



- Potentiel de repos -

Sommaire

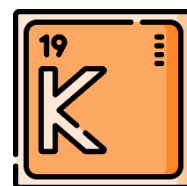
I – Introduction	- 2 -
II – Composition ionique des milieux cellulaire et extracellulaire	- 2 -
III – Polarité électrique de la membrane plasmique.....	- 3 -
IV – Pompe à sodium et courant de fuite.....	- 3 -



Bienvenue pour le dernier cours sur les aspects théoriques des transferts transmembranaires, le potentiel de repos. C'est un petit cours très axé sur la compréhension. Comme d'habitude, si certains points ne sont pas clairs, n'hésitez surtout pas à poser vos questions sur le forum. Courage <3

Le rajout du cours présentiel est encadré en orange

Cette fiche est complète et à jour du cours en présentiel du 9/09/2025



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



I – Introduction

Dans toutes les cellules vivantes, il existe une **différence de charge électrique** entre l'**intérieur et l'extérieur**. Ce phénomène, appelé **potentiel de repos**, est la base de nombreuses fonctions vitales, notamment la **communication entre les cellules nerveuses** et la **contraction musculaire**. Comprendre ce potentiel, c'est comprendre comment nos cellules restent prêtes à réagir et à transmettre l'information à tout instant.

Ce potentiel de repos dépend de 2 choses :

- L'asymétrie de composition des **milieux intracellulaire et extracellulaire**
- la polarisation des membranes plasmiques, liée à la présence de **pompes à sodium** sur toutes les cellules et de canaux, assurant des courants de fuite pour le sodium et le potassium

II – Composition ionique des milieux cellulaire et extracellulaire

Les principaux constituants du milieu extracellulaire : **sodium (Na⁺)**, **potassium (K⁺)** et **chlorure (Cl⁻)** ont une répartition **asymétrique** par rapport au cytoplasme.

Différence de potentiel électrique	Côté interne de la membrane (chargé -)	Côté externe de la membrane (chargé +)
Na ⁺	10 mmol/L	144 mmol/L
K ⁺	160 mmol/L	4 mmol/L
Cl ⁻	6 mmol/L	114 mmol/L

On a donc :

- Plus de **sodium** en **extracellulaire**
- Plus de **potassium** en **intracellulaire**
- Plus de **chlorure** en **extracellulaire**

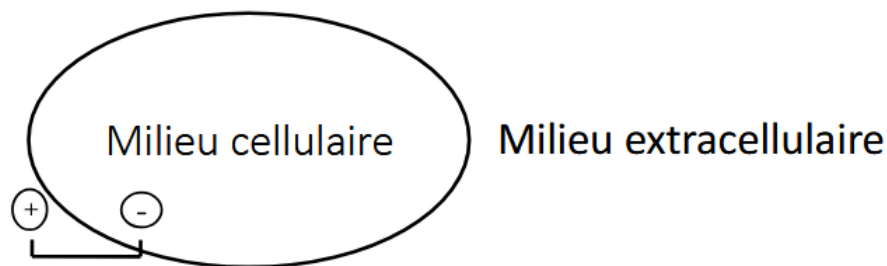
(Les nombres du tableau ne sont jamais tombés à l'examen, faites comme vous le sentez...)



III – Polarité électrique de la membrane plasmique

Si l'on place une électrode à l'intérieur d'une cellule et une électrode de référence à l'extérieur dans le milieu extracellulaire, on observe un potentiel transmembranaire de l'ordre de -80 mV en moyenne. Ce potentiel transmembranaire est extrêmement variable d'une cellule à l'autre et est dépendant du type cellulaire. +++

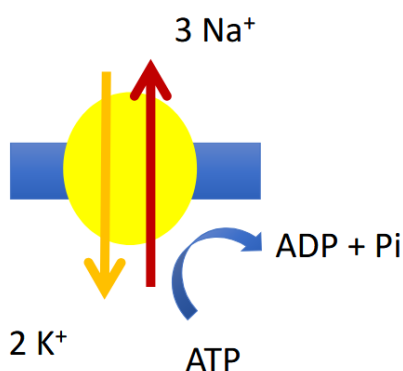
Potentiel transmembranaire mesuré au repos = -80 mV



Un potentiel transmembranaire de -80 mV signifie simplement une différence de potentiel électrique (= de passage de porteurs de charge, ici les ions) entre deux points de référence A et B, ici les deux feuillets de la membrane plasmique. Le signe - dépendra seulement du sens du branchement des électrodes aux bornes du voltmètre. Par convention ici on prendra donc la valeur de -80 mV par rapport au montage utilisé.

IV – Pompe à sodium et courant de fuite

Pompe à sodium



La pompe à sodium, aussi appelé Na^+/K^+ ATPase, assure une asymétrie de répartition du sodium et du potassium puisqu'elle a une stœchiométrie de $3/2$, c'est-à-dire qu'elle permet le passage de 3 ions sodium vers l'extérieur et de 2 ions potassium vers l'intérieur de la cellule à chaque fois qu'elle hydrolyse une molécule d'ATP.

Mémo : 3-2-1 Nokia

- 3 Na^+ sortent de la cellule, le o après le N pour out
- 2 K^+ entrent dans la cellule, le i après le K pour in
- 1 ATP consommé, le « a » à la fin

Transport actif

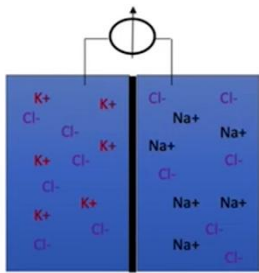
Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.



On va considérer **2 compartiments** séparés par une membrane (qui joue le rôle de la membrane plasmique) :

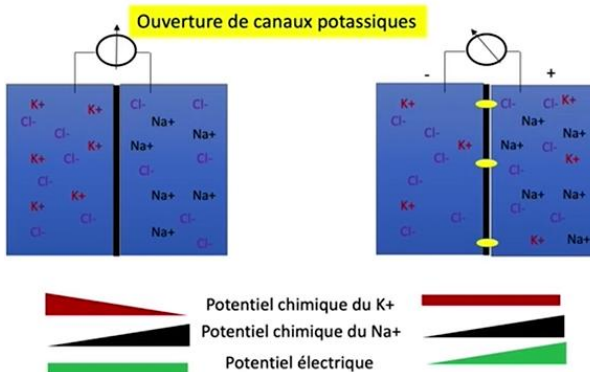
- **Intracellulaire** (= cellulaire) fait de **chlorure de potassium (KCl)** tel que $KCl (s) \rightarrow K^+ (aq) + Cl^- (aq)$
- **Extracellulaire** (=milieu intérieur) fait de **chlorure de sodium (NaCl)** tel que $NaCl (s) \rightarrow Na^+ (aq) + Cl^- (aq)$

Dans le **corps humain** on retrouvera ces **osmoles** en version **dissoute** puisque l'eau est omniprésente. Elles sont donc **chargées**.

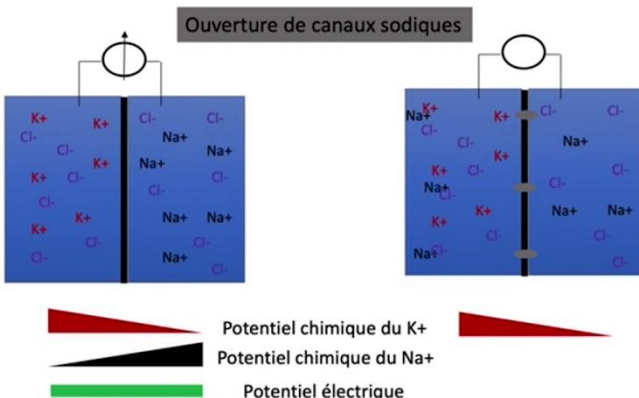


Au départ : il n'y a **pas de potentiel électrique**, en revanche on a un **potentiel chimique** de même force mais de **sens opposé** pour le **sodium** et le **potassium**.

En effet, on a **2 compartiments électro neutres**, les **2** contiennent du **Cl-** mais le **gauche** ne présente **pas de Na+** tandis que le **droit** ne présente **pas de K+** : cela crée un **potentiel chimique** et donc une tendance à la **diffusion** pour ces deux dernières.



On **ouvre des canaux potassiques** sur la membrane qui sépare ces deux compartiments, on va observer le passage du **potassium** selon la règle de la **diffusion** (selon son **potentiel chimique**), du compartiment de gauche vers le compartiment de droite et ainsi le **potentiel chimique du sodium** ne va pas changer mais le **potentiel chimique du potassium** va s'annuler. D'autre part, un **potentiel électrique** va apparaître puisqu'il va exister, d'un coup, une **répartition asymétrique** des charges **positives** (une charge + apparaît à droite).



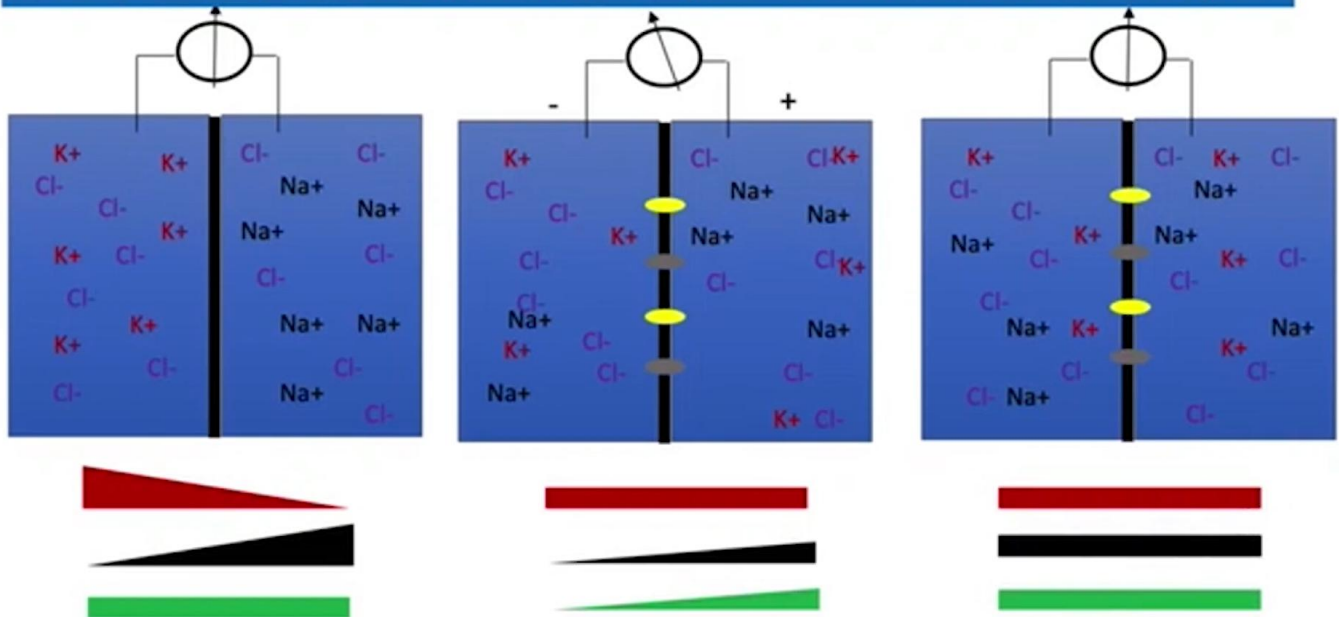
On fait la même chose avec des **canaux sodiques**, le **phénomène inverse** se produit : le **sodium** équilibre sa concentration par diffusion entre les deux milieux générant ainsi un **potentiel électrique**. Il annule son **potentiel chimique** sans modifier le **potentiel chimique du potassium**.



Maintenant que nous avons montré cela expérimentalement, revenons à la membrane cellulaire. Dans l'organisme, sur la membrane cellulaire, il existe des courants de fuite du potassium et du sodium, selon une perméabilité différente+++ :

La perméabilité des canaux potassiques est SUPÉRIEURE à celle des canaux sodiques ++++ : on observera un passage plus abondant de charges de gauche à droite que de droite à gauche, générant ainsi une asymétrie de composition des milieux et un potentiel électrique

Perméabilité des canaux potassiques > perméabilité des canaux sodiques



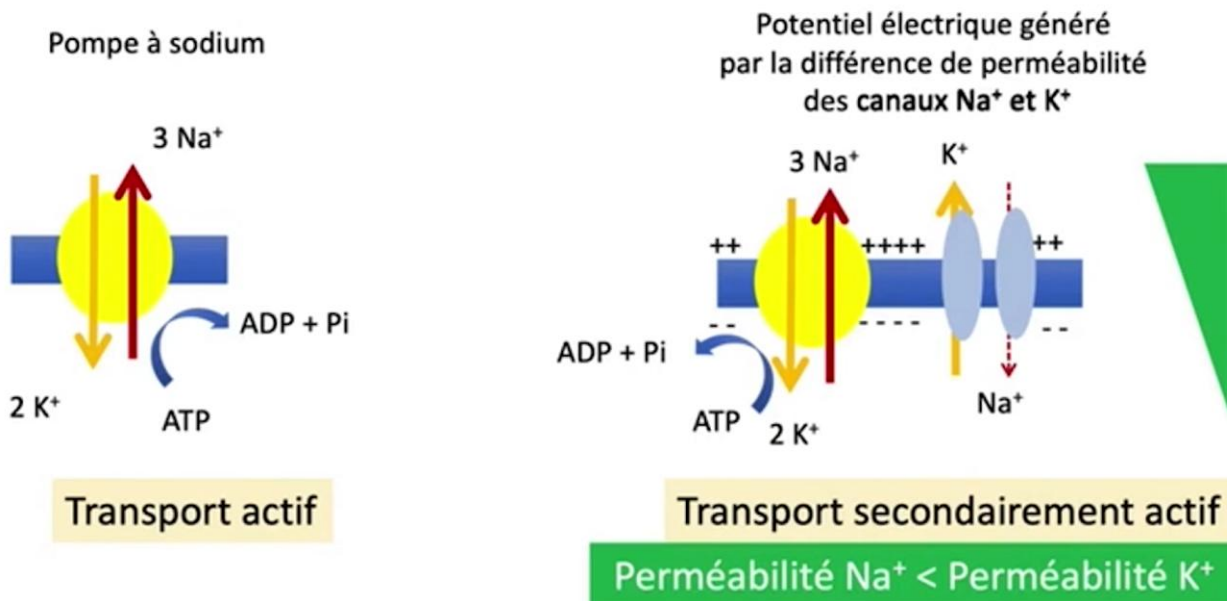
Explications : La pompe à sodium Na⁺/K⁺ fait passer 2 potassium vers l'intérieur de la cellule et 3 sodium vers l'extérieur. Ensuite, ces ions passent par des canaux selon leur potentiel chimique : c'est ce qu'on appelle les courants de fuite ; c'est-à-dire que le potassium va vers l'extérieur de la cellule à travers des canaux potassiques et le sodium va vers l'intérieur de la cellule à travers des canaux sodiques. Or, les canaux potassiques sont plus perméables que les canaux sodiques, c'est-à-dire que les ions potassium vont plus vite vers l'extérieur que les ions sodium ne vont vers l'intérieur.

Dans un organisme vivant, cela a pour effet de créer une asymétrie de charges de part et d'autre de la membrane plasmique. D'une part, on a 3 sodiums qui passent vers l'extérieur et 2 potassiums vers l'intérieur, et en plus on a plus de potassiums qui retournent vers l'extérieur que de sodiums retournent vers l'intérieur : le feuillet externe prend une charge positive tandis que le feuillet interne prend une charge négative. (désolé, beaucoup de texte mais au moins tout est bien détaillé)

Dans un système inerte, comme c'est le cas sur le schéma d'au-dessus, vous voyez tout à droite que les potentiels disparaissent au bout d'un certain temps puisqu'il s'agit d'une différence de perméabilité donc d'une différence de vitesse de passage ionique.



Mais l'organisme n'est pas un système inerte ! On y trouve l'activité permanente de la pompe à sodium Na^+/K^+



La pompe à sodium entretient cette différence de répartition ionique et la présence de canaux sodiques moins perméables que les potassiques génère un bilan de charge, un potentiel électrique.

Donc les membranes plasmiques se retrouvent polarisées POSITIVEMENT sur leur feuillet extracellulaire et NEGATIVEMENT sur le feuillet intracellulaire. ATTENTION les milieux intra et extra cellulaire sont électriquement neutres, ce sont juste les feuillets de la membrane qui sont chargés.

$$\text{Potentiel d'équilibre du sodium} = -\frac{RT}{zF} \ln \frac{[\text{Na}^+]_{\text{intracellulaire}}}{[\text{Na}^+]_{\text{extracellulaire}}} \approx 70 \text{ mV}$$

$$\text{Potentiel d'équilibre du potassium} = -\frac{RT}{zF} \ln \frac{[\text{K}^+]_{\text{intracellulaire}}}{[\text{K}^+]_{\text{extracellulaire}}} \approx -96 \text{ mV}$$

Il est aussi possible de démontrer cette différence de perméabilité des canaux grâce à la relation de Nernst (voir le cours sur le potentiel électrique). Le potentiel électrique calculé pour le potassium est beaucoup plus proche du potentiel transmembranaire mesuré (-80mV) que le potentiel calculé pour le sodium : on conclut que les canaux potassiques sont beaucoup plus ouverts que les canaux sodiques.



Récap+++ :



- La différence de perméabilité des canaux sodiques et potassiques **CRÉE** le potentiel de repos
- La pompe à sodium **ENTRETIEN** le potentiel de repos

Il suffit de la **répartition asymétrique d'un ion sur 10^5** d'un côté ou de l'autre de la membrane plasmique pour **créer une différence de potentiel électrique de 100 mV**.

Cette asymétrie **ne modifie pas la pression osmotique** qui n'est pas du tout du même ordre de grandeur (cette différence de 1 vs 10^5 ions ne suffit pas à faire sortir l'eau des cellules, il en faudrait beaucoup plus). Les **milieux cellulaire et extracellulaire** sont pour cette raison considérés comme **électriquement neutres**. C'est-à-dire que **la somme des cations et la somme des anions dans chacun des milieux cellulaires est nulle**. (voir le tableau sur la page d'après)

Composition ionique des milieux cellulaire et extracellulaire

	Milieu cellulaire	Milieu extracellulaire
Na+	10 mmol/L	144 mmol/L
K+	160 mmol/L	4 mmol/L
Cl-	6 mmol/L	114 mmol/L
Cations	212 meq/L	153 meq/L
Anions	212 meq/L	153 meq/L
Bilan de charges	nul	nul

Petite conclusion du prof :

- Le **potentiel de repos** dépend des **pompes à sodium** et des **courants de fuite** pour le sodium et le potassium
- La **diffusion des osmoles** à travers une **membrane plasmique** dépend des **potentiels électriques** et des **potentiels chimiques** selon la **relation de Nernst** ($PC + PE = 0$)
- Vu plus tard : les **propriétés électriques des cellules** déterminent le **rythme cardiaque** et la **transmission des signaux neuronaux**.

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



Dédis : 😊

Dédi à vous qui êtes entrain de réaliser quelque chose d'incroyable

Dédi au professeur Favre le goat

Dédi à mon médecin le meilleur de France

Dédi à alix cht qui va tout déchirer cette année

Dédi au gâté SCH

Dédi à mes vieux et à toute la dynastie biophysio

Dédi à sean, fournisseur officiel des CM d'histoire