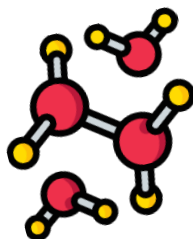




- Potentiel chimique -

Sommaire

I – Concepts physiques.....	- 2 -
A – Le principe de diffusion.....	- 2 -
B – Loi de Fick.....	- 3 -
C – Pression osmotique.....	- 4 -
D – Pression oncotique.....	- 6 -
E – Abaissement cryoscopique.....	- 7 -



Bienvenue pour ce nouveau cours de physio ! Nous commençons aujourd'hui la première partie consacrée aux aspects théoriques des transferts transmembranaires. Cette partie comprend quatre cours essentiels : le potentiel chimique, la diffusion à travers une membrane idéale, le potentiel électrique et le potentiel de repos. Il est très important de bien comprendre ces notions, car elles constituent la base indispensable pour aborder ensuite les mécanismes physiologiques des transferts. Comme toujours, l'objectif est de comprendre avant d'apprendre. Si certains points ne sont pas clairs, n'hésitez surtout pas à poser vos questions sur le forum. Courage <3

Cette fiche est complète et à jour du cours en présentiel du 9/09/2025 (pas de rajout)



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.



I – Concepts physiques



A – Le principe de diffusion

Définition : La **diffusion** est la **tendance** d'une **molécule dissoute** dans **l'air** ou dans une **solution** à **se distribuer** de manière **homogène** par **agitation thermique+++**. On dit que cette **molécule** possède un **potentiel de diffusion** ou **potentiel chimique (PC)**.



Potentiel de diffusion = potentiel chimique
C'est la même chose !

Autrement dit, le **potentiel chimique** est une **grandeur** qui **illustre** la propension des **molécules dissoutes à diffuser**. Plus le **PC est grand**, plus les **molécules vont avoir tendance à diffuser**. Pour bien retenir cette définition, il faut bien comprendre qu'il s'agit d'un **phénomène thermodynamique**. L'univers déteste **l'instabilité** et **l'hétérogénéité**, il va donc chercher à **revenir constamment** vers un état + **stable** et **moins énergétique** en rendant, dès qu'il peut, les solutions **homogènes**.

On dit que le potentiel chimique d'une molécule est proportionnel à : **par cœur !** 

- Sa **concentration** en un point

- La **température**, qui est le **moteur de la diffusion+++**
- Son **coefficient de mobilité mécanique** dans le milieu } **Coefficient de diffusion**

Dans le corps, la **température** est régulée (toujours la même) et on dit que le **coefficient de mobilité mécanique** importe **peu** en physiologie. On comprend donc que ce qui nous intéresse le plus pour caractériser le **potentiel chimique** est la **concentration** de la molécule en un point.



B – Loi de Fick



$$J_D(x) = -D \frac{dc}{dx}$$

x = distance entre deux point

J_D = flux par diffusion (sur la distance x)

D = coefficient de diffusion

dc = différence de concentration entre A et B

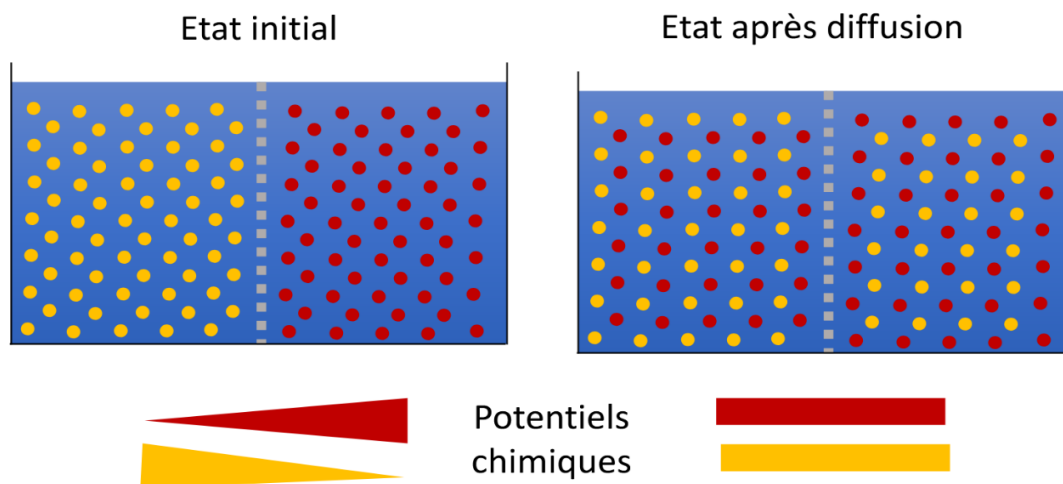
dx = distance entre deux points très voisins A et B

dc/dx = gradient de concentration entre A et B

Potentiel chimique de la molécule

Explication de l'équation+++ : si l'on considère la **loi de Fick** (ci-dessus), on constate que le **flux diffusif $J_D(x)$** est **proportionnel** au **coefficient de diffusion D** et au **gradient de concentration dc/dx** entre deux points d'une molécule donné

Illustration+++ :



La **base des triangles** (= gradient de concentration) représente le **potentiel chimique maximal**, les molécules ont « envie » d'aller là où elles ne sont **pas présentes**.

Le **sommet** représente le **potentiel chimique minimal**.

Quelques temps après, on va atteindre un **état d'équilibre** où les **potentiels chimiques** des deux molécules **s'annulent** grâce à la **diffusion**.



Ce qu'il faut comprendre, c'est qu'une **molécule diffuse** depuis l'endroit où elle est le **plus concentrée vers** l'endroit où elle est le **moins concentrée**. Il faut s'imaginer que **les petites molécules** veulent aller « **coloniser** » vers là où elles sont les **moins nombreuses**.

Si on reprend la **loi de Fick**, on voit donc que le **flux** va en **sens inverse** du **gradient de concentration** grâce à l'**agitation thermique** :

Le **flux de diffusion** $J_D(x)$ va du **+ concentré vers le - concentré** (les molécules diffusent vers l'endroit où elles sont moins présentes pour homogénéiser les concentrations) alors que notre gradient de concentration $\frac{dc}{dx}$ (les triangles qui représentent aussi le potentiel chimique) va du **- concentré vers le + concentré**. C'est pour ça qu'il y a un **signe -** dans la loi de Fick, parce que le **flux se fait en sens inverse du gradient de concentration**.



Récap :



Le potentiel chimique d'une molécule est proportionnel :

- Au coefficient de diffusion (température + coefficient de mobilité mécanique)
- A sa concentration en un point

Le flux va en sens inverse du gradient de concentration. On a donc :

- Le flux de diffusion qui va du + concentré vers le - concentré
- Le gradient de concentration va du - concentré vers le + concentré

C – Pression osmotique

Définitions : à connaître par cœur ! 

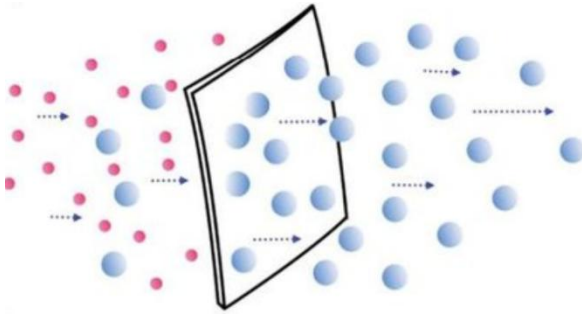
Osmole : molécule en solution.

Pression osmotique : pression engendrée par le **choc des osmoles** contre une **membrane** qui ne leur est **pas perméable**. En clair : **pression** due aux **osmoles non diffusibles** à travers la **paroi**. Ou encore « la **pression d'une molécule en solution** s'appelle la **pression osmotique** ».

Remarque : Toute **molécule en solution** (y compris les **molécules d'eau**) exerce une **pression osmotique proportionnelle** à sa **concentration**.



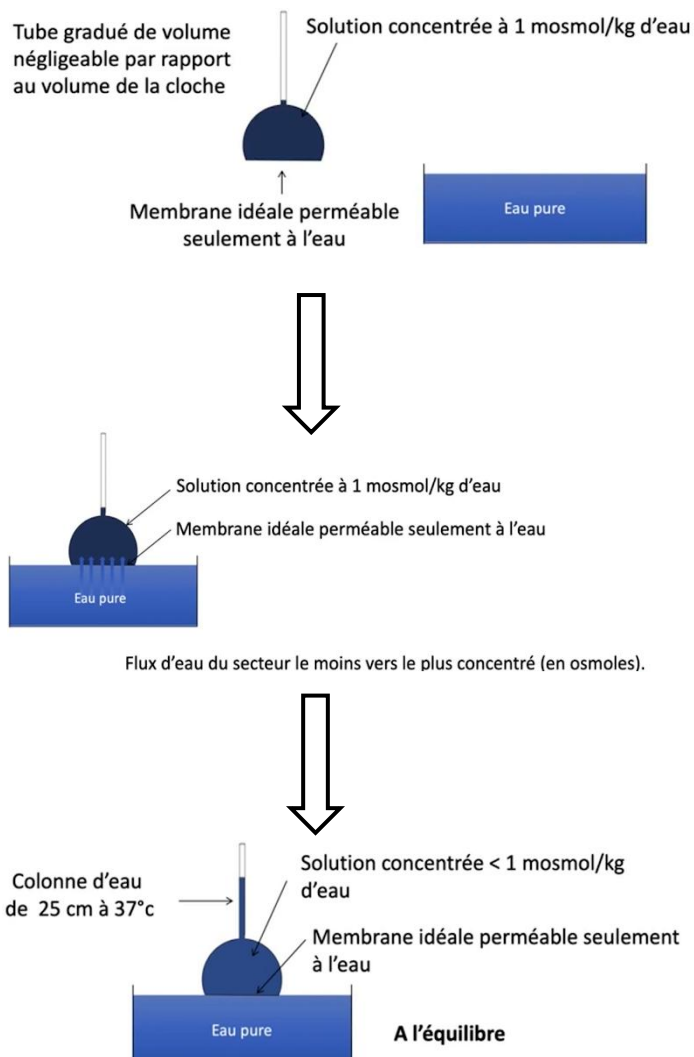
On peut **théoriquement mesurer** cette **pression osmotique** par la mise en **contact** de **solutions de concentration différente** par l'intermédiaire d'une **membrane sélective**. La **pression** n'est possible que si les **osmoles** sont **NON diffusibles**. C'est parce qu'elles **ne peuvent pas** diffuser qu'une **pression va se créer**.



Ici on a une **membrane** qui ne laisse **passer que** des **molécules bleues**. Elle est donc **sélective**. Les **molécules roses** qui cherchent à aller de l'autre côté (rappel, elles vont du **plus concentré** vers le **moins concentré**), sont **bloquées** par la **membrane sélective**. Elles vont alors « **pousser** » sur la membrane. C'est ça la **pression osmotique**.

Il est **théoriquement** possible de mettre en évidence cette pression grâce à un appareil : l'**osmomètre de Dutrochet** (*Henri Dutrochet est un médecin et physiologiste français du XIXe siècle*)

Mise en évidence avec l'osmomètre de Dutrochet



Si on dispose une **cloche** contenant une **solution faiblement concentrée** sur un **bac d'eau pure** (les deux étant **séparés** par une **membrane perméable seulement à l'eau**), on observe un **flux d'eau** du secteur le **moins concentré** vers le **plus concentré** (comme le **gradient de concentration** +++).

Les **osmoles** et l'**eau** ont le **même objectif** : **égaliser / rendre homogène** les **concentrations** de chaque côté.

Les **osmoles** ne pouvant pas aller dans la solution d'eau pure à cause de la **membrane**, c'est donc l'**eau pure** qui va passer du côté de la **solution** pour **équilibrer** les **concentrations** (c'est pour cela qu'elle va du **- concentré** vers le **+ concentré** pour aller « **diluer** » la solution).

La **colonne d'eau** générée par ce flux sera **proportionnelle** à la **concentration** de la **solution** sous la cloche.

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.



D – Pression oncotique

La **pression oncotique** est la pression qu'exerce une **molécule en suspension**. Les **molécules en suspensions** (\neq osmole) sont des **grosses molécules** comme les **protéines**, **lipoprotéines**, etc ... (« oncos » = massif en grec). De la même manière qu'avec la **pression osmotique**, elle est **théoriquement** mesurable par la mise en contact de solutions de concentration différente par l'intermédiaire d'une **membrane sélective**.

Ces deux types de molécules ne possèdent pas les mêmes propriétés physiques :

Molécules en solution	Molécules en suspension
En présence d'une membrane sélective , génèrent une pression osmotique	En présence d'une membrane sélective , génèrent une pression oncotique
Incapables de sédimenter sous l'effet de la gravité (centrifugation)	Capables de sédimenter après centrifugation
Modifient la température de congélation de l'eau (abaissement cryoscopique) → Permet de mesurer l' osmolalité <i>Ex, l'eau de mer (qui contient des osmoles) congèle à une température inférieure à celle de l'eau douce.</i>	Ne modifient pas la température de congélation de l'eau mais la rende plus trouble Augmentent la diffusion de la lumière et sont dosées par des procédés optiques (néphélométrie)
Exemples : toutes les osmoles (Na^+ , Cl^-)	Exemples : protéines, complexes protéiques

Tableau à connaître par cœur ! 



E – Abaissement cryoscopique

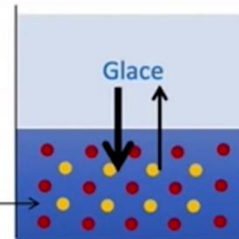
Phénomène physique

A la température de 0°C, la glace et l'eau sont en équilibre : la glace fond autant que l'eau congèle.



A la température de 0°C, la glace et de l'eau contenant des molécules dissoutes ne sont pas en équilibre : la glace fond plus que la solution ne congèle.

Solution =
eau et molécules
dissoutes



La capacité de **l'eau pure** à **congeler** autant que la glace **fond** à 0°C, est **modifiée** par l'introduction **d'osmoles** dans l'eau.

Exemple : l'eau de mer. (*Fun fact : c'est pour ça qu'on met du sel sur les routes en hiver, pour abaisser la température de congélation et ainsi éviter qu'il y est du verglas qui se forme*)

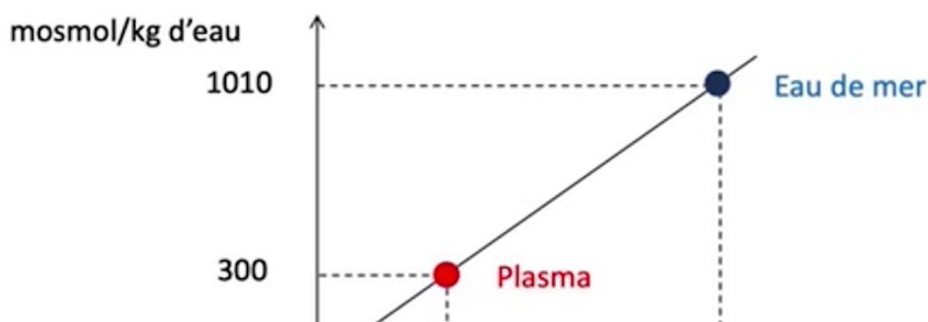
A 0°C, la glace et l'eau contenant des molécules dissoutes ne sont plus en équilibre : la glace fond plus que la solution ne congèle.

Il faut donc descendre **en dessous** de 0°C pour arriver à **congeler** une eau contenant des **osmoles dissoutes**.

Cette propriété permet de définir **l'abaissement cryoscopique**.

Définition : l'abaissement cryoscopique est la **différence** entre la **température de congélation** de **l'eau pure** et celle d'une **solution**.

Il existe une **relation linéaire** entre **l'abaissement cryoscopique** et **l'osmolalité** de la **solution**.
(*l'osmolalité est une concentration en osmole/masse, vous reverrez ça en biophysique des solutions*)



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.



La mesure de la **pression osmotique** est **impraticable** en raison de :

- **L'absence de membrane uniquement perméable à l'eau** (on ne les fabrique pas, on les imagine, ce sont des membranes idéales)
- **L'osmolalité élevée des fluides biologiques**. Si on utilisait l'osmomètre de Dutrochet avec une solution de plasma (de concentration 300 mosmol / kg) sous la cloche, on verrait la colonne d'eau monter jusqu'à 75m (force de pression colossale) ce qui est impossible dans un laboratoire.

On se retrouve ainsi avec **2 méthodes théoriques** pour mesurer l'osmolalité et **1 méthode pratique+++**

Technique	Caractéristiques
Mesure de la pression osmotique	Osmomètre de Dutrochet , uniquement en théorie+++
Mesure de l'abaissement cryoscopique	Technique utilisée en pratique (donc à la fois en théorie et en pratique+++)

Tableau à connaître par cœur ! 

Conclusion :

Le **potentiel chimique = potentiel de diffusion** est **proportionnel** à la **concentration** de la molécule et de son **coefficient de diffusion** (qui lui dépend de la température et du coefficient de mobilité mécanique).

Le **flux de diffusion** (donné par la loi de **Fick**) est **proportionnel** au **coefficient de diffusion** et au **gradient de concentration**.

Une **molécule diffuse** de l'endroit où elle est le **+ concentrée** vers l'endroit où elle est le **- concentrée** TANDIS QUE le **gradient de concentration** et l'eau vont du **- concentré** au **+ concentré**.

Les **substances dissoutes** (osmoles) ou en **suspensions** exercent des **forces de pression** considérables sur les **membranes** qui les séparent. Ces **forces** dépendent de la **concentration des solutions** et de la **perméabilité des membranes**.

Dans l'organisme, les **passages d'osmoles** à travers les **vraies membranes** dépendent des **pressions osmotiques**.