

Résumé – Transferts transmembranaires

I. Expression de la concentration des solutions

Solution = mélange homogène en phase condensée (liquide ou solide).

A. Dépendantes de la température

$$C_p = \frac{m}{V}$$

- C_p = concentration pondérale en g.L^{-1} . USI : kg.m^{-3} ;
- m = masse en g. USI : kg ;
- V = volume en L. USI : m^3 .

$$C_m = \frac{m_{\text{soluté}}}{M_{\text{soluté}} \cdot V} = \frac{n_{\text{soluté}}}{V}$$

- C_m = concentration molaire = molarité en mol.L^{-1} . USI : mol.m^{-3} ;
- $m_{\text{soluté}}$ = masse du soluté en g. USI : kg ;
- $M_{\text{soluté}}$ = masse molaire du soluté en g.mol^{-1} . USI : kg.mol^{-1} ;
- V = volume en L. USI : m^3 ;
- $n_{\text{soluté}}$ = quantité de matière du soluté en mol.

$$C_{\text{eq}} = z \cdot C_m$$

- C_{eq} = concentration équivalente ou de charges électriques en Eq.L^{-1} ;
- z = électrovalence de la molécule de soluté ;
- C_m = molarité en mol.L^{-1} ou en mol.m^{-3} .

B. Indépendantes de la température

$$\text{Molalité} = \frac{n_{\text{soluté}}}{m_{\text{solvant}}}$$

- Molalité en mol.kg^{-1} ;
- $n_{\text{soluté}}$ = quantité de matière de soluté en mol ;
- m_{solvant} = masse de solvant en kg.

$$F = \frac{n_1}{n_1 + n_0}$$

- F = fraction molaire, sans unité ;
- n_1 = quantité de matière du soluté en mol ;
- $n_1 + n_0$ = quantité de matière totale en mol.

$$\tau = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{soluté}} + m_{\text{solvant}}}$$

- τ = titre massique, sans unité ;
- $m_{\text{soluté}}$ = masse du soluté en g ou kg ;
- m_{solvant} = masse du solvant en g ou kg.

II. Diffusion en phase aqueuse

A. Première loi de Fick

$$\frac{dm}{dt} = -D \cdot S \cdot \frac{dc}{dx}$$

- dm/dt = débit de matière ;
- D = coefficient de diffusion (système, température) ;
- S = surface d'échange (somme des surfaces des pores = surface de contact entre les 2 compartiments) ;
- dc/dx = gradient de concentration entre les deux compartiments.

B. Flux de matière

$$J = \frac{dm}{S \cdot dt} \beta = -D \frac{dc}{dx} \beta$$

- J = flux de matière = coefficient de partage entre deux liquides non miscibles (en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) ;
- D = coefficient de diffusion (système, température) ;
- S = surface d'échange (somme des surfaces des pores = surface de contact entre les 2 compartiments) ;
- dC/dx = gradient de concentration entre les deux compartiments ;
- dm/dt = débit de matière.

C. Coefficient de diffusion (soluté sphérique)

$$D = \frac{kT}{6\pi\eta r} = \frac{\Delta l^2}{2\Delta t}$$

- D = coefficient de diffusion (en $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, SI : $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) ;
- kT = force d'agitation thermique :
 - k = constante de Boltzmann = $\frac{R}{N_a} = 1,38 \times 10^{-23} \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$;

- T = température en K ;

- $F = 6\pi\eta r$ = **formule de Stokes-Einstein** (f = friction, η = viscosité et r = rayon de la sphère en cm) ;
- Δl = distance parcourue en cm ;
- Δt = temps de parcours en s.

4. Membranes

- **Membranes semi-perméables** (comparable aux parois cellulaires) : passage **uniquement** du **solvant** ;
- **Membranes dialysantes** (comparables aux capillaires) : passage de **solvant** et **petites molécules** de **PM inférieur à 1 000 Da**.

III. Propriétés colligatives des solutions

Solution : comme si présence des **molécules de solutés** limitait la **liberté** des **molécules de solvant**.

Pression osmotique d'une solution = **pression hydrostatique** à **exercer** sur la solution pour **empêcher** le solvant pur de **traverser** la membrane. Seuls les solutés non diffusables participent à cette pression.

A. Abaissement du point de congélation

Cryoscopie (étude du point de congélation des solutions) : plus difficile de congeler un solvant avec espèces dissoutes qu'un solvant pur. Pour les solutions aqueuses → **Loi de Raoult**.

$$\Delta T_f = -K_c \times C_m$$

- ΔT_f = point de congélation en K ;
- K_c = coefficient cryoscopique (K_c vaut 1,86 dans le cas de l'eau) ;
- $C_m = \frac{C_p}{M}$ (C_p = concentration pondéral, M = masse molaire en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$).

NDLR – Le « moins » devant K_C sert à montrer qu'il existe un abaissement. Dans les calculs, **il sera inutile** et vous pourrez utiliser une **valeur absolue**.

B. Loi de Pfeffer Van't Hoff

$$\pi = C_{osmotique}RT$$

- π = pression due à l'élévation du volume, égale à la pression osmotique à l'équilibre en Pa ;
- $C_{osmotique}$ = concentration osmotique en $osmol.m^{-3}$;
- R = constante universelle des gaz parfaits = $8.314 J.mol^{-1}.K^{-1}$;
- T = température en K.

$$\pi = 22,4 \times \Delta C$$

- π = surpression engendrée dans le compartiment le plus concentré en atm ;
- ΔC = différence de concentration entre les deux compartiments en $mol.L^{-1}$.

C. Osmolarité

Concentration en particules « osmotiquement actives » dans une solution = **toutes les particules (dissociées ou non) rapportées à un volume de solvant** :

$$\text{Osmolarité} = [1 + (p - 1).\alpha] \times \text{Molarité}$$

- α = coefficient de dissociation ;
- p = nombre d'ions produits par cette dissociation ;
- Molarité en $mol.L^{-1}$.

Osmolarité plasmatique $\approx 0,290 Osm/L$, soit **290 mOsm/L**.

$$1 mOsm.L^{-1} = 1 Osm.m^{-3}$$

Solution **isotonique** si $C_{osm} = 0,290 osm/L$.

Solution **hypotonique** si $C_{osm} < 0,290 osm/L \rightarrow$ gonflement du GR : **turgescence** voire **hémolyse** si gonflement trop important.

Solution **hypertonique** si $C_{osm} > 0,290 osm/L \rightarrow$ le GR se vide en eau : **plasmolyse**.

⚠ Iso-osmolaire \neq Isotonique !

4. Travail osmotique

Au cours de la diffusion en phase aqueuse, les molécules se détendent :

$$W_{1 \rightarrow 2} = nRT \ln \left(\frac{\pi_2}{\pi_1} \right) = nRT \ln \left(\frac{C_2}{C_1} \right)$$

- $W_{1 \rightarrow 2}$ = travail osmotique en J ;
- n = quantité de matière en mol ;
- R = constante universelle des gaz parfaits = $8.314 J.mol^{-1}.K^{-1}$;
- T = température en K ;
- π_1 = pression initiale osmotique en Pa ;
- π_2 = pression finale osmotique en Pa ;
- C_1 = concentration osmotique initiale en $osmol.L^{-1}$;
- C_2 = concentration osmotique finale en $osmol.L^{-1}$.

IV. Transfert de molécules chargées à travers les membranes

1. Équilibre de Donnan

Deux conditions à respecter :

- **Électroneutralité** des compartiments. On a (concentrations de charges électriques donc ici exprimées en Eq ou mEq) :

$$\text{Dans le compartiment 1 : } z[R^{z-}] + [Cl^-] = [Na^+]$$

$$\text{Dans le compartiment 2 : } [Cl^-] = [Na^+]$$

- **Relation de Donnan** : les produits des concentrations des molécules diffusibles au sein de chaque compartiment sont égaux :

$$[Na^+]_1 \times [Cl^-]_1 = [Na^+]_2 \times [Cl^-]_2$$

2. Pression oncotique

$$\Delta\pi = \Delta C \times RT$$

- $\Delta\pi$ = pression oncotique en Pa ;
- ΔC = différence d'unités osmotiquement actives (capables d'attirer du solvant) en mM ;
- R = constante universelle des gaz parfaits = $8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- T = température en K.

La **pression oncotique s'oppose** à la **pression hydrostatique**.

Donnan avec une protéine **non diffusible non-chargée P** : le résultat donné par la formule $\Delta\pi = \Delta C \times RT$ est une pression **osmotique**.

Donnan avec une protéine **non diffusible chargée P^{z-}** : le résultat donné par la formule $\Delta\pi = \Delta C \times RT$ est à la fois une pression **osmotique** et une pression **oncotique** (la pression oncotique étant elle-même un type de pression osmotique).

3. Relation de Nernst

$$\text{ddp membrane} = \Delta\Psi = \Psi_2 - \Psi_1 = \frac{RT}{zF} \times \ln\left(\frac{C_1}{C_2}\right)$$

- Ψ = différence de potentiel de membrane en Volt ;
- Ψ_1 = potentiel électrique dans le compartiment 1 ;
- Ψ_2 = potentiel électrique dans le compartiment 2 ;
- R = constante universelle des gaz parfaits = $8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- T = température en K ;
- z = nombre de charges = nombre d'électrons échangés ;
- F = constante de Faraday = $2,4 \times 10^{-8} \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- C₁ = concentration dans le compartiment 1 en mol.L⁻¹ ;
- C₂ = concentration dans le compartiment 2 en mol.L⁻¹.