

I – Généralités sur les résultats des mesures

A – Définitions

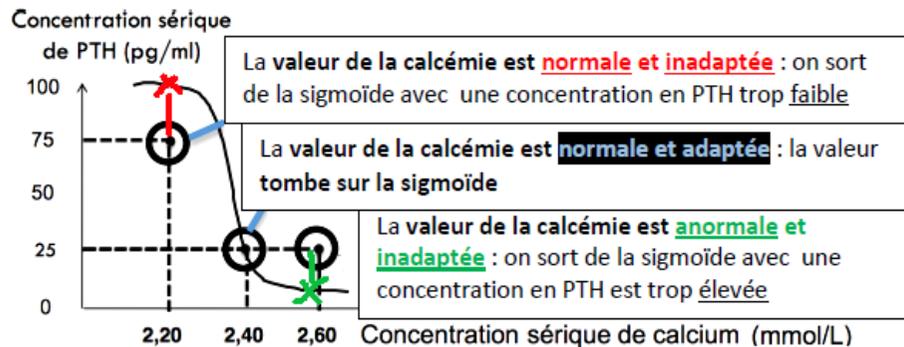
✿ Valeur normale

La norme est définie **statistiquement**.

La répartition des mesures selon une courbe de Gauss définit un intervalle comportant l'ensemble des valeurs mesurées : **valeurs normales**.

✿ Valeur adaptée

Le caractère adapté d'une valeur dépend des données du système de régulation physiologique.



Exemple de la calcémie :

On représente la concentration sérique en calcium en fonction de la concentration sérique de parathormone (hormone qui régule la calcémie dans le sang).

✿ Valeur pathologique

Le **caractère pathologique** d'une valeur dépend du risque d'évènement pathogène. On définit un seuil pathogène au-delà duquel il existe un risque relatif majoré d'évènement pathogène.

B – Précision

✿ Incertitude absolue et relative

- > **Incertitude absolue** : liée à la technique de mesure. La répétition d'une technique de mesure permet l'observation d'une variation de la valeur absolue mesurée.
- > **Incertitude relative** ou **précision** : rapport entre l'incertitude absolue et la valeur mesurée.

Exemple : Natrémie 140 mmol/L, incertitude absolue de 1 mmol/L → Précision = 1/140

La précision de la plupart des dosages en médecine est entre **1% et 5%**.

✿ Conséquence sur l'expression des résultats

La précision de la mesure conditionne le nombre de chiffres indiqués :

- ☀ **Précision $\leq 1\%$** : le résultat doit avoir **3 chiffres** : 1,42mmol ; 13,8L ; 13,83L
 - ☀ **$1\% < \text{précision} < 10\%$** : le résultat doit avoir **2 chiffres** : 2,5mol ; 19L ; 1,33L
- Le comptage des chiffres est indépendant de la virgule.

✿ Variabilité biologique

La variabilité biologique est **liée à l'être humain**.

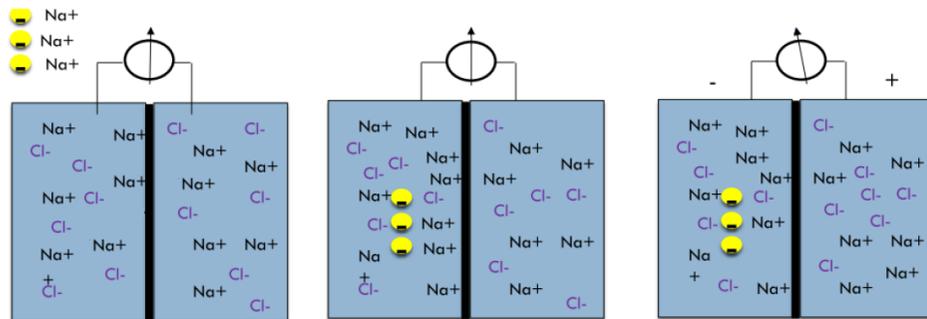
Généralement, les variables sont comprises dans un intervalle de normalité ; on a une **fourchette** dans laquelle on a des valeurs normales.

II – Mesures et dosages basés sur des méthodes biophysiques

Il existe plusieurs types de mesures :

- Basées sur l'effet Donan : **potentiométrie** → dosages d'osmoles électriquement chargées
- Basées sur les propriétés électriques des protéines : **électrophorèse** → identification des protéines

❖ Effets Donnan : cas de la membrane capillaire (rappels)



1. Etat initial

On considère 2 compartiments séparés par une membrane sélective (=capillaire). Elle est :

- > Perméable à l'eau, au Na⁺ et au Cl⁻
- > Imperméable aux protéines

Au départ, on a : un potentiel chimique du Cl⁻ et du Na⁺ qui est égal dans les 2 compartiments, c'est à dire que leurs concentrations sont les mêmes des deux côtés

→ Pas de différence de potentiel électrique

2. Effet de l'introduction du protéinate de sodium

On introduit des **protéines chargées négativement** associées à des cations Na⁺.

- > Dissociation partielle entre la protéine et le cation sodique
- > On augmente la concentration de Na⁺ et on crée un potentiel chimique de Na⁺

3. Génération d'un potentiel électrique

Nucléoline

Le tutorat est gratuit. Toute reprodu

Cette création de potentiel chimique sodique va donc entrainer simultanément :

- ♥ Une diffusion du **sodium** selon son **potentiel chimique**
- ♥ Une diffusion du **chlore** selon son **potentiel électrique**

Les charges positives passent de gauche à droite donc le potentiel membranaire du côté gauche est rendu négatif.

Le chlore fuit le côté gauche et s'accumule du côté droit, selon un potentiel électrique, et engendre un potentiel chimique pour le chlore.

A l'équilibre, le potentiel électrique calculé pour le Na⁺, le K⁺ et le Cl⁻ selon la relation de Nernst est égal au potentiel électrique mesuré.

❖ Effet Donnan : principe et conséquences

L'effet Donnan est basé sur la **présence de molécules chargées non diffusibles** à travers une **membrane sélective**.

Les concentrations des ions diffusibles se stabilisent selon les potentiels électriques d'équilibre indiqués par la **relation de Nernst**.

- ♥ **Conséquence électrique** : le potentiel électrique transmembranaire à l'équilibre est conditionné par la répartition des ions diffusibles.
- ♥ **Conséquence sur la composition des liquides** : la concentration des ions diffusibles à l'équilibre est conditionnée par le potentiel électrique transmembranaire.

❖ Effet Donnan dans l'organisme

Plasma	Membrane capillaire	Liquide interstitiel
Na ⁺ = 150 mmol/kg d'eau (142 mmol/L de plasma)	- +	Na ⁺ = 144 mmol/L ou kg d'eau
Cl ⁻ = 109 mmol/kg d'eau (103 mmol/L de plasma)	- +	Cl ⁻ = 114 mmol/L ou kg d'eau
Protéines = 70 g/l	- +	Protéines = 17 g/l
Somme des anions = somme des cations	- +	Somme des anions = somme des cations

Du côté plasmatique ou interstitiel de la membrane capillaire, comme les protéines ne sont pas en concentrations équivalentes et qu'elles sont anioniques, on va avoir des asymétries de concentrations et de charges.

*Attention : il faut faire la différence entre **osmolarité** (mmol/L) et **osmolalité** (mmol/kg) du côté plasmatique car il y a un **encombrement stérique** généré par les protéines.*

❖ Cas de la membrane cellulaire

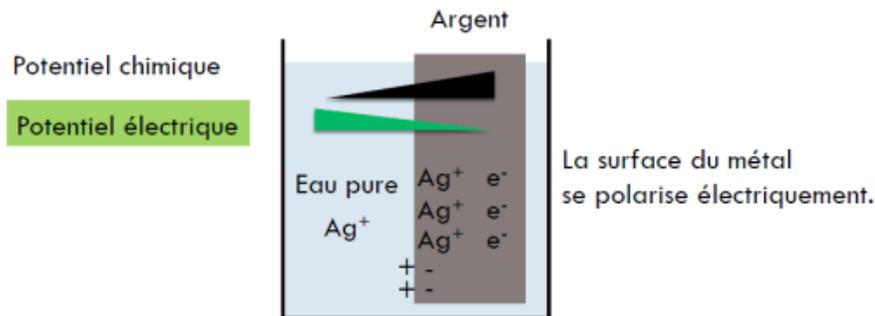
Le **cytoplasme** des cellules est **très riche en protéines** (chargées négativement). Le **potentiel d'équilibre calculé** selon la relation de Nernst pour chacun des ions présents de part et d'autre de la membrane plasmique n'est **pas vérifié**.

→ **L'effet Donnan n'est pas responsable du potentiel de repos de la membrane plasmique.**

→ Le potentiel de repos de la membrane plasmique est déterminé par 3 conditions (voir cours précédents).

❖ Effet Donnan dans un métal

On introduit une tige d'argent dans de l'eau pure :



Le métal se comporte comme une solution d'ions argentiques. La surface du métal se comporte comme une membrane sélective perméable au cation argentique et imperméable aux électrons.

Noëloline

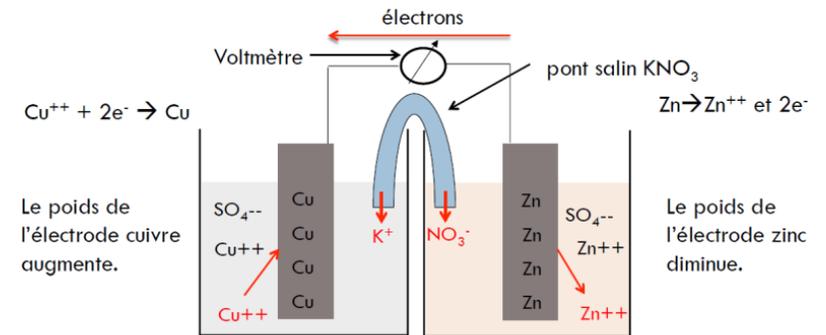
Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

La **relation de Nernst** nous dit que : **ddp électrique + ddp chimique = 0**

→ Le potentiel de l'électrode argentique dépend de la concentration de cation argentique dans le milieu où elle trempe.

→ **La mesure du potentiel électrique d'une électrode peut nous renseigner sur une concentration ionique inconnue en solution.**

❖ Pile de Daniell



Les **métaux** ont, dans des conditions appropriées, des **capacités d'ionisation**.

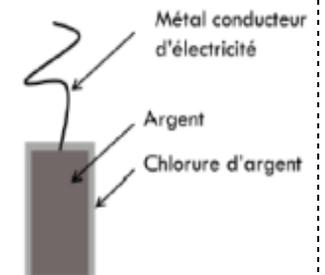
III – Electrodes pour les solutions biologiques

L'acidité et la composition des liquides biologiques n'est pas compatible avec l'utilisation d'électrodes métalliques simples.

Electrode d'Arsonval

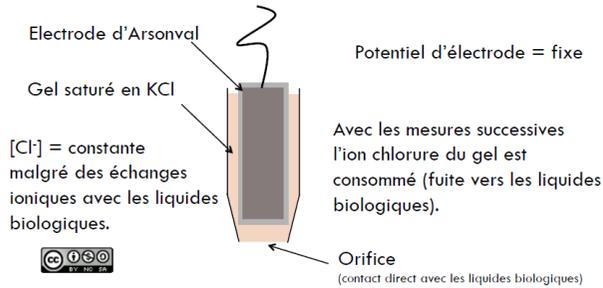
On recouvre une électrode en argent avec des **ions Cl-** pour qu'elle soit utilisable dans les milieux biologiques.

Le potentiel de l'électrode d'Arsonval **dépend de la concentration d'ion chlorure dans le milieu où elle trempe.**

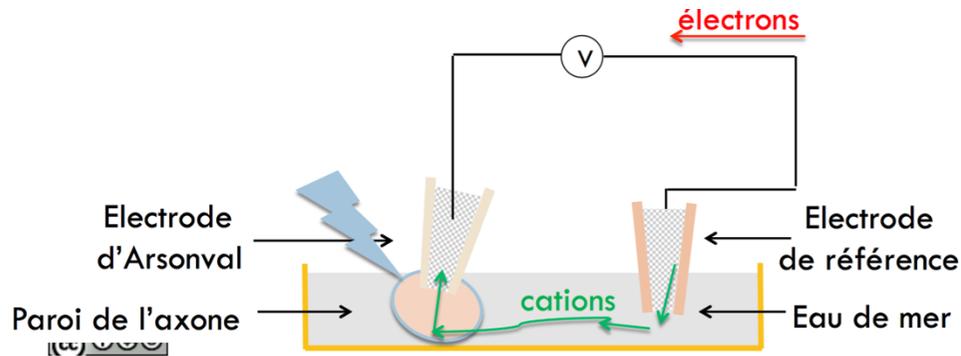


Electrode de référence

Le potentiel de cette électrode est **indépendant de la concentration en ion chlorure de la solution** dans laquelle elle est introduite.



Mesures de courants osmotiques



- > Les 2 électrodes sont reliées par un circuit électrique.
- > L'axone est excité par un courant électrique extérieur
- > On voit apparaître une différence de potentiel = la paroi de l'axone est conductrice de courant.

En remplaçant l'eau de mer par de l'eau douce il n'y a pas de courant électrique qui passe dans le système et le potentiel ne bougeait pas.

- ♥ Le potentiel d'action est lié à la présence de canaux membranaires à la surface des parois cellulaires
- ♥ Les canaux membranaires doivent être perméables aux ions

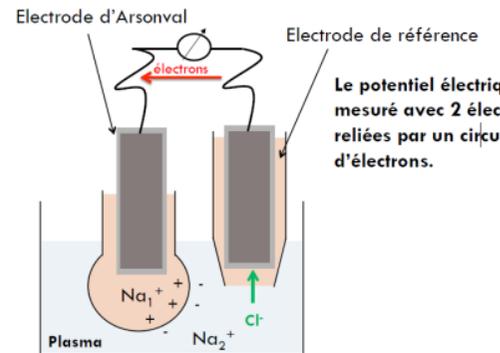
Dosage d'osmoles ionisées

Méthode de potentiométrie : mesure d'une concentration ionique avec une électrode. On ne mesure que les osmoles ionisées.

On utilise :

- ♥ un **voltmètre**
- ♥ une **électrode de référence**
- ♥ une **électrode d'Arsonval**
- ♥ une **membrane perméable à un seul ion** (celui que l'on veut doser)

1 – Dosage de la natrémie



Les mouvements de Na⁺ entraînent un potentiel électrique.

Le potentiel mesuré est proportionnel à la concentration de Na⁺ dans la solution 2.

$$\text{Potentiel électrique à l'équilibre}_{\text{Na}^+} = -\frac{RT}{zF} \ln[\text{Na}^+]_1 + \frac{RT}{zF} \ln[\text{Na}^+]_2$$

(Connu, fixé par le fabricant) (Ce qu'on cherche à connaître)
(Mesuré avec les électrodes)

→ La même méthode est utilisée pour mesurer le pH (concentration en H⁺)

2 – Ionisation partielle du calcium

Dans le sang on retrouve le calcium essentiellement sous 2 formes :
> **Ionisée** : environ 50% du calcium total, mesuré par la potentiométrie

> **Non ionisé** : associé avec des anions (protéines ++)

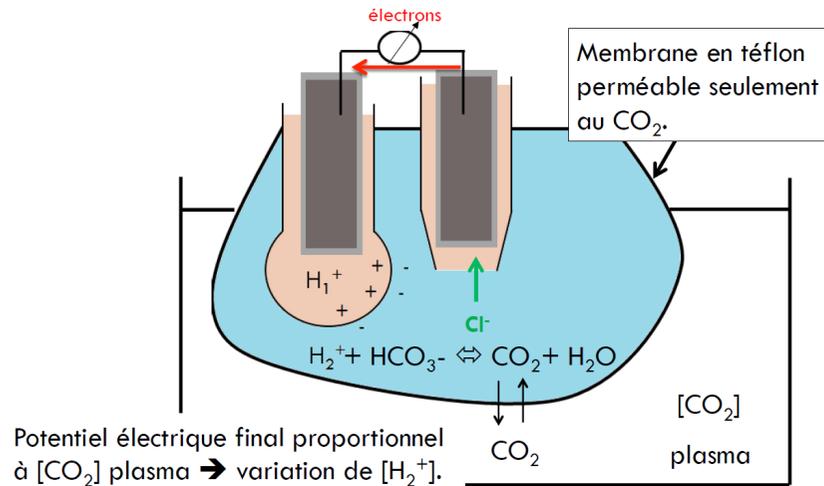
Le **calcium total** se mesure par **colorimétrie**.

La répartition du calcium plasmatique par la **confrontation de 2 approches différentes de dosage**.

3 – Mesure de la pression partielle du CO2 dans le plasma

On utilise :

- ♥ Une **membrane sélective aux protons H+** (verre)
- ♥ 2 solutions : un milieu 1 (rose) dans lequel est plongé l'électrode d'Arsonval et un milieu 2 (bleu) dans lesquels la concentration en proton est fixée
- ♥ Une **membrane en téflon perméable uniquement au CO2**
- ♥ Un 3e milieu (blanc) qui contient le **plasma** (=solution dont on veut doser la pression partielle en CO2)



La **concentration de protons** dans le système de référence **varie** en fonction de la **quantité de CO2 dissout**. Le **potentiel** est **modifié** en conséquence, et on en déduit la pression partielle en CO2.

→ Plus de CO2 dans le plasma : déplacement de l'équilibre vers la gauche.

Nucléoline

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

→ Plus de CO2 dans le milieu 2 (bleu) : déplacement de l'équilibre vers la droite.

IV – Electrophorèse des protéines

♥ Définitions :

- L'**électrophorèse** est le **déplacement des protéines** par un courant électrique dans un milieu conducteur.
- Un **milieu conducteur** est un réseau tridimensionnel dont les mailles sont plus ou moins serrées selon la concentration d'acrylamide dans une solution d'osmoles ionisées et de pH déterminé.

♥ Propriétés des protéines :

- Ce sont des **anions** (± liés à des protons selon le pH du milieu)
- Leur structure tridimensionnelle est liée à des **ponts disulfures**

1) Préparation des protéines :

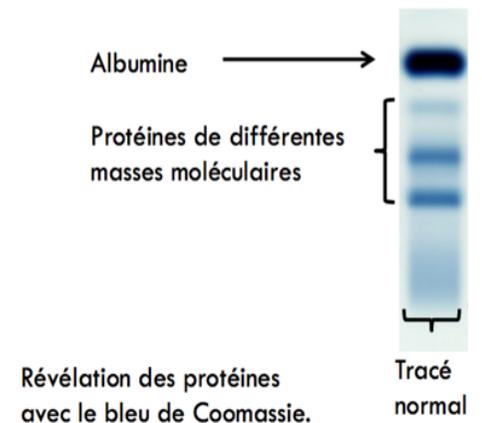
On les dénature (= on rompt les ponts disulfures à l'aide d'un détergent). On libère les charges négatives = milieu de pH inférieur au pH de demi-dissociation.

2) Migration des protéines :

Utilisation des charges électriques pour séparer les protéines dans un champ électrique imposé au gel.

3) Révélation :

On révèle les protéines dans le gel en mettant un colorant, qui va se fixer en fonction de la quantité de protéines.



La bise à la team Jules Ferry ♥