

Chapitre 5 : Le potentiel de membrane

Pr. François Estève

Dr. Jean-François ADAM, Pr. Jean-Philippe VUILLEZ

Potentiel de membrane.

Mise en évidence

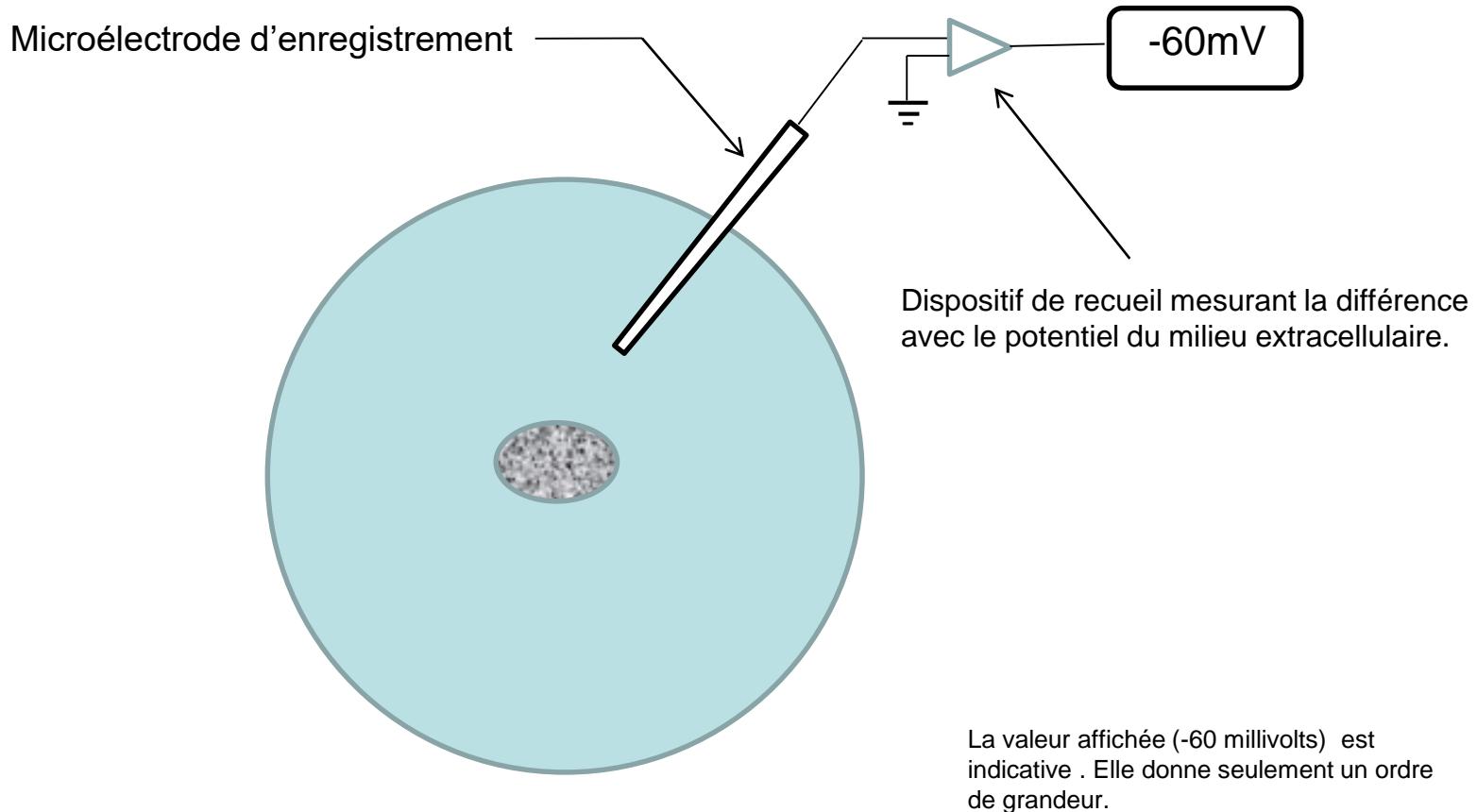


Figure 1.

Potentiel de membrane

Potentiel de repos

Valeur prise par le potentiel de membrane dans les conditions basales, normalement stables.

Potentiel transmembranaire $V_{in} - V_{ext} = E_m$

Entre -10mV et -100mV selon les cellules.

En moyenne, autour de -60mV.

CELLULES EXCITABLES

- musculaires

grenouille	-82 à -100 [mV]
rat	-100

- nerveuses

cervelet de chien	-90
calmar	-77
ecrevisse	-90
grenouille	-71

CELLULES NON EXCITABLES

hématies	-10
----------	-----

Potentiel de membrane

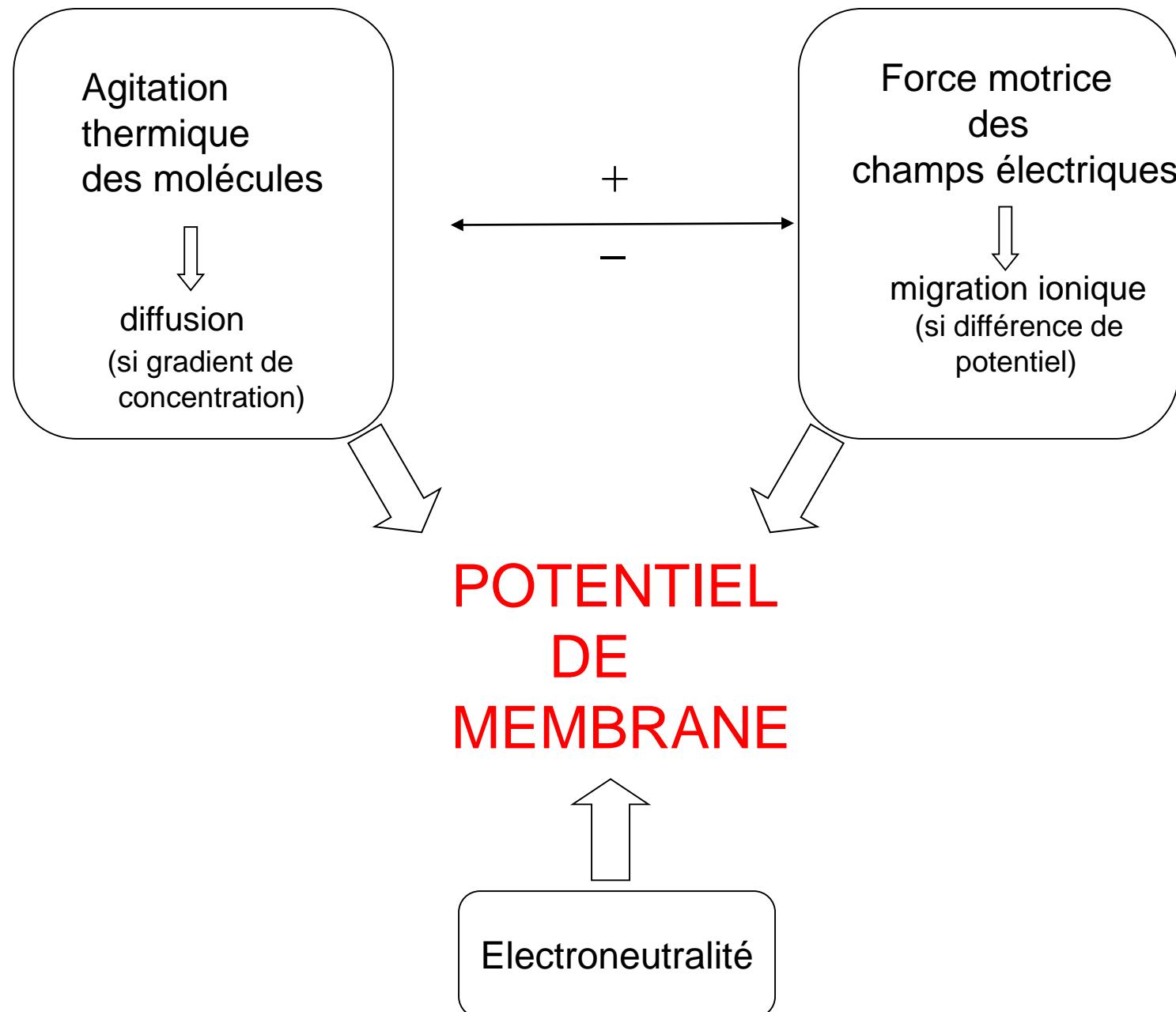
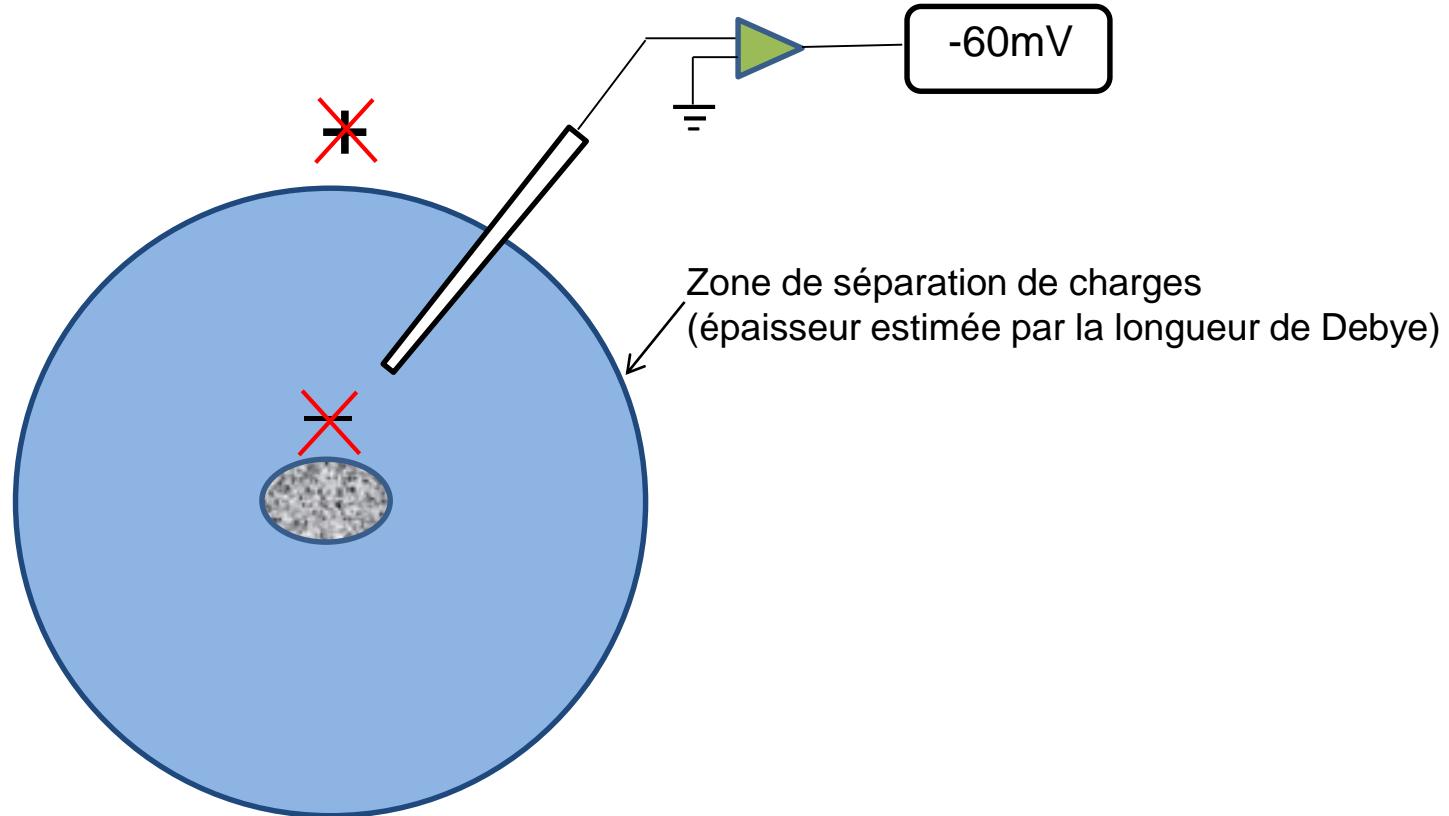


Figure 2

Potentiel de membrane

La loi d'électroneutralité

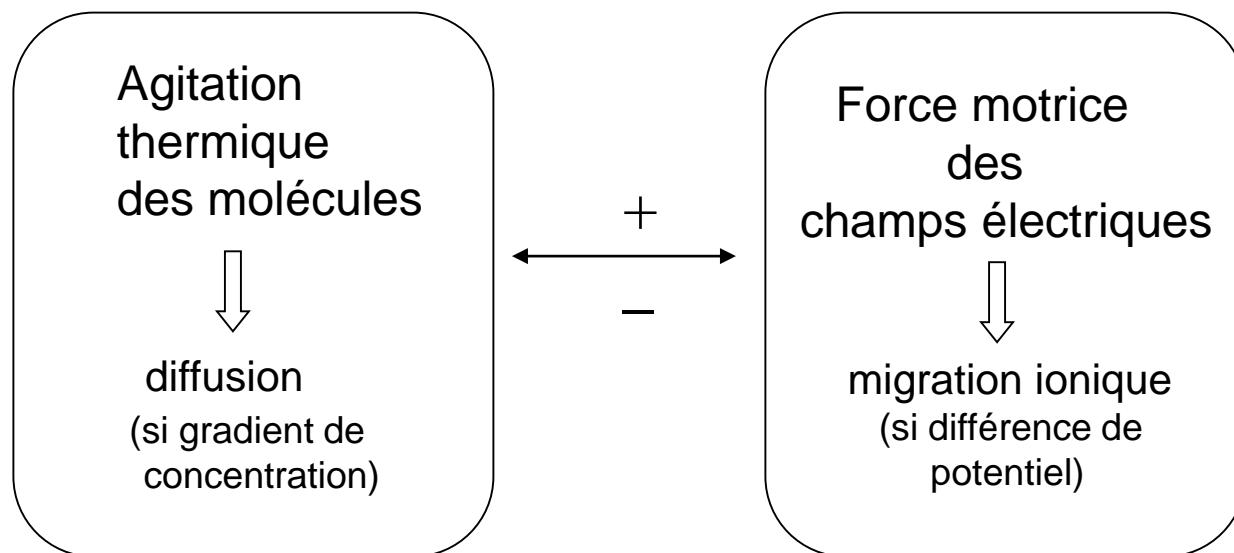


Les traits rouges indiquent qu'il n'y a pas d'excès de charges négatives dans la masse du milieu intracellulaire, ni de charges positives dans celle du milieu extracellulaire.

Figure 3.

Potentiel de membrane

Interaction électrochimique



Potentiel d'équilibre (d'une espèce ionique):

la différence de potentiel a un effet égal et opposé à celui du gradient de concentration

Figure 4.

Potentiel de membrane

Causes particulières: structure de la membrane

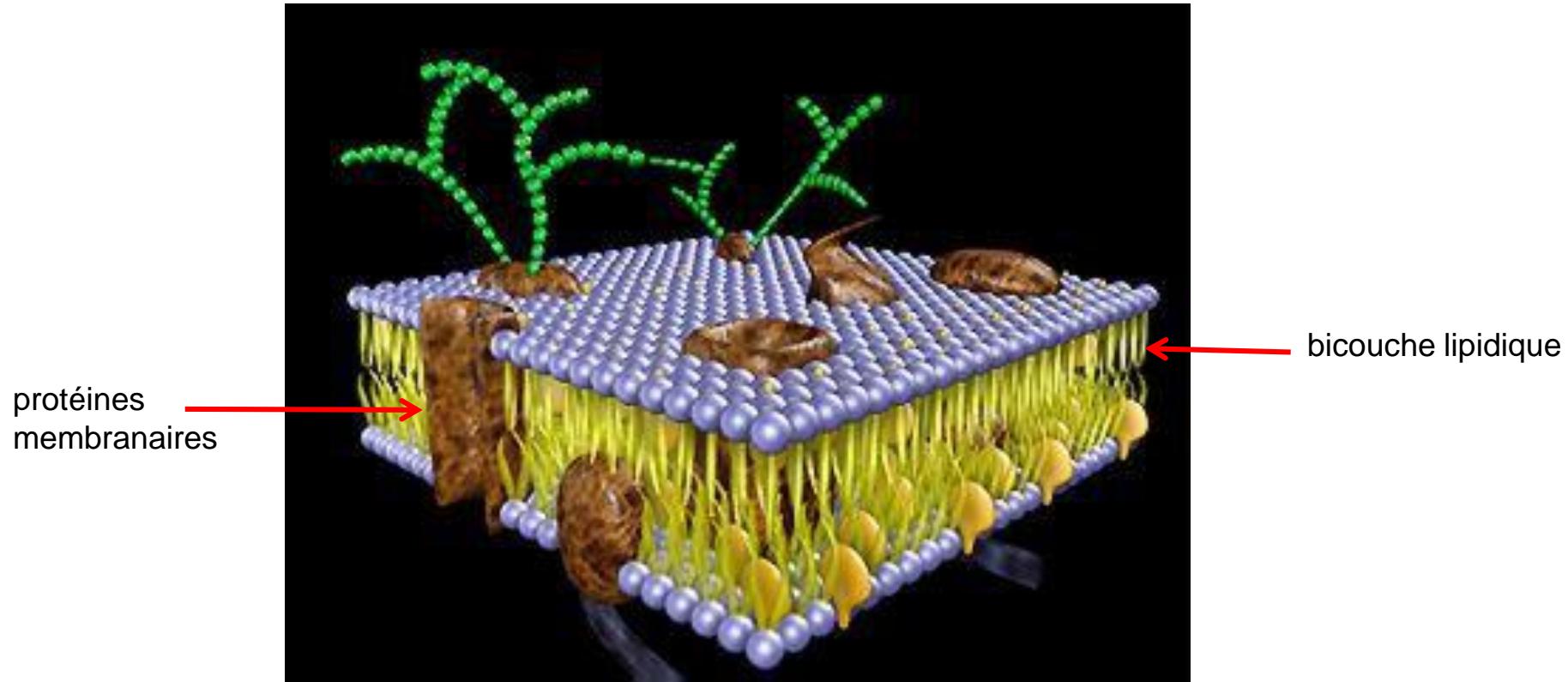


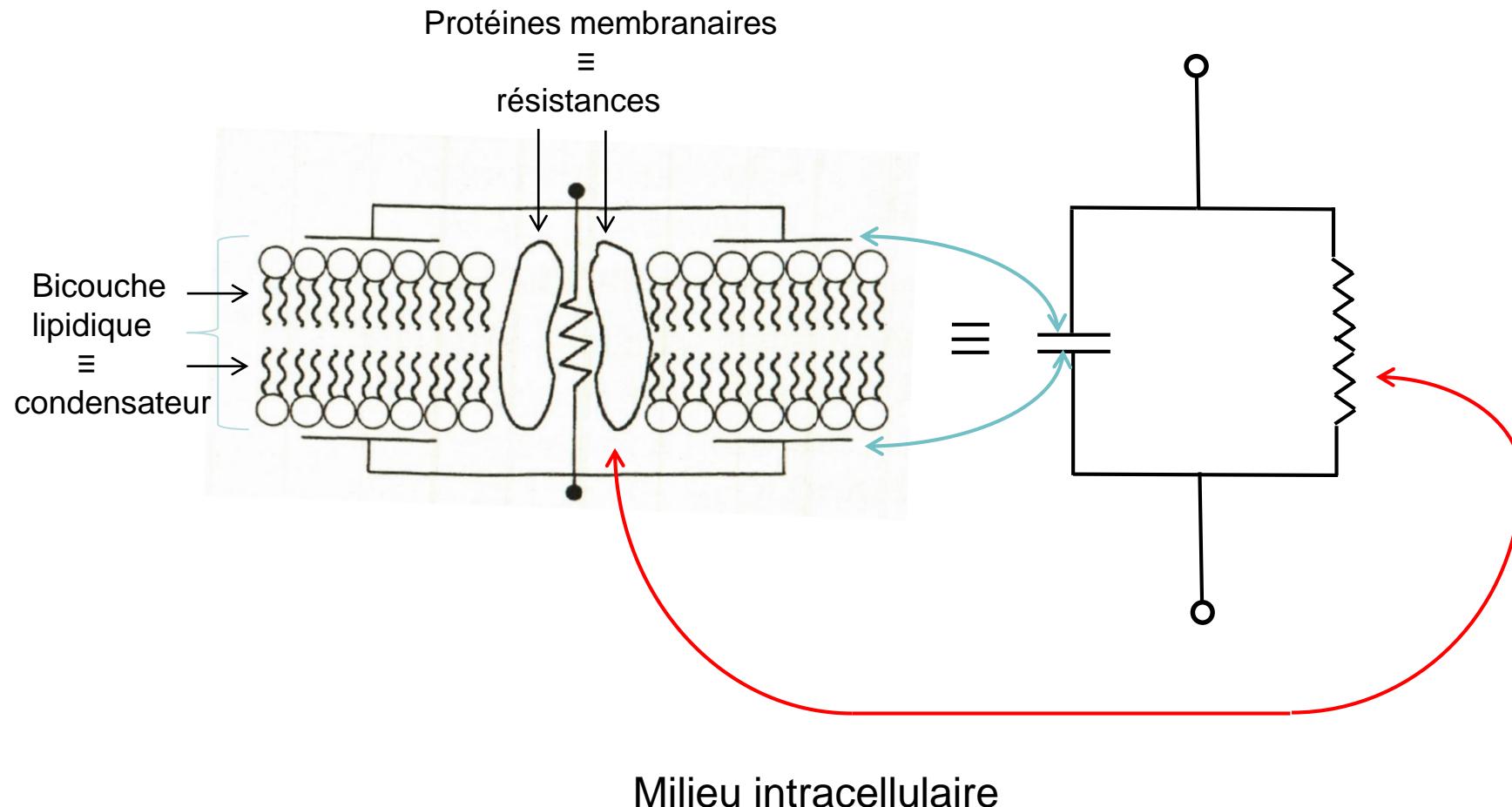
Figure 5

Document aimablement fourni
par le Pr W.Rachidi

Potentiel de membrane

Equivalent électrique de la membrane

Milieu extracellulaire



D'après Johnston et Wu, modifié.

Figure 6

Potentiel de membrane

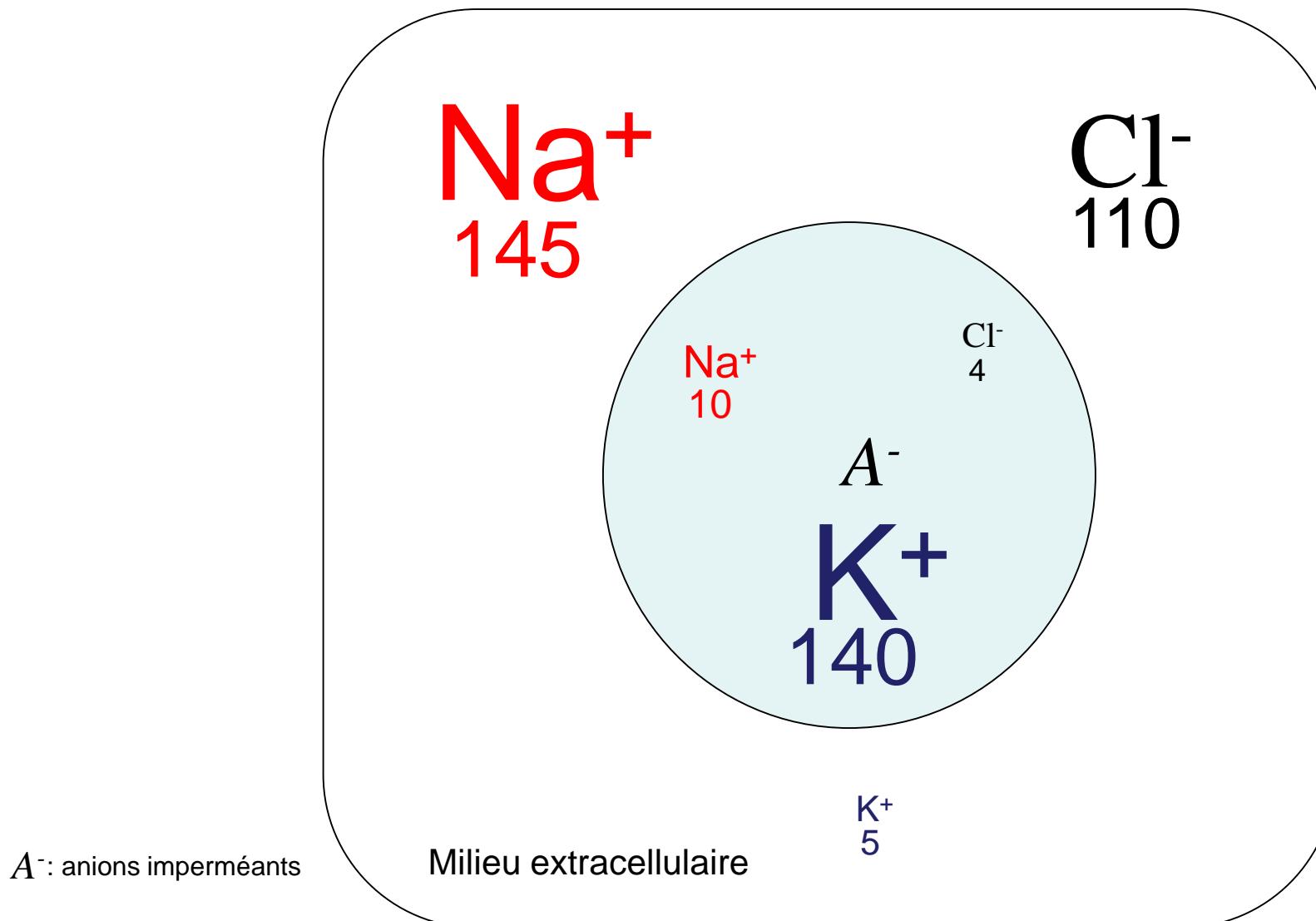
Espèces ioniques impliquées

IONS IMPERMEANTS	IONS PERMEANTS
Protéines - Ions (SO_3^{--})	Na^+ K^+ Cl^-

$$P_{\text{Cl}} >> P_{\text{K}} >> P_{\text{Na}}$$

Potentiel de membrane

Répartition des ions



A^- : anions imperméants

Figure 7

Potentiel de membrane

Equilibre de Donnan dans la situation de la cellule: caractéristiques

Purement passif: atteint sans fourniture extrinsèque d'énergie. De ce fait il est parfaitement stable.

Dû à la présence d'une membrane hémipermeable et d'ions imperméants (anions dans ces conditions).

Engendre spontanément une inégalité de répartition ionique dans le même sens que celle réellement observée.

Engendre spontanément une différence de potentiel de signe négatif.

Potentiel de membrane

Valeur du potentiel E_p d'équilibre d'un ion P

$$V_i - V_e = E_p = - \frac{R T}{z F} \log \frac{[P]_i}{[P]_e}$$

R: constante des gaz parfaits

T: température absolue

F: constante de Faraday

Z: valence de l'ion P

[P]_e: concentration de P dans le milieu extracellulaire

[P]_i: concentration de P dans le milieu intracellulaire

Voir équation 34, potentiel ou relation de Nernst

Équilibre de Donnan:

les potentiels d'équilibre de tous les ions perméants sont égaux et leur valeur est celle du potentiel de membrane

Potentiel de membrane

Equation de Goldman

Equation de **GOLDMAN** pour les ions K⁺, Na⁺, Cl⁻

$$E_{in} - E_{ext} = E_m = \frac{RT}{F} \log \frac{P_K[K^+]_{ext} + P_{Na}[Na^+]_{ext} + P_{Cl}[Cl^-]_{in}}{P_K[K^+]_{in} + P_{Na}[Na^+]_{in} + P_{Cl}[Cl^-]_{ext}}$$

T = température absolue [°K]

37°C = 310°K

R = Cte. des gaz parfaits = 8.314 [J.°K⁻¹.mol⁻¹]

[J] = [V·A·s]

N_A = nombre d'AVOGADRO = 6 · 10²³ [mol⁻¹]

q = charge de l'électron = 1.6 10⁻¹⁹ [C]

[C] = [A·s]

F = Cte. de FARADAY = N_A q = 9.652 · 10⁴ [A·s·mol⁻¹]

P_{ion} = perméabilités relatives des ions [m.s⁻¹]

$$P_{Na} = 1 \quad P_K = 40 \quad P_{Cl} = 670$$

On montre que le potentiel de repos est donné par l'équation de Goldman ou relation de Goldman qui est une généralisation de la relation de Nernst

$$E_m = (8.314 \times 310) / 9.652 \cdot 10^4 \times \log (40(5) + 1(145) + 670(4)) / (40(140) + 1(10) + 670(110))$$

$$E_m = 0.0267 \times \log (200 + 145 + 2680) / (5600 + 10 + 73700)$$

$$E_m = 0.0267 \times \log (3025 / 79310)$$

$$\Rightarrow E_m = -0.0872 [V] = -87 [mV] \text{ à } 37^\circ\text{C}$$

Potentiel de

$$\text{Nernst du Na} = V_{Na,i} - V_{Na,e} = -\frac{RT}{zF} \log \frac{[Na]_i}{[Na]_e} = -0.0267 \times \log (10/145) = 71 \text{ mV}$$

Potentiel de membrane et potentiel de Nernst

$$E_{\text{int}} - E_{\text{ext}} = E_m \quad [\text{mV}]$$

force électromotrice = $E_m - E_{\text{ion}}$

	[] mEq		Gradient Chimique (Fick)	E_{ion} (Nernst)	E_m	$E_m - E_{\text{ion}}$
	intra	extra				
K ⁺	140	5	+135	- 88.9		+17.8
Na ⁺	10	145	-135	+71.3	- 87	- 142.8
Cl ⁻	4	110	-106	- 88.4		1.3

1ère Loi de Fick
 $J = -D \cdot (dC/dx)$

Loi de Nernst
 $E_{\text{int}} - E_{\text{ext}} = - (RT/zF) \cdot \log(C_{\text{int}}/C_{\text{ext}})$

ION	GRADIENT CHIMIQUE	GRADIENT ELECTRIQUE
K ⁺	→ EXT	INT ←
Na ⁺	INT ←	INT ←
Cl ⁻	INT ←	→ EXT

Potentiel de membrane

Equilibre de Donnan dans la situation de la cellule: insuffisance

Concentrations intracellulaires trop forte en sodium et (trop faible en potassium) pour de nombreux processus métaboliques cellulaires.

Osmolarité intracellulaire beaucoup trop forte

Potentiel de membrane trop faible pour l'accomplissement des fonctions des cellules excitables.

Potentiel de membrane

Activité de la pompe sodium-potassium

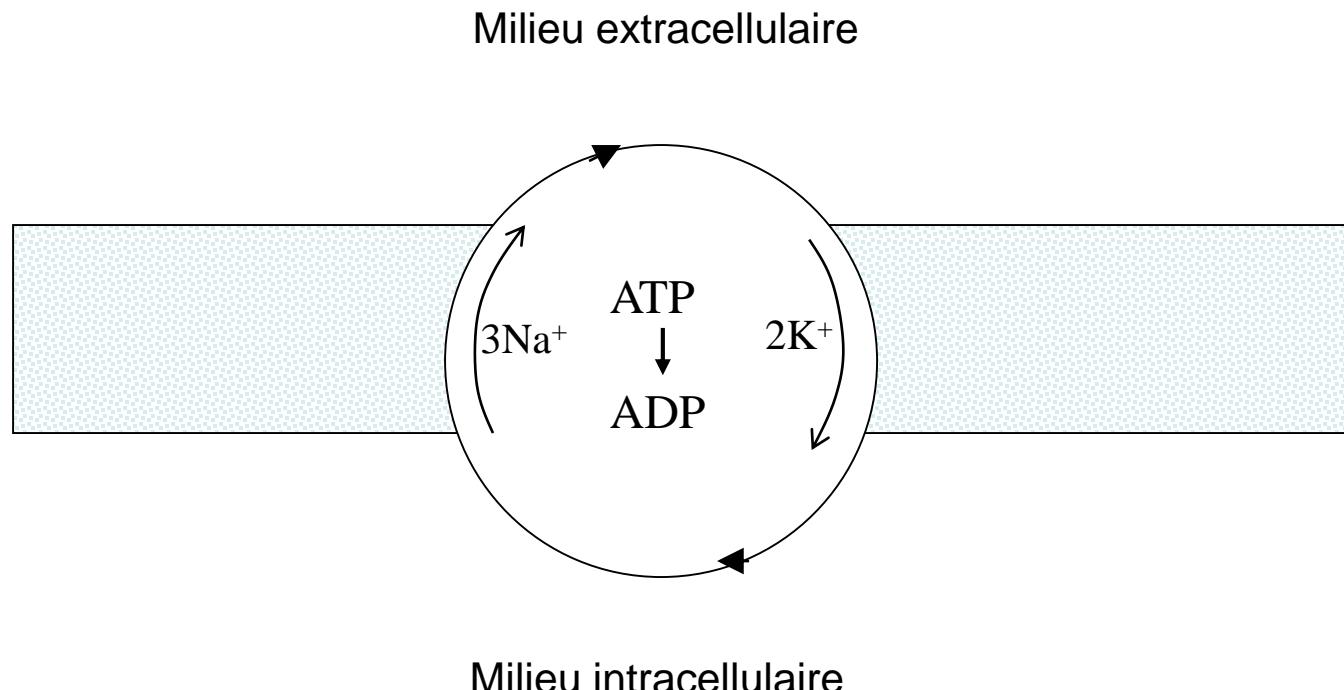


Figure 8

Potentiel de membrane

Action de la pompe sodium-potassium.

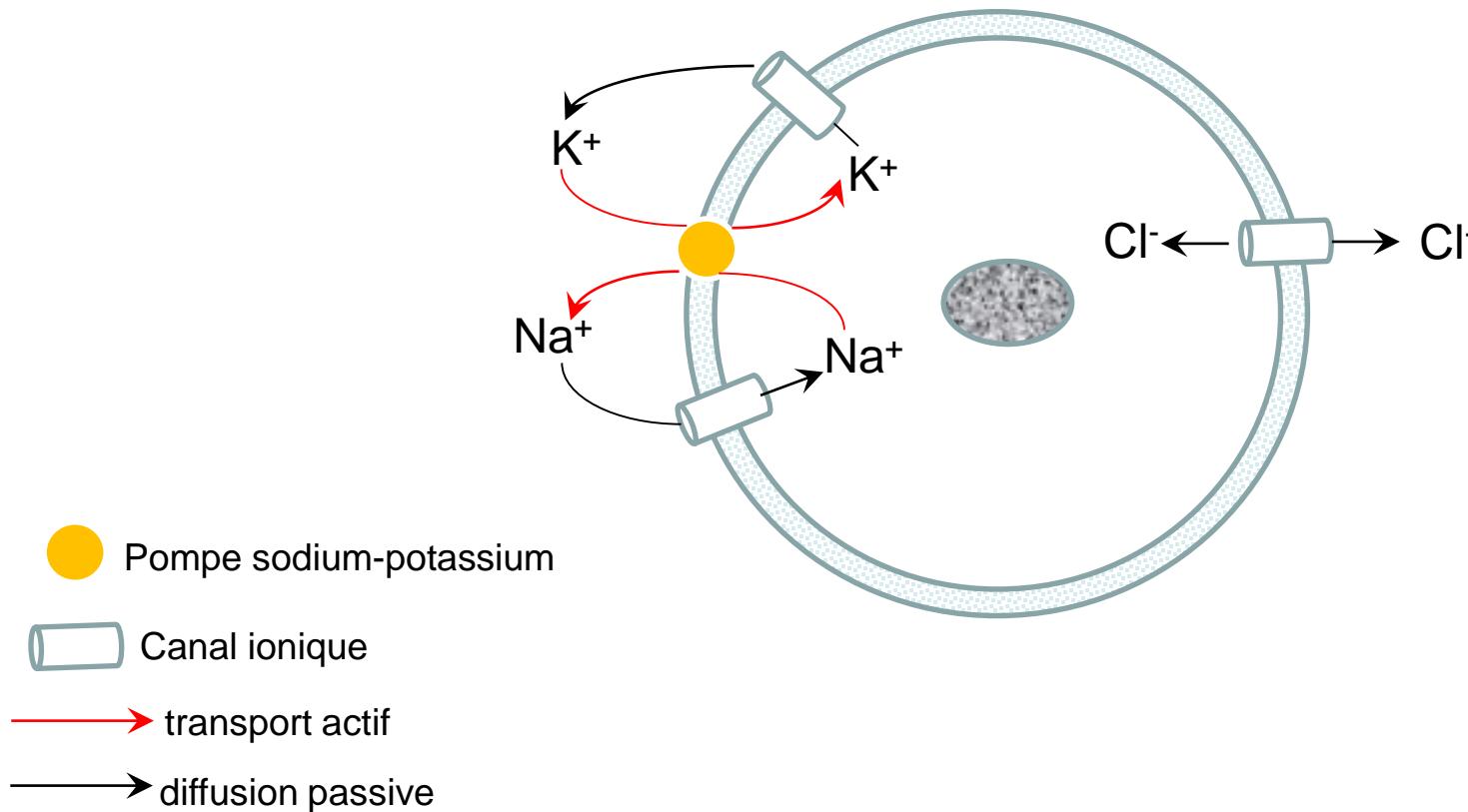


Figure 9

D'après Byrne et Schultz, modifié.

Mentions légales

L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Ce document est interdit à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'Université Grenoble Alpes (UGA).

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits à l'Université Grenoble Alpes (UGA), et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.