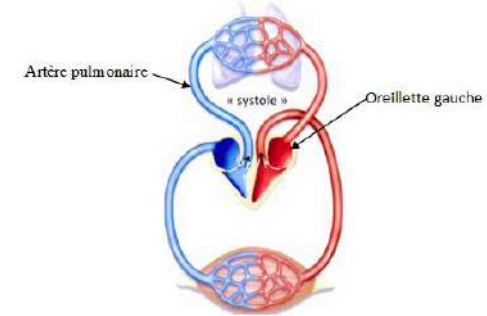
C'est quoi la Biophysique?

Introduction à la biophysique

C'est quoi la BIOPHYSIQUE?

La biophysique est l'étude des phénomènes physique des constituants des êtres vivants et de l'action des agents externes physiques sur ces êtres vivants:

- Etude de **l'action des agents physiques**: vibration, rayonnement, électricité, sons....
- Etude des **méthodes et techniques** physiques de diagnostic et de thérapie
- Etude **des phénomènes physiques dans l'organisme**: biophysiques des échanges de la circulation sanguine, de la respiration, l'équilibre acido-basique



Partie I

Chapitre 1

LES SOLUTIONS BIO-ÉLECTROLYTIQUES

Solution :

□ Une solution est un mélange de deux matières ou plus, elle est constituée de :

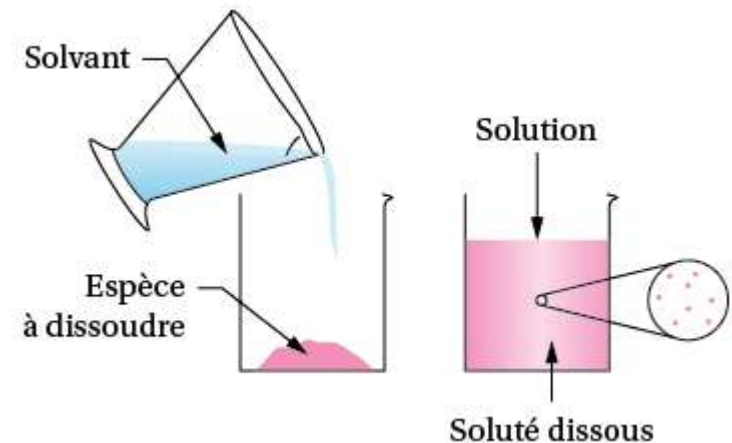
- **Solvant** : la matière qui existe en plus grande quantité.
- **Soluté** : la matière (les matières) qui existe en faible quantité:

→ les solutés moléculaires non ioniques ($C_6H_{12}O_6, \dots$)

→ les solutés ioniques ou "électrolytes" ($NaCl, Na_2SO_4, CaCl_2, \dots$)

Solution aqueuse :

Une solution dans laquelle l'eau est le solvant.



Rappels:

□ **La quantité de matière:** Représente le nombre d'entités élémentaires spécifiées (atome, molécule, ion...) **Symbole n ; unité: mol**

○ **Relations pour calculer la quantité de matière**

Calculer la
quantité de
matière
 n (en mol)

Pour un corps pur avec son nombre d'entités

$$n = \frac{N}{N_A}$$

la constante d'Avogadro N_A (en mol⁻¹)

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

○ Relations pour calculer la quantité de matière

Pour un solide ou un liquide caractérisé par sa masse molaire **M** (en g.mol⁻¹) et sa masse volumique **ρ** (en g.L⁻¹)

Avec sa masse
m (en g)

$$n = \frac{m}{M}$$



$$m = \rho \times V$$

avec son volume
V (en L)

$$n = \frac{\rho \times V}{M}$$

Calculer la
quantité de
matière
n (en mol)

Avec son Volume
molaire **V** (L.mol⁻¹)

$$n = \frac{V}{v_m}$$

Pour un gaz

Avec son Volume **V** (en m³)

$$n = \frac{p.V}{R.T}$$

p : pression du gaz (Pa) ;
V : volume occupé (m³),
R : constante de gaz parfaits
(*R* = 8,314 J.K⁻¹ .mol⁻¹) ;
T : température absolue
(K) ; *T*(K) = *θ*(°C) + 273,15.



Exercice 1

Le composant essentiel du savon a pour formule $C_{18}H_{35}O_2Na$

- 1) Quelle est la masse molaire du savon?
 - 2) Quelle est la quantité de matière en savon dans une savonnette de 125g?
- $M(O)=16,0$ g/mol; $M(C)=12,0$ g/mol; $M(H)= 1,0$ g/mol; $M(Na)=22,98$ g/mol

Exercice 2

A $20^{\circ}C$, l'hexane de formule chimique C_6H_{14} est un liquide de masse volumique $\rho=0,66$ g.cm⁻³. On a besoin d'un échantillon de $n=0,19$ mol d'hexane à $20^{\circ}C$.

- 1) Calculer la masse molaire M de l'hexane.
- 2) Exprimer puis calculer la masse m de l'échantillon d'hexane.
- 3) Exprimer puis calculer le volume d'hexane à prélever pour obtenir la quantité voulue.
- 4) Donner le matériel à utiliser pour le prélèvement.



Exercice 3

Deux récipients sont reliés par un tube de volume négligeable muni d'un robinet. Les 2 récipients contiennent un gaz parfait. La température de 27°C ne varie pas pendant l'expérience.

La pression P_1 et le volume V_1 (récipient 1) sont respectivement : $2,0 \cdot 10^5$ Pa et 2,0 L.

La pression P_2 et le volume V_2 (récipient 2) sont respectivement : $1,0 \cdot 10^5$ Pa et 5,0 L.

$R = 8,31 \text{ S.I}$

- 1) Calculer les quantités de matière n_1 et n_2 de gaz dans chaque récipient.
- 2) On ouvre le robinet. En déduire le volume total V_t occupé par le gaz.
- 3) Déterminer P_t , la pression du gaz lorsque le robinet est ouvert.

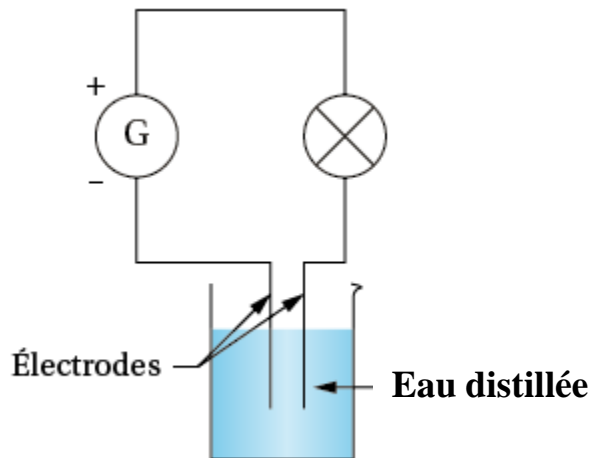
Solution électrolytique :

- ⊕ Une solution **AQUEUSE** est **mélange homogène** d'espèces chimiques obtenu par dissolution d'un **soluté** dans **l'eau** (solvant).

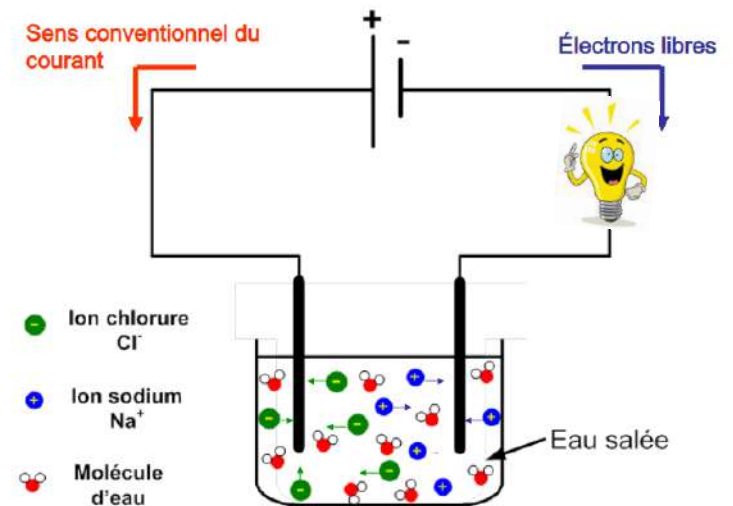
- ⊕ Une solution **ÉLECTROLYTIQUE** est une solution contenant des ions libres et indépendants. Elle conduit le courant et elle est électriquement neutre.
 - Les ions sont des atomes ou des molécules qui sont chargés. Il existe deux sous familles:
 - ✓ Les cations : les ions sont alors chargés positivement : K^+ ; Na^+ ; Ca_2^+ ; Ag^+ ; Al_3^+
 - ✓ Les anions: les ions sont alors chargés négativement : Cl^- ; OH^- ; NO_3^- ; SO_4^{2-} ; Br^-

Solution électrolytique :

En appliquant un champ électrique entre deux électrodes d'une cellule contenant une solution électrolytique, les cations (ions à charge positive) se déplacent vers la cathode (électrode à charge négative) et les anions (ions à charge négative) se déplacent vers l'anode (électrode à charge positive).



VS

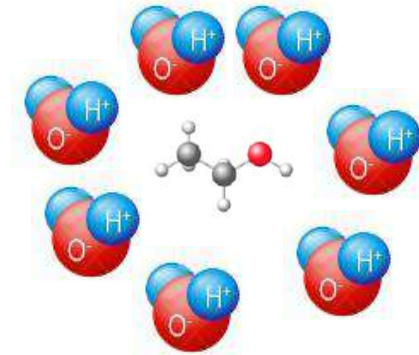


Solution électrolytique :

Une solution électrolytique???



Pas de charge libre

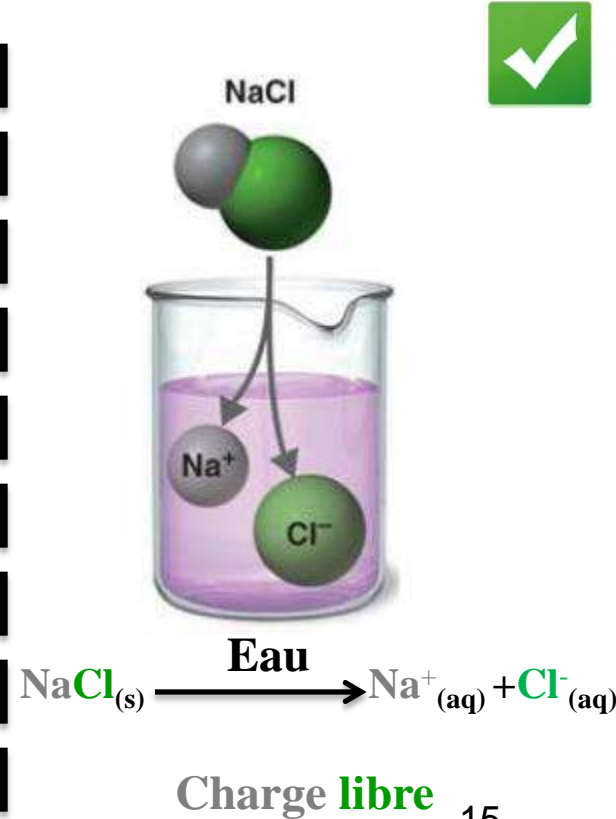
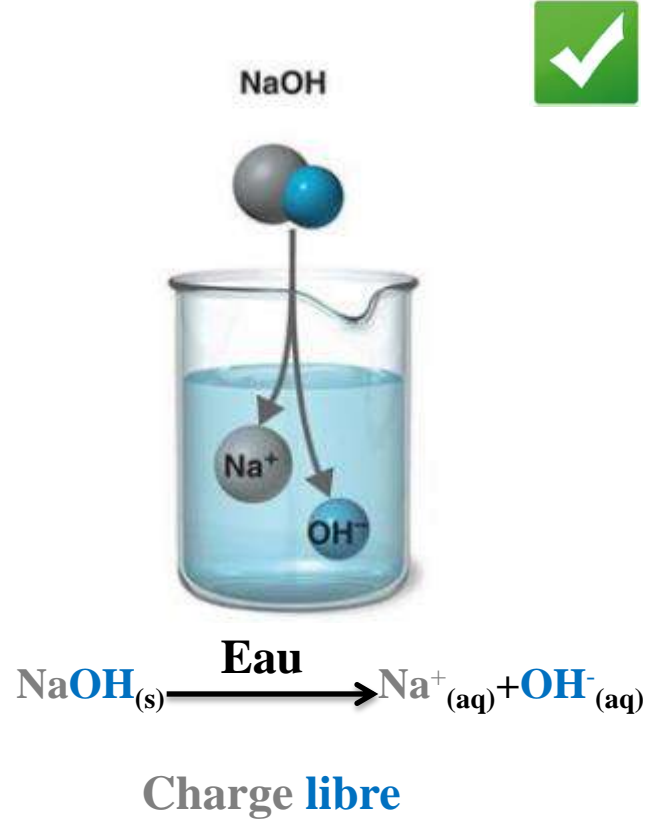
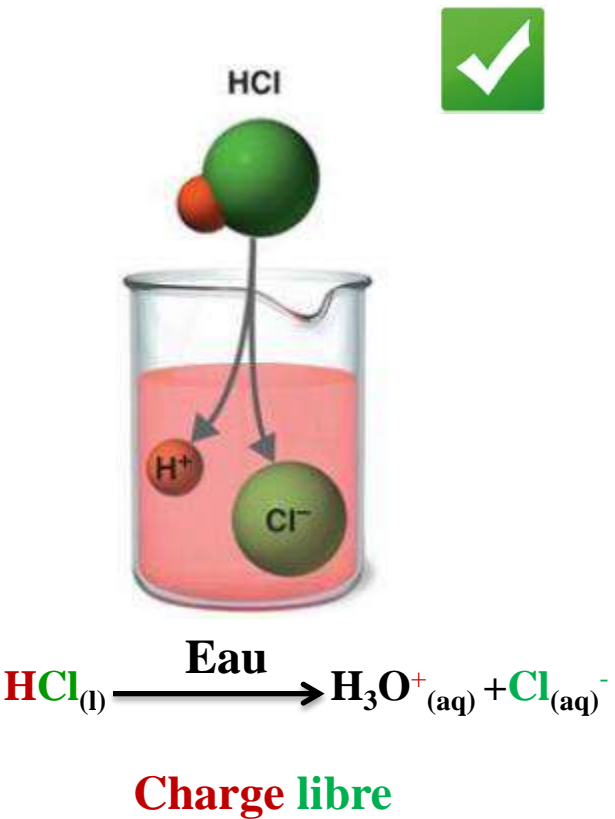


Pas de charge libre



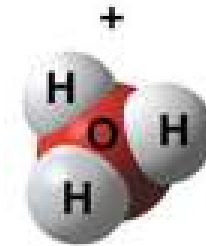
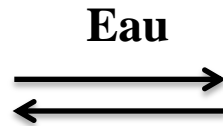
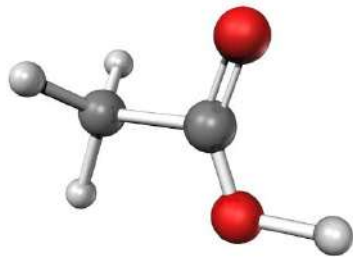
Solution électrolytique :

Une solution électrolytique???

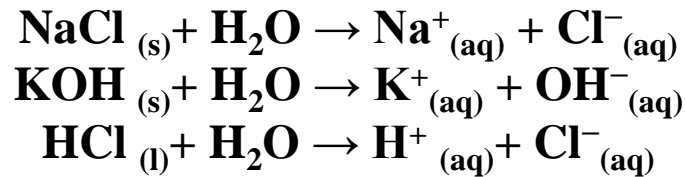


Solution électrolytique :

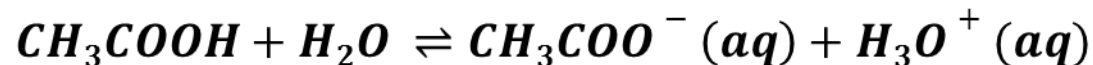
Une solution électrolytique???

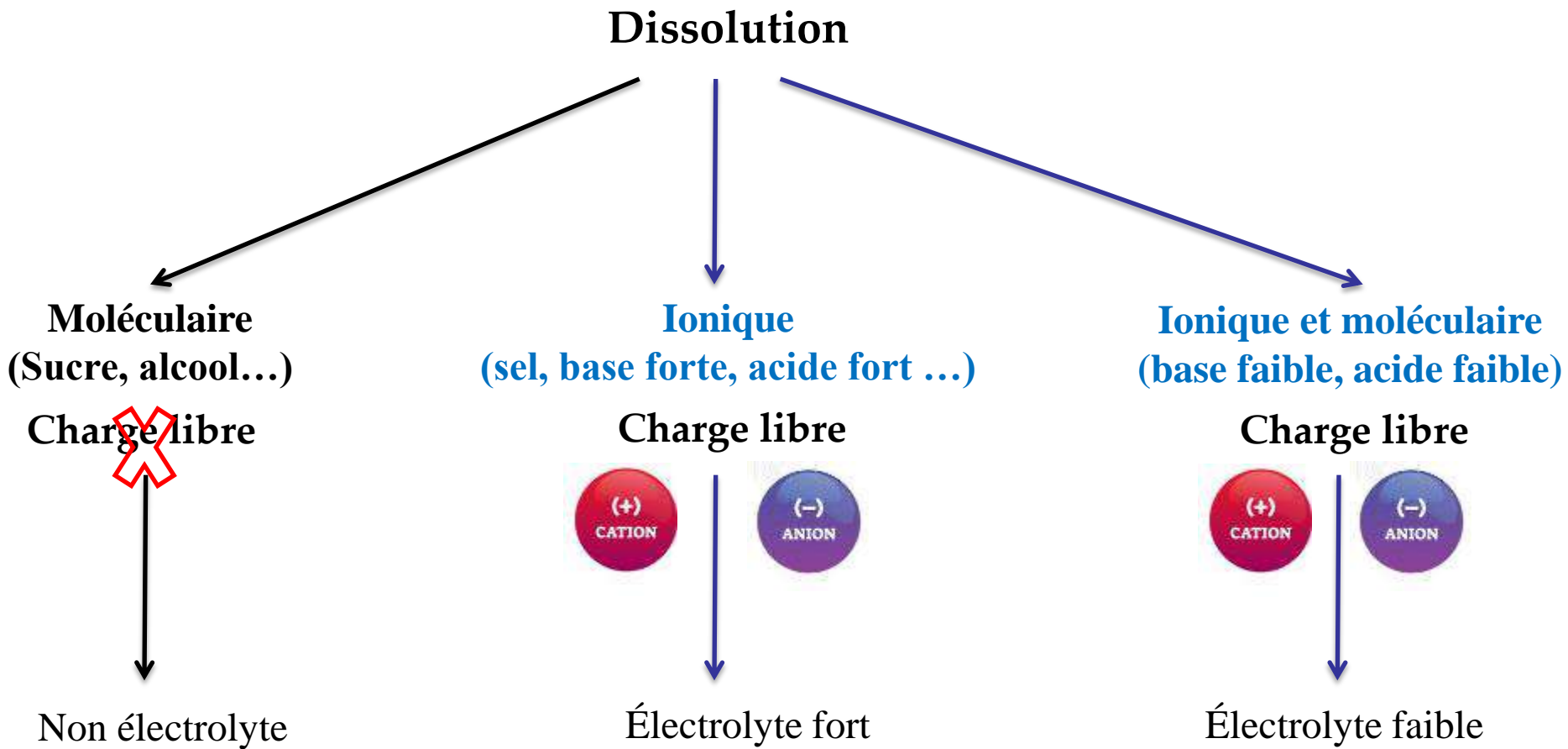


Électrolytes forts : des matières qui se dissocient complètement dans l'eau donnant des solutions de bonne conductivité électrique (comme les sels, les bases et les acides forts).



Électrolytes faibles : des matières qui se dissocient partiellement dans l'eau donnant des solutions de faible conductivité électrique (comme les bases et les acides faibles).







Ecrire les équations de dissolutions des composés suivants:

- FeCl_2 Chlorure de fer
- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ Sulfate d'aluminium
- Al_2S_3 Sulfure d'aluminium
- Na_2SO_4 Sulfate de sodium
- $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ Sulfate de chrome
- H_2SO_4 Acide sulfurique

Molarité

Concentration molaire (molarité) : nombre de moles de soluté par litre de solution

$$C_m = \frac{n}{v} \text{ (mol.l}^{-1}\text{)}$$

Osmolarité:

L'osmolarité (ω) est le nombre de moles de particules (molécules et ions) dissoutes dans un litre de solution, l'osmolarité (ω) est exprimée en osmol/ L.



Exercice 1:

Déterminer la molarité de chacune des solutions suivantes:

- 166 g de KI par litre de solution; Rép : 1M
- 33 g de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dans 200mL de solution; Rép: 1,25M

$M(\text{K})=39 \text{ g/mol}$; $M(\text{I})= 126 \text{ g/mol}$; $M(\text{N})=14\text{g/mol}$; $M(\text{S})=32 \text{ g/mol}$; $M(\text{O})=16\text{g/mol}$

Exercice 2:

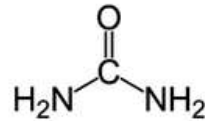
Dans un récipient contenant 1 L d'eau, on ajoute :

5,85g de NaCl ;

3,28g de Na_3PO_4 ;

9 g de glucose ($M=180$)

0,6 g d'urée ($M=60$)



$M(\text{Cl})=35 \text{ g/mol}$; $M(\text{P})= 30 \text{ g/mol}$; $M(\text{Na})= 23 \text{ g/mol}$; $M(\text{O})=16 \text{ g/mol}$

Calculer la molarité et l'osmolarité de la solution obtenue.

CONCENTRATION MOLALE (Molalité)

C'est le nombre de mole de soluté dissoute dans un kilogramme de solvant (mol/kg).

$$C = \frac{n}{\text{Masse du solvant}} \quad (\text{mol/kg})$$



EXERCICE

On dissout dans l'eau 187,6 g de $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ et on ajuste la solution à un volume $V = 1 \text{ L}$, la masse volumique d'une telle solution est $\rho = 1,172 \text{ kg.L}^{-1}$

* donnés: **Cr=52 g/mol ; S= 32g/mol ; O=16 g/mol**

1. Déterminer la molarité initiale de la solution
2. Déterminer la molalité initiale de la solution.

Déterminons la masse molaire de $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$

$$M(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = 2 \times 52 + 3 \times (32 + 4 \times 16) = 392 \text{ g.mol}^{-1}$$

La quantité de matière dissoute en soluté est:

$$n(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{187,6}{392} = 0,479 \text{ mol}$$

La molarité est donc $C = \frac{187,6}{392} = 0,479 \text{ mol.l}^{-1}$

La molalité correspond au nombre de moles de soluté par Kg de solvant

Dans un litre de solution, il y a $1172 - 187,6 = 984 \text{ g}$ d'eau. La molalité est donc

$$C = \frac{0,479}{0,9844} = 0,487 \text{ mol.kg}^{-1}$$

Concentration équivalente (C_{eq})

La concentration équivalente est le nombre d'équivalent-gramme par litre de solution,
La concentration équivalente, $C_{eq}(i)$, d'une espèce ionique i de valence Z_i , en concentration molaire C_i :

$$C_{eq(i)} = C_i \cdot |Z_i| \text{ en } (eq. l^{-1})$$

Pour une solution contenant plusieurs espèces ioniques différentes, la concentration équivalente est égale à la somme des concentrations équivalentes des formes anioniques et cationiques :

$$C_{eq} = \sum_i C_i^- |Z_i^-| + \sum_j C_j^+ |Z_j^+|$$

D'après le principe de l'électro-neutralité, on a :
$$\sum_i C_i^- |z_i^-| = \sum_j C_j^+ |z_j^+|$$

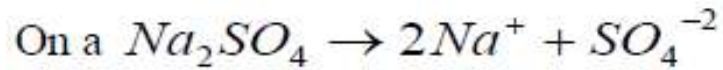
et on en déduit que
$$C_{\text{éq}} = 2 \sum_i C_i^- |z_i^-| = 2 \sum_j C_j^+ |z_j^+|$$



EXERCICE

Considérons une solution de Na_2SO_4 obtenue après dissolution d'une masse $m=14,2$ g de cristaux Na_2SO_4 dans 500 ml litre d'eau; $M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142$ g/mol

Calculer la concentration équivalente de la solution.



La concentration molaire de soluté Na_2SO_4 est donnée par

$$C_{M_{Na_2SO_4}} = \frac{n_{Na_2SO_4}}{V} = \frac{m_{Na_2SO_4}/M_{Na_2SO_4}}{V} = \frac{14,2/142}{0,5} = 0,2 \text{ mol.l}^{-1}.$$

Et par définition, la concentration équivalente de la solution est donnée également par

$$C_{\text{éq}_{Na_2SO_4}} = C_{\text{éq}_{Na^+}} + C_{\text{éq}_{SO_4^{-2}}} = C_{M_{Na^+}} |Z_{Na^+}| + C_{M_{SO_4^{-2}}} |Z_{SO_4^{-2}}|.$$

Avec

$$C_{M_{Na^+}} = 2C_{M_{Na_2SO_4}} = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ mol.l}^{-1}, \quad Z_{Na^+} = +1$$

$$C_{M_{SO_4^{-2}}} = C_{M_{Na^+}} = C_{M_{Na_2SO_4}} = 0,2 \text{ mol.l}^{-1}, \quad Z_{SO_4^{-2}} = -2$$

Application numérique: $C_{\text{éq}_{Na_2SO_4}} = 0,4|+1| + 0,2|-2| = 0,8 \text{ Eq.l}^{-1}.$

Loi de dilution d'Ostwald

1- Degré de dissociation

La dissociation partielle ou totale d'un soluté dans l'eau est parfaitement définie par le degré de dissociation α comme suit:

$$\alpha = \frac{\text{nombre de molécules dissociées}}{\text{nombre de molécules initiales}} \quad 0 \ll \alpha \ll 1$$

Selon les valeurs du degré de dissociation, on peut distinguer trois cas particuliers :

⊕ si $\alpha=0$ (cas du glucose) ; on déduit directement que l'osmolarité est égale à la molarité: $\omega = C_M$

⊕ si $\alpha=1$; dissociation totale, on déduit que $\omega = \beta C_M$

⊕ si $0 < \alpha < 1$; Lorsque, nous aurons une **dissociation partielle** telle que CH_3COOH

Dans ce cas, l'expression générale de la concentration osmolaire de la solution devient :

$$\omega = C_M (1 + \alpha(\beta - 1))$$

où β représente le nombre des ions créés par la dissociation.

EXERCICE

On considère une solution d'acide benzoïque C_6H_5COOH (électrolyte faible) de concentration apportée $C = 10^{-2}$ mol/l.

Le taux de dissociation de cet acide dans l'eau est $\alpha = 7,9 \%$ ($\alpha=0,079$). La réaction de cet acide avec l'eau est donnée par l'équation :



1. Calculer l'osmolarité de cette solution.

$$W = 10,0079 \text{ mosmol/l}$$

Loi de dilution d'Ostwald

2- Coefficient d'ionisation de Van't Hoof

Le coefficient d'ionisation i d'un électrolyte fort est égal au rapport entre le nombre de particules obtenues durant la dissociation et le nombre de molécules initiales introduites dans le solvant, soit:

$$i = \frac{\text{nbr de particules}}{\text{nbr de molécules}} = \frac{\text{osmolarité}}{\text{molarité}} = \frac{\omega}{C_M}$$

(ω en osmol.L^{-1} , C en mol.L^{-1} et i sans unité)

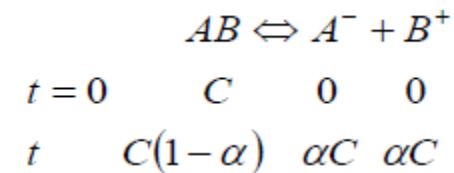
Une autre expression du coefficient d'ionisation décrit le cas des électrolytes faibles:

$$i = \frac{\omega}{C_M} = 1 + \alpha(\beta - 1)$$

Loi de dilution d'Ostwald

3- Constante d'Ostwald (constante d'équilibre)

Pour un électrolyte faible binaire du type AB :



La constante d'Ostwald K est définie par le quotient

$$K = \frac{[A^-][B^+]}{[AB]} = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha}$$

Si $\alpha \ll 1$, on peut écrire $K = \alpha^2 C \Rightarrow \alpha = \sqrt{K/C}$

sinon $\alpha^2 C + K\alpha - K = 0$

Si on effectue des dilutions alors $C \longrightarrow 0$.

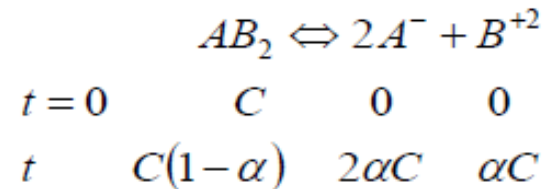
De $K = C \frac{\alpha^2}{\alpha - 1}$, on déduit que $\frac{K}{C} = \frac{\alpha^2}{\alpha - 1} \longrightarrow \infty$ soit $\alpha \longrightarrow 1$.

On trouve la loi de dilution d'Ostwald : lorsque la dilution devient infinie (la concentration C tend vers zéro), le taux de dissociation α tend vers 1 (l'électrolyte faible tend vers un électrolyte fort).

Loi de dilution d'Ostwald

3- Constante d'Ostwald (constante d'équilibre)

Pour un électrolyte faible du type AB_2



Dans ce cas, la constante d'Ostwald est égale à

$$K = \frac{[A^-]^2 [B^{+2}]}{[AB_2]} = \frac{4\alpha^3 C^2}{1-\alpha}$$

pour un électrolyte faible, α croit lorsque C diminue, et ainsi à forte dilution il se comportera comme un électrolyte fort.

lorsque la dilution devient infinie (la concentration C tend vers zéro), le taux de dissociation α tend vers 1 (l'électrolyte faible tend vers un électrolyte fort).

Mobilité ionique

En appliquant une différence de potentiel U entre deux électrodes distantes de d , on crée un champ électrique E :

$$E = \frac{U}{d}$$

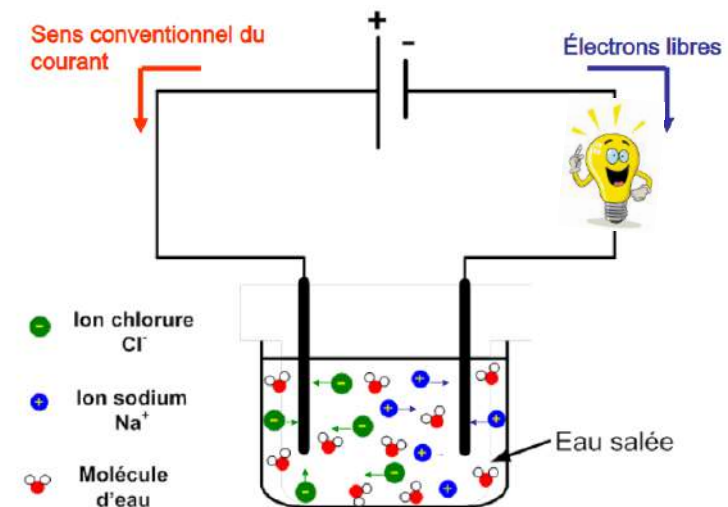
E : en $V.m^{-1}$, U : volte (V), d : m

La vitesse par unité de champ électrique est définie comme étant la mobilité de l'ion.

$$u_i = \frac{v}{E}$$

Où:

- v : représente la vitesse de l'ion en $m.s^{-1}$
- E : champ électrique en volte ($V.m^{-1}$)
- μ : mobilité ionique en $m^2.V^{-1}.s^{-1}$



On désigne par μ^- la mobilité des anions et par μ^+ celle des cations

Conductivité

1- la conductivité molaire d'un ion:

la conductivité molaire Λ_i d'un ion "i" :

$$\Lambda_i = |z_i| |\mu_i| \mathcal{F} \quad \Lambda_i \text{ en } \dot{\text{S}} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

2- la conductivité totale:

la conductivité totale est égale à la somme des contributions de tous les ions

$$\gamma = \sum_i \gamma_i = \sum_i C_i \Lambda_i$$

Dans le système S.I. : γ s'exprime en $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$, C_i en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$, μ_i en $\text{m}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ et Λ_i en $\text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$.

Conductivités ioniques molaires et mobilités ioniques

Ion		Données à 298 K (25°C)		
		Conductivités ioniques molaires ⁽¹⁾ / mS.m ² .mol ⁻¹ , à 25°C		Mobilités ioniques / m ² .V ⁻¹ .s ⁻¹ , à 25°C
		λ°	$\lambda^\circ \cdot z ^{-1}$	μ°
Acétate	CH ₃ CO ₂ ⁻	4,09	4,09	42,4.10 ⁻⁹
Ammonium	NH ₄ ⁺	7,345	7,345	76,1.10 ⁻⁹
Argent	Ag ⁺	6,19	6,19	64,2.10 ⁻⁹
Baryum	Ba ²⁺	12,73	6,36	66.10 ⁻⁹
Benzoate	C ₆ H ₅ COO ⁻	3,235	3,235	33,5.10 ⁻⁹
Bromure	Br ⁻	7,83	7,83	81,15.10 ⁻⁹
Calcium	Ca ²⁺	11,9	5,95	61,65.10 ⁻⁹
Carbonate	CO ₃ ²⁻	13,86	6,93	71,8.10 ⁻⁹
Chlorure	Cl ⁻	7,63	7,63	79,1.10 ⁻⁹
Cuivre(II)	Cu ²⁺	10,76	5,38	55,75.10 ⁻⁹
Fer(II)	Fe ²⁺	10,8	5,4	55,85.10 ⁻⁹
Fer(III)	Fe ³⁺	20,4	6,8	70,5.10 ⁻⁹
Fluorure	F ⁻	5,54	5,54	57,4.10 ⁻⁹
Formiate	HCOO ⁻	5,46	5,46	56,6.10 ⁻⁹
Hydrogéoarbonate	HCO ₃ ²⁻	4,45	4,45	46,1.10 ⁻⁹
Dihydrogénophosphate	H ₂ PO ₄ ⁻	3,3	3,3	34,2.10 ⁻⁹

EXERCICE

- 1- Écrire l'équation bilan de la dissolution du fluorure de calcium CaF_2 dans l'eau.
- 2- Calculer sa conductivité molaire à 18°
- 3- La conductivité à 18° d'une solution saturée de fluorure de calcium est de $3,71 \text{ mS.m}^{-1}$.

Déduire les concentrations molaires des ions de la solution à 18°

On donne : $\Lambda_{\text{F}^-} = 4,04 \text{ mS.m}^2 \text{ mol}^{-1}$, $\Lambda_{\text{Ca}^{+2}} = 10,5 \text{ mS.m}^2 \text{ mol}^{-1}$.

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

