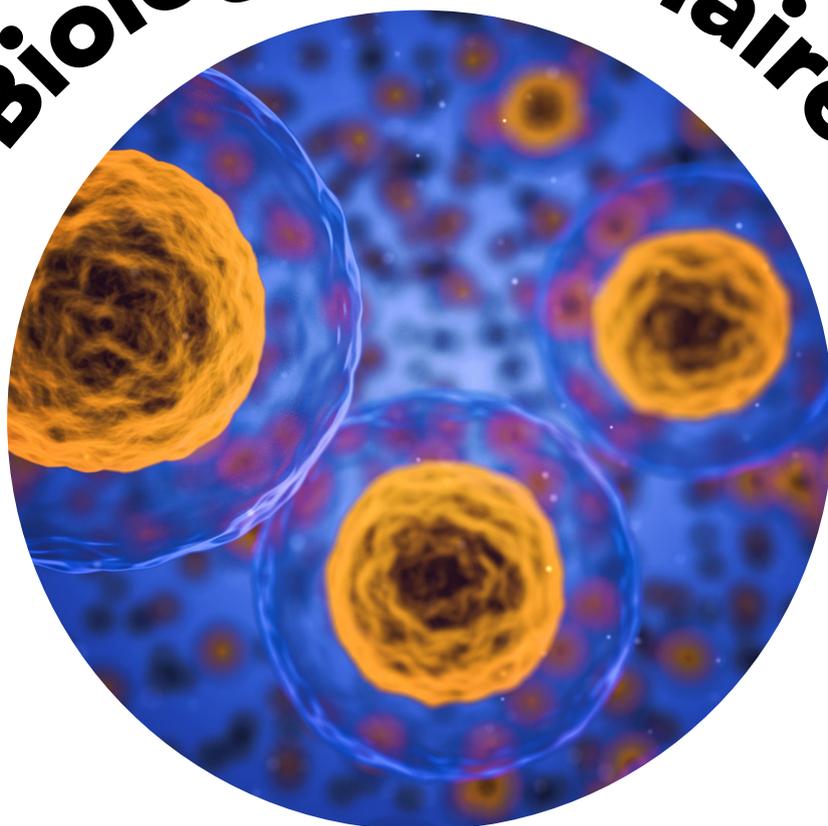


Biologie Cellulaire



SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



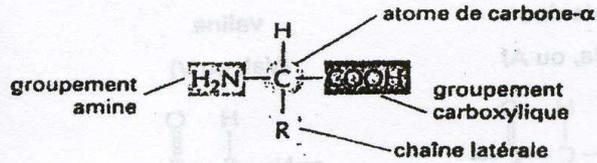
- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

**RAPPEL SUR LES
MACROMOLECULES
FORMANT LES
MEMBRANES**

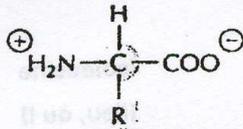
LES PROTEINES

L'ACIDE AMINÉ

La formule générale d'un acide aminé est :

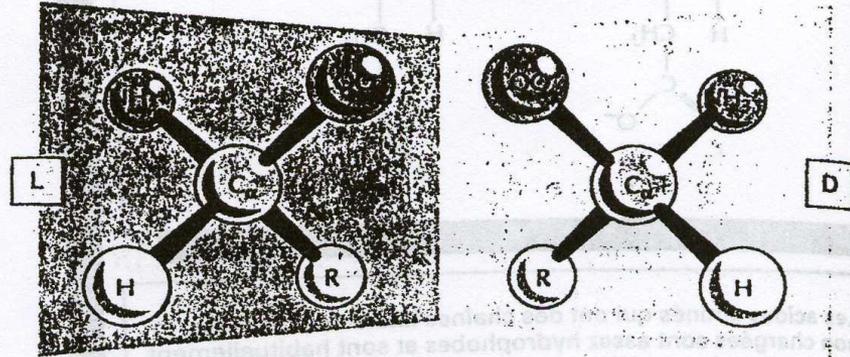


R est généralement l'une des 20 différentes chaînes latérales. À pH 7, les groupements amine et carboxylique sont tous deux ionisés.



ISOMÈRES OPTIQUES

L'asymétrie du carbone-α autorise deux isomères, images dans un miroir (ou stéréoisomères), D et L.

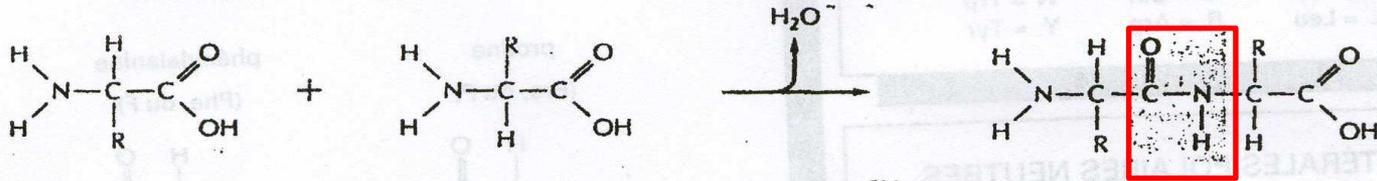


Les protéines sont exclusivement constituées de L-acides aminés.

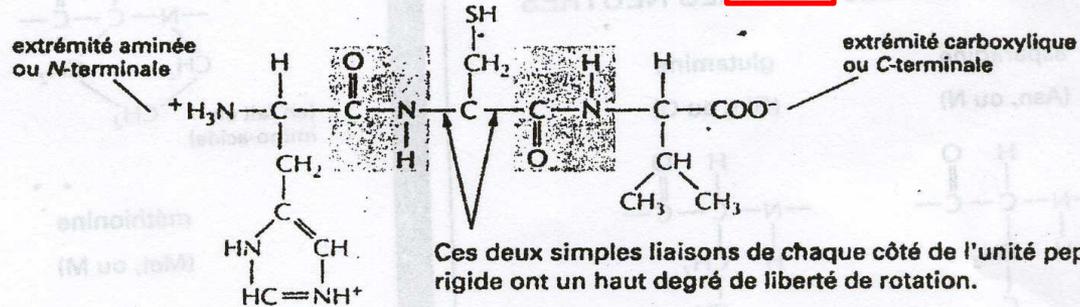
LIAISONS PEPTIDIQUES

Les acides aminés sont généralement unis par une liaison amide, appelée liaison peptidique.

liaison peptidique : les quatre atomes dans chaque *rectangle grisé* forment une unité rigide plane. Il n'y a pas d'unité de rotation autour de la liaison C—N.



Les protéines sont de longs polymères d'acides aminés associés par des liaisons peptidiques et sont toujours écrites l'extrémité N-terminale à gauche. La séquence de ce tripeptide est His Cys Val.



Ces deux simples liaisons de chaque côté de l'unité peptidique rigide ont un haut degré de liberté de rotation.

FAMILLES D'ACIDES AMINÉS

Les acides aminés courants sont classés selon que leurs chaînes latérales sont :

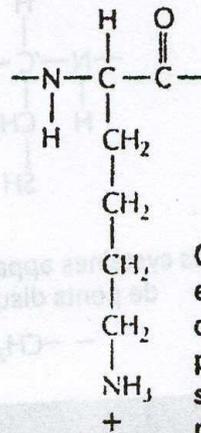
acides
basiques
polaires non chargées
non polaires

Ces 20 acides aminés sont désignés par des abréviations à une ou trois lettre(s).

Ainsi : alanine = Ala = A

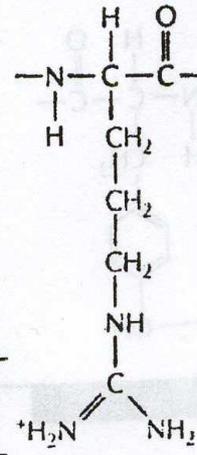
CHAÎNES LATÉRALES BASIQUES

lysine
(Lys, ou K)

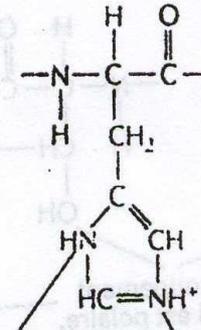


Ce groupement est très basique car sa charge positive est stabilisée par résonance.

arginine
(Arg, ou R)

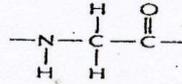


histidine
(His, ou H)



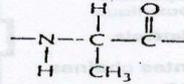
Ces atomes d'azote ont une affinité relativement faible pour un H^+ et ne sont que partiellement positifs à pH neutre.

CHAÎNES LATÉRALES NON POLAIRES

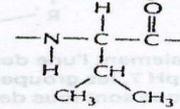


glycine
(Gly, ou G)

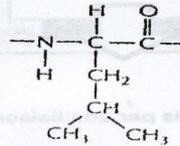
alanine
(Ala, ou A)



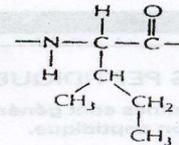
valine
(Val, ou V)



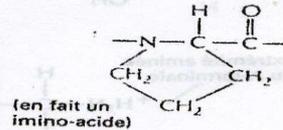
leucine
(Leu, ou L)



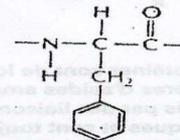
isoleucine
(Ileu, ou I)



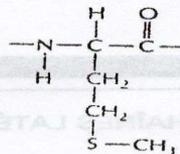
proline
(Pro, ou P)



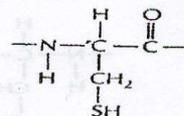
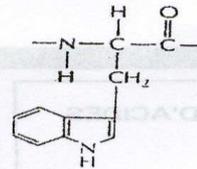
phénylalanine
(Phe, ou F)



méthionine
(Met, ou M)



tryptophane
(Trp, ou W)



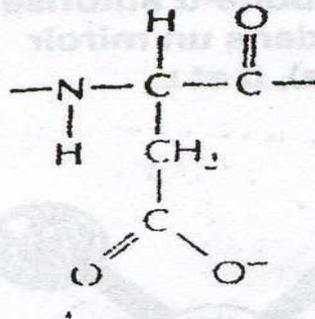
cystéine
(Cys, ou C)

Les cystéines appariées permettent la formation de ponts disulfure dans les protéines.

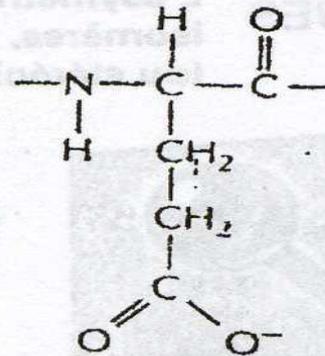


CHAÎNES LATÉRALES ACIDES

acide aspartique
(Asp, ou D)



acide glutamique
(Glu, ou E)



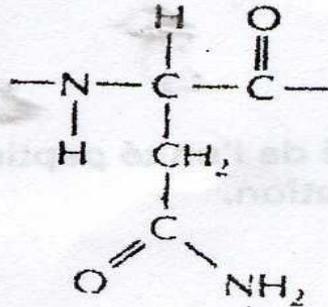
Les acides aminés qui ont des chaînes latérales polaires non chargées sont assez hydrophobes et sont habituellement à l'extérieur des protéines, alors que les chaînes latérales des acides aminés non polaires ont tendance à se regrouper à l'intérieur. Les acides aminés qui ont des chaînes latérales basique et acide sont très polaires et ils sont presque toujours présents à l'extérieur des molécules protéiques.

Le code à une lettre par ordre alphabétique :

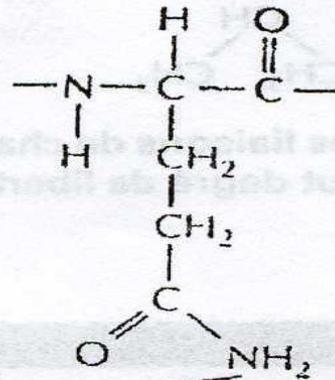
A = Ala	G = Gly	M = Met	S = Ser
C = Cys	H = His	N = Asn	T = Thr
D = Asp	I = Ileu	P = Pro	V = Val
E = Glu	K = Lys	Q = Gln	W = Trp
F = Phe	L = Leu	R = Arg	Y = Tyr

CHAÎNES LATÉRALES POLAIRES NEUTRES

asparagine
(Asn, ou N)

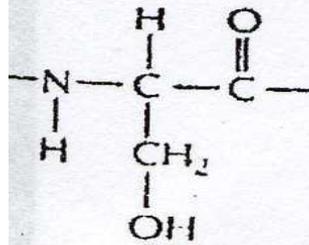


glutamine
(Gln, ou Q)

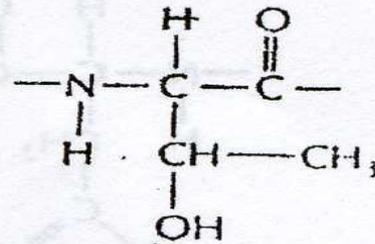


Bien que l'amide N ne soit pas chargé à pH neutre, il est polaire.

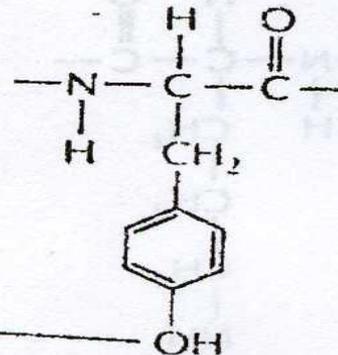
sérine
(Ser, ou S)



thréonine
(Thr, ou T)

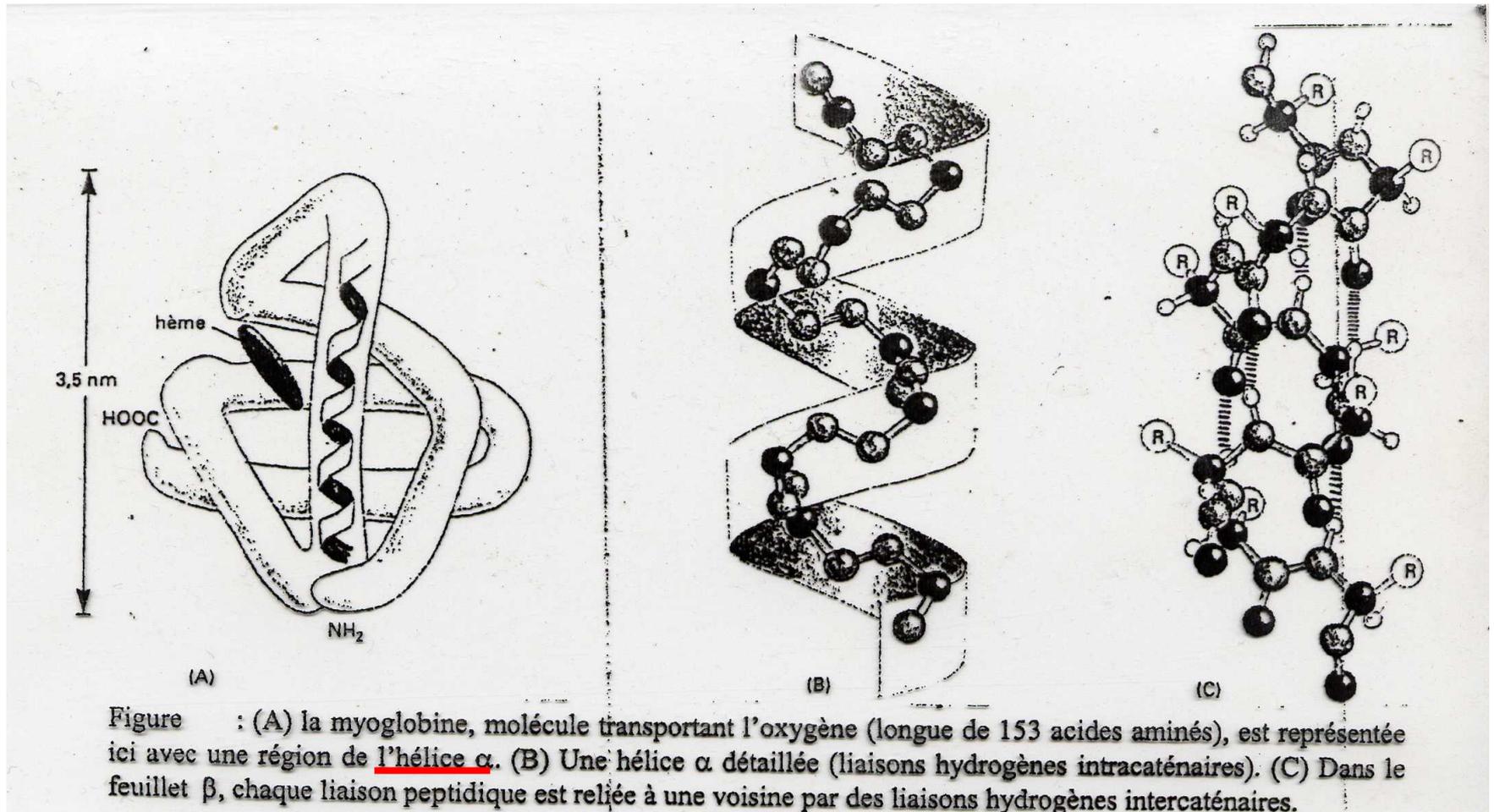


tyrosine
(Tyr, ou Y)

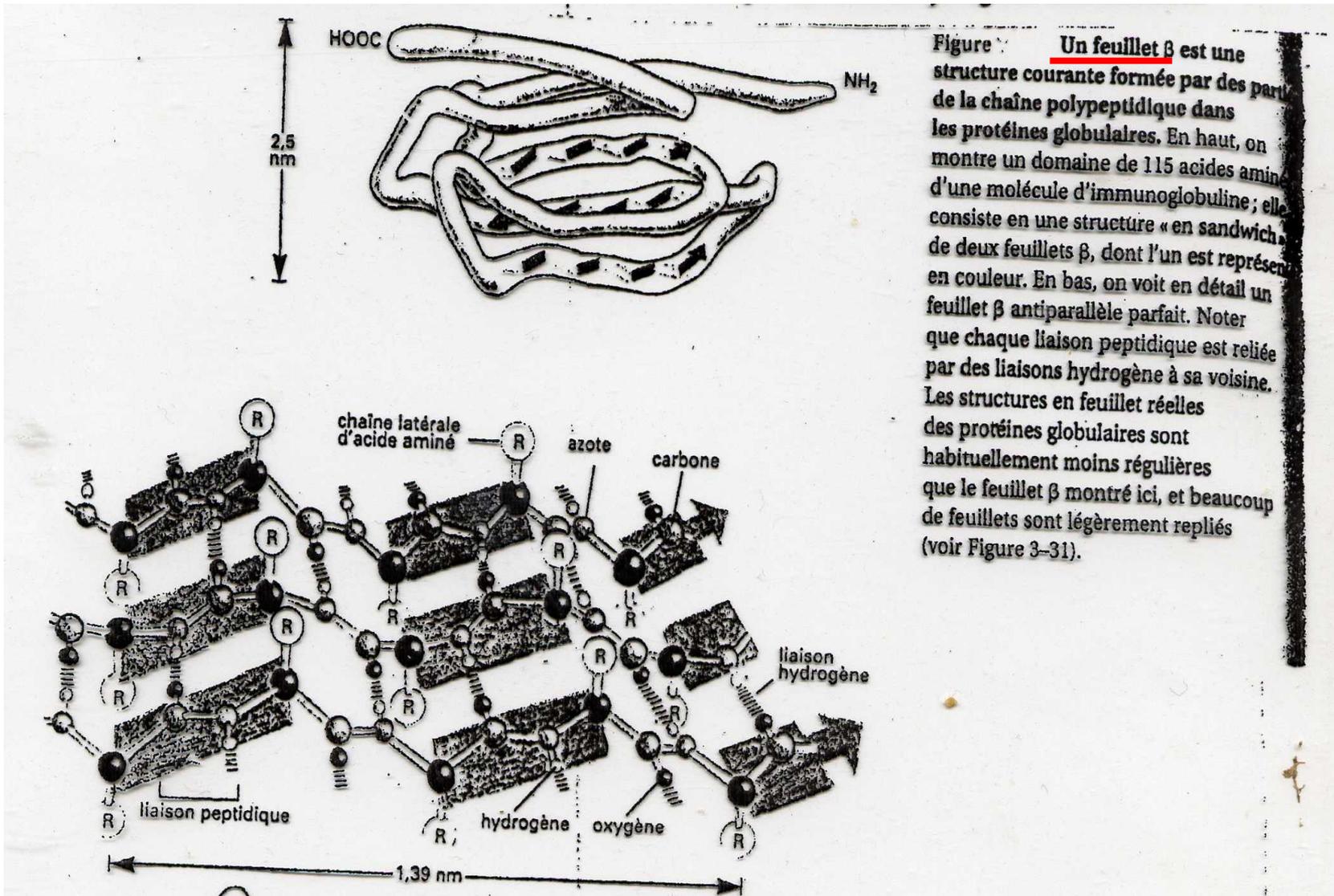


Le groupement —OH est polaire.

Structure secondaire des protéines



Structure secondaire des protéines (suite)



Structure tertiaire des protéines

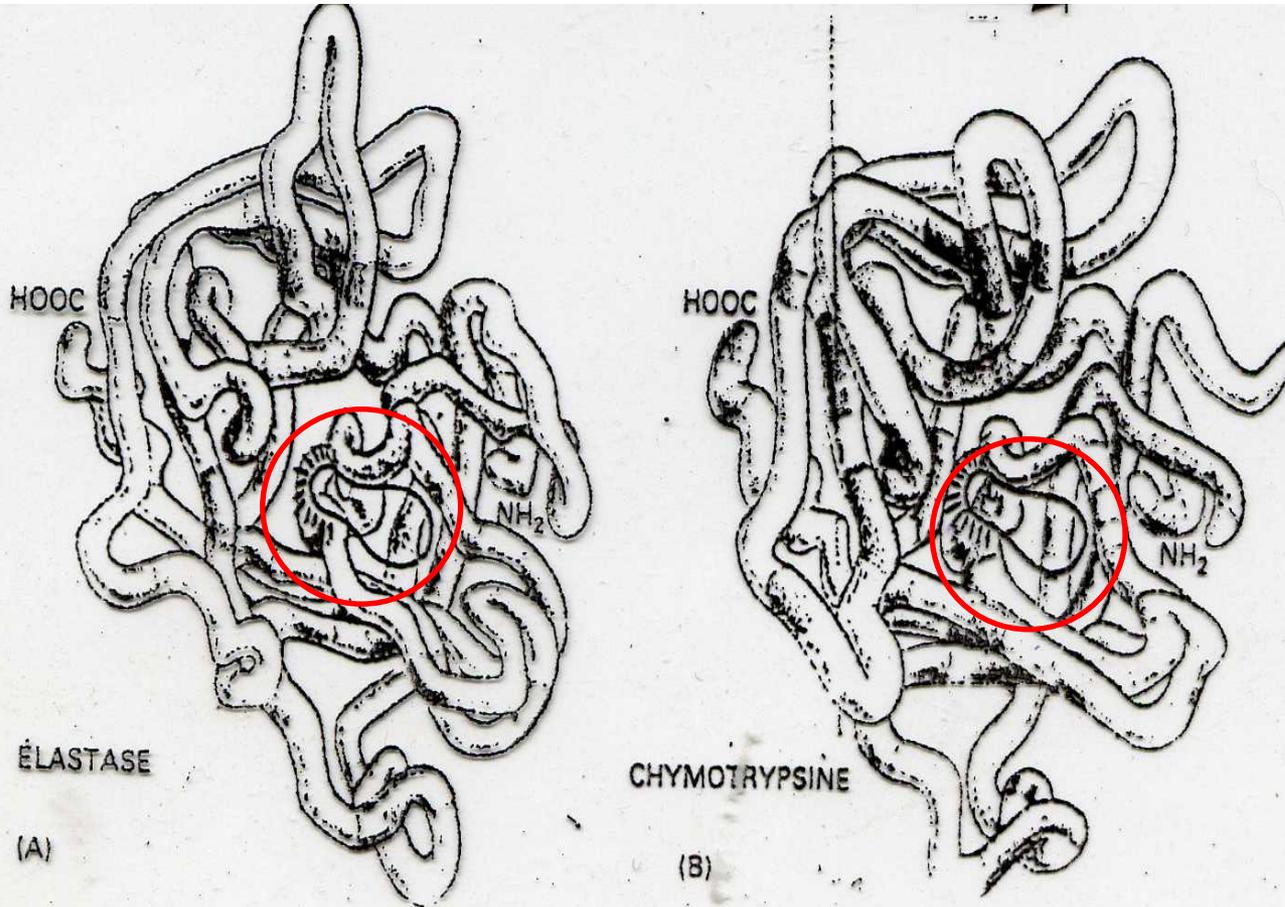


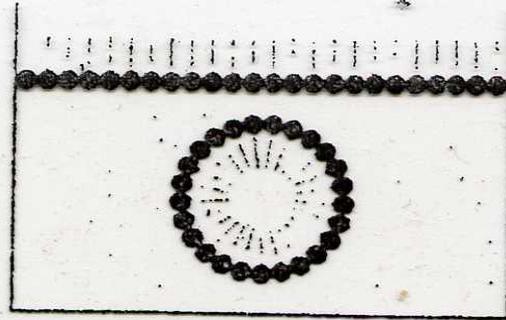
Figure 3-38 : Comparaison des conformations de deux sérine protéases montrées sur la Figure 3-38 : l'élastase (A) et la chymotrypsine (B). Bien que les seuls résidus d'acides aminés correspondants de la chaîne polypeptidique ombrés en vert soient les mêmes dans les deux protéines, leurs conformations sont très voisines. Le site actif de chaque enzyme, qui est entouré en rouge, contient un résidu sérine active.

AGRÉGATS LIPIDIQUES

Les acides gras possèdent une tête hydrophile et une queue hydrophobe.



Dans l'eau, ils peuvent former un film superficiel ou s'associer en petites micelles.

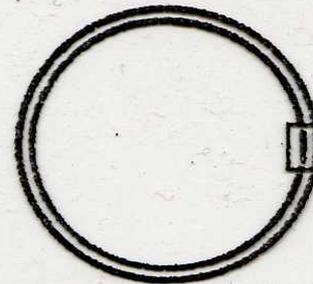


Leurs dérivés peuvent former de grands agrégats maintenus par des forces hydrophobes.

Les triglycérides forment de grosses gouttelettes sphériques de graisse dans le cytoplasme.



200 nm
ou plus



5 nm

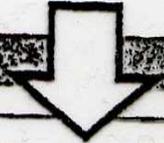
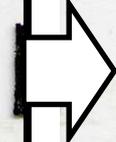
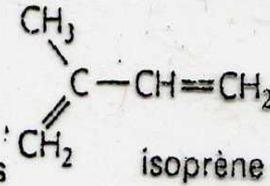
Les phospholipides et les glycolipides forment des doubles couches lipidiques à fermeture automatique qui sont la base de toutes les membranes cellulaires.

longs polymères linéaires d'isoprène



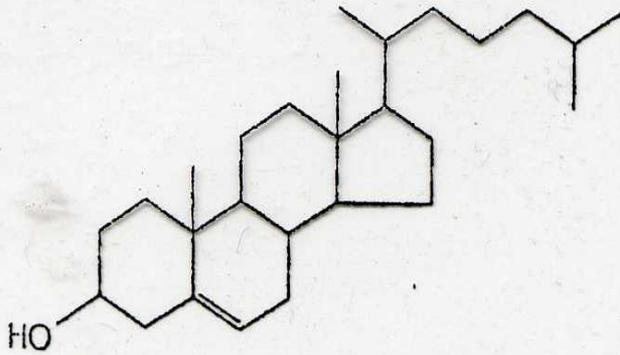
AUTRES LIPIDES

Les lipides sont définis comme les molécules des cellules insolubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques. Les stéroïdes et les polyisoprénoïdes sont deux autres types de lipides courants. Ils sont tous deux constitués d'unités isoprène.

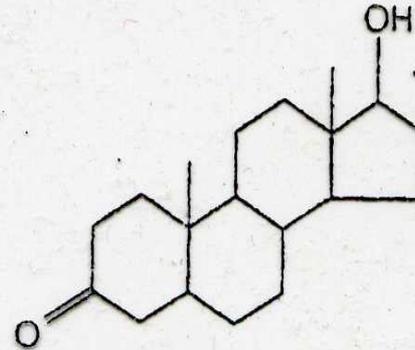


STÉROÏDES

Les stéroïdes ont une structure pluricyclique commune.



cholestérol — trouvé dans de nombreuses membranes



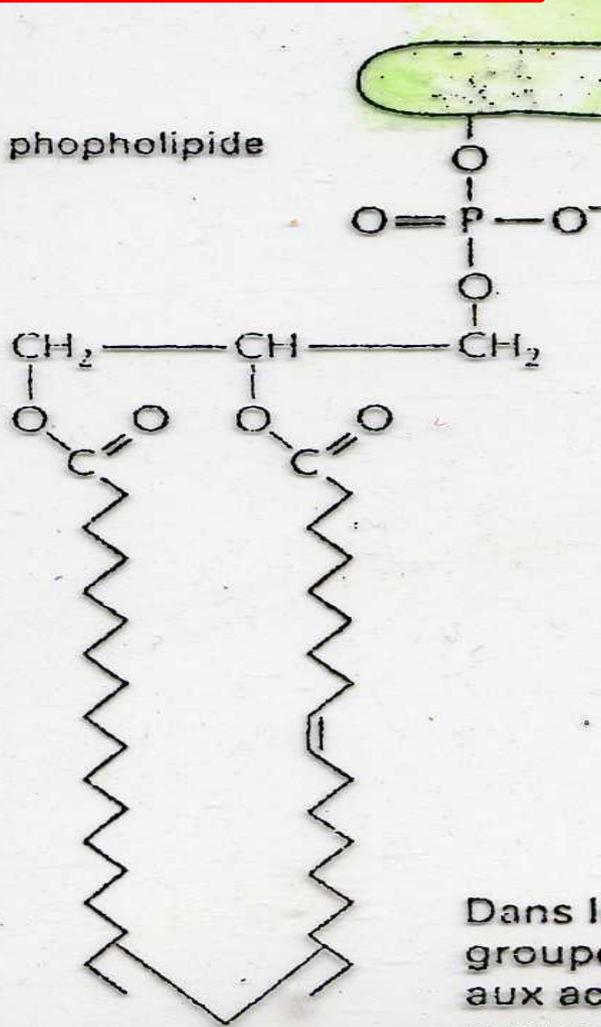
testotérone — hormone stéroïde mâle

dolichol phosphate — utilisé pour le transport de glucides activés dans la synthèse membranaire des glycoprotéines et de quelques polysaccharides.

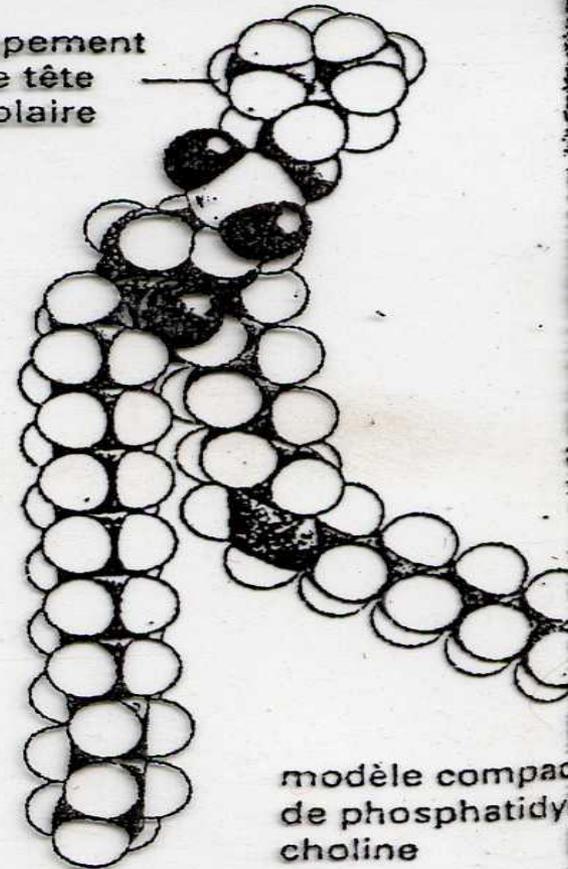
PHOSPHOLIPIDES

Les phospholipides sont les constituants fondamentaux des membranes cellulaires.

phospholipide



groupe-
ment
de tête
polaire



modèle compact
de phosphatidyl-
choline

« queues »
hydrophobes
d'acides gras

Dans les phospholipides, deux des groupements $-\text{OH}$ du glycérol sont liés aux acides gras, tandis que le troisième groupement $-\text{OH}$ est lié à l'acide phosphorique. Le phosphate est ensuite lié à l'un des divers petits groupements polaires (alcools,

phosphatidylethanolamine

phosphatidylserine

phosphatidylcholine

sphingomyéline

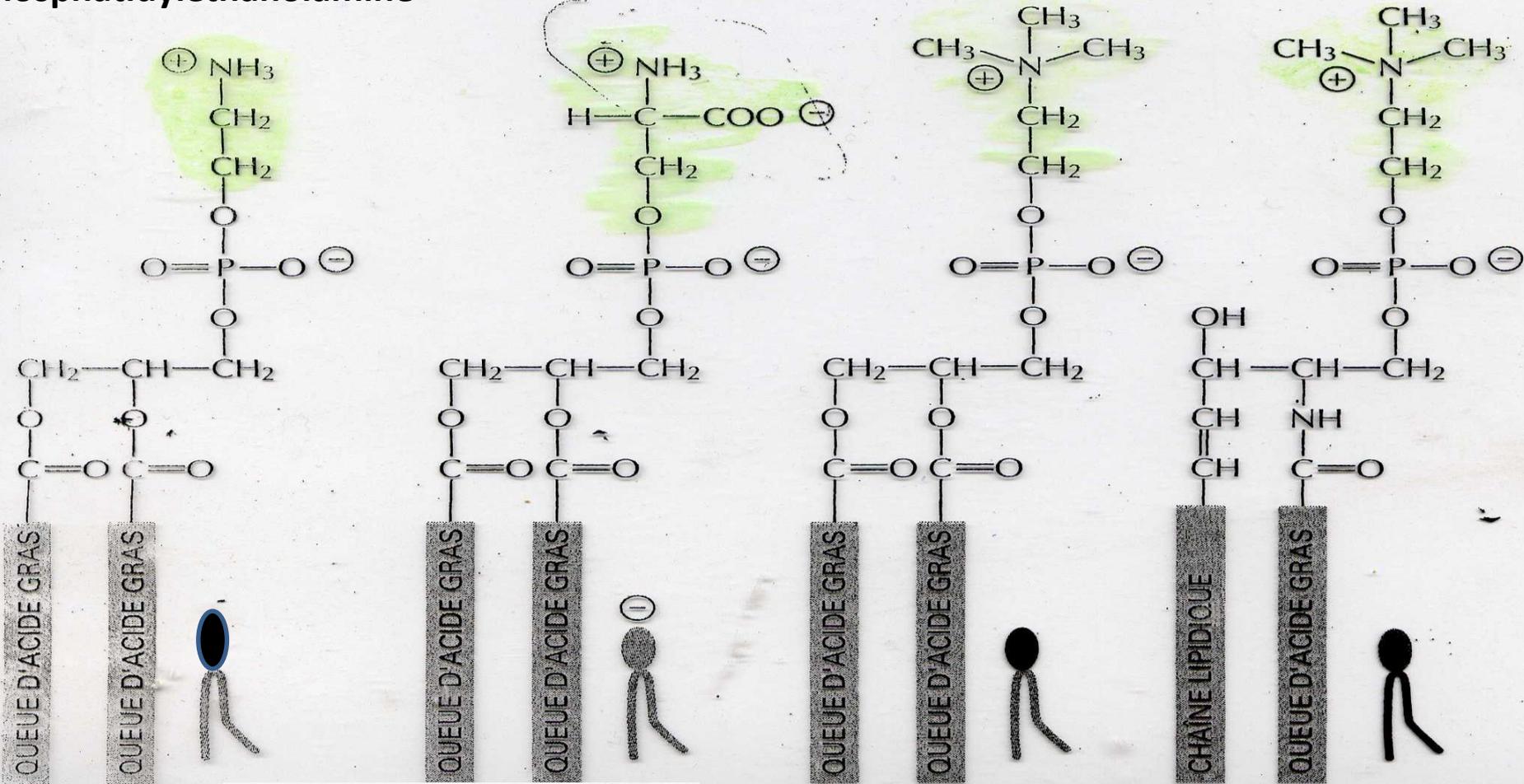
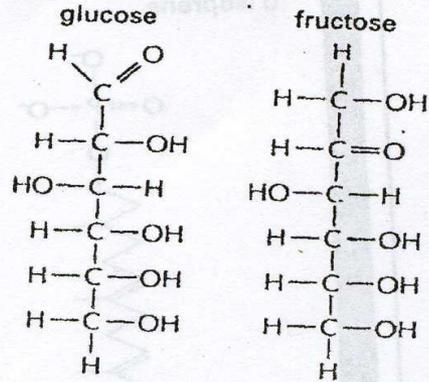


Figure 10-10 Quatre phospholipides majeurs des membranes plasmiques des mammifères. Noter que les différents groupements polaires sont représentés par des symboles différents dans cette figure et la prochaine. Toutes les molécules lipidiques représentées dérivent du glycérol, excepté la sphingomyéline qui dérive de la sérine.

LES GLUCIDES = LES POLYSACCHARIDES

HEXOSES $n = 6$

deux hexoses courants

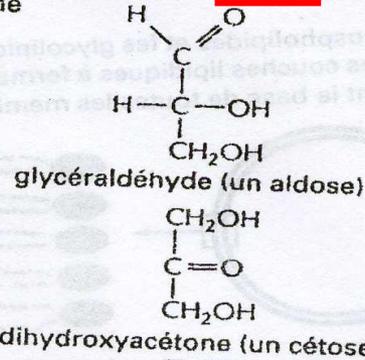


MONOSACCHARIDES

Les monosaccharides sont des aldéhydes ou des cétones

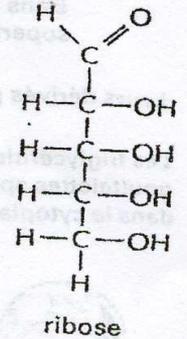


possédant aussi deux groupements hydroxyle ou plus. Leur formule générale est $(\text{CH}_2\text{O})_n$. Les plus simples sont les trioses ($n = 3$), comme

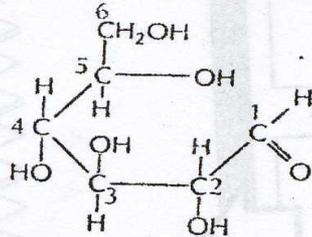


PENTOSES $n = 5$

un pentose courant

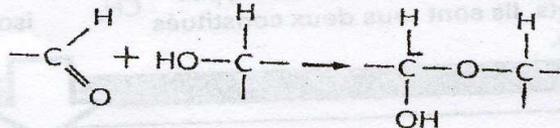


D-glucose (forme ouverte)



CYCLISATION

Le groupement aldéhyde ou cétone d'un glucide peut réagir avec un groupement hydroxyle.

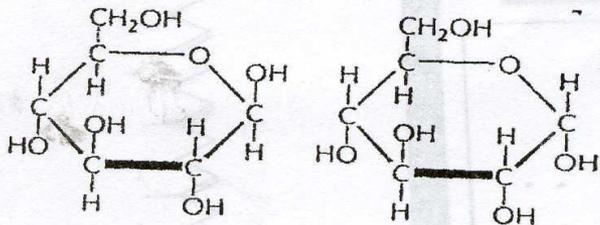
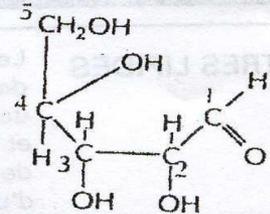


Pour les glucides de rang supérieur ($n > 4$), cela se produit à l'intérieur de la même molécule pour former un cycle à 5 ou 6 atomes.

NUMÉROTATION

Les atomes de carbone d'un sucre sont numérotés à partir de l'extrémité la plus proche de l'aldéhyde ou de la cétone.

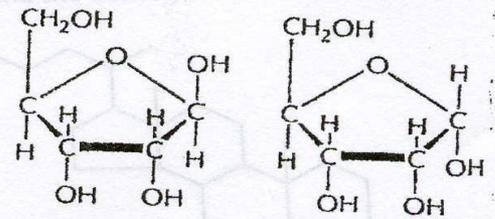
D-ribose (forme ouverte)



β -D-glucose

α -D-glucose

STÉRÉOISOMÈRES



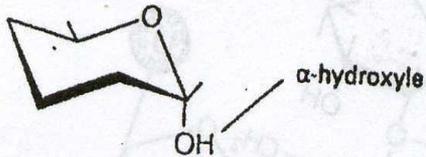
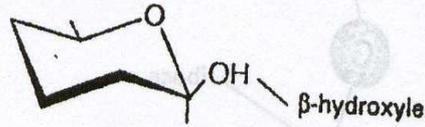
β -D-ribose

α -D-ribose

STÉRÉOISOMÈRES

LIAISONS α ET β

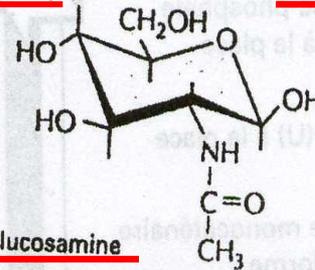
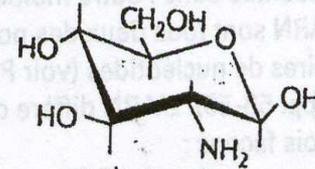
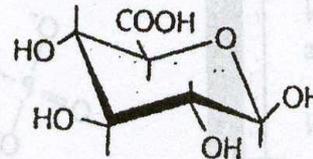
Le groupement hydroxyle du carbone portant l'aldéhyde ou la cétone peut changer rapidement d'une position à l'autre. Ces deux positions sont appelées α - et β -.



Dès qu'un glucide est lié à un autre, la forme α - ou β - est gelée.

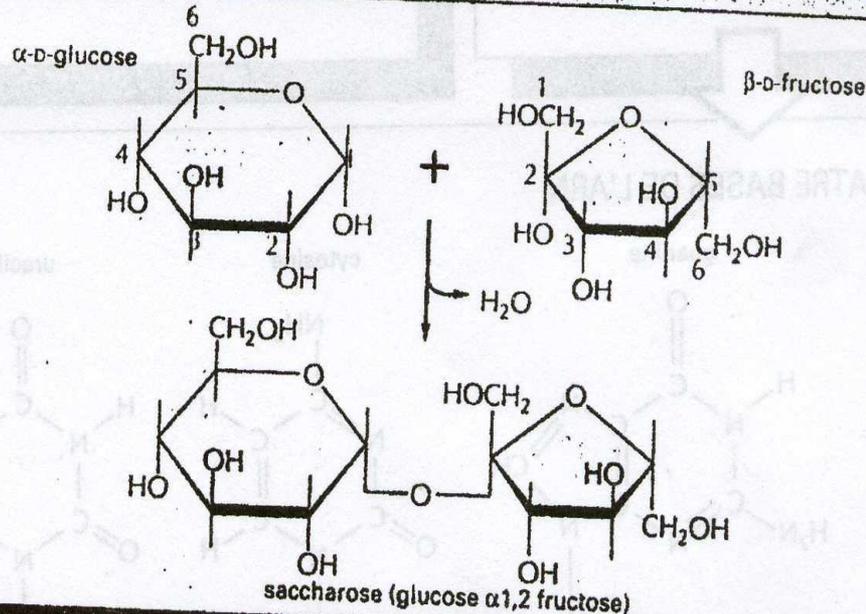
DÉRIVÉS DES GLUCIDES

Les groupements hydroxyle d'un seul monosaccharide simple peuvent être remplacés par d'autres groupements. Par exemple :



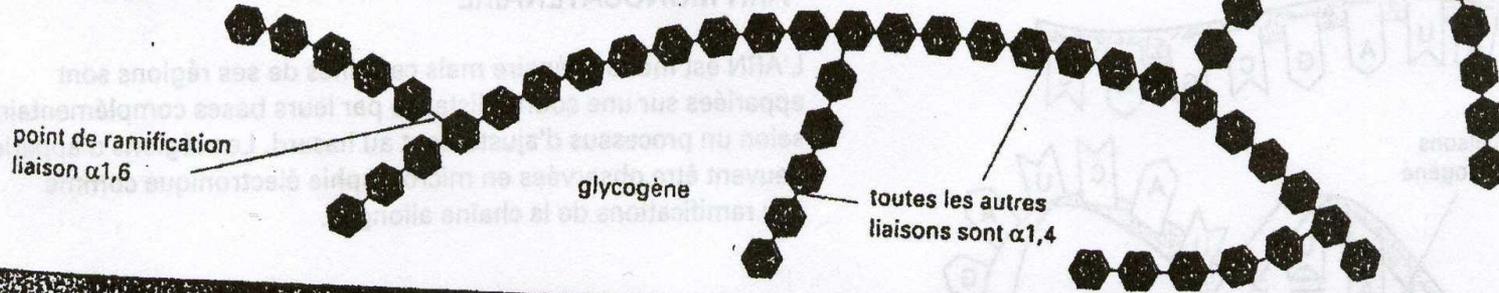
DISACCHARIDES

Le carbone qui porte l'aldéhyde ou la cétone peut réagir avec n'importe quel groupement hydroxyle sur une seconde molécule glucidique pour former une liaison glycosidique. Le maltose (glucose α 1,4 glucose), le lactose (galactose β 1,4 glucose) et le saccharose (glucose α 1,2 fructose) sont trois disaccharides courants. Le saccharose est montré ici.



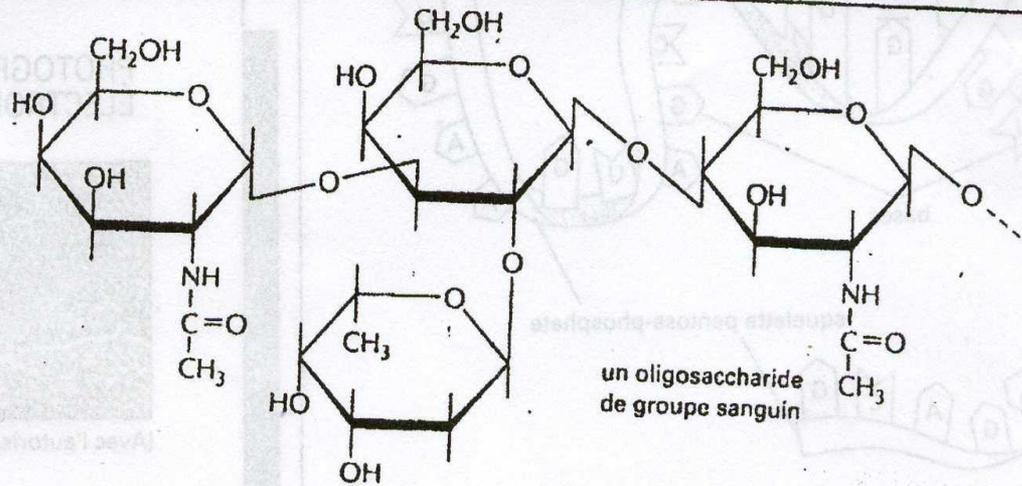
OLIGOSACCHARIDES ET POLYSACCHARIDES

De grandes molécules, linéaires et ramifiées, peuvent être édifiées à partir d'unités répétitives simples. Les chaînes courtes sont appelées oligosaccharides, alors que les chaînes longues sont des polysaccharides. Le glycogène, par exemple, est un polysaccharide entièrement constitué d'unités de glucose liées entre elles.



OLIGOSACCHARIDES COMPLEXES

Dans de nombreux cas, une séquence glucidique est non répétitive. De très nombreuses molécules différentes sont possibles. De tels oligosaccharides complexes sont habituellement liés à des protéines ou à des lipides.



MEMBRANE PLASMIQUE

Enveloppe continue qui forme une frontière (= barrière) entre le milieu extracellulaire et le cytoplasme.

- ☞ Assure l'intégrité de la cellule
- ☞ Régule la composition du cytoplasme et du liquide extracellulaire

Zone d'interaction de la cellule avec son environnement

- ☞ Détection et transduction de signaux extérieurs
- ☞ Interaction structurales entre cellules
- ☞ Transduction d'énergie
- ☞ Reconnaissance du « soi » et du « non-soi »

La membrane plasmique appartient à un grand ensemble connu sous le nom de membranes biologiques qui correspond, chez la cellule eucaryote, à la membrane plasmique + membranes intracellulaires.

Toutes les membranes biologiques se ressemblent de point de vue structure, composition chimique, organisation moléculaire et propriétés physiologiques ☞ **unité membranaire**



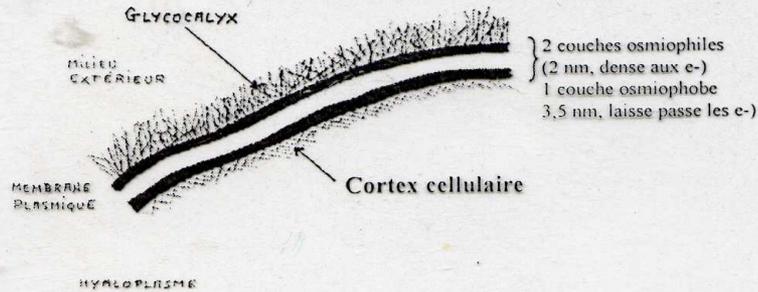
Globules rouges en microscopie électronique à balayage

5 μm

I Ultrastructure

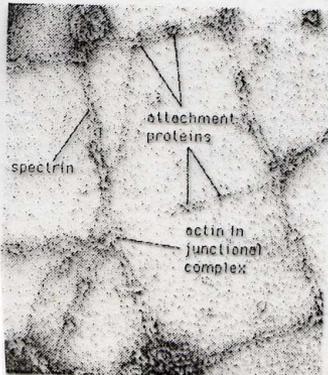
Ultrastructure de la membrane plasmique

- structure trilaminaire de 7,5 nm (Microscopie électronique-Acide osmique)
- face externe un revêtement fibreux de 5 à 25 nm, le glycocalyx (= cell coat) dont l'épaisseur varie selon le type cellulaire (50-200 nm)
- face interne, un revêtement fibrillaire formant le cortex cellulaire



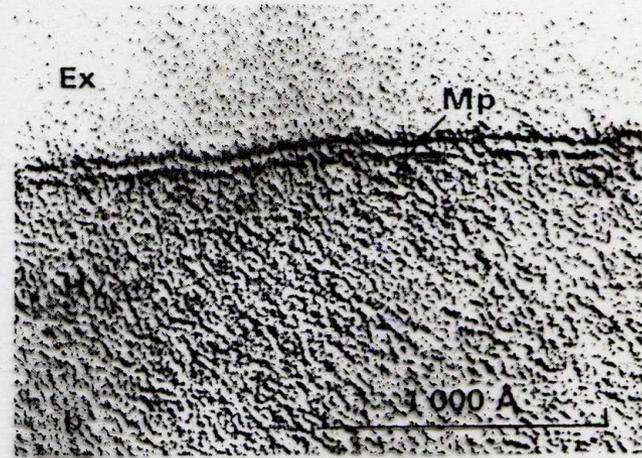
Cortex membranaire

- Exemple: face interne de la membrane plasmique des hématies:
- Spectrine et actine (éléments du cytosquelette attachés de façon non covalente)



réseau sous-membranaire de polymères de spectrine liés à des filaments courts d'actine et stabilisés à la membrane par l'ankyrine → résistance aux déformations membranaires

MET



Ultrastructure de la membrane plasmique de globule rouge après réalisation de coupes ultrafines et traitement avec le tetroxyde d'osmium (x 300000). La membrane apparaît comme étant formée de deux feuilletts sombres séparés par un feuillet clair (structure tripartite).

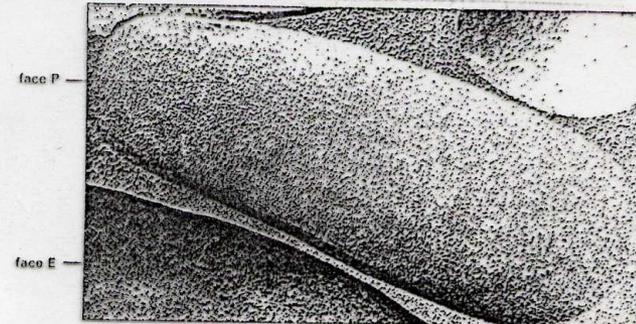
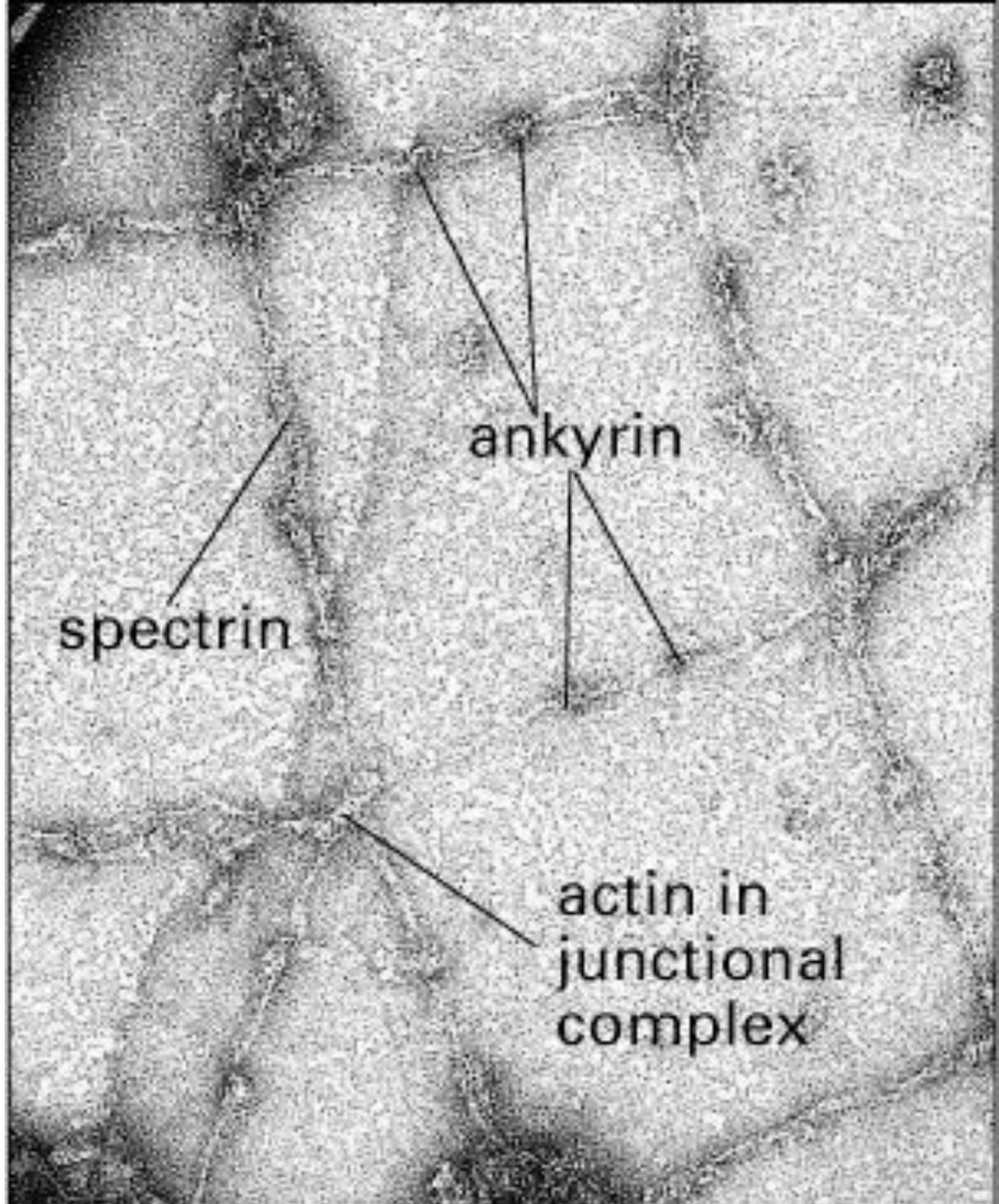


Figure 10-28 Photographie en microscopie électronique de globules rouges humains préparés selon la méthode de cryofracture. Noter que la densité des particules intramembranaires est plus élevée sur la face protoplasmique (P) que sur la face externe (E).

- Spectrine du cytosquelette de la face cytosolique du GR humain en microscopie électronique (coloration négative)





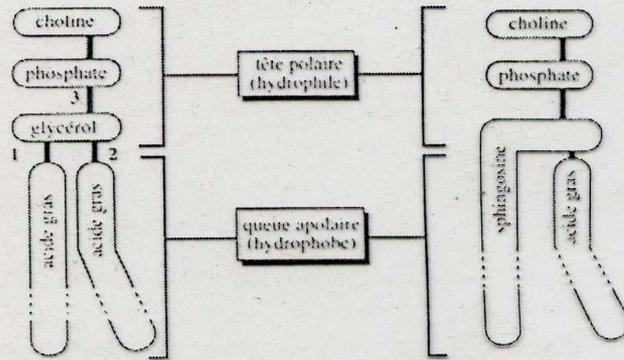
**Membrane plasmique
de globule rouge observée
au microscope électronique
après coupes ultrafines et
traitement avec le
tetroxyde d'osmium**



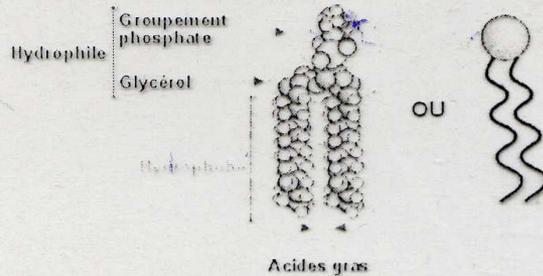
**Membrane plasmique
de globule rouge observée
au microscope électronique
Après cryodecapage**

II: Composition chimique et organisation moléculaire

Les lipides membranaires

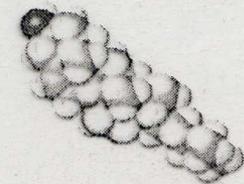
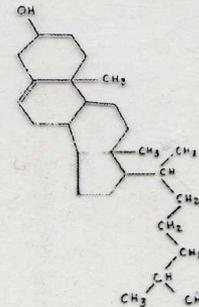


- 40% du poids des membranes
- glycerophospholipides (55 %)
- cholestérol (20 %)
- des glycolipides (5 %)
- d'autres lipides (20 %) comme la sphingomyéline



Le cholestérol = abondant dans la membrane plasmique mais rare dans les membranes intracellulaires

-choline → phosphatidylcholine
 -éthanolamine → phosphatidyléthanolamine
 -sérine → phosphatidyl sérine



Les protéines membranaires

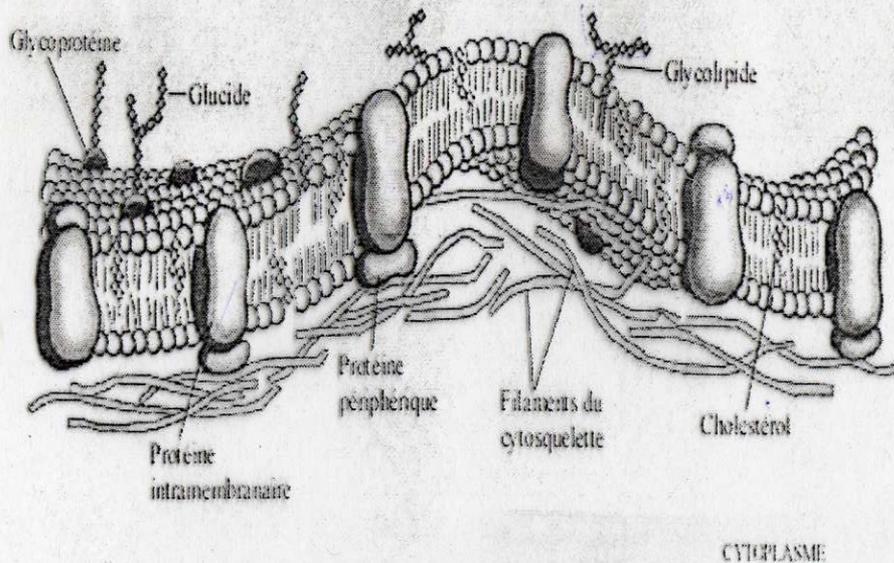
Rappel:

- - les protéines extrinsèques ou périphériques aisément extractibles car faiblement associées à la membrane
- - les protéines intrinsèques difficilement extractibles. Leur solubilisation nécessite l'emploi de détergents (exemple: SDS =sodium dodécyl sulfate)
- Glycoprotéines: protéines portant des résidus glucidiques (oligosaccharides)
- Glycocalyx = les oligosaccharides liés aux protéines (93 % des oligosaccharides de la membrane plasmique) plus ceux portés par des lipides (glycolipides, 7 % des oligosaccharides restants)

les protéines membranaires sont associées à la bicouche

Membrane plasmique

LIQUIDE EXTRACELLULAIRE



Modèle de la membrane plasmique
(Singer et Nicolson)

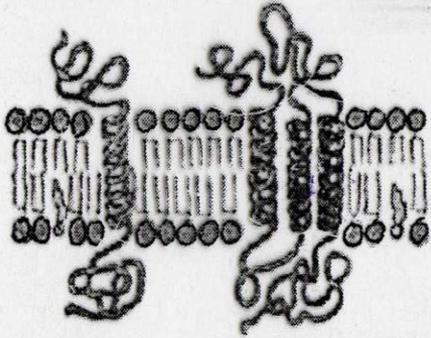
Double couche fluide de phospholipides
dans laquelle flottent des protéines

*Fluidité: les phospholipides et les protéines
peuvent bouger latéralement dans la membrane*

Protéines intrinsèques

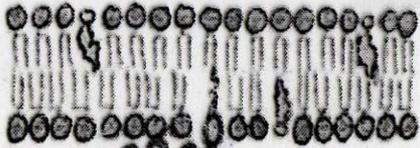
Transmembranaires (interactions hydrophobes)

1 hélice α
Traversée
unique



3 hélices α
Traversée
multiple

Ancrée

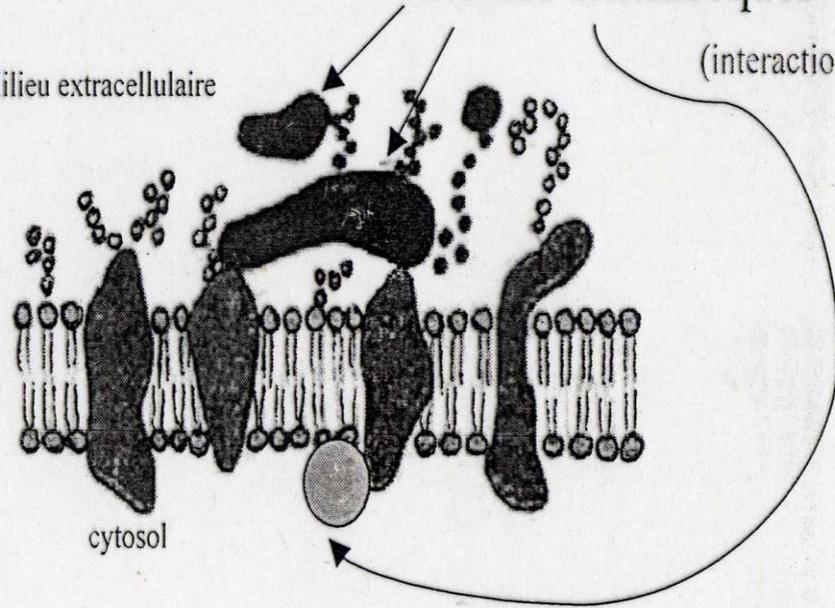


liaison covalente
Avec un lipide

Protéines extrinsèques

(interactions faibles)

Milieu extracellulaire



cytosol

III - principales propriétés de la membrane plasmique

• Organisation assymétrique

- Les lipides:

Dissymétrie de la disposition des phospholipides

Phosphatidylcholine
Sphingomyéline | → Feuillet externe

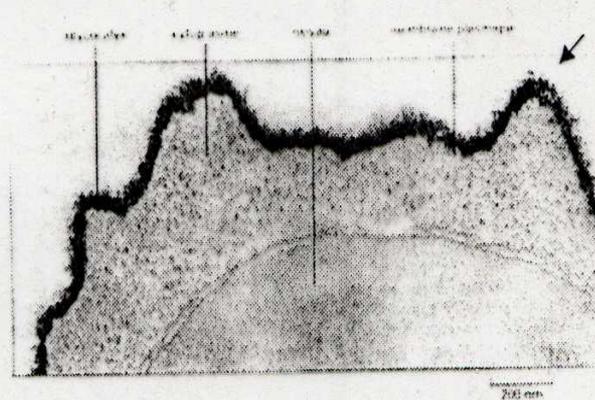
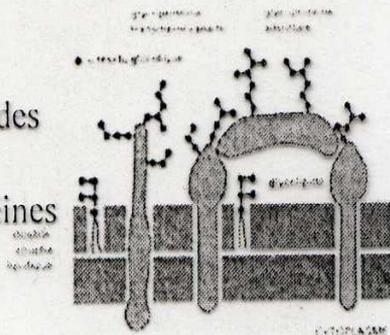
Phosphatidyléthanolamine
Phosphatidylsérine | → Feuillet interne

- Les sucres:

Les chaînes glycosylées sont localisées spécifiquement du côté extracellulaire

→ rôle dans les interactions de la cellule avec son environnement

Glycolipides
+
Glycoprotéines



Glycocalix

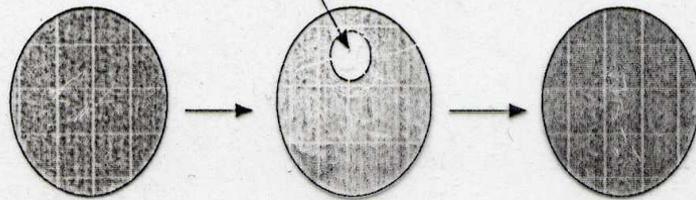
*MET : surface
lymphocyte
coloré au rouge
de ruthénium*

• Fluidité

Diffusion latérale très rapide des phospholipides et des protéines ($\mu\text{m}/\text{sec}$)

Changement de place des lipides 10^7 fois/sec et rotation sur leurs axes

Migration très rare des phospholipides d'une couche à l'autre (flip-flop)

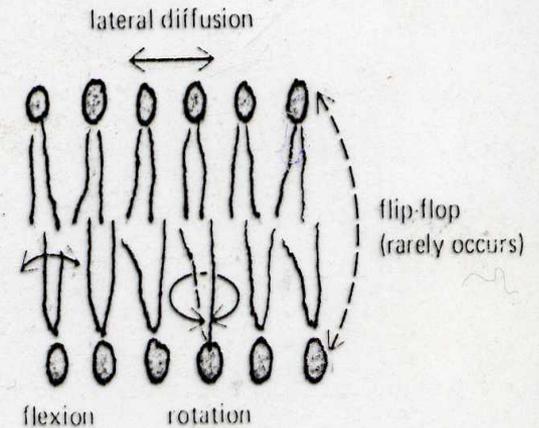


Expérience de photoblanchiment

cellule colorée
par la fixation
d'anticorps

décoloration par
un faisceau laser

réapparition
progressive de
l'homogénéité

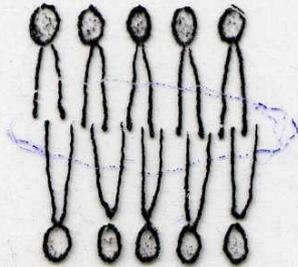


Différents types de mouvements
possibles des phospholipides
dans la bicouche lipidique

Facteurs influençant la fluidité:

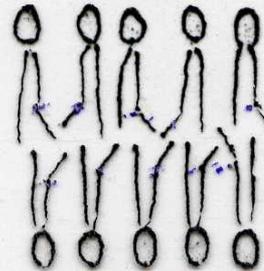
↑ fluidité : ↑ teneur en acides gras insaturés ↓ cholestérol
↓ longueur des chaînes ↑ température

Visqueux



Phospholipides comportant
des chaînes d'acides gras *saturés*

Fluide



Phospholipides comportant
des chaînes d'acides gras *insaturés*

III -ROLES PHYSIOLOGIQUES DE LA MEMBRANE PLASMIQUE

A ► Barrière physique de protection

B ► Transports transmembranaires

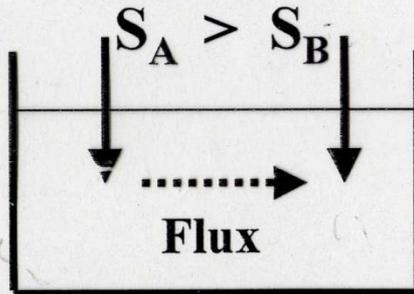
1) Principe de la diffusion simple

2) Transport passif

3) Transports actifs primaires et secondaires

1) Principe de la diffusion simple

a- diffusion simple à l'intérieur d'un compartiment



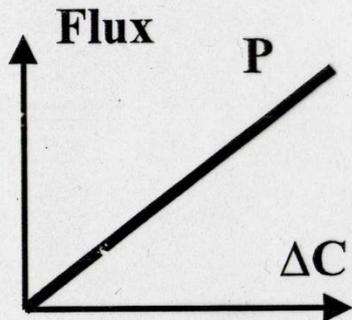
**Diffusion passive du soluté 'S' du côté
le plus concentré vers le moins concentré
(la solution tend à s'homogénéiser)**

Dépend seulement de la température et la pression

1) Principe de la diffusion simple

b- diffusion simple à travers une membrane

- ↑ Perméabilité:
- ↓ Taille du soluté et
- ↑ hydrophobicité



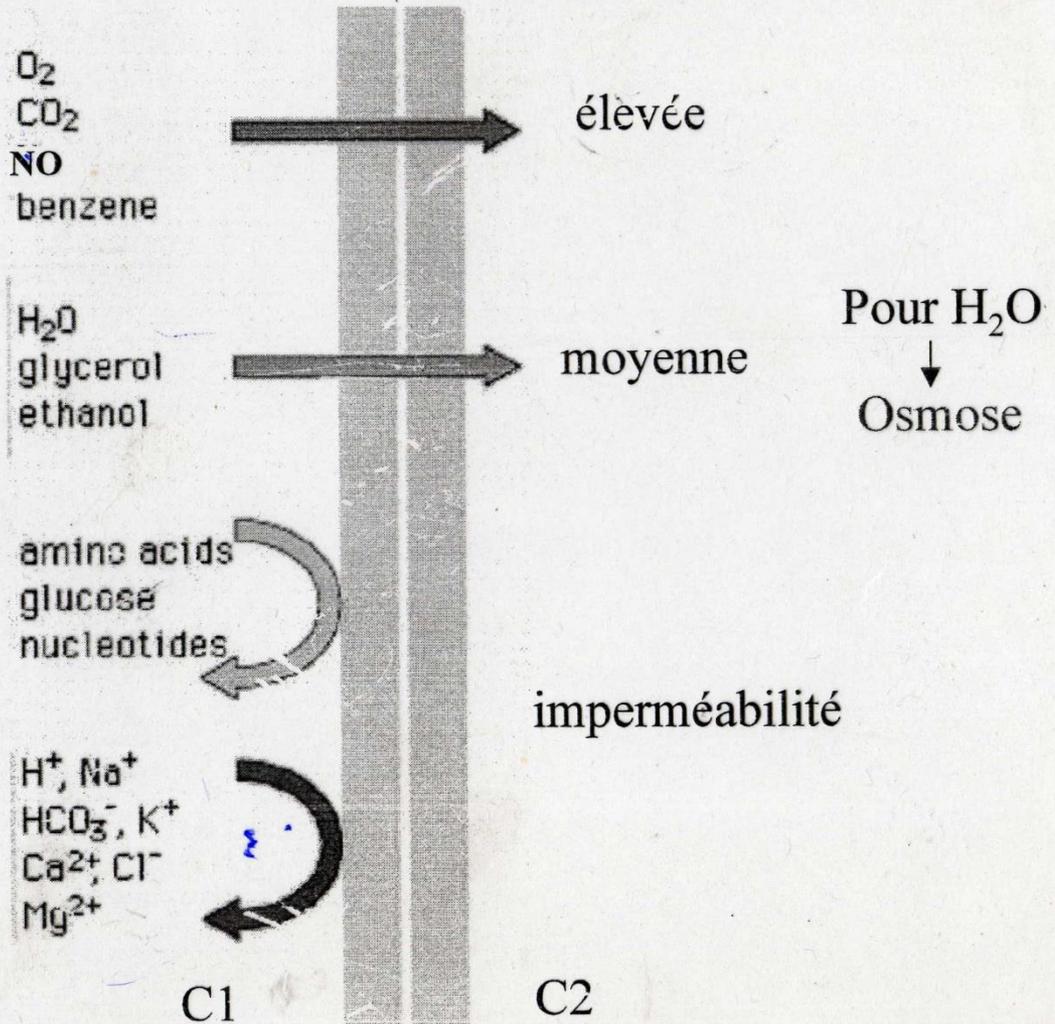
$$\text{Flux} = P \cdot \Delta C$$

si proportionnalité



diffusion simple

Vitesse de diffusion = Perméabilité ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)



2) Transport passif

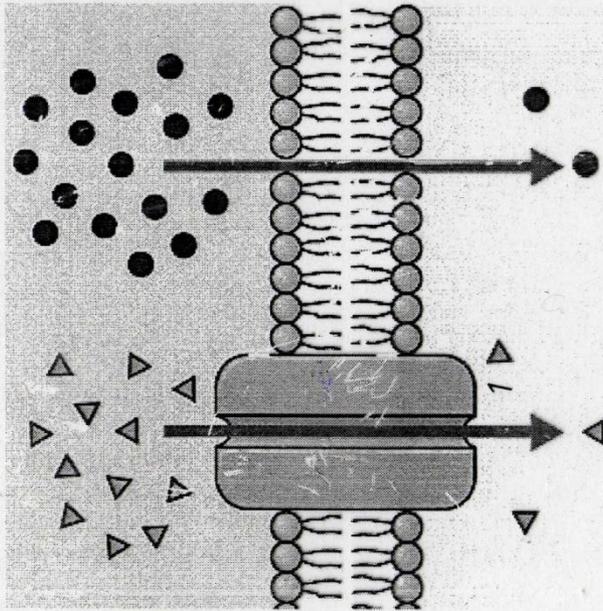
a- définition

Transport sans consommation d'énergie

= diffusion simple

= glycoprotéines transmembranaires (transporteur passif)

= complexe macromoléculaire de glycoprotéines intrinsèques (canal ionique)



Diffusion simple: petites molécules non polaires (O_2 , CO_2 , NO) et polaires mais non chargées (éthanol, urée et H_2O)

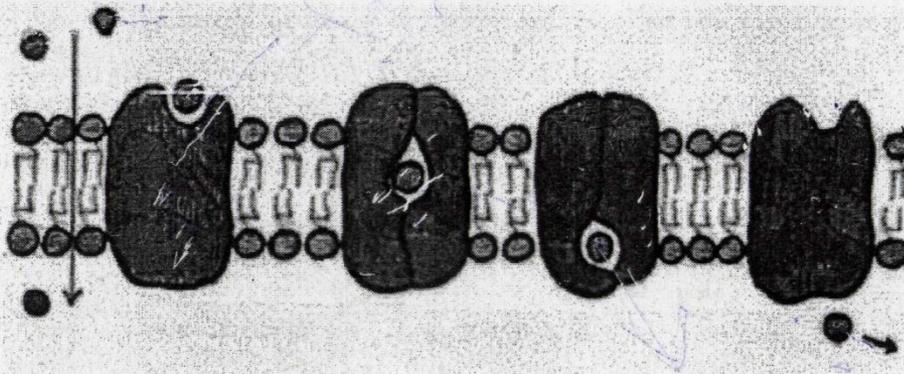
Diffusion facilitée: grosses molécules (glucose, acides aminés, acides nucléiques...) et molécules chargées et... H_2O

2) Transport passif

b- diffusion facilitée grâce à des protéines de transport

Transporteur (= perméase): protéine transmembranaire avec site de fixation spécifique pour un soluté (ex: glucose)

Passage d'1 molécule de soluté -> changement de conformation du transporteur



Transporteur de type uniporteur
(soluté déplacé le long de son
gradient de concentration)

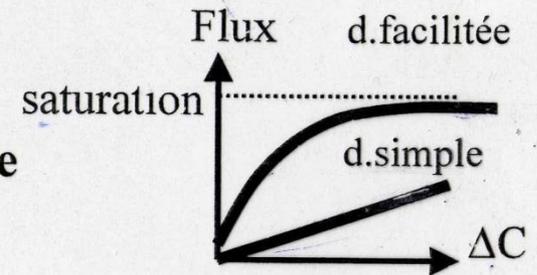
Ex: GLUT1-5: uniporteurs glucose

transport en 4 étapes :

- reconnaissance du soluté sur une des faces de la membrane**
- franchissement de la membrane par le soluté**
- relâchement du soluté sur l'autre face de la membrane**
- retour du site de fixation à son point de départ**

Caractéristiques de la diffusion facilitée avec perméase:

- la vitesse de diffusion présente une saturation lorsque la concentration externe du soluté augmente



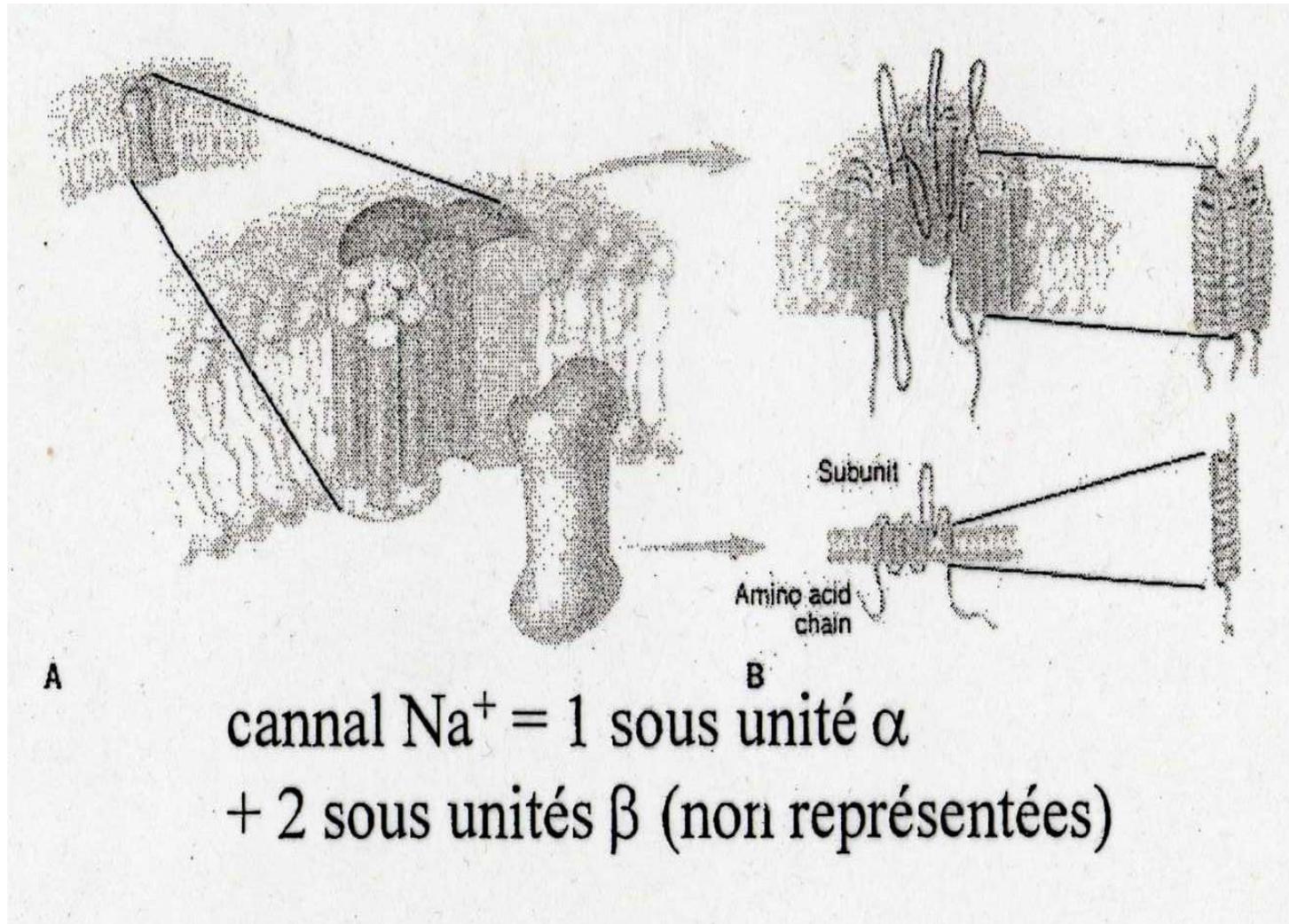
- le transport peut être inhibé par des analogues structuraux du soluté

comme la diffusion simple:

- la diffusion facilitée ne conduit qu'à un transport dans le sens du gradient du soluté

2) Transport passif

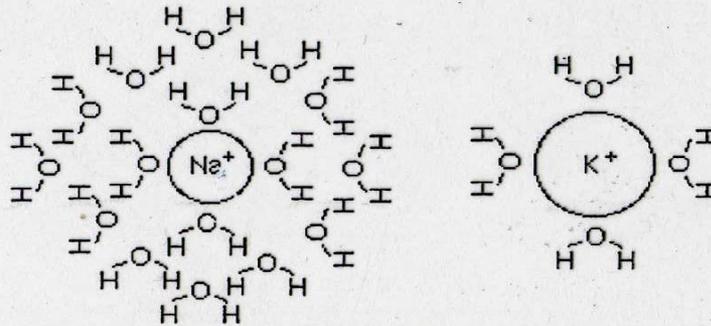
**c- diffusion facilitée à travers les canaux
ioniques**



cannal Na⁺ = 1 sous unité α
 + 2 sous unités β (non représentées)

- **diffusion passive des ions**
(sens du gradient de concentration)
- **perméabilité dépend: taille et charge:**
ions monovalents > divalents > trivalents

Taille \Rightarrow sphère d'hydratation

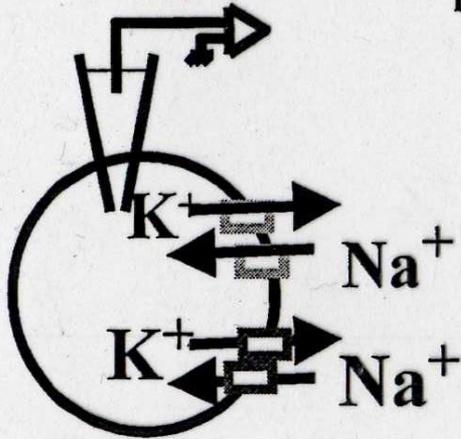


diffusion Na⁺ (2 couches H₂O)

<

diffusion K⁺ (1 couche H₂O)

$$V_{\text{repos}} = -60 \text{ mV}$$



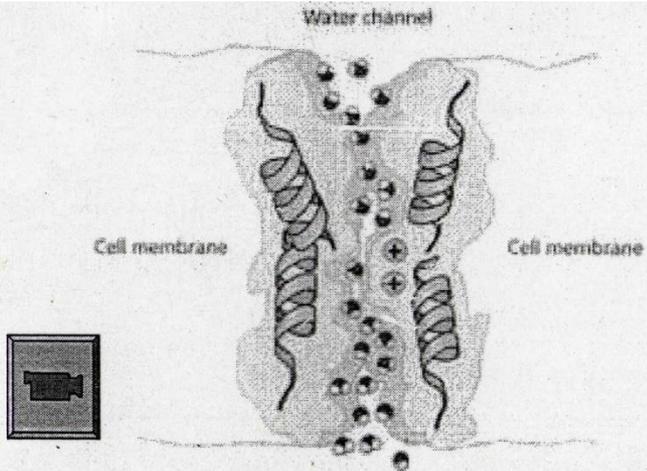
Ouvert au repos
potentiel de repos
Dépendants
du potentiel de membrane
(cellules excitables)
Potentiel d'action

Fixation d'un ligand
(ex: neurotransmetteur)

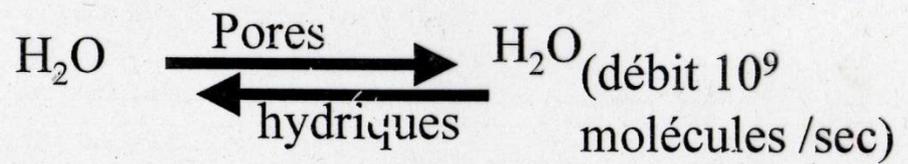
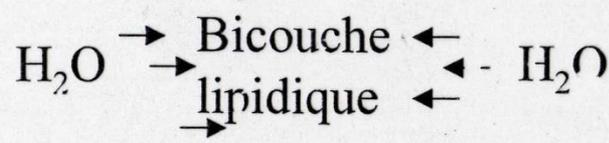
2) Transport passif

d- le transport de l'eau

- à travers des protéines transmembranaires:
 - 1- soit les canaux ioniques ou les transporteurs
 - 2- soit en empruntant des perméases spécifiques, les aquaporines (AQP0-AQP5)



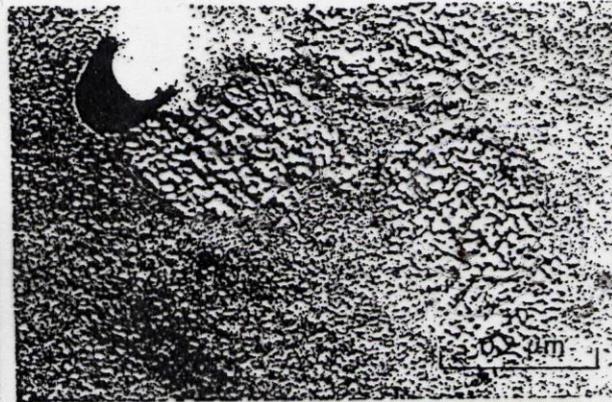
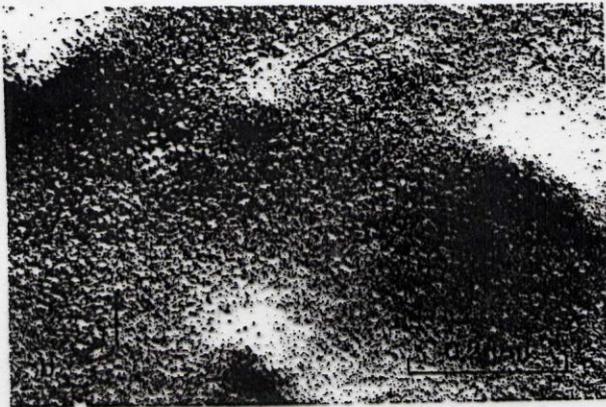
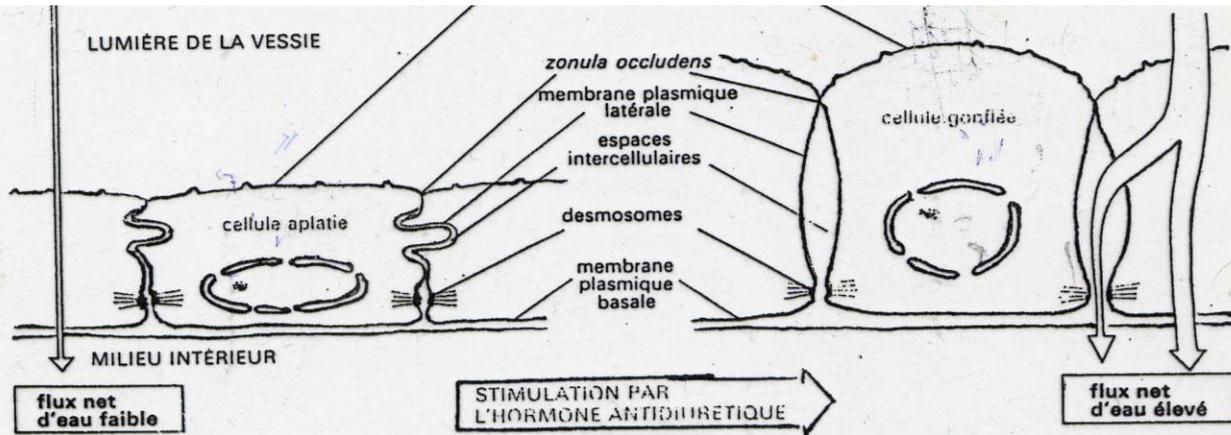
6 segments hydrophobes (hélices α)
 4 sous-unités (4 pores hydriques)



Ajustement rapide du volume cellulaire

Changements d'osmolarité du milieu

Réabsorption de l'eau au niveau du rein \longrightarrow Concentration de l'urine



Perméabilité à l'eau des membranes cellulaires de la vessie de grenouille.

la perméabilité à l'eau est contrôlée par les cellules épithéliales de la vessie.

quand le flux d'eau est faible (*vessie au repos*) les cellules épithéliales sont aplaties.

L'examen des plan de cryofracture de la membrane plasmique montre des particules intramembranaires dispersées (b).

Quand le flux d'eau est élevé (*après stimulation par l'hormone antidiurétique*) les cellules épithéliales sont gonflées et l'examen du plan de cryofracture des membranes montre des particules intramembranaires regroupées (c).

3) Transports actifs primaires et secondaires

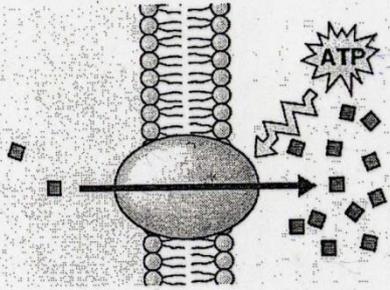
a- définition

Définition: un transport actif d'ions ou de molécules

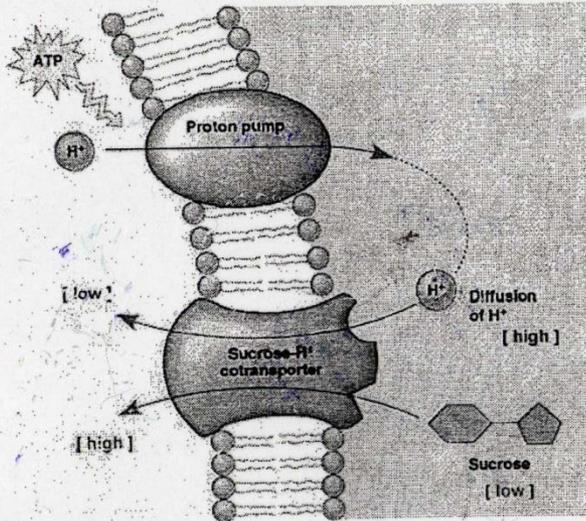
1- s'effectue contre le gradient de concentration

2- consomme de l'énergie (couplage avec un mécanisme produisant de l'énergie)

Deux types de transport actif (selon la source d'énergie)



- les transports actifs primaires d'ions:
l'hydrolyse de l'ATP intracellulaire par des ATPases
(on parle aussi de 'pompes')



- les transports actifs secondaires d'ions
ou de molécules: couplage du transport
actif à un transport passif

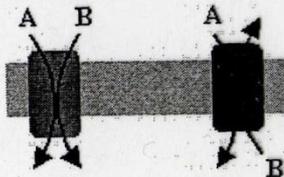
(Energie fournie par le gradient électrochimique
d'un ion, généralement l'ion Na⁺ ou H⁺)

Symport=cotransport

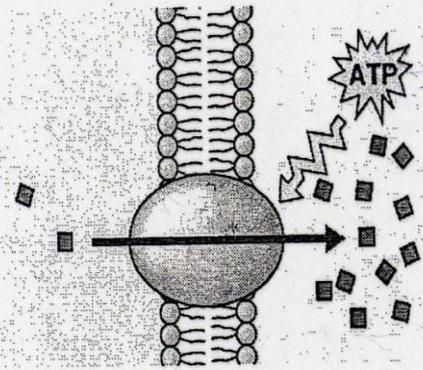
Ions et substrats transportés dans le même sens

Antiport

Ions et substrats transportés en sens opposés

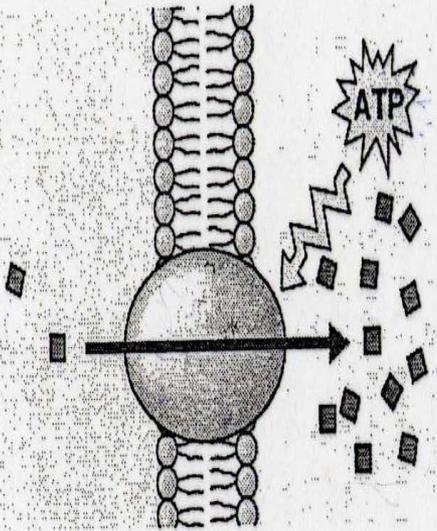


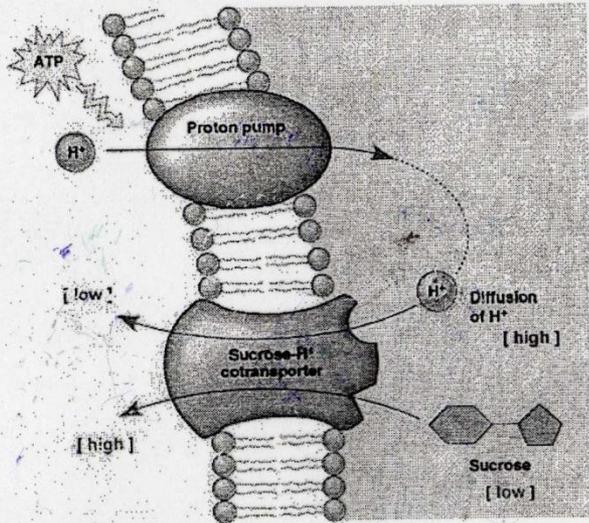
Deux types de transport actif (selon la source d'énergie)



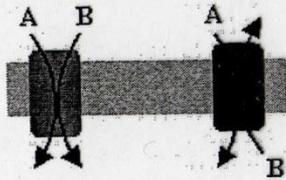
- les transports actifs primaires d'ions:
l'hydrolyse de l'ATP intracellulaire par des ATPases
(on parle aussi de 'pompes')

- les transports actifs primaires d'ions:
l'hydrolyse de l'ATP intracellulaire par des ATPases
(on parle aussi de 'pompes')





©1999 Addison Wesley Longman, Inc.



- les transports actifs secondaires d'ions ou de molécules: couplage du transport actif à un transport passif

(Energie fournie par le gradient électrochimique d'un ion, généralement l'ion Na^+ ou H^+)

Symport=cotransport

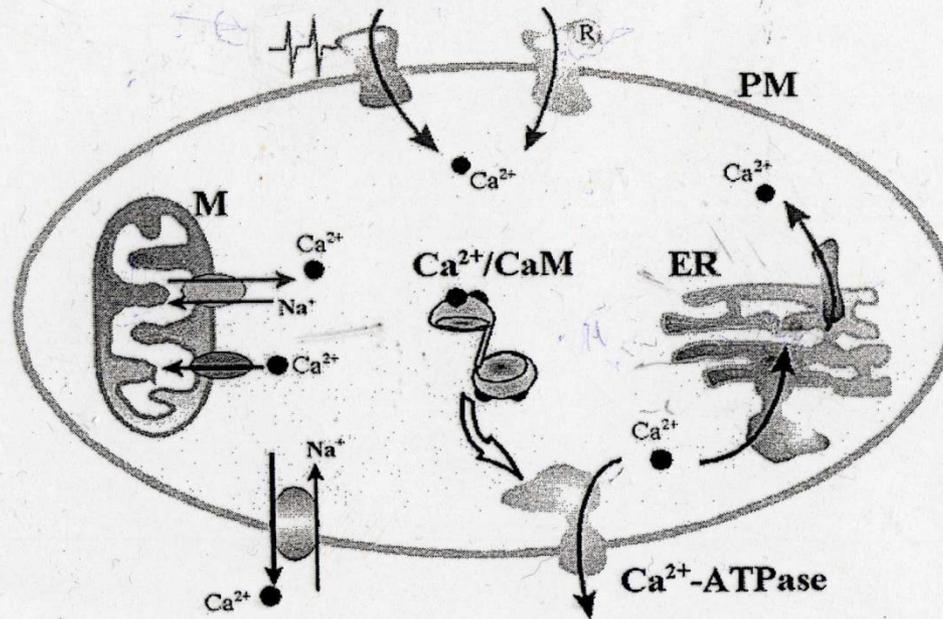
Ions et substrats transportés dans le même sens

Antiport

Ions et substrats transportés en sens opposés

3) Transports actifs primaires et secondaires

c- les ATPases calcium

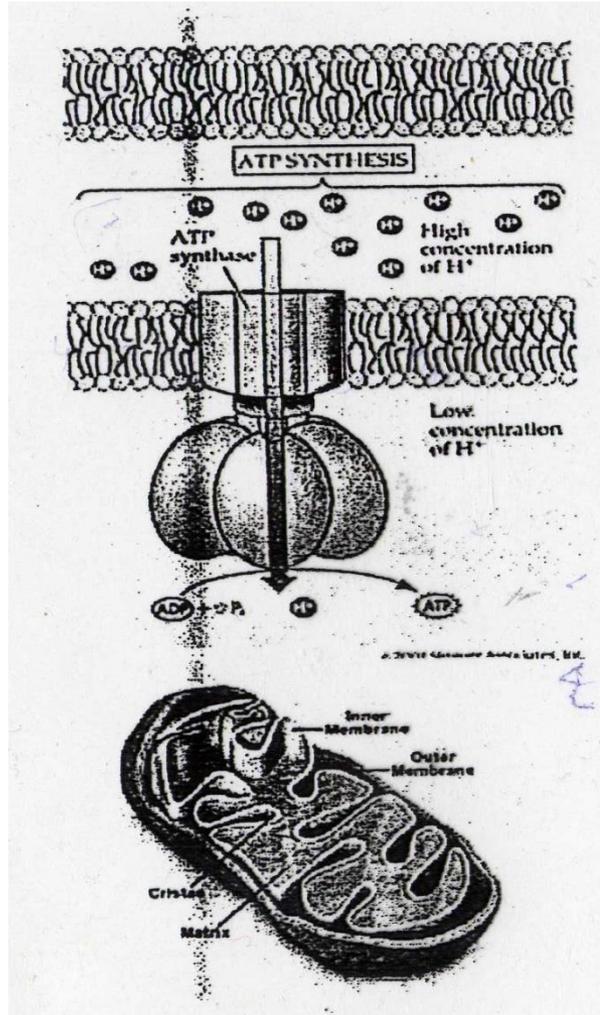


2 grands types d'ATPase calcium pour abaisser la $[\text{Ca}^{2+}]_i$:

Membrane plasmique: expulsion stimulée par la calmoduline

Membrane du réticulum: sequestration du Ca^{2+} cytoplasmique

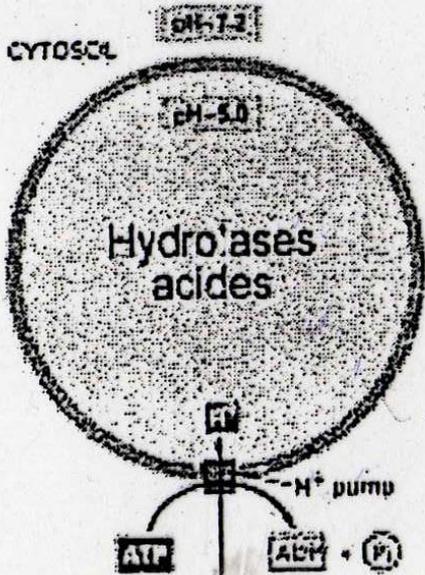
Note: présence également de systèmes uniport (mitochondrie, reticulum) et antiport (mitochondrie, mb plasmique)



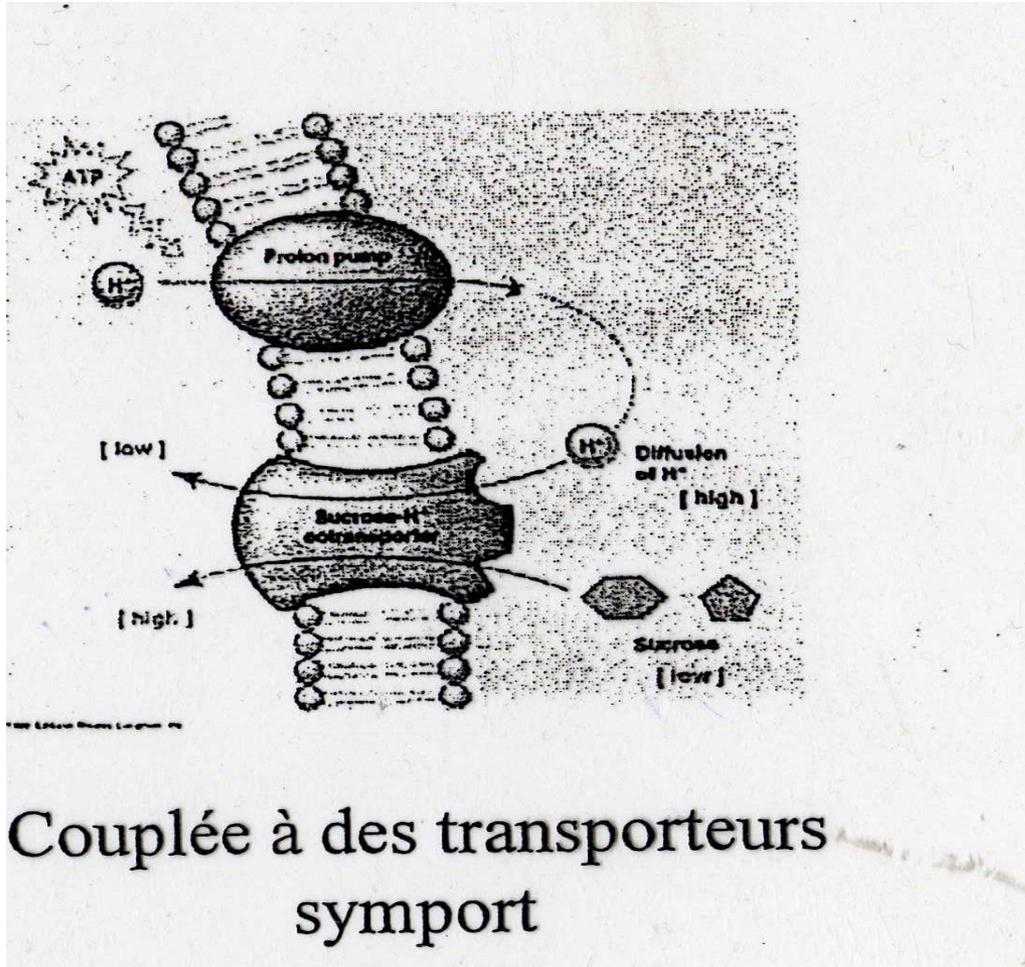
(voir cours Mitochondrie)

Dans mb plasmique
bactéries

F₀F₁ ATPase
Synthèse ATP ou
Pompage de H^+ activé
Par hydrolyse d'ATP



Membrane des lysosomes

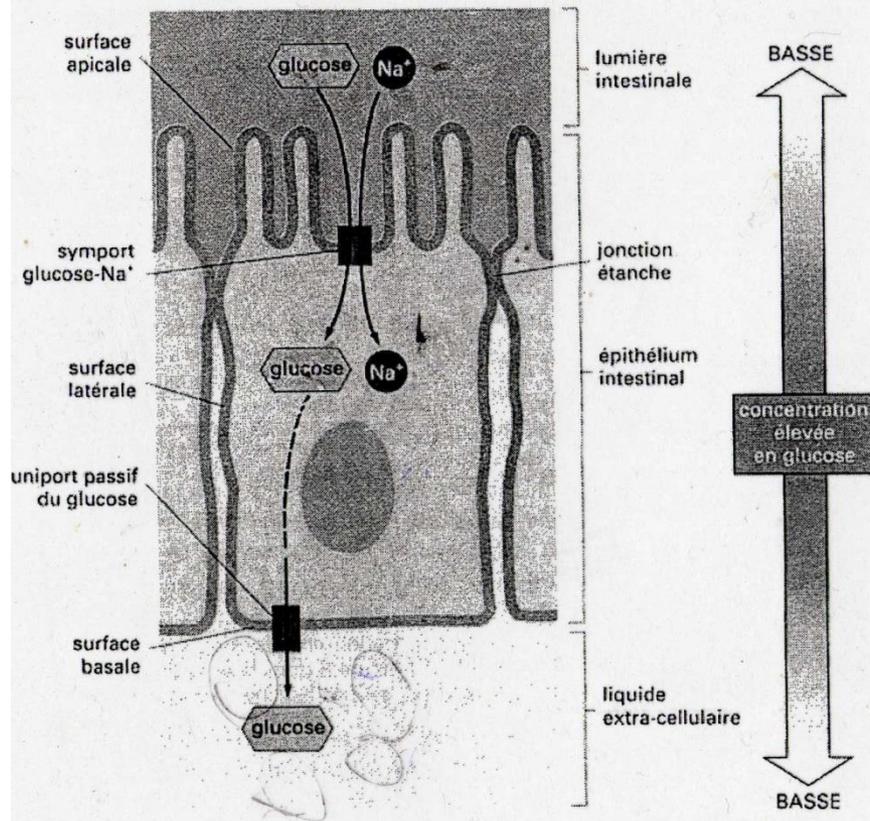


3) Transports actifs primaires et secondaire

d- les ATPases protons

3) Transports actifs primaires et secondaires

e- le co-transport sodium-glucose



- modèle de transport actif secondaire présent dans les cellules absorbantes intestinales (entérocytes) et dans les cellules épithéliales du tubule contourné proximal du néphron (rein)

le transport bloqué par le cyanure et l'ouabaïne

le transport est diminué si $[Na]_e$ est diminuée côté muqueux

C ►

TRANSPORTS CYTOTIQUES

ENDOCYTOSE

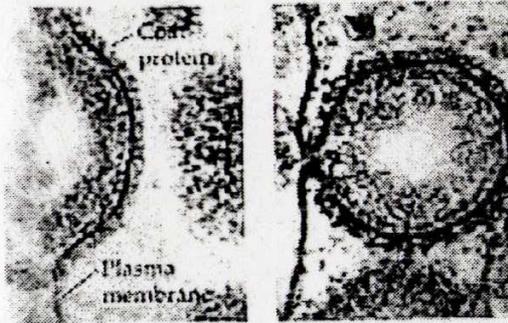
Transfert d'une fraction du volume extracellulaire dans la cellule
Elle a besoin de Ca^{2+} , actine-myosine et ATP

Pinocytose : internalisation du liquide extracellulaire

☞ surveillance du milieu extracellulaire

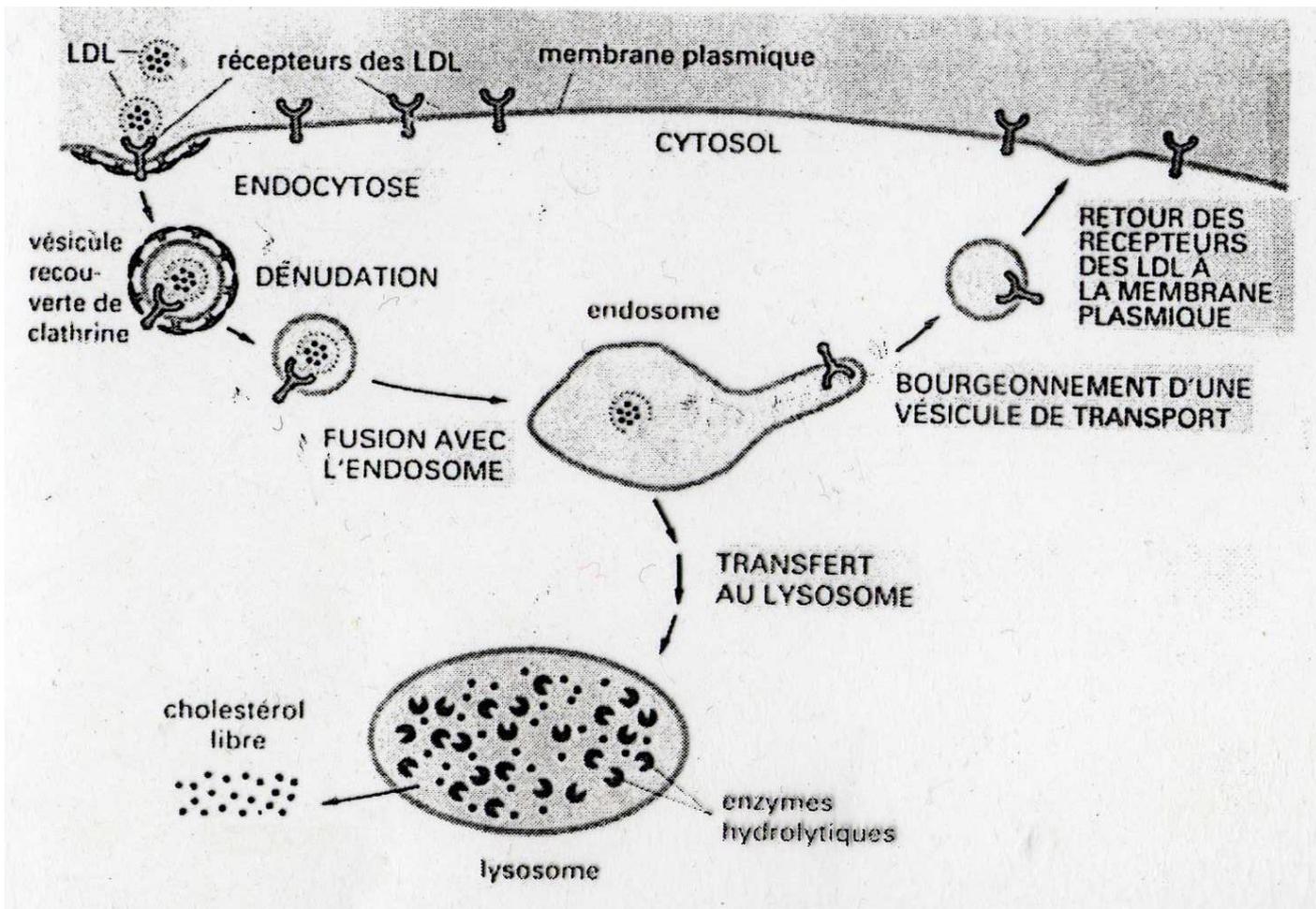
Particules piégées à la surface du glycocalyx, invagination de la membrane et formation de vésicules de pinocytose (100nm de diamètre)

Endocytose par l'intermédiaire de récepteurs : c'est une endocytose spécifique de certaine molécules. Exemple : le cholestérol sous forme de Lipoprotéines de Faibles Densités (**LDL** : Low Density Lipoprotéin)



LDL = agrégat de : phospholipides

+ protéine ligand
du récepteur des LDL
+ Cholestérol



b) Phagocytose

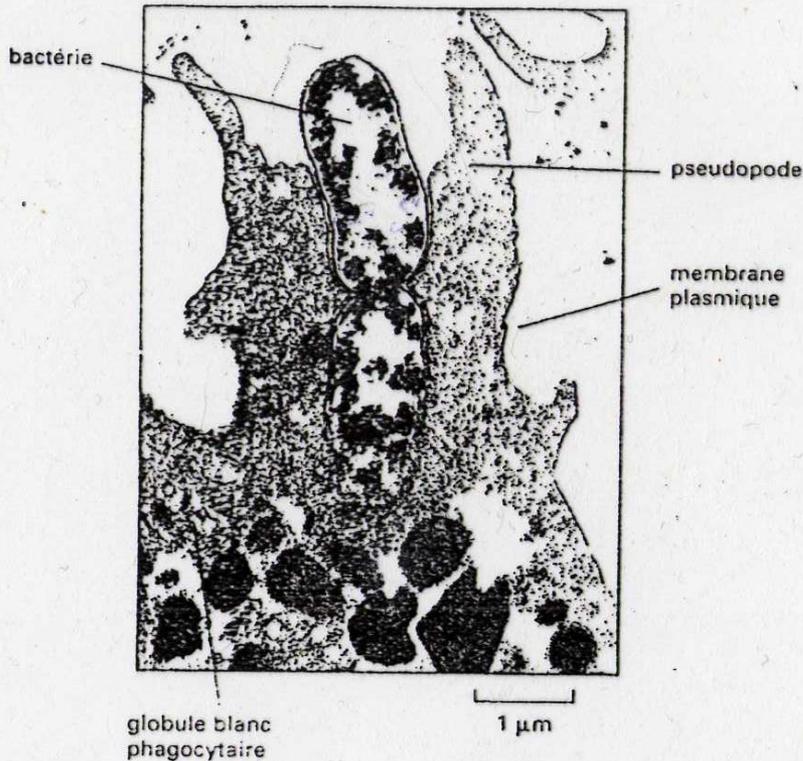


Figure 13-27 Phagocytose par un neutrophile. Micrographie électronique d'un neutrophile en train de phagocytoser une bactérie en cours de division. (Avec l'autorisation de Dorothy F. Bainton.)

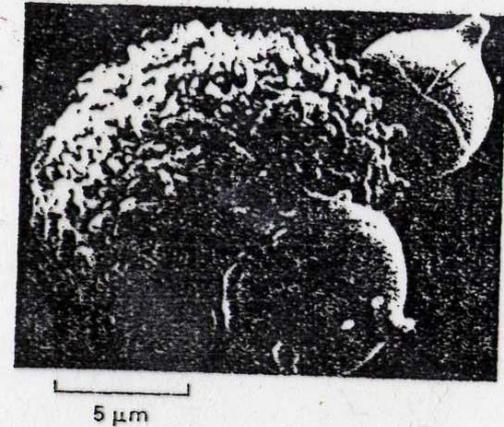
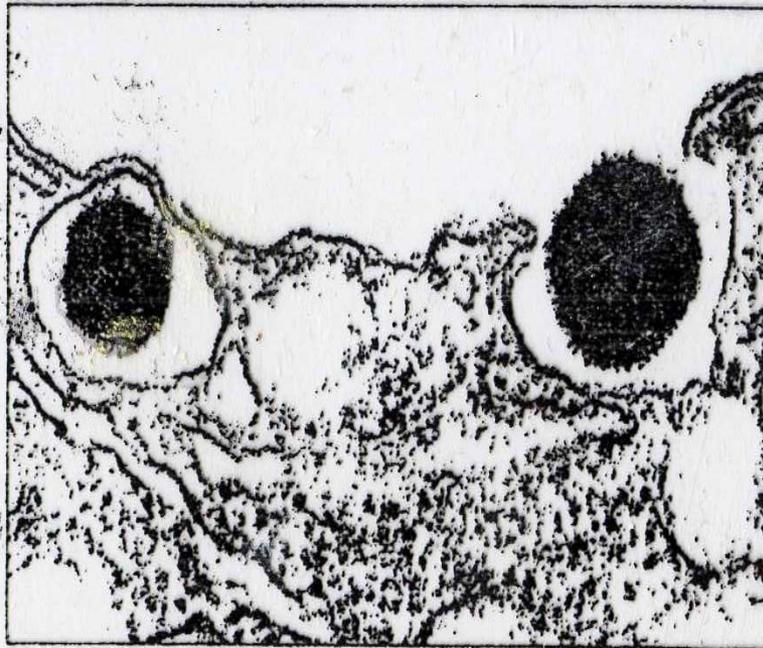


Figure 13-26 Phagocytose par un macrophage. Micrographie électronique à balayage d'un macrophage de souris en train de phagocytoser deux globules rouges chimiquement altérés. Les flèches rouges indiquent les extrémités de fins processus (pseudopodes) du macrophage, qui s'étendent comme des anneaux de serrage pour englober le globule rouge. (Avec l'autorisation de Jean-Paul Revel.)

EXOCYTOSE



0,2 μm

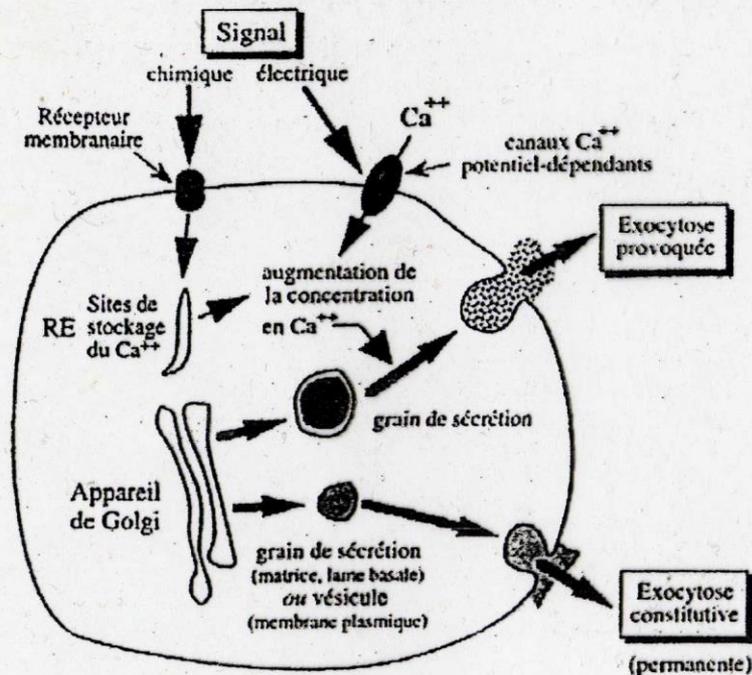
Figure 13-39 Exocytose des vésicules de sécrétion. La micrographie électronique montre la libération de l'insuline à partir d'une vésicule de sécrétion d'une cellule β du pancréas. (Avec l'autorisation de Lelio Orci, d'après L. Orci, J.-D. Vassali et A. Perrelet, *Sci. Am.* 256: 85-94, 1988.)

Se déroule en deux phases : **1-** phase d'accolement au cours de laquelle s'effectue un phénomène de reconnaissance entre les particules à ingérer et de récepteurs membranaires localisés dans le revêtement fibreux de la membrane (il y a donc sélection des macromolécules ou des particules). **2-** phase d'ingestion au cours de laquelle s'effectue un phénomène d'invagination de la membrane plasmique. Cette phase d'ingestion nécessite des ions calcium, des filaments d'actines et de myosine et de l'ATP. L'endocytose est donc un phénomène actif.



2) Exocytose

a-les 2 types d'exocytose



1- l'exocytose constitutive = phénomène permanent et commun à toutes les cellules: c'est l'étape ultime du flux membranaire du réticulum à la membrane plasmique

2- l'exocytose provoquée, régulée et contrôlée qui concerne des produits de sécrétion

• L'exocytose provoquée est généralement déclenchée par des signaux électriques ou chimiques: dans les 2 cas, le signal active plusieurs messagers intracellulaires dont l'un est une augmentation transitoire de la $[Ca^{++}]_i$



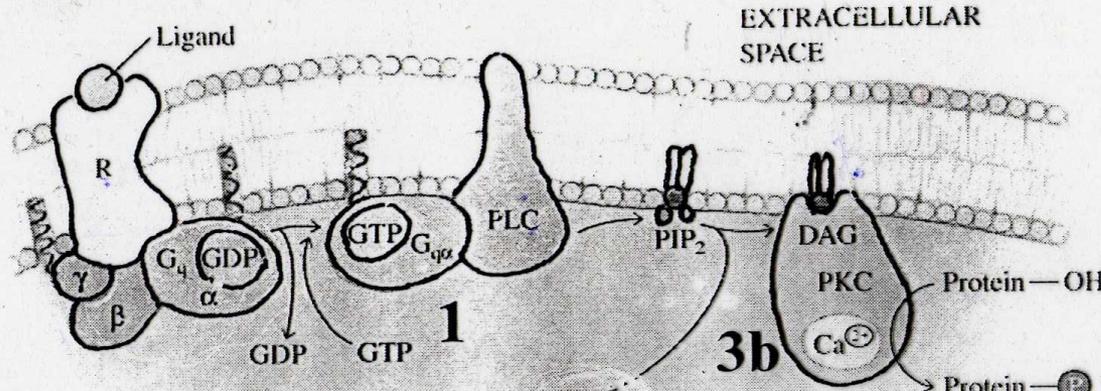
TRANSFERT DE SIGNAUX EXTRACELLULAIRES (INFORMATIONS)

En plus du transfert de substances, la membrane plasmique est impliquée également dans les phénomènes de transfert de signaux. Ce deuxième type d'échange fait intervenir d'autres structures de la membrane plasmique appelées

récepteurs. Il existe 3 catégories de récepteurs :

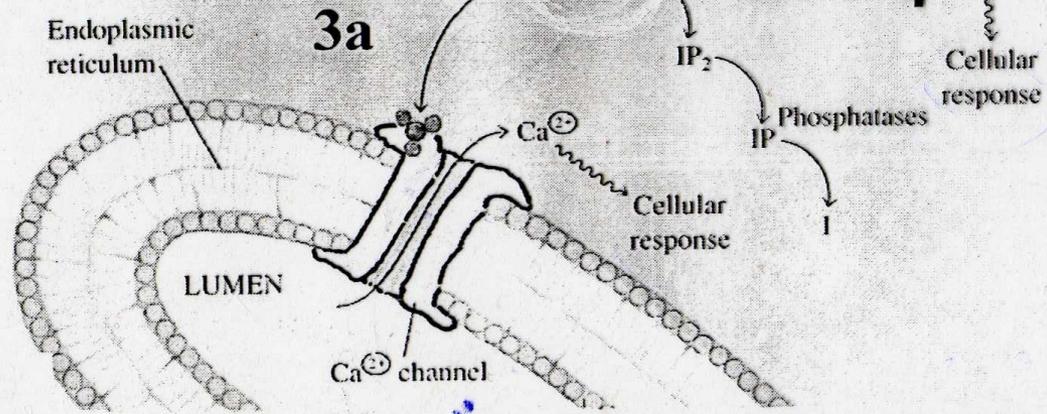
- ☞ Récepteurs couplés aux canaux ioniques (Ex : transfert de l'influx nerveux dans une synapse)
- ☞ Récepteur couplés aux protéines G (Ex : Transfert d'un signal hormonal)
- ☞ Récepteur couplés aux enzymes

La voie du calcium



Fixation du médiateur ⇒
élévation de la concentration
en Ca²⁺ libre (cytosolique)

Voie de signalisation cellulaire
courante et activée en réponse
à des stimuli très variés

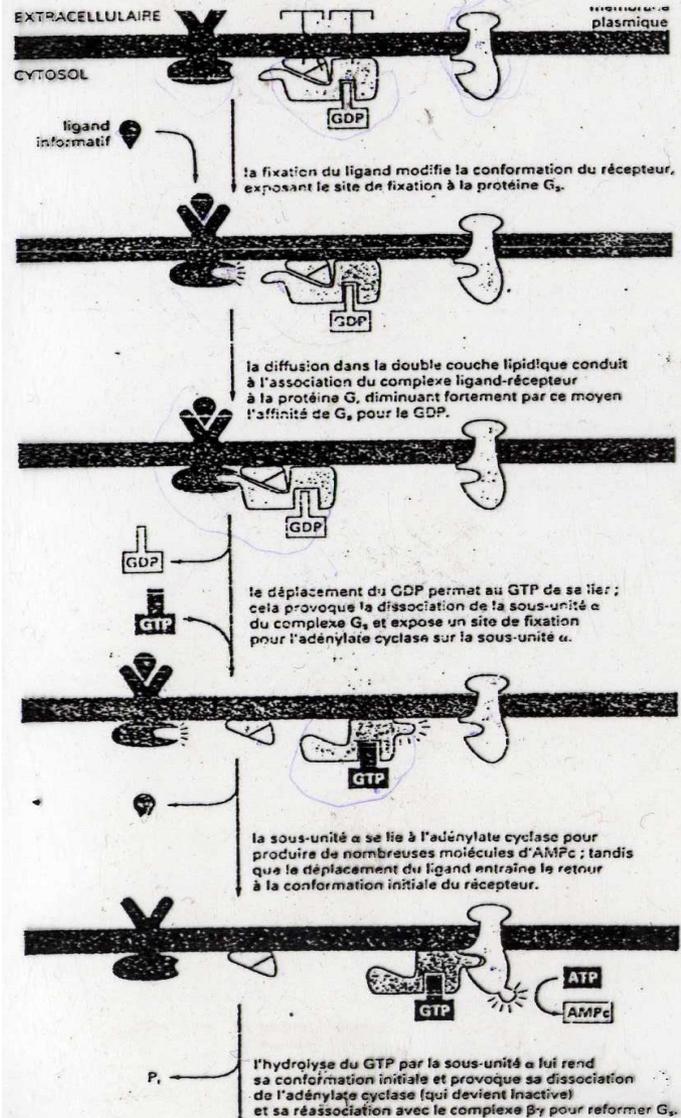


Protéine Gq = transducteur
1 ↓ +
PLC (phospholipase C)
= effecteur primaire
↓
Clivage enzymatique du
PIP₂ (phosphatidylinositol
bi-phosphate = phospholipide)
2

IP₃ (Inositol tri-phosphate)
= 2nd messenger
3a
Ouverture canal Ca²⁺
(reticulum)
Réponses cellulaires
4
Phosphorylation de protéines
PKC
Protéine kinase C
3b
DAG (diacylglycerol)
= 2nd messenger
4

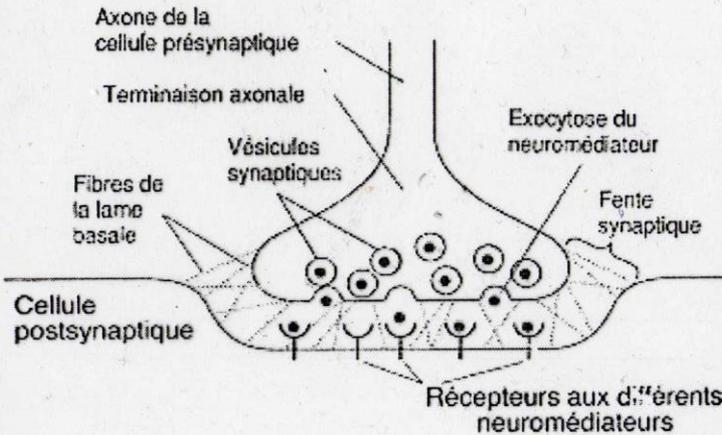
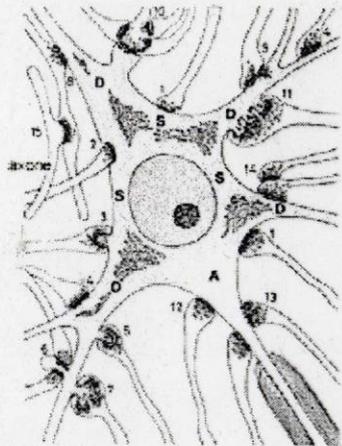
ussi
tif
sur
er les
ifiant ainsi
rester
cyclase
ligand
reur,
score

La voie de l'AMPC

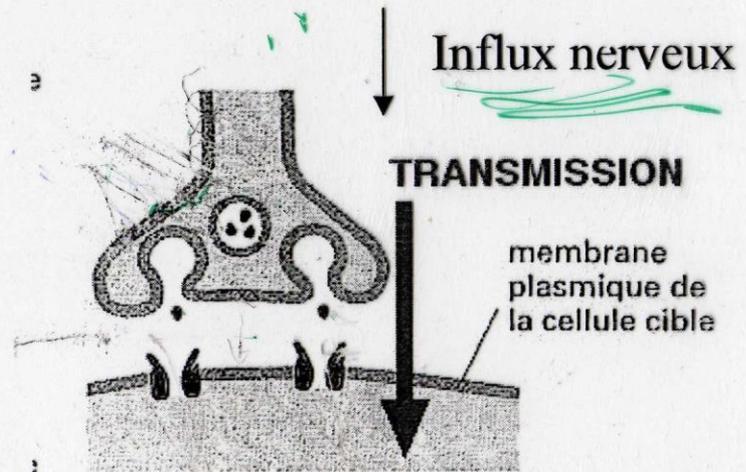
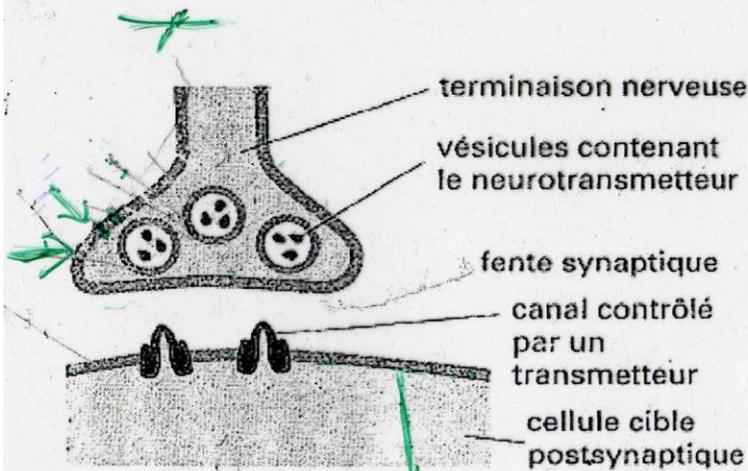


la protéine G stimulatrice, G_s . Aussi longtemps que le ligand informatif extracellulaire reste lié, le récepteur protéique peut continuer à activer les molécules de protéines G_s , amplifiant ainsi la réponse. La sous-unité α_s peut rester active et continuer à stimuler la cyclase plusieurs secondes après que le ligand informatif s'est dissocié du récepteur, provoquant une amplification encore plus importante.

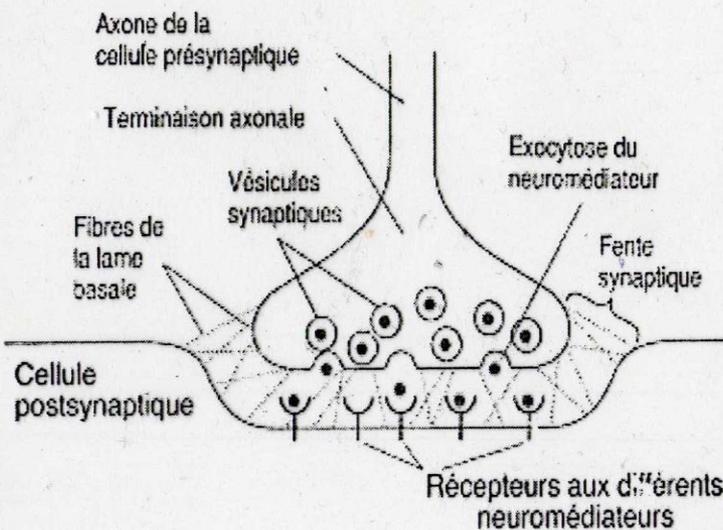
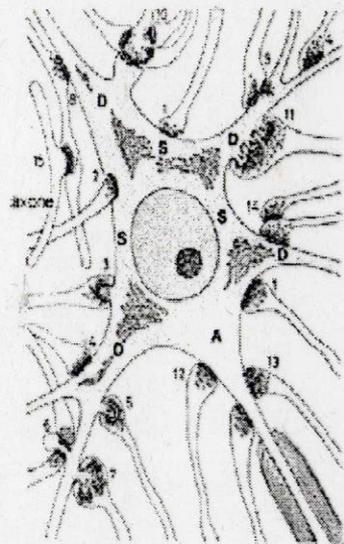
exocytose de vésicules synaptiques



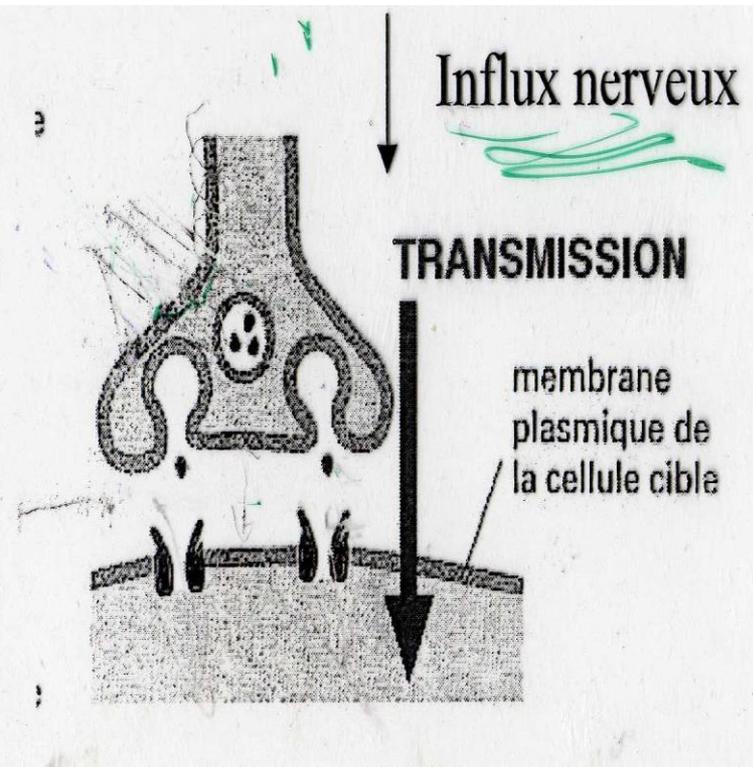
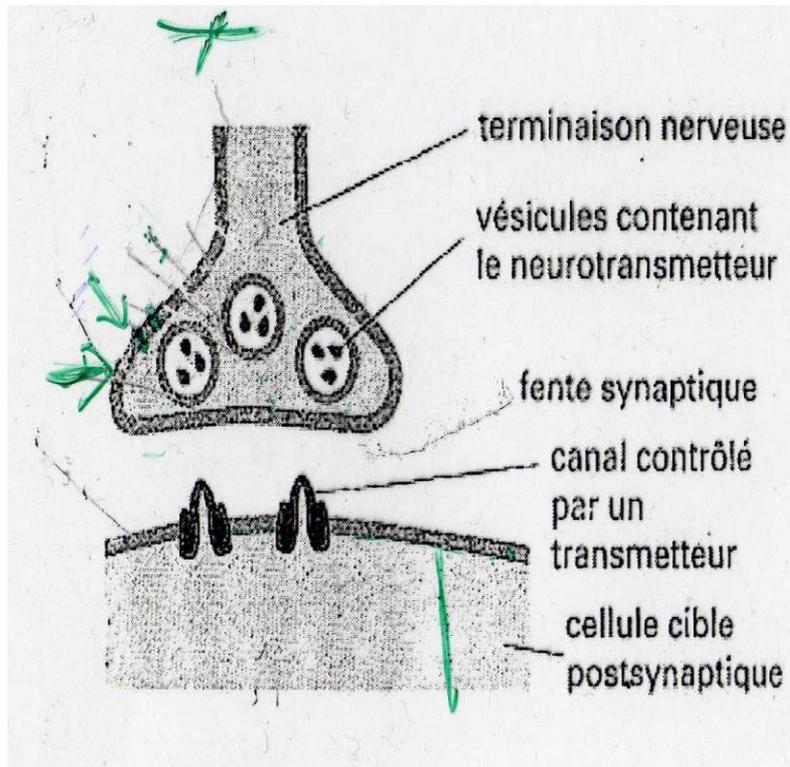
La synapse = zone de contact entre la terminaison axonale d'un neurone et une autre cellule où a lieu la libération des neuromédiateurs

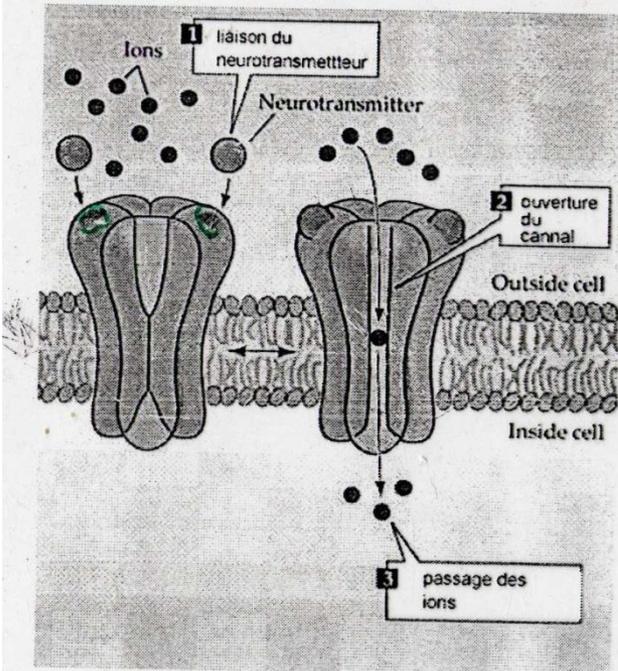


exocytose de vésicules synaptiques

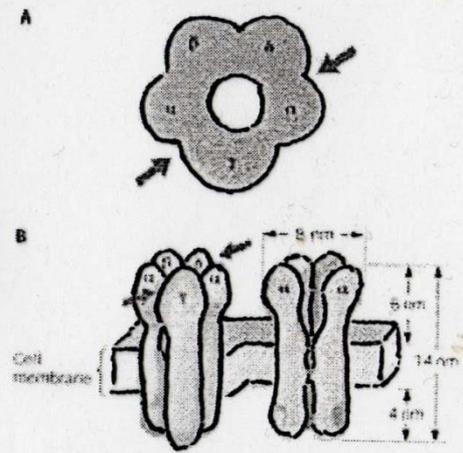


La synapse = zone de contact entre la terminaison axonale d'un neurone et une autre cellule où a lieu la libération des neuromédiateurs

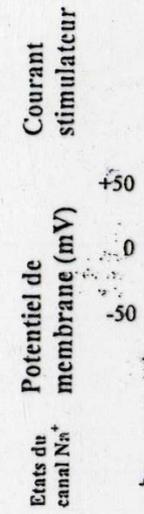




Ex: le récepteur à l'acétylcholine:

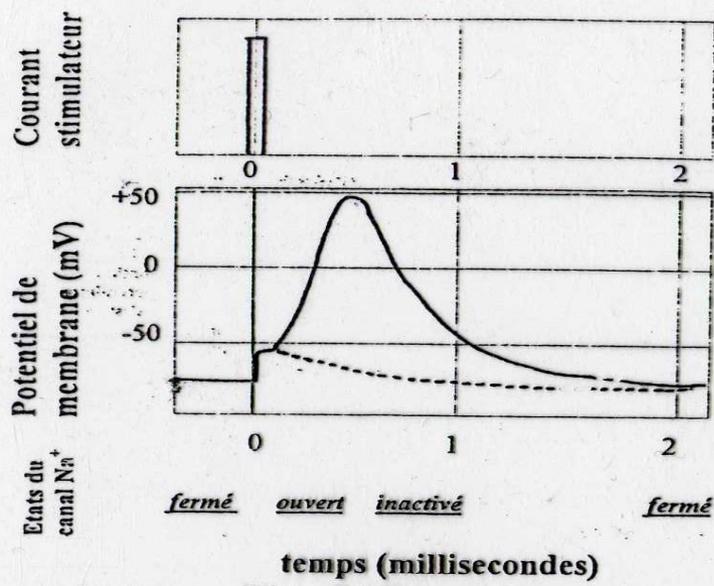


= pentamère
(4 sous-unités ≠)

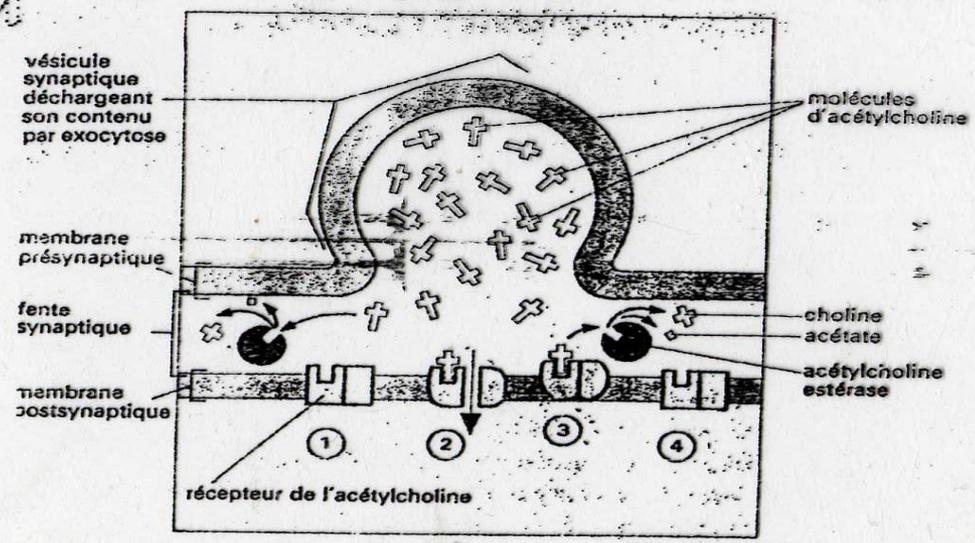


- 1-dépolarisation de la membrane (potentiel d'action)
- 2-ouverture de canaux calciques
- 3-exocytose et libération Ach
- 4-fixation Ach ⇒ entrée de Na⁺
- 5-dépolarisation de la cellule musculaire
- 6- ↑ [Ca²⁺] ⇒ contraction musculaire





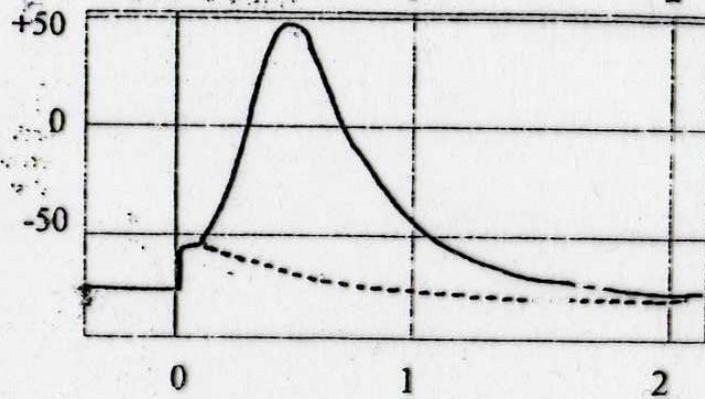
POTENTIEL D'ACTION :
 Un potentiel d'action est engendré par une brève impulsion électrique (*graphique du haut*) qui dépolarise partiellement la membrane. La courbe en pointillés montre comment le potentiel de membrane aurait pu revenir à sa valeur de repos (-70 mV) après un stimulus initial dépolarisant s'il n'y avait pas, dans la membrane, des canaux Na^+ contrôlés par la tension. La courbe en plein montre l'évolution du potentiel d'action due à l'ouverture et à l'inactivation consécutive des canaux Na^+ contrôlés par la tension. La membrane ne peut déclencher un second potentiel d'action tant que les canaux Na^+ n'ont pas réadopté la conformation fermée. Pendant tout ce temps la membrane est réfractaire à toute stimulation.



Courant stimulateur



Potentiel de membrane (mV)



Etats du canal Na^+

fermé ouvert inactivé fermé

temps (millisecondes)

POTENTIEL D'ACTION :

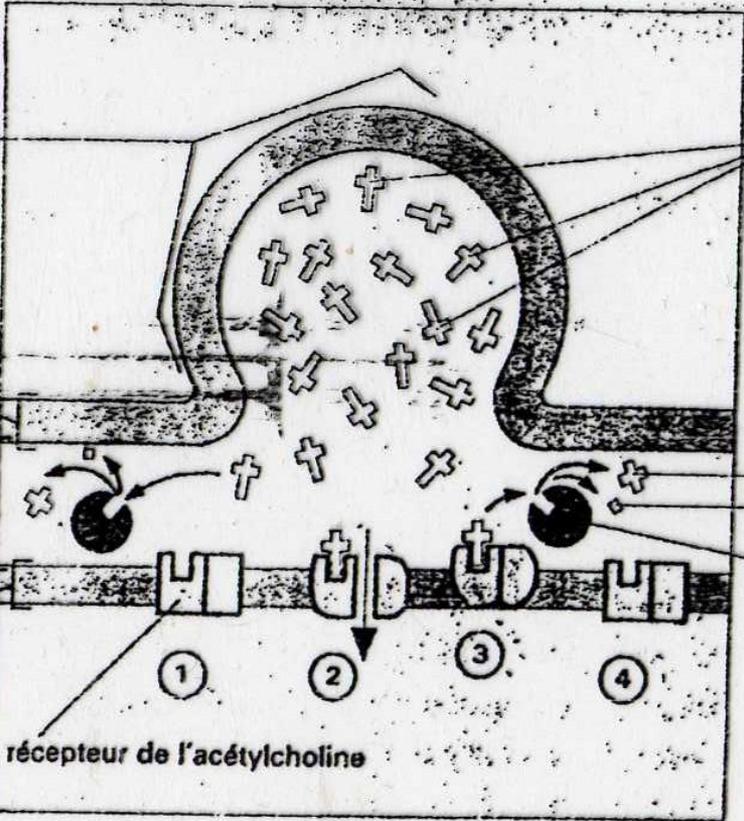
Un potentiel d'action est engendré par une brève impulsion électrique (*graphique du haut*) qui dépolarise partiellement la membrane. La courbe en pointillés montre comment le potentiel de membrane aurait pu revenir à sa valeur de repos (-70 mV) après un stimulus initial dépolarisant s'il n'y avait pas, dans la membrane, des canaux Na^+ contrôlés par la tension. La courbe en plein montre l'évolution du potentiel d'action due à l'ouverture et à l'inactivation consécutive des canaux Na^+ contrôlés par la tension. La membrane ne peut déclencher un second potentiel d'action tant que les canaux Na^+ n'ont pas réadopté la conformation fermée. Pendant tout ce temps la membrane est réfractaire à toute stimulation.

vésicule
synaptique
déchargeant
son contenu
par exocytose

membrane
présynaptique

fente
synaptique

membrane
postsynaptique



molécules
d'acétylcholine

choline
acétate

acétylcholine
estérase

récepteur de l'acétylcholine

1

2

3

4

HYALOPLASME

Le hyaloplasme, appelé aussi **CYTOSOL**, correspond chez la cellule eucaryote au milieu situé entre la membrane plasmique et l'enveloppe nucléaire et dans lequel baignent les organites cellulaire.

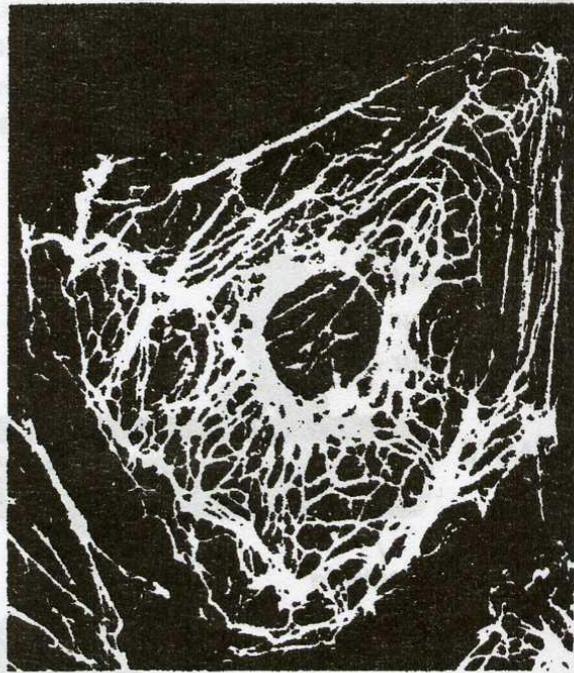
L'observation du cytosol au microscope électronique montre qu'il est traversé par le **cytosquelette** : constitué d'éléments filamenteux et contractiles.

Les activités du cytosquelette dépendent essentiellement de trois types principaux de filaments protéiques : **les filaments d'actine, les microtubules et les filaments intermédiaires** (leur diamètre (8-10 nm) est compris entre celui des filaments d'actine (5-9 nm) et des microtubules (25 nm). Chaque type de filaments est constitué à partir d'un monomère protéique : l'**actine** pour les filaments d'actine, la **tubuline** pour les microtubules et la **lamine, la kératine et la vimentine** pour les filaments intermédiaires.

L'actine et la tubuline lient une grande variété de protéines accessoires qui permettent au même filament de participer à des fonctions distinctes dans différentes régions d'une même cellule. Certaines de ces protéines accessoires sont des **protéines motrices** qui hydrolysent l'ATP pour produire une force et un mouvement orienté le long du filament. Les plus connues de ces protéines motrices : La **myosine** dans le cas des filaments d'actine, les **kinésines** et les **dynéines** dans le cas des microtubules.

Le *cytosquelette* en plus de son rôle dans l'attribution des **formes cellulaires**, pourrait aussi bien s'appeler « *cytomusculature* » car il est directement responsable de **mouvements** tels que :

- La migration des cellules sur un substrat (mouvements amiboïdes)
- La contraction musculaire
- Le déplacement des organites d'une région cellulaire à l'autre
- Les mouvements d'invagination de la membrane dans l'endocytose
- La séparation des chromosomes au cours de l'anaphase de la mitose
- Le mouvement des cils et des flagelles...



20 μm

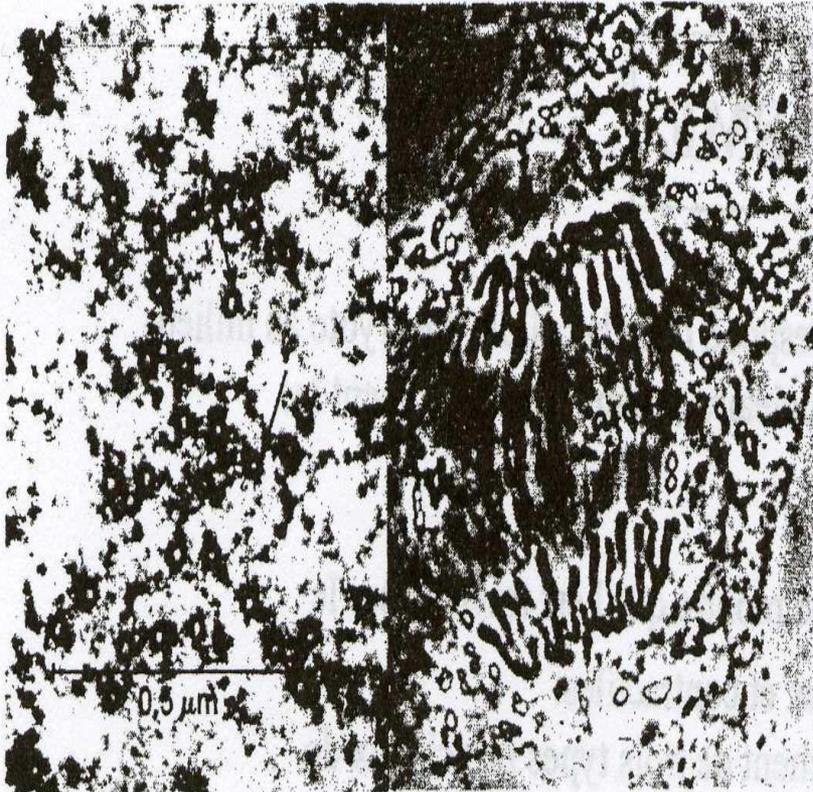
Figure 16-12 Filaments intermédiaire dans le cytoplasme d'une cellule en culture. Des cellules épithéliales de rat kangourou (cellules Ptk2) en interphase ont été marquées avec des anticorps contre une classe de filaments intermédiaires (appelés filaments de kératine) et examinés en microscopie à fluorescence. (Avec l'autorisation de M. Osborn.)

Filaments intermédiaires⁷

Les filaments intermédiaires sont des fibres protéiques résistantes et durables, trouvées dans le cytoplasme de la plupart des cellules animales. Ils sont appelés « intermédiaires » parce qu'en microscopie électronique leur diamètre apparent (8-10 nm) est compris entre celui des filaments d'actine fins et celui des filaments de myosine épais des cellules musculaires, où ils ont été décrits pour la première fois (ils sont aussi intermédiaires en diamètre entre les filaments d'actine et les microtubules). Dans la plupart des cellules animales, un réseau extensif de filaments intermédiaires entoure le noyau et s'étend jusqu'à la périphérie cellulaire, où ils interagissent avec la membrane plasmique (Figure 16-12). De plus, un réseau tissé serré de filaments intermédiaires — la *lamina nucléaire* — double l'enveloppe nucléaire.

Les filaments intermédiaires sont particulièrement proéminents dans le cytoplasme des cellules qui sont soumises à une contrainte mécanique. Ils sont présents en grand nombre, par exemple dans les épithéliums, où ils sont couplés de cellule à cellule par des jonctions spécialisées, le long des axones des cellules nerveuses et dans tous les types de cellules musculaires. Quand les cellules sont traitées avec des solutions concentrées de sel et de détergents non ioniques, les filaments intermédiaires restent en place, alors que la majorité du cytosquelette restant est perdue. En fait, à l'origine, le terme « cytosquelette » a été créé pour décrire ce système de fibres inhabituellement stables et insolubles.

MICROTUBULES ET MOUVEMENTS



◀ Figure 6-1. Éléments du cytosquelette des cellules d'albumen chez *Haemanthus* sp. : coupe transversale (A) et coupe longitudinale (B) de microtubules (flèches) du fuseau de division (micrographies électroniques : A.M. LAMBERT).

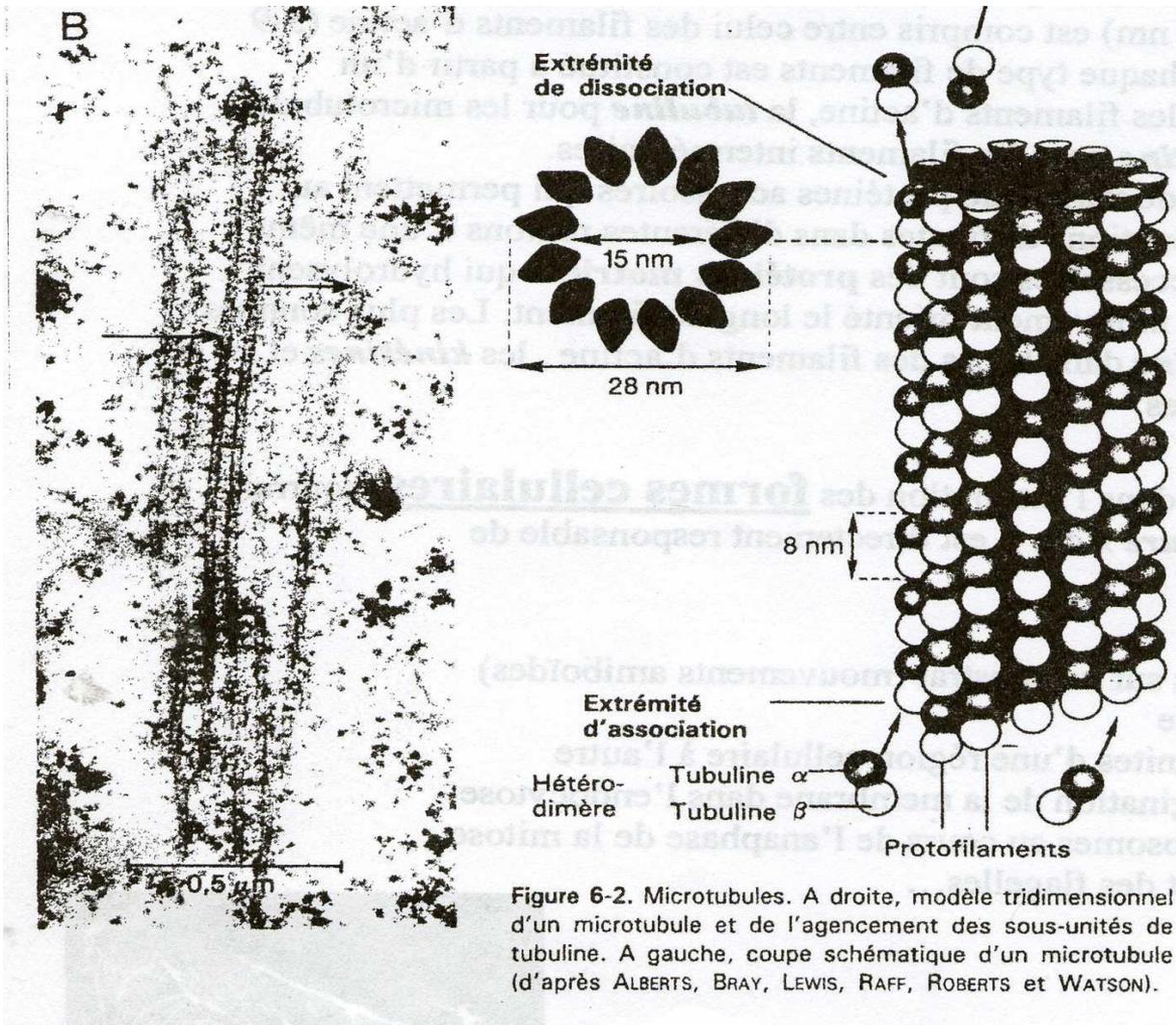


Figure 6-2. Microtubules. A droite, modèle tridimensionnel d'un microtubule et de l'agencement des sous-unités de tubuline. A gauche, coupe schématique d'un microtubule (d'après ALBERTS, BRAY, LEWIS, RAFF, ROBERTS et WATSON).

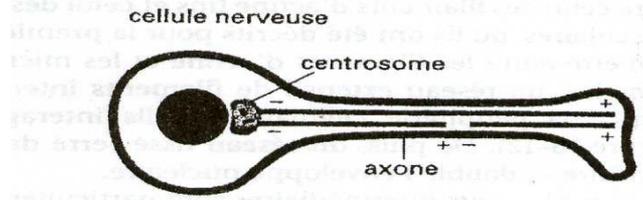
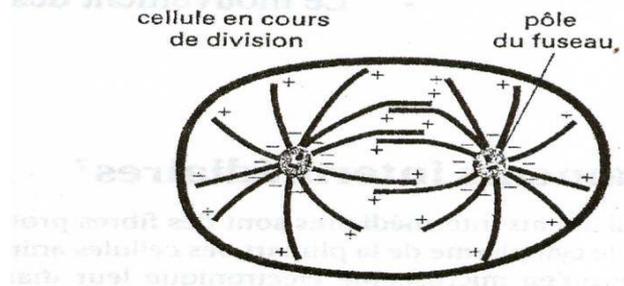
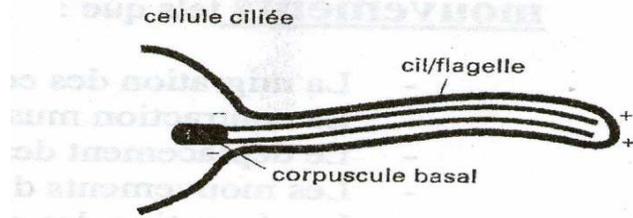
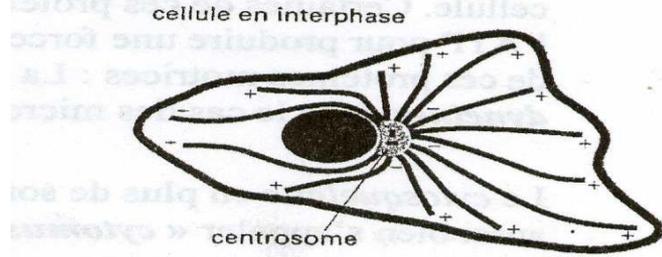


Figure 16-26 Orientation des microtubules dans les cellules. Les extrémités moins des microtubules sont généralement enfoncées dans un centre organisateur de microtubules, alors que les extrémités plus sont souvent situées près de la membrane plasmique.

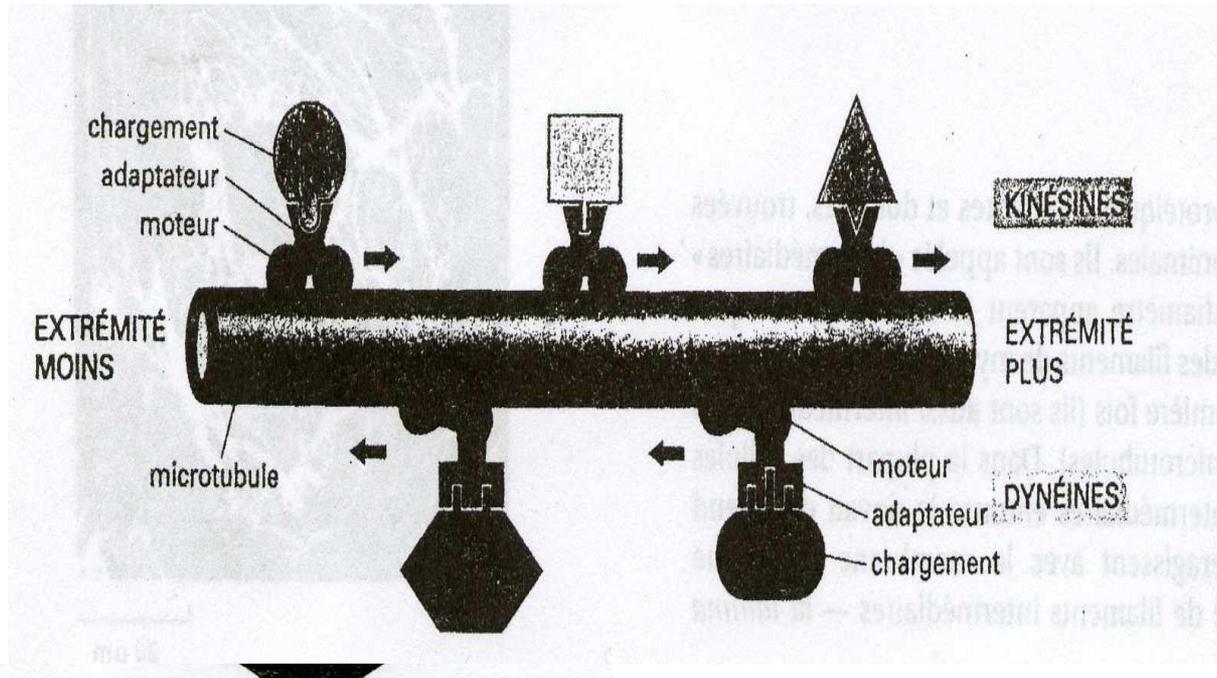
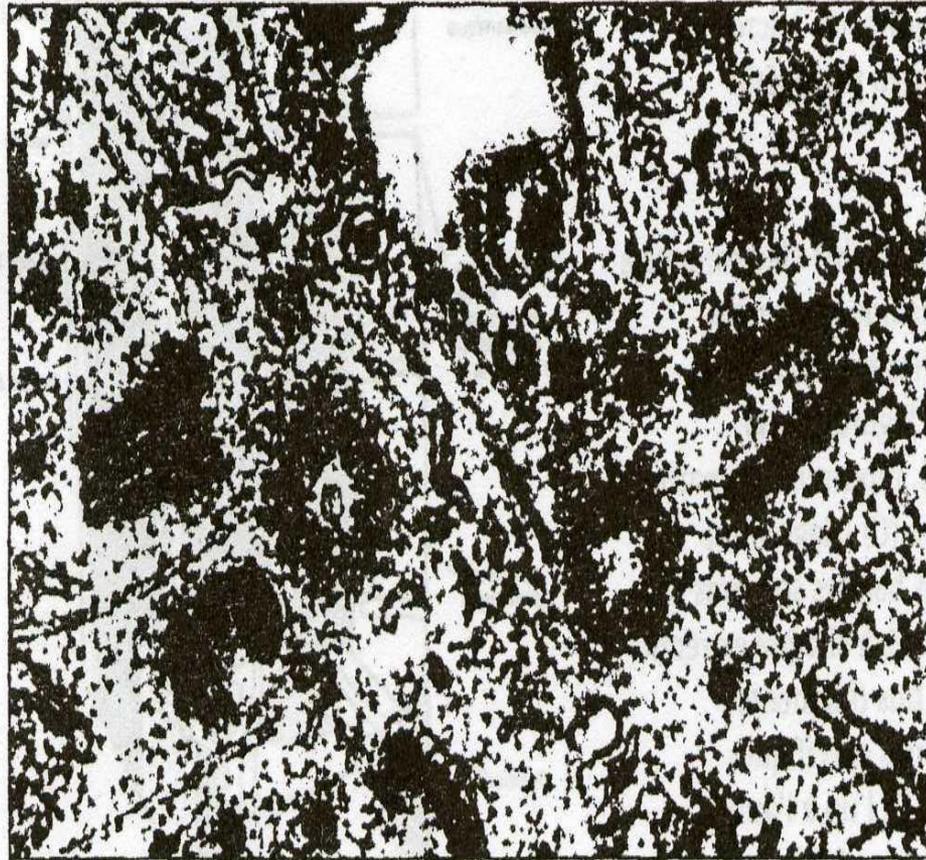


Figure 16-7 Les protéines motrices qui se déplacent le long des microtubules. Les kinésines se déplacent vers l'extrémité plus d'un microtubule, alors que les dynéines se déplacent vers l'extrémité moins. Comme indiqué, les deux types de protéines motrices des microtubules existent sous de nombreuses formes, et l'on pense que chacune d'entre elles transporte un chargement différent.

Le battement ciliaire est une forme de mouvement cellulaire abondamment étudiée. Les cils sont de minuscules appendices, ressemblant à des poils, d'un diamètre d'environ $0,25 \mu\text{m}$, avec comme noyau un faisceau de microtubules ; ils font saillie à la surface de nombreux types de cellules et on les trouve dans la plupart des espèces animales, chez quelques protozoaires et chez quelques végétaux inférieurs. Leur fonction première consiste à faire circuler un fluide à la surface d'une cellule ou à propulser des cellules isolées à travers un liquide. Les protozoaires, par exemple, se servent de cils à la fois pour recueillir les particules alimentaires et pour se déplacer. Dans le corps humain, un nombre considérable de cils ($10^9/\text{cm}^2$ ou plus), situés sur les cellules épithéliales tapissant le tractus respiratoire, font remonter des couches de mucus, en même temps que des particules de poussière piégées et des cellules mortes, jusqu'à la bouche, où elles sont avalées et éliminées ; les cils servent également à entraîner les ovules le long de l'oviducte, et une structure voisine, le flagelle, propulse les spermatozoïdes.



1 μm

Figure 16-47 Micrographie électronique montrant une paire de centrioles nouvellement répliquée. Un des centrioles de chaque paire a été coupé transversalement, et l'autre longitudinalement, ce qui révèle que les deux éléments de chaque paire sont disposés perpendiculairement. (D'après M. McGill, D.P. Highfield, T.M. Monahan et B.R. Brinkley, *J. Ultrastruct. Res.* 57: 43-53, 1976.)

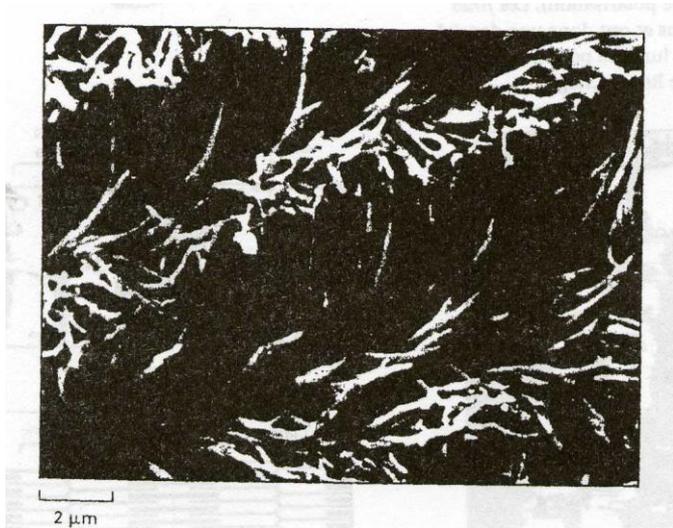


Figure 16-39 Cils. Photographies, obtenues en microscopie électronique à balayage, d'un champ de cils provenant de l'intestin d'un ver marin. (D'après J. S. Mellor et J. S. Hyams, *Micron* 9 : 91-94, 1978. © 1978, avec l'autorisation de Pergamon Press Ltd.)

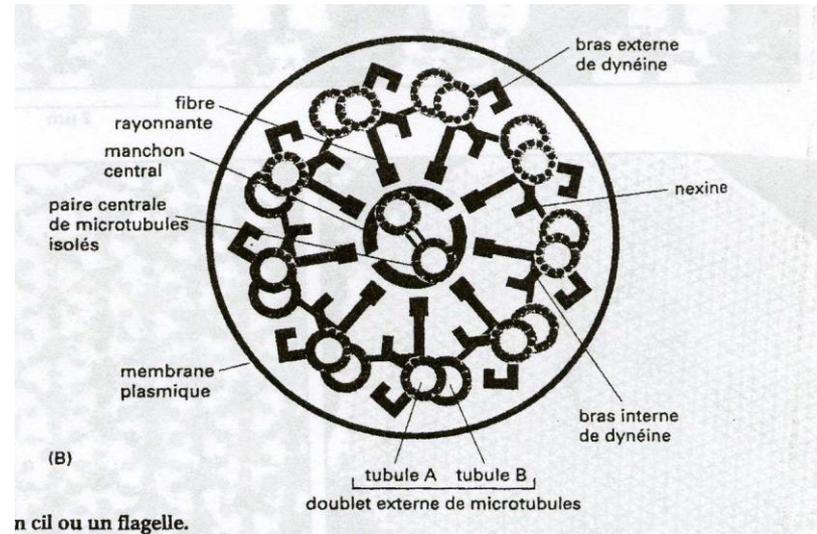
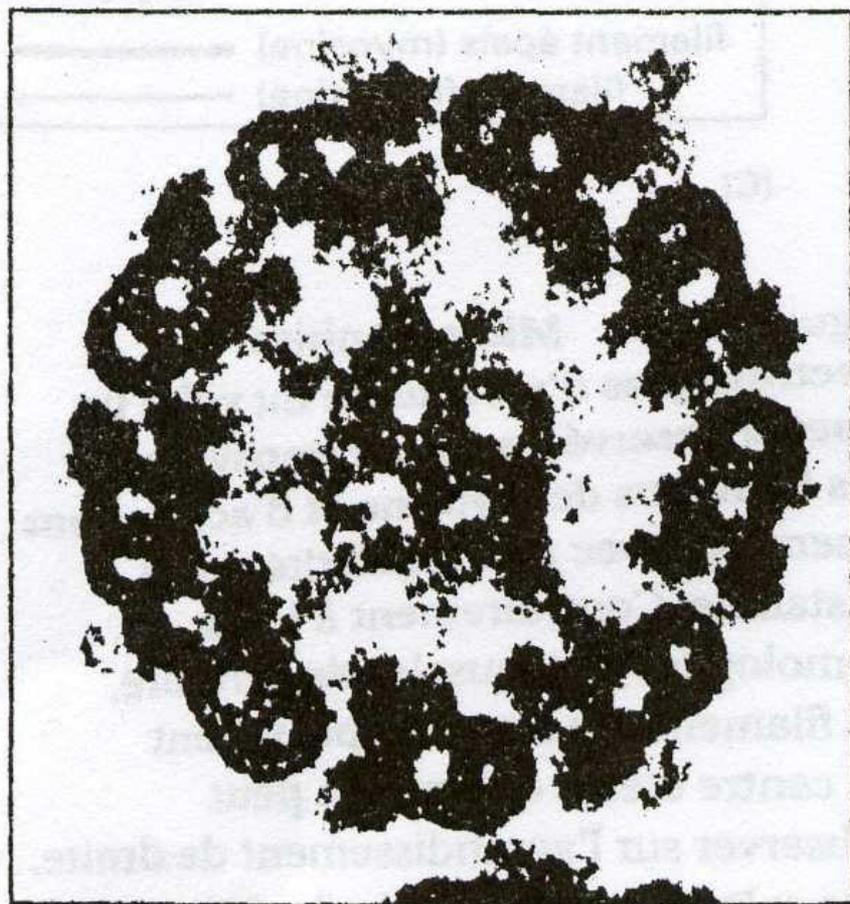


Figure 16-41 Arrangement des microtubules dans un cil ou un flagelle.

(A) Micrographie électronique d'une coupe transversale du flagelle d'une algue verte (*Chlamydomonas*), illustrant l'arrangement caractéristique « 9 + 2 » des microtubules. (B) Diagramme des différents composants. Les diverses saillies partant des microtubules les relient ensemble et sont régulièrement espacées le long de l'axonème. (A, avec l'autorisation de Lewis Tilney.)



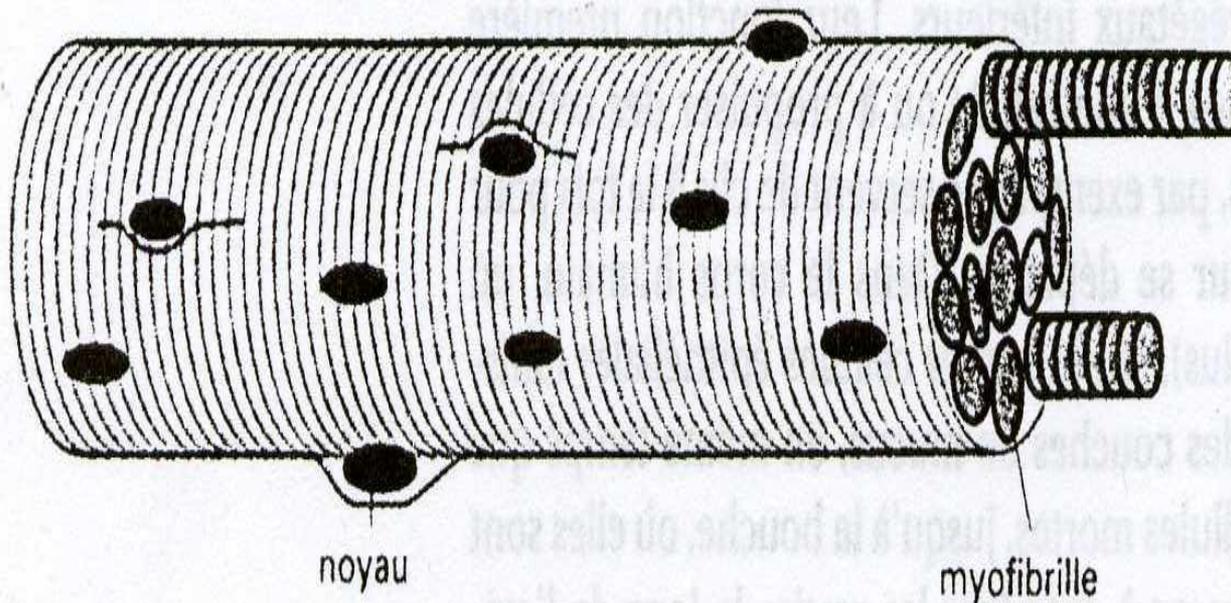
(A)



100 nm

MICROFILAMENTS SUPERORGANISES :

Cellule musculaire (fibre musculaire)



(A)

Figure 16-82 Cellules d'un muscle squelettique (également appelées fibres musculaires). (A) Chez un homme adulte, ces énormes cellules multinucléées ont un diamètre de 50 μm , et elles peuvent avoir plusieurs centimètres de long. (B) Micrographie en fluorescence de muscle de rat montrant les noyaux localisés en périphérie (en bleu). (B, avec l'autorisation de Nancy L. Kedersha.)

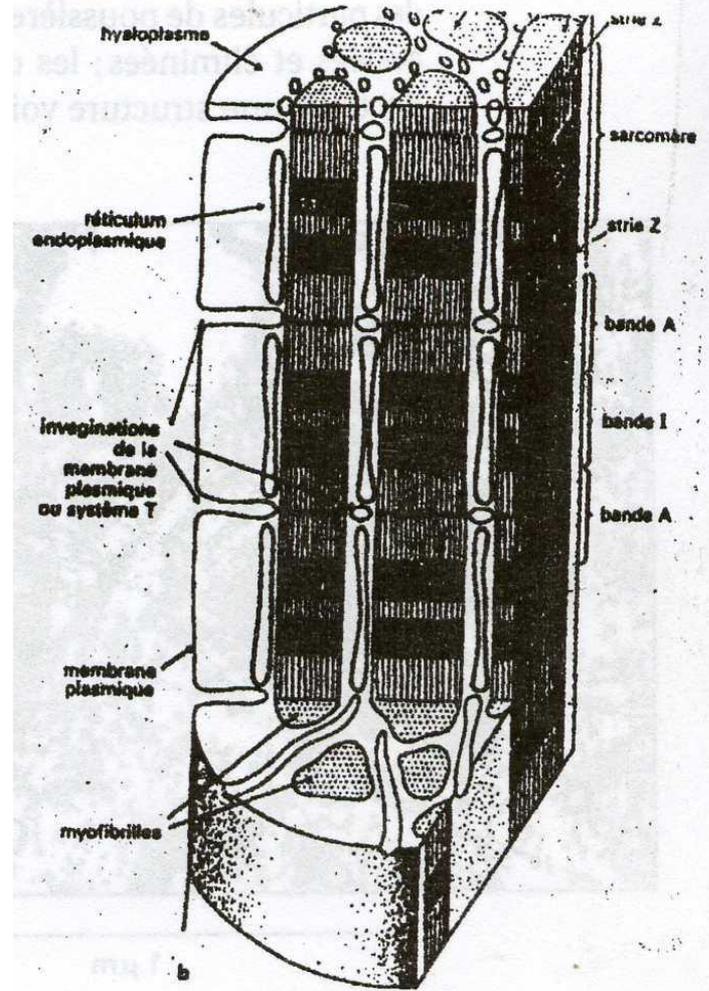
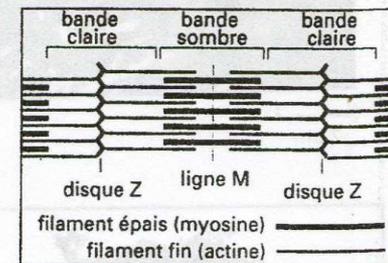
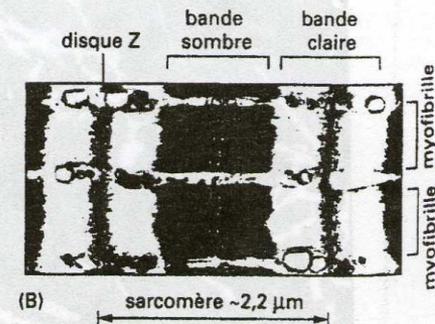
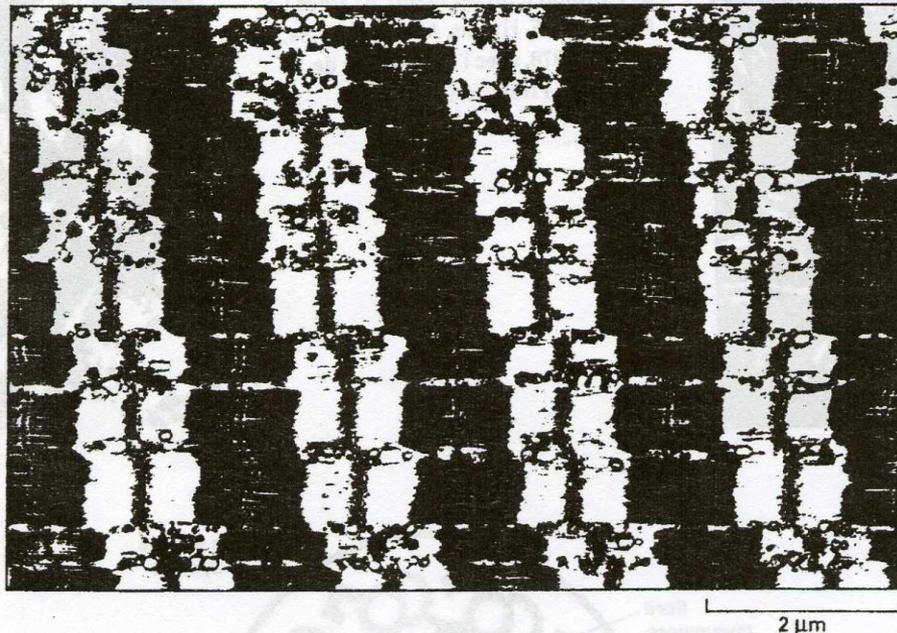


Figure 16-83 Myofibrilles du muscle squelettique. (A) Micrographie électronique à faible grossissement d'une coupe longitudinale à travers une cellule de muscle squelettique de lapin, montrant la disposition régulière des stries transversales. La cellule contient de nombreuses myofibrilles parallèles (voir Figure 16-82). (B) Détails de la cellule de muscle squelettique observée en (A), montrant des parties de deux myofibrilles adjacentes et la définition d'un sarcomère. (C) Diagramme schématique d'un sarcomère individuel, montrant l'origine des bandes sombres et claires visibles sur les micrographies électroniques. Les disques Z, à chaque extrémité du sarcomère, sont des sites d'attachement pour les filaments fins (filaments d'actine); la ligne M, ou médiane, est l'emplacement de protéines spécifiques qui relient des filaments épais adjacents (filaments de myosine II) l'un à l'autre. Les *larges bandes vertes*, qui marquent l'emplacement des filaments épais, sont parfois appelées *bandes A* du fait de leur anisotropie en lumière polarisée (c'est-à-dire que leur indice de réfraction change avec le plan de polarisation). Les *finies bandes rouges*, qui ne contiennent que des filaments fins et ont donc une densité en protéines plus faible, sont relativement isotropes en lumière polarisée, et sont parfois appelées *bandes I*. (A et B, avec l'autorisation de Roger Craig.)



(C)

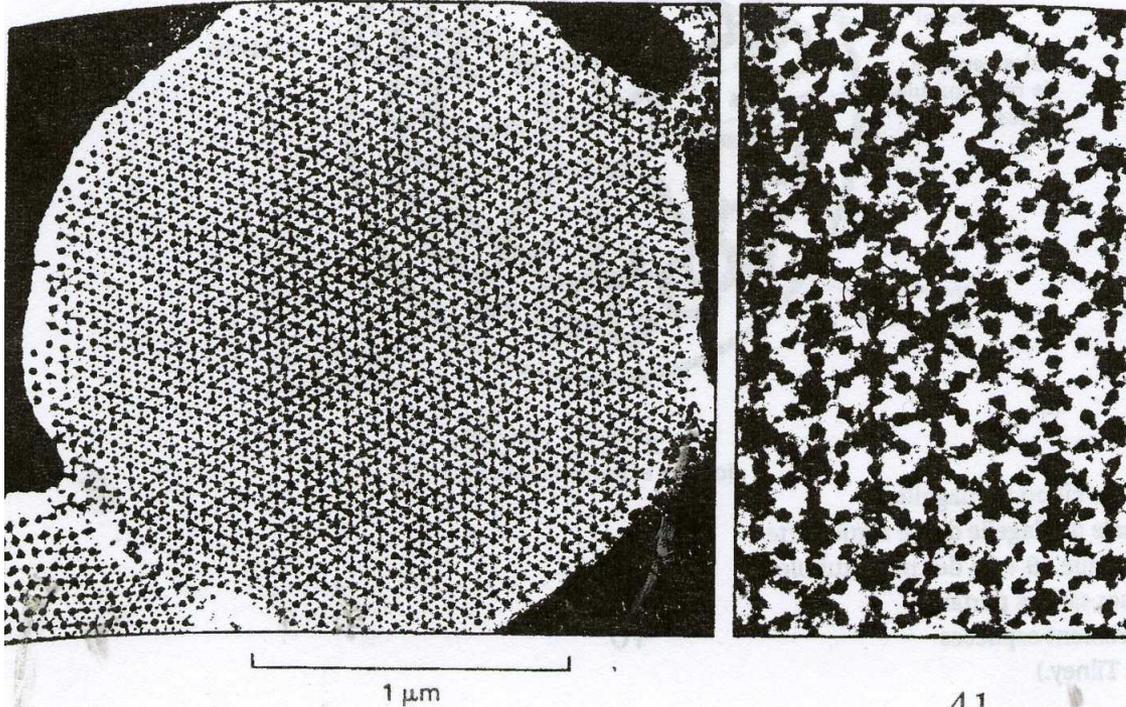


Figure 16-84 Micrographies électroniques d'un muscle du vol d'un insecte observé en coupe transversale. Les filaments de myosine et d'actine sont assemblés avec une régularité quasi cristalline. Contrairement à leurs homologues des muscles de vertébré, les filaments de myosine possèdent un centre creux, comme on peut l'observer sur l'agrandissement de droite. Une section longitudinale de ce muscle est représentée dans la Figure 16-86. La géométrie hexagonale est légèrement différente dans le muscle de vertébré. (D'après J. Auber, *J. de Microsc.* 8: 197-232, 1969.)

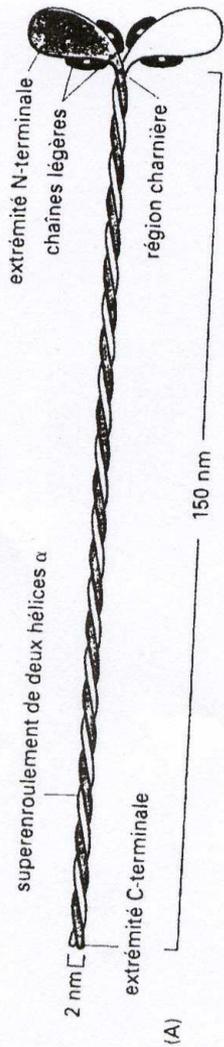


Figure 16-69 La myosine II.

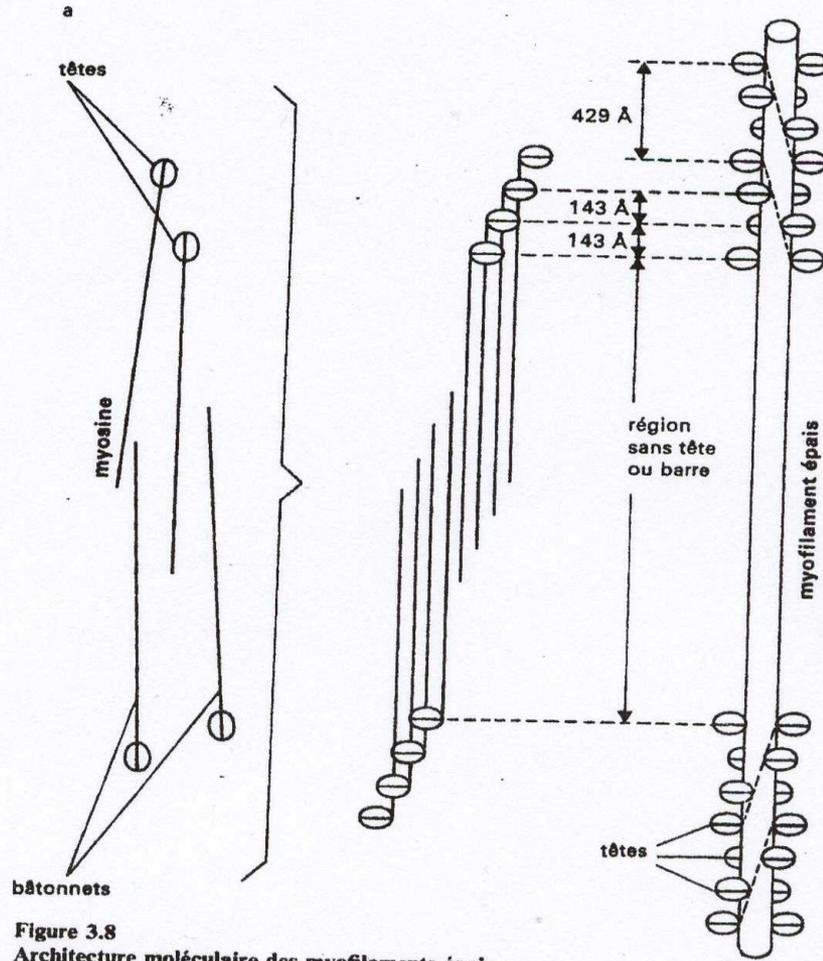


Figure 3.8
Architecture moléculaire des myofilaments épais.

a) Schéma de l'organisation d'un myofilament épais. Les molécules de myosine sont disposées tête-bêche; les parties en bâtonnet sont accolées les unes aux autres et se recouvrent partiellement; les têtes restent en saillie et sont disposées selon une hélice dont le pas est de 429 Å, la distance entre les têtes le long du myofilament étant de 143 Å. La région centrale du myofilament épais, dépourvue de têtes, est encore appelée barre.

Figure 3.8
b) Myofilaments épais reconstitués *in vitro* par précipitation d'une solution de myosine. Ces filaments sont de différentes longueurs car ils sont formés d'un nombre plus ou moins grand de molécules de myosine. Après coloration négative, on voit les têtes des molécules de myosine (flèches) disposées de part et d'autre de la barre ba; $\times 100\ 000$ (micrographies électroniques H.E. Huxley, 1963).

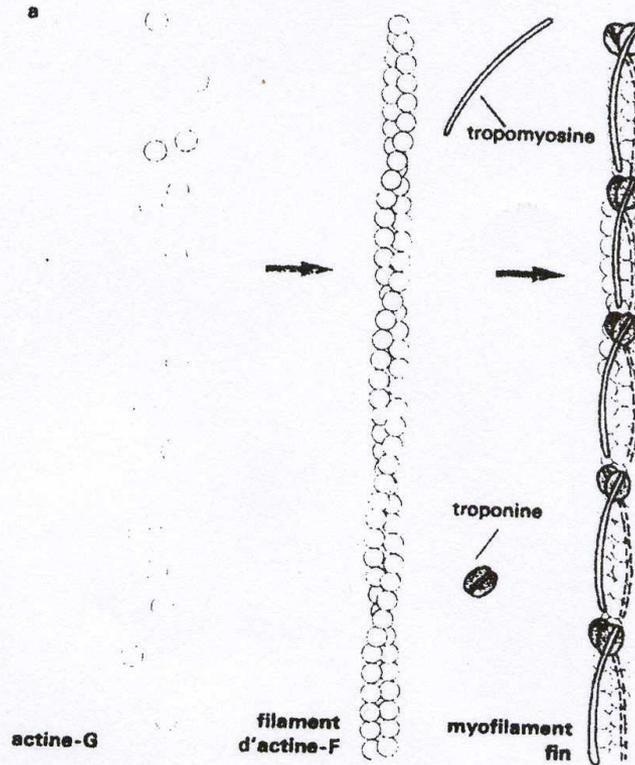
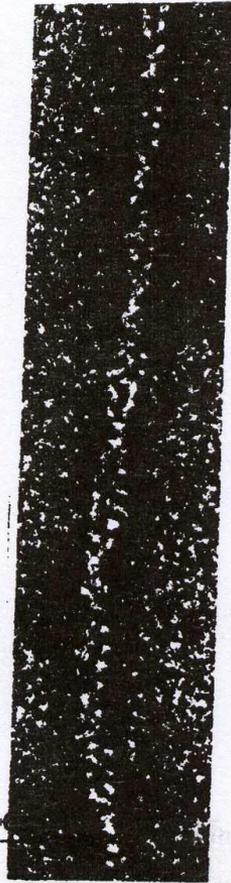


Figure 3.10

Architecture moléculaire des myofilaments fins.

a) Schéma de l'organisation d'un myofilament fin. Les molécules globulaires d'actine-G sont polymérisées en un filament d'actine-F à deux brins torsadés en hélice. Dans les gouttières de cette hélice sont logées les molécules fibreuses de tropomyosine et les molécules globulaires de troponine. Chaque molécule de tropomyosine est en contact avec 7 molécules d'actine et porte accolée à une de ses extrémités, une molécule de troponine.

b) Myofilaments fins observés en coloration négative. On distingue des molécules globuleuses d'actine qui sont arrangées en deux brins torsadés; $\times 350\,000$ (psoas de lapin, micrographie électronique H.E. Huxley, 1970).

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

