

## **Chapitre3. Structure et fonctions de la membrane plasmique ou plasmalemme**

### **بنية و وظيفة الغشاء السيتوبلازمي**

**البنية La structure**

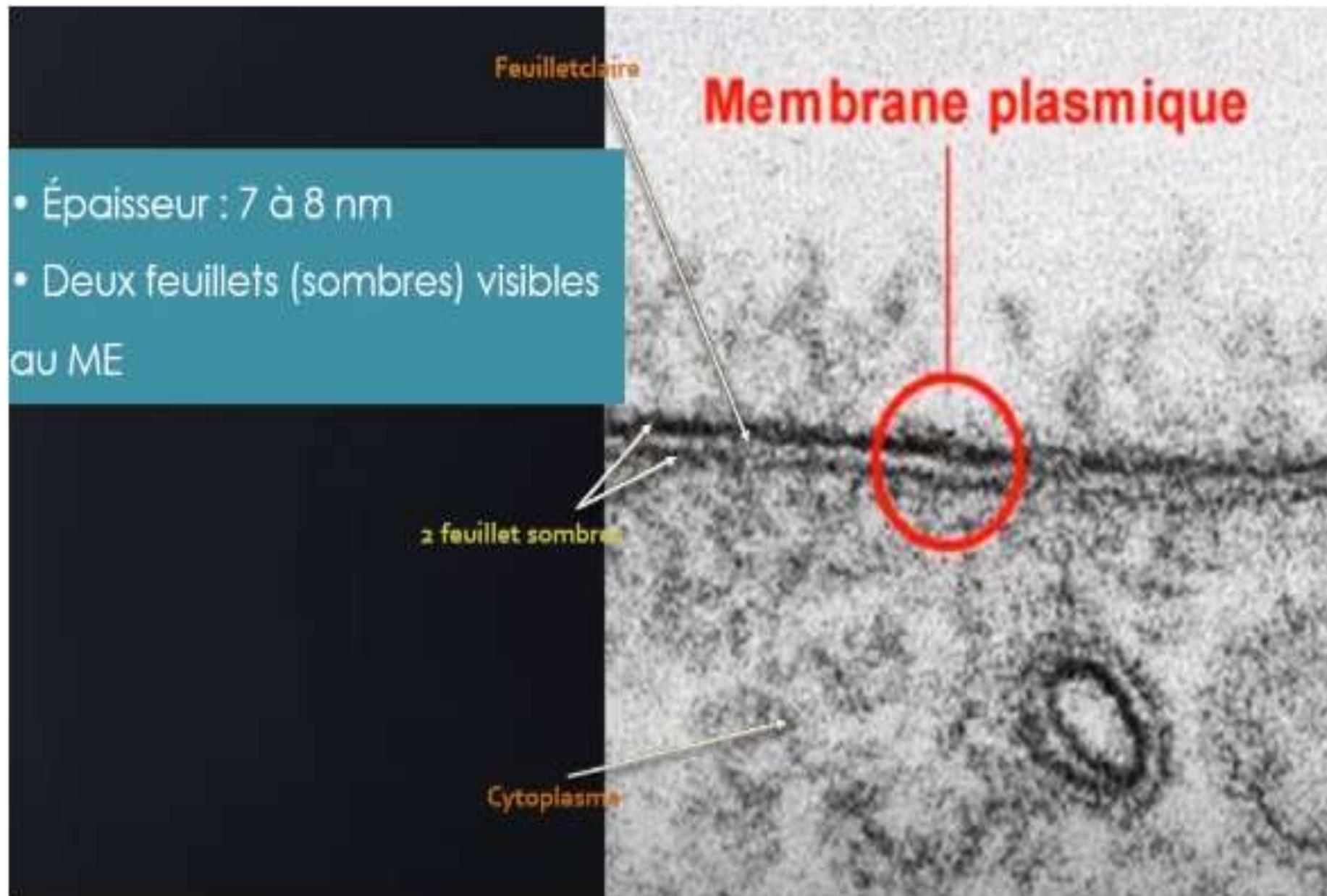
# Introduction

- En **biologie cellulaire**, la membrane désigne un assemblage de molécules sous forme d'une couche séparant la cellule de son environnement et délimitant les organites à l'intérieur de celle-ci. Elle est indétectable au microscope optique.

□ في علم الأحياء الخلوي، يُشير الغشاء إلى مجموعة من الجزيئات تُشكّل طبقةً تفصل الخلية عن محیطها وتحدد العضيات داخلها. لا يمكن مشاهدته تحت المجهر الضوئي. بالمجهر الإلكتروني **Oxyde d'Osmium** ، يظهر الغشاء كفيلم مستمر يتكون من ورتقين داكنتين يبلغ سمك كل منها حوالي 2 نانومتر، ويفصل بينهما ورقة فاتحة يبلغ سمكها حوالي 3 نانومتر،

- Au microscope électronique avec **Oxyde d'Osmium** , la membrane apparaît sous forme d'une pellicule continue composée de **2 feuilles sombre** d'environ **02 nm** chacun séparés par **1 feuillet clair** d'environ **03 nm**.

# Sous le microscope électronique



# Sous le microscope électronique

3 feuillets

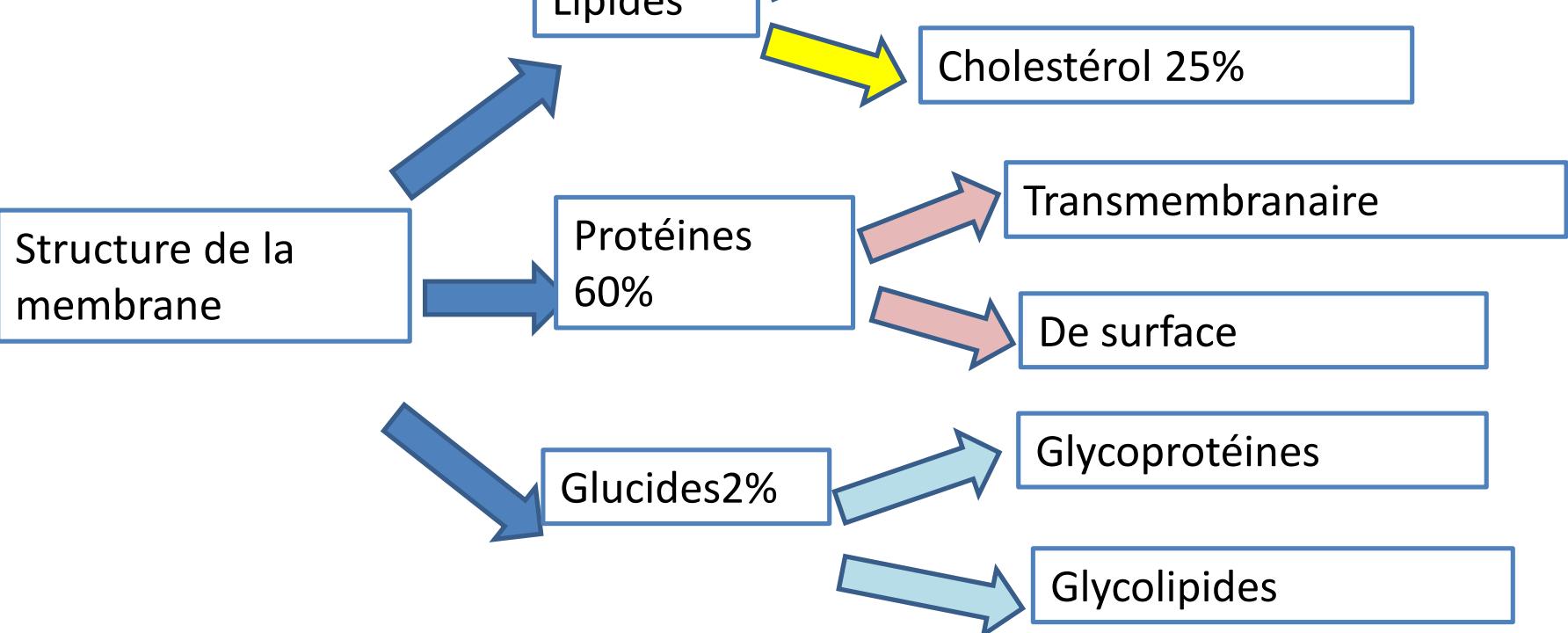
2 feuillets sombres

طبقتان داكنتان اللون

2,5nmx2

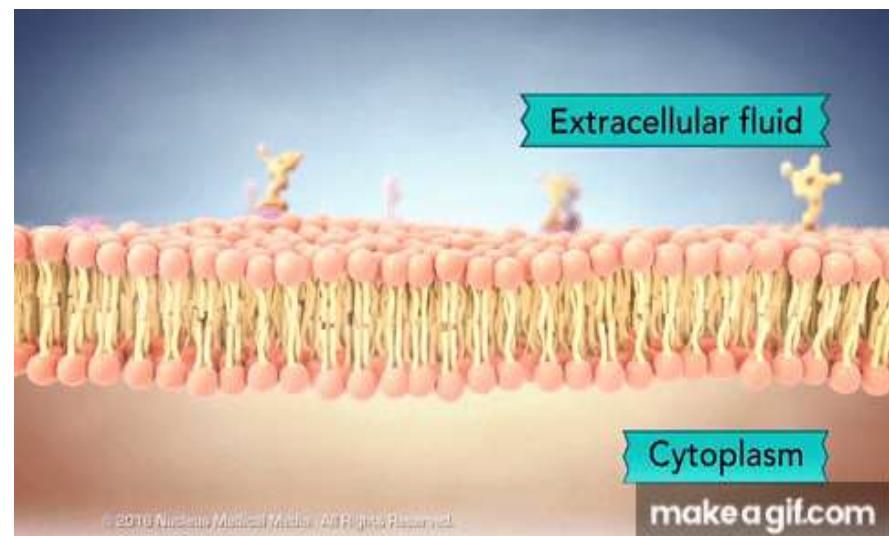
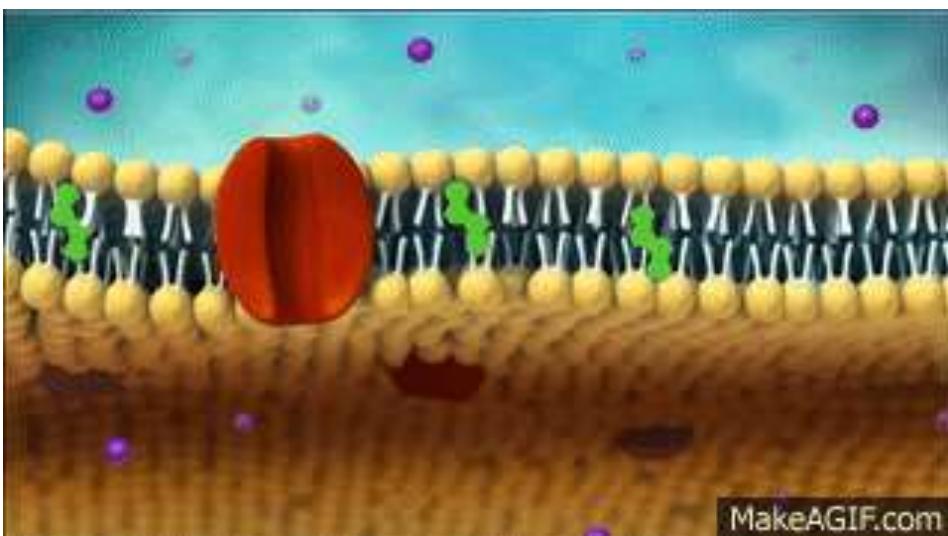
1 feuillet claire

طبقة فاتحة 3nm

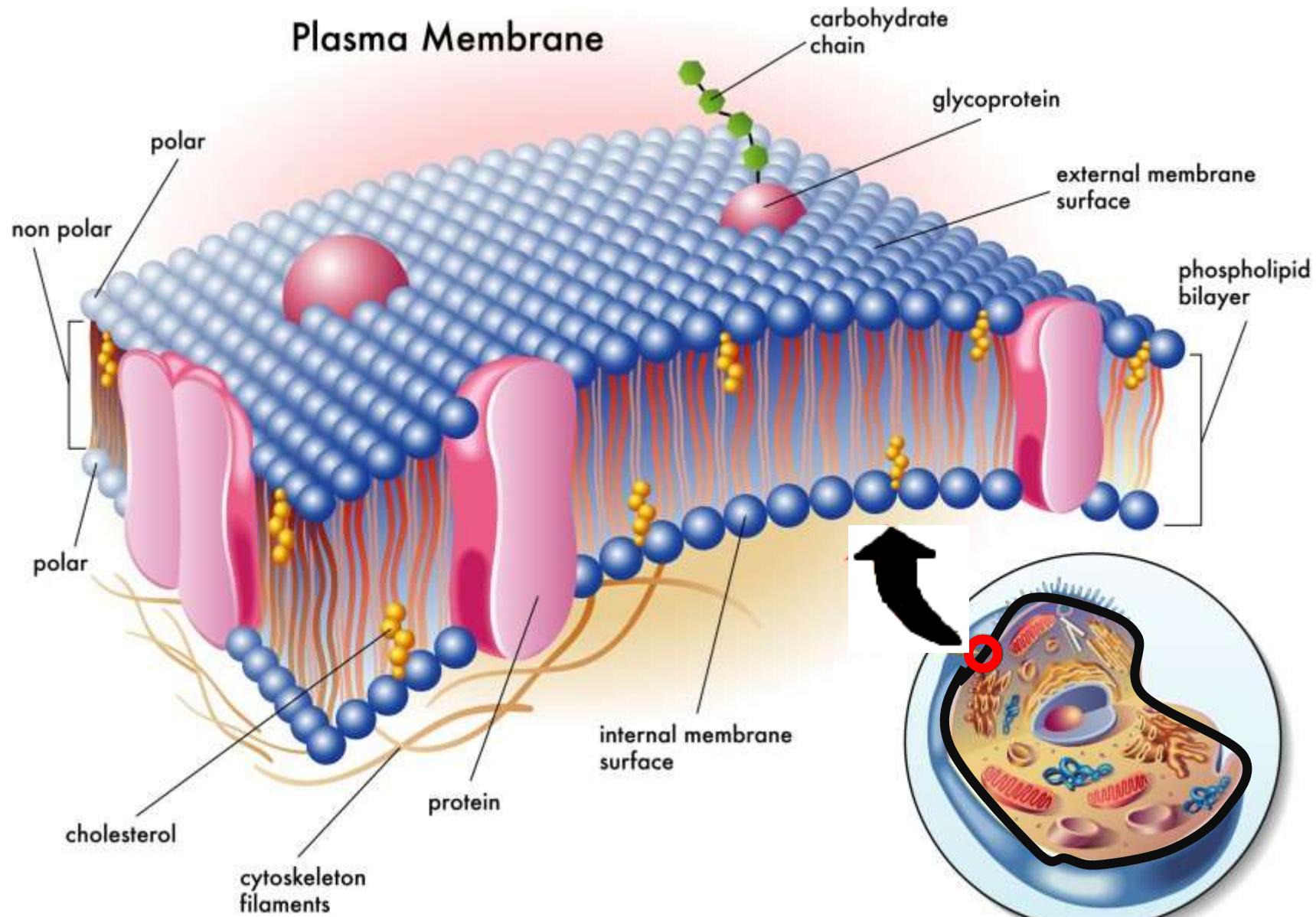


## Le modèle de Nicholson (et Singer) est le modèle de la mosaïque fluide 1972

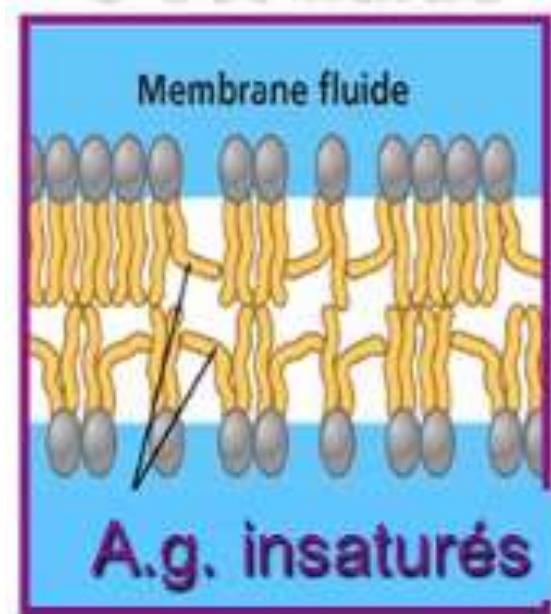
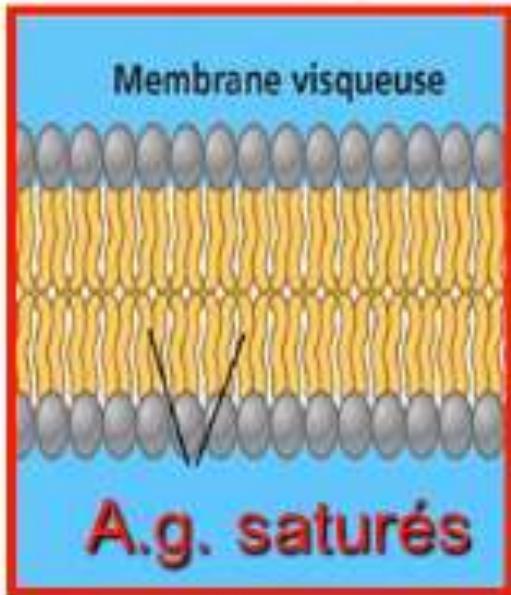
- Décrivant la membrane plasmique comme **une bicouche lipidique fluide**, une sorte de "mer" de phospholipides avec des protéines (intégrales et périphériques) et des glucides (sur la face externe) dispersés comme des "îlots", pouvant se déplacer librement, assurant ainsi la dynamique et les fonctions variées de la membrane.
- نموذج نيكولسان 1972: وصف الغشاء البلازمي بأنه طبقة ثنائية من الدهون السائلة، مثل "بحر" من الفسفوليبيدات مع البروتينات (الضمنية والمحيطية) والكربوهيدرات (على السطح الخارجي) المنتشرة مثل "الجزر"، القادرة على التحرك بحرية، الشيء الذي يضمن ديناميكيات ووظائف الغشاء المتنوعة.



## Modèle de Singer et Nicholson 1972



# Facteurs influençant la fluidité

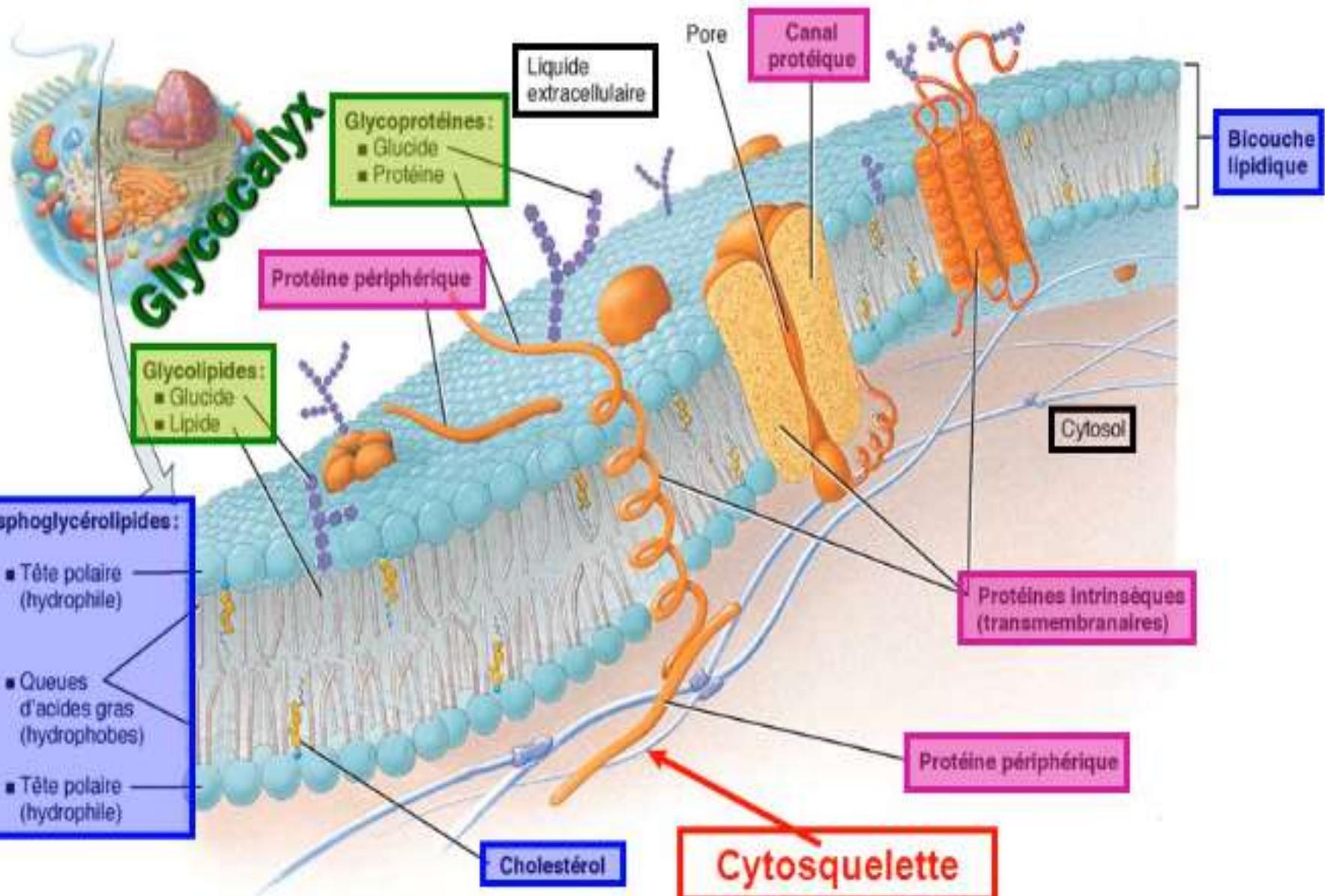


+ il y'a les A.gras insaturés et + la membrane est fluide

les A. gras insaturés s'entasse moins que les A.gras saturés

+ il y'a de l'espace et + c'est fluide

# Asymétrie membranaire



يتم توزيع الدهون الغشائية بشكل غير متماثل عبر الوريقتين.

### Les lipides membranaires répartis de façon asymétrique sur les 2 feuillets

- ❖ Feuillet externe : Sphingomyéline, Phosphatidylcholine, Glycolipides ;
- ❖ Feuillet interne: Phosphatidyléthanolamine, Phosphatidylsérine, phosphatidylinositol

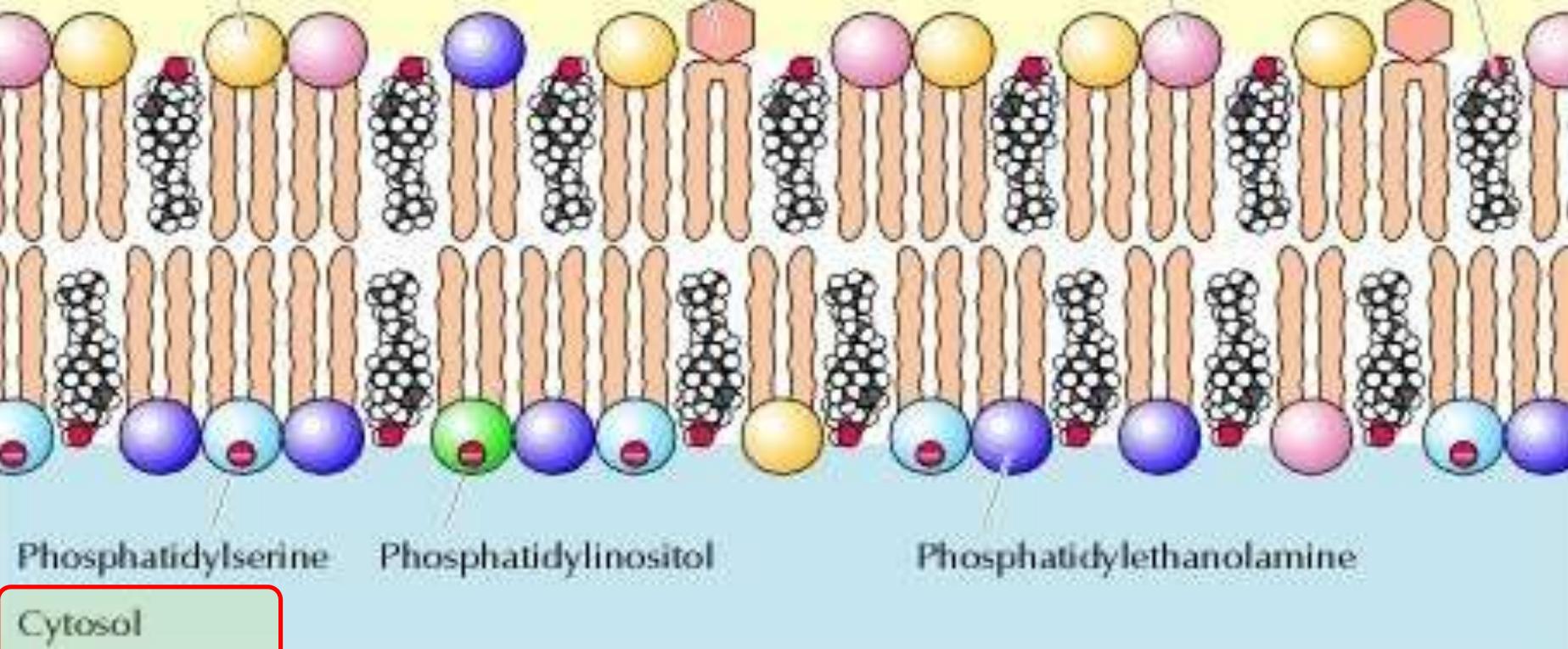
Outside of cell

Sphingomyelin

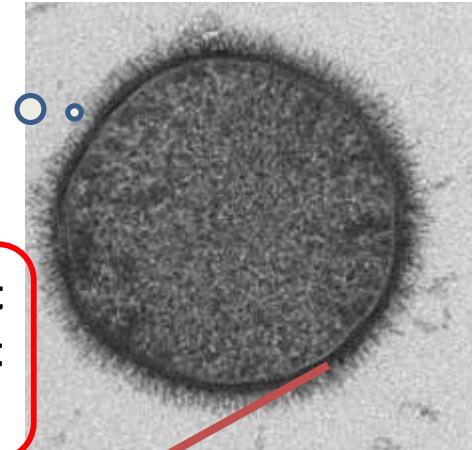
Glycolipid

Phosphatidylcholine

Cholesterol

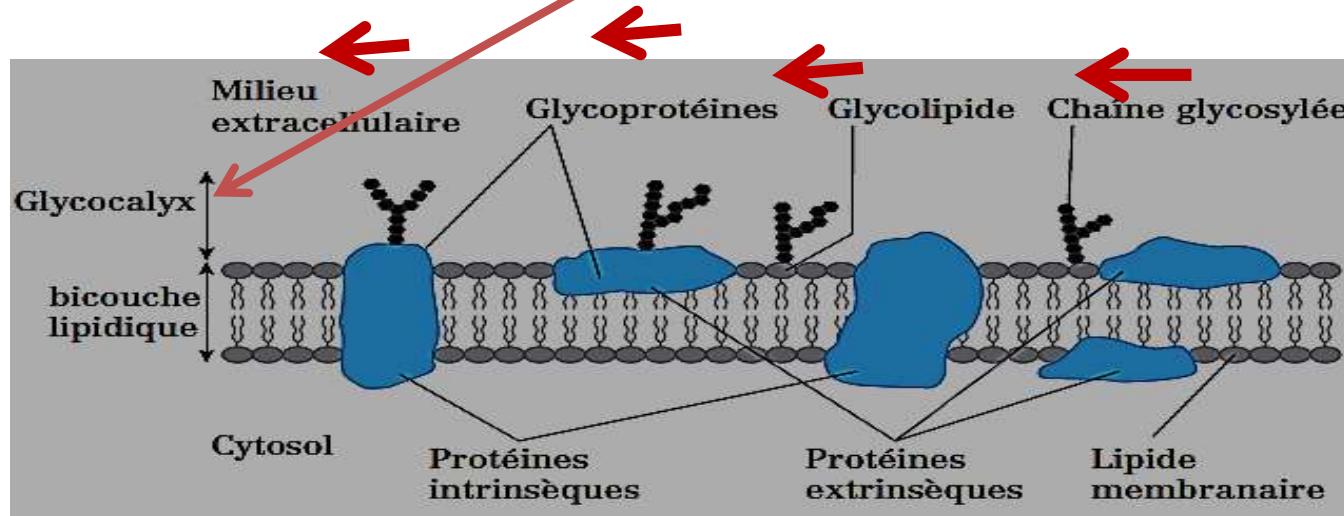


# Le cell coat ou (Glycocalyx):une conséquence de l'asymétrie



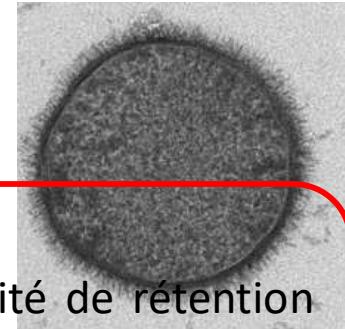
Le glycocalyx est un revêtement fibrillaire appelé cell-coat, il s'agit d'une couche de glucides présente uniquement sur le feuillet externe de la membrane plasmique.

Le glycocalyx est constitué de glycoprotéines; glycolipides, protéoglycanes



# Le cell coat ou (Glycocalyx):une conséquence de l'asymétrie

Glycocalyx de  
*Bacillus subtilis*



## Les protoglycanes:

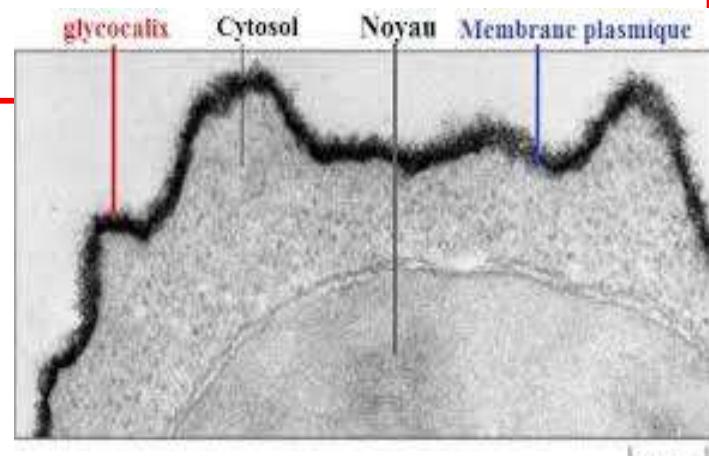
**Hydratation et protection** de la surface cellulaire grâce à leur forte capacité de rétention d'eau.

**Reconnaissance et adhésion cellulaire** en interagissant avec d'autres molécules.

**Régulation des interactions cellulaires** via des récepteurs membranaires.

## Rôles de l'asymétrie:

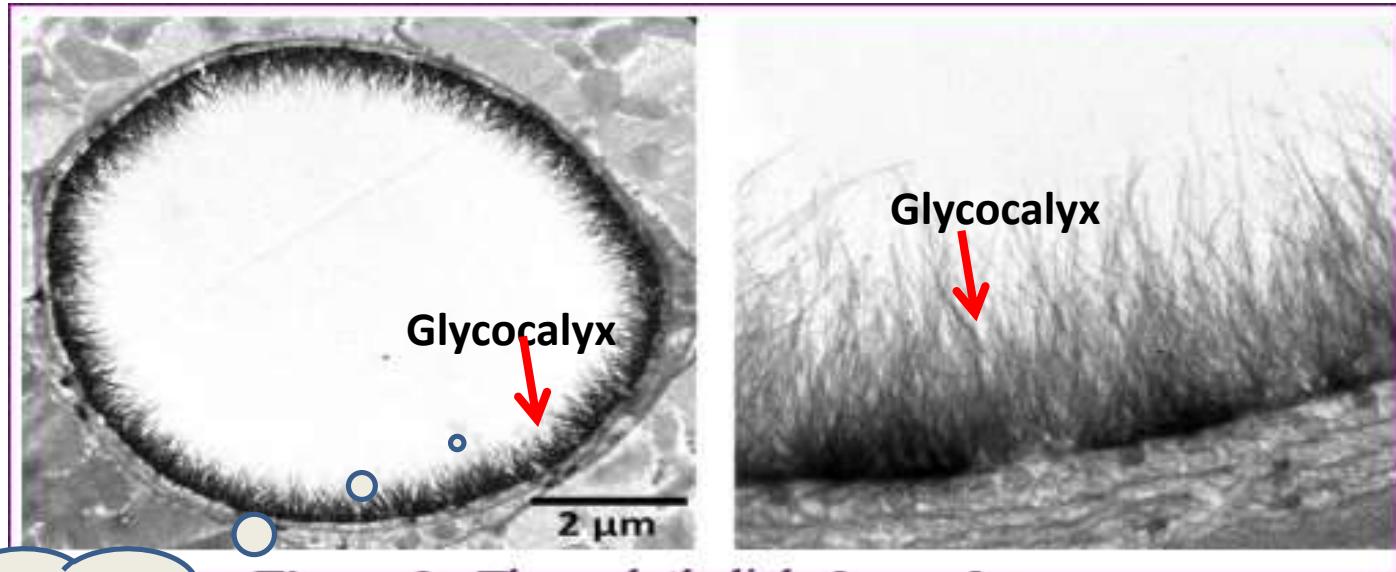
- Maintien de la polarité cellulaire**
- Signalisation cellulaire** (ex. : l'exposition de la **phosphatidylsérine** sur le feuillet externe peut signaler l'apoptose) **eat me !**
- Interaction avec l'environnement extracellulaire**



200 nm

# Le cell coat ou (Glycocalyx):une conséquence de l'asymétrie

MP



The endothelial  
glycocalyx

يعتبر تدهور **الغليوكاليكس البطاني** مرحلة مبكرة في تطور جميع المضاعفات الوعائية المزمنة.

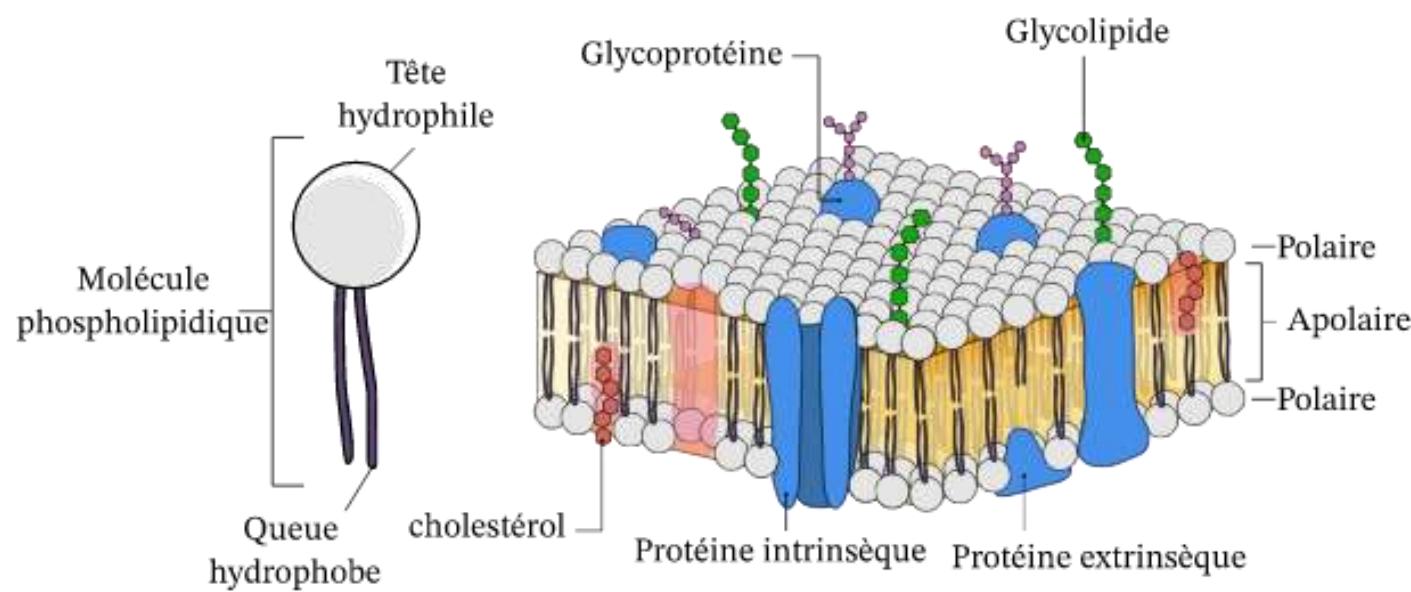
La détérioration du **glycocalyx endothérial** est considérée comme une étape précoce dans l'apparition de toutes les complications vasculaires chroniques

## Phospholipides

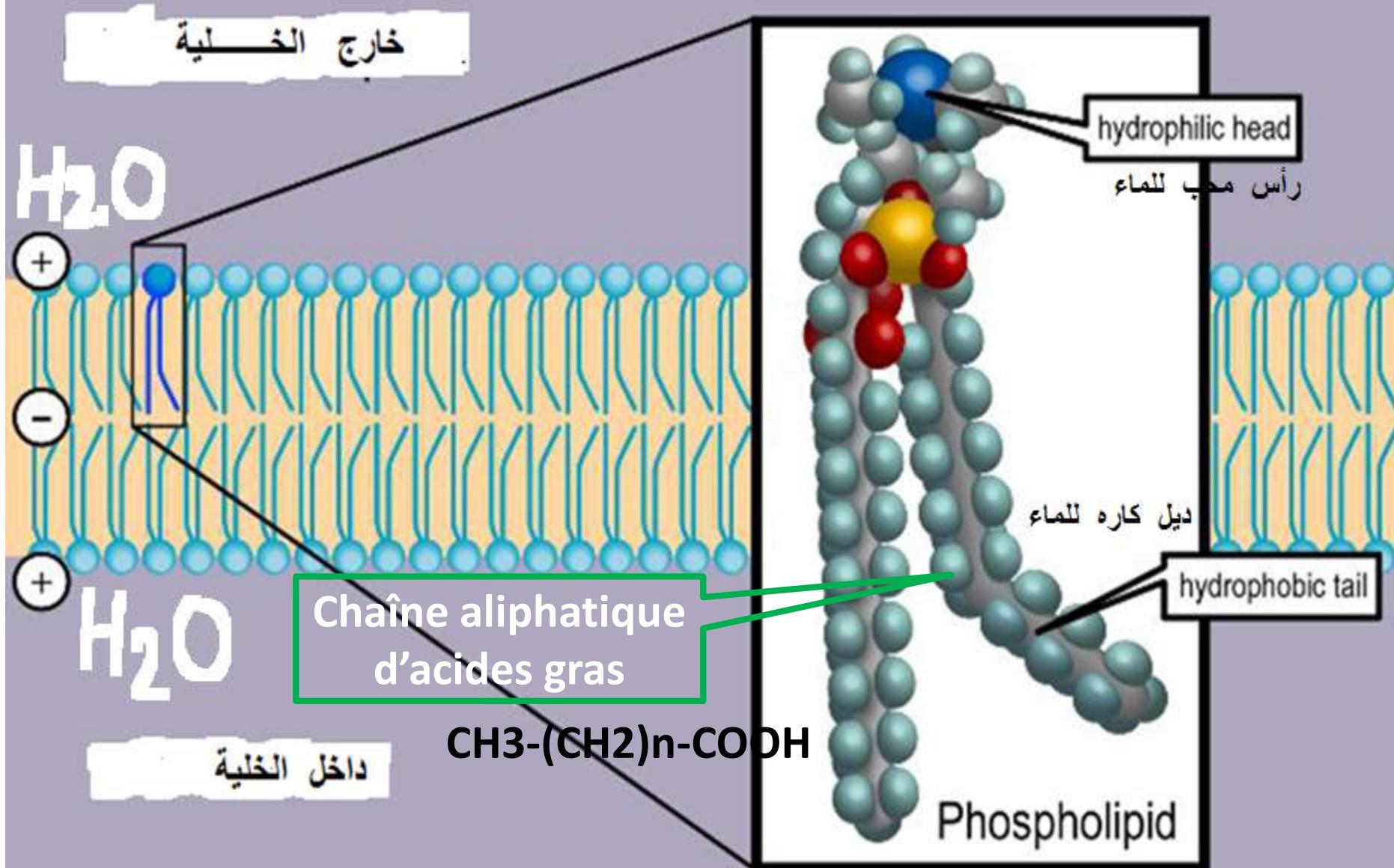
hydrophobe

hydrophile

Les **phospholipides** sont les constituants essentiels des **membranes cellulaires**, avec des molécules de **cholestérol**, ils s'organisent en **bicouche lipidique** dans laquelle les queues **hydrophobes** sont orientées vers l'intérieur de la structure tandis que les têtes polaires **hydrophiles** forment les deux surfaces de la bicouche,

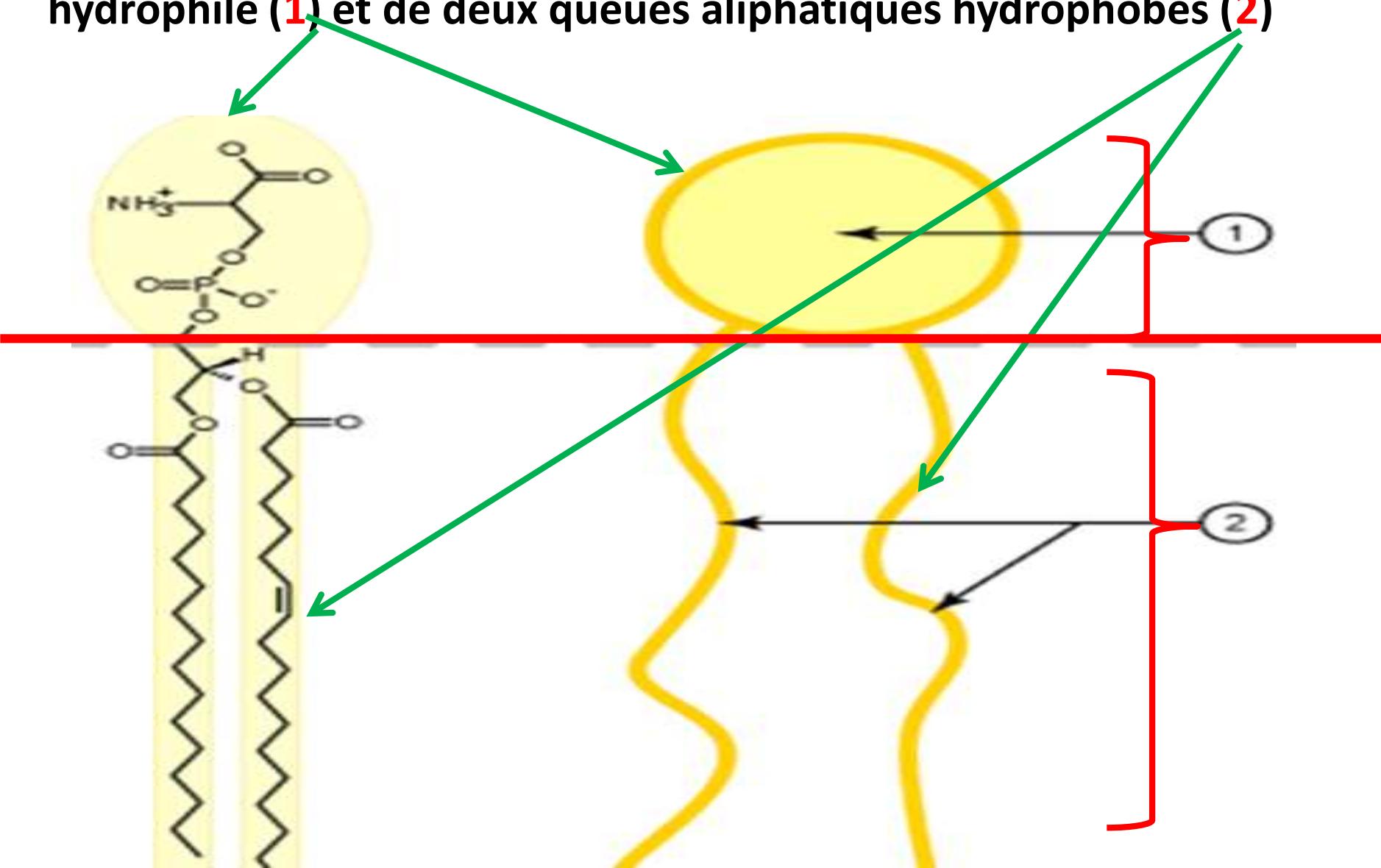


# Structure des phospholipides

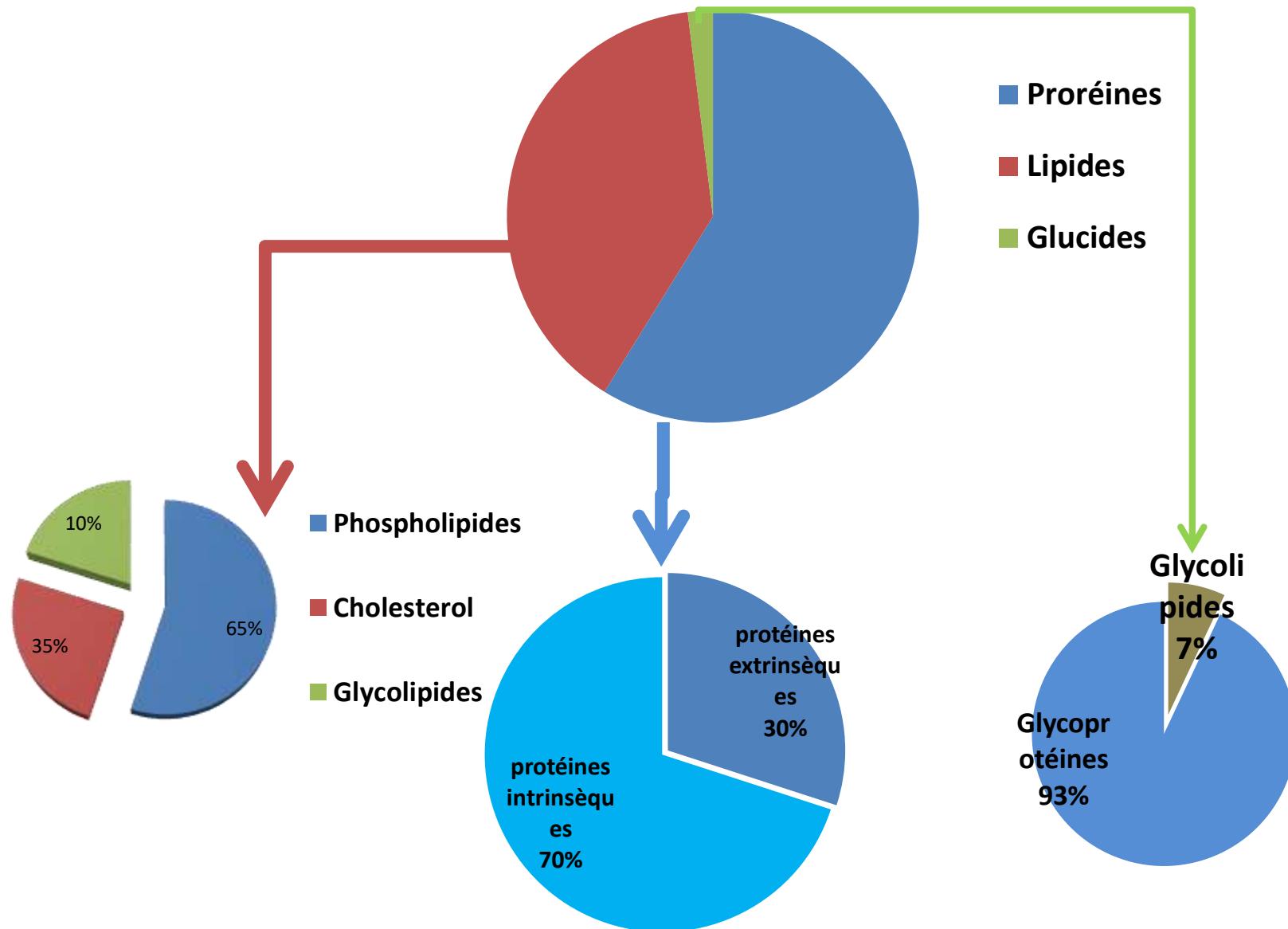


## Représentation schématique de quelques phosphoglycérides

Ce sont des lipides amphiphiles constitués d'une tête polaire hydrophile (1) et de deux queues aliphatiques hydrophobes (2)



## 2. Composition biochimique



## **2.1. Lipides membranaires**

### **2.1.1. Phospholipides**

**a. Phosphoglycérides**

**b. Sphingolipides**

### **2.1.2. Cholestérol**

### **2.1.3. Glycolipides**

## Lipides membranaires

Il existe 2 types de phospholipides

a) Phosphoglycérides

b) Sphingolipides

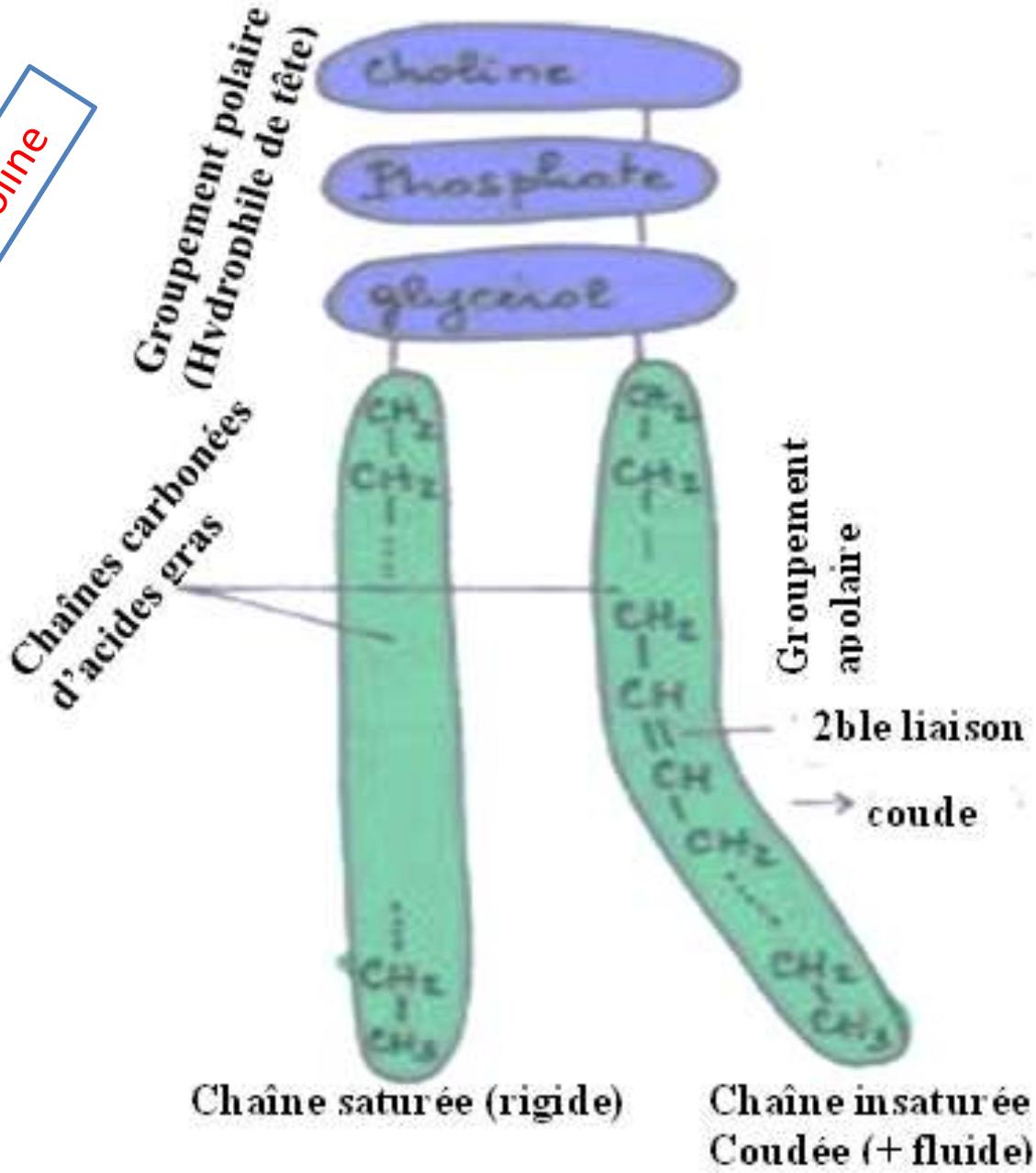
structure de base constituée d'une tête de glycérol liée à deux acides gras et à un groupe phosphate

Ex.: Phosphatidylcholine,  
phosphatidyléthanolamine,  
phosphatidylsérine et la  
phosphatidylinositol

structure de base composée d'une sphingosine (un acide aminé modifié) liée à un acide gras et à un groupe phosphate.

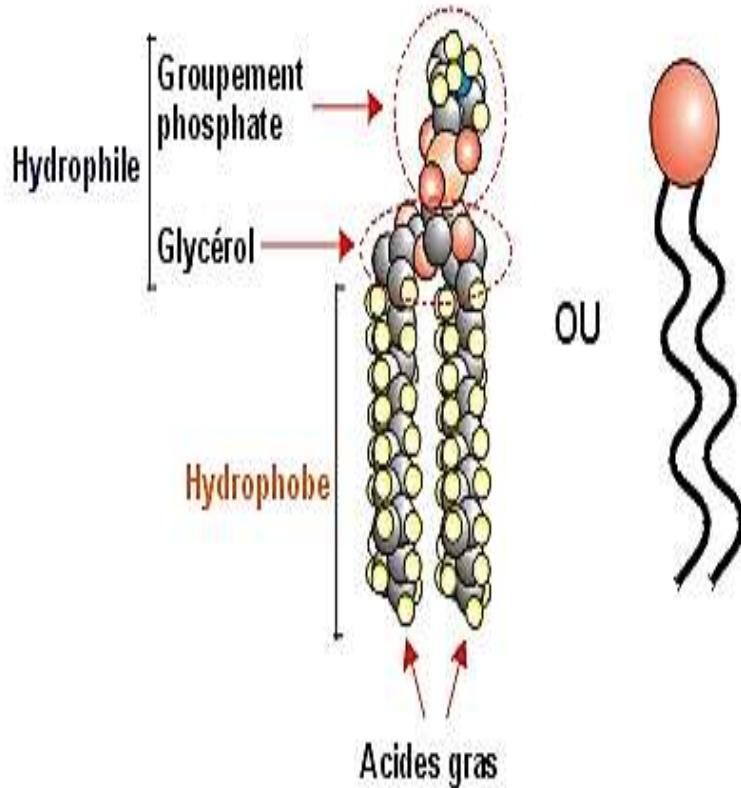
Ex: La sphingomyéline est un exemple courant de sphingolipide

## Phosphatidylecholine

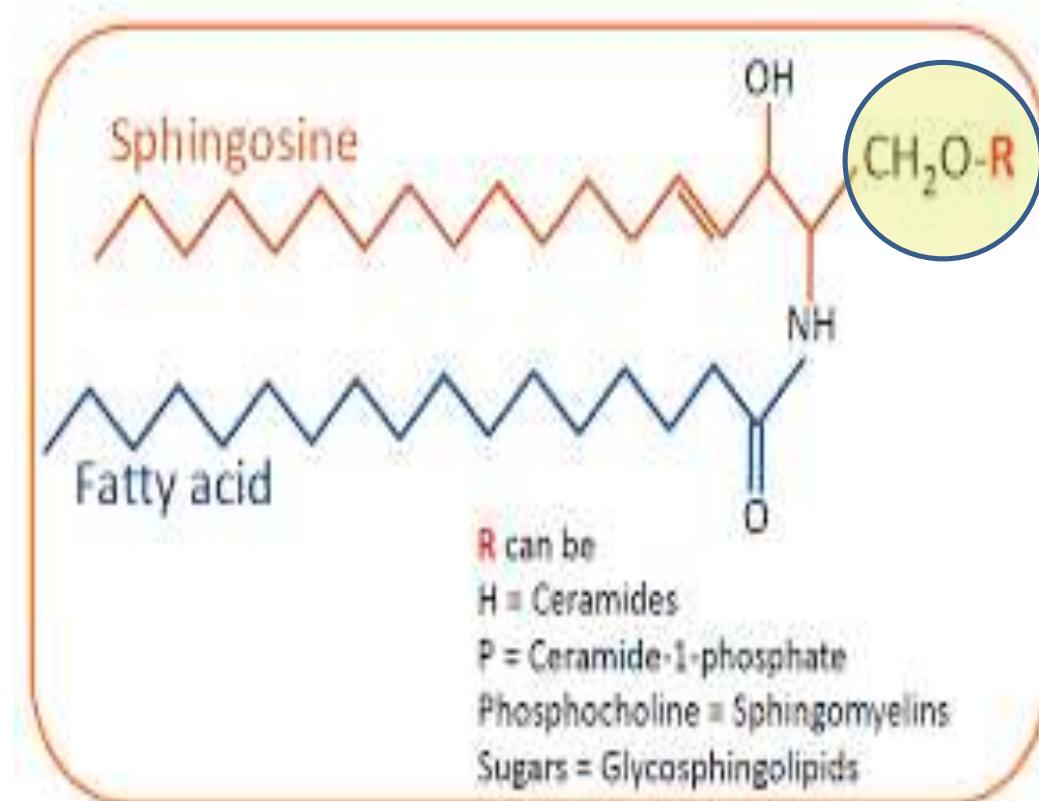


## Les phospholipides

### a. Les phosphoglycérides



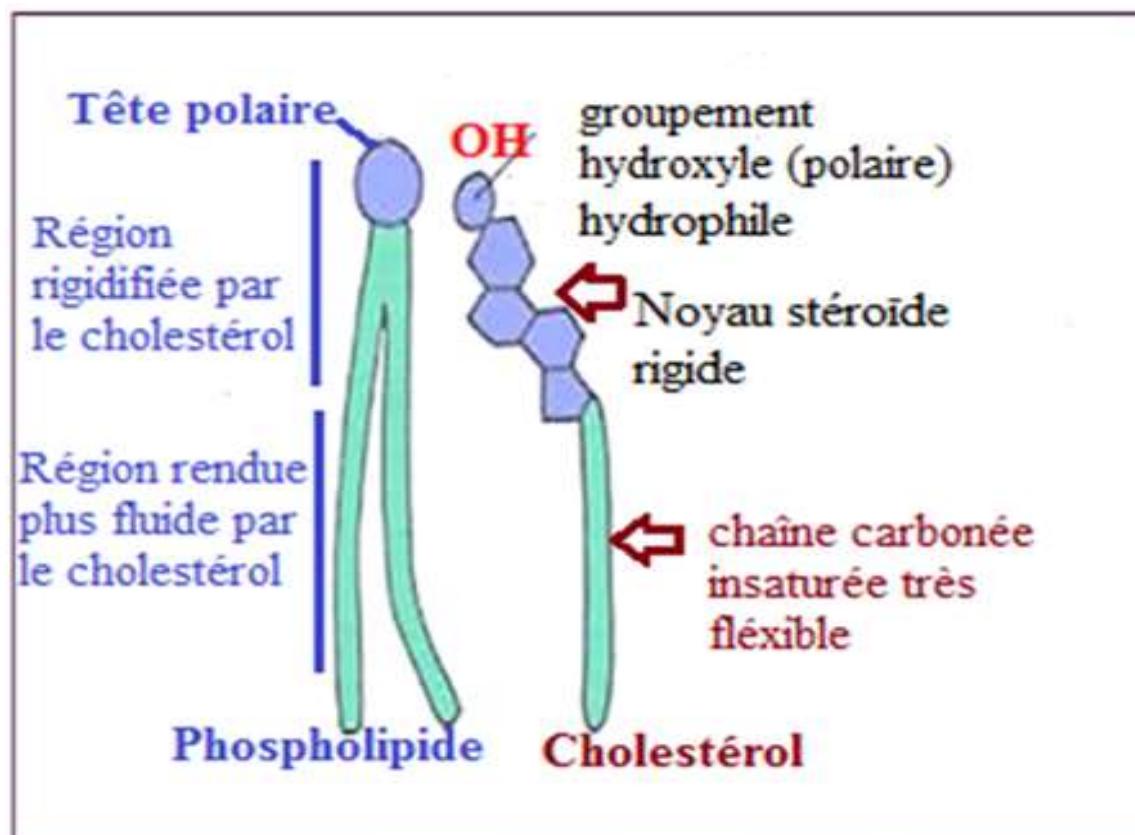
### b. Les sphingolipides



## الخصائص ثنائية القطب والمحبة للدهون الغشائية

### Propriétés bipolaires et amphiphiles des lipides membranaires

Propriétés bipolaires et amphiphiles = une région hydrophobe, et une région hydrophile, capable d'interagir avec l'eau

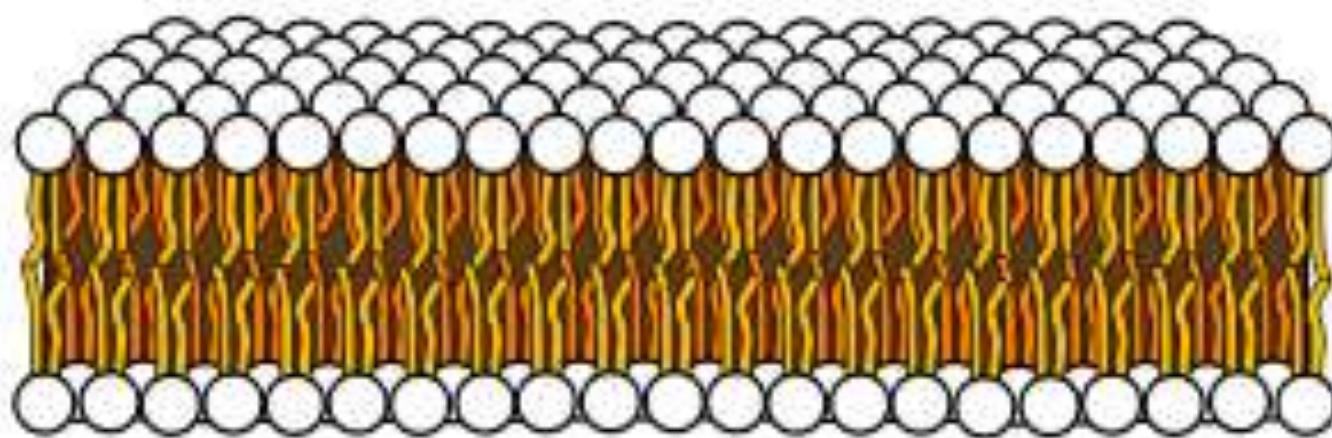


## التجمیع الذاتی للدهون

## Autoassemblage des lipides

تتمتع الدهون بالقدرة على تجمیع نفسها لتشكيل طبقة ثنائیة الدهون، وهي الأساس البنیوي للأغشیة البيولوجیة.

Les lipides ont la capacité de s'autoassembler pour former une **bicouche lipidique**, la base structurelle des membranes biologiques.

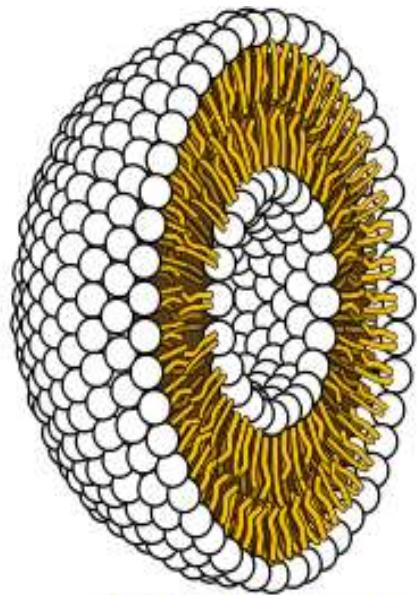


# Bicouche lipidique

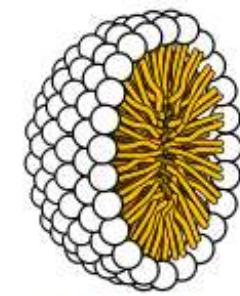
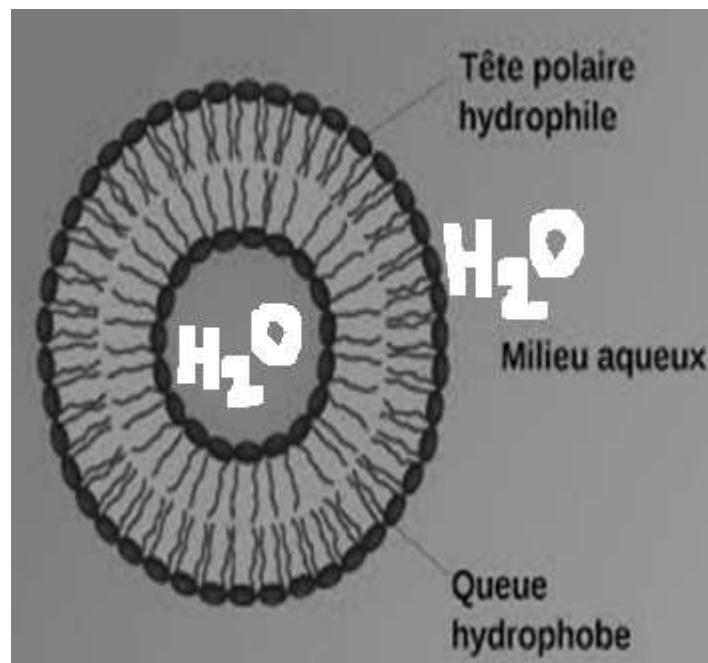
إغلاق ذاتي

Autofermeture

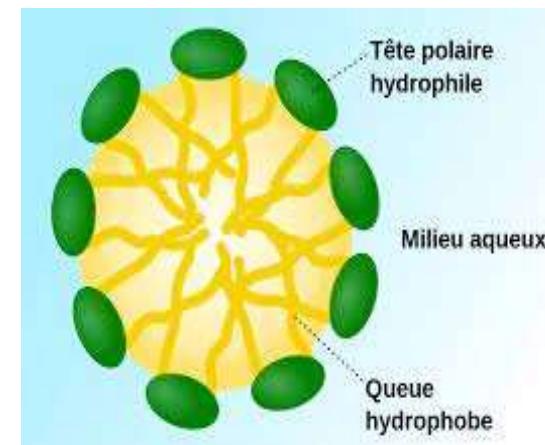
Certains lipides, comme les phospholipides, peuvent s'autofermer pour former des vésicules, des structures fermées sphériques, en raison de leur nature **amphipathique**.



Liposome



Micelle



## Mouvement des lipides dans la bicouches

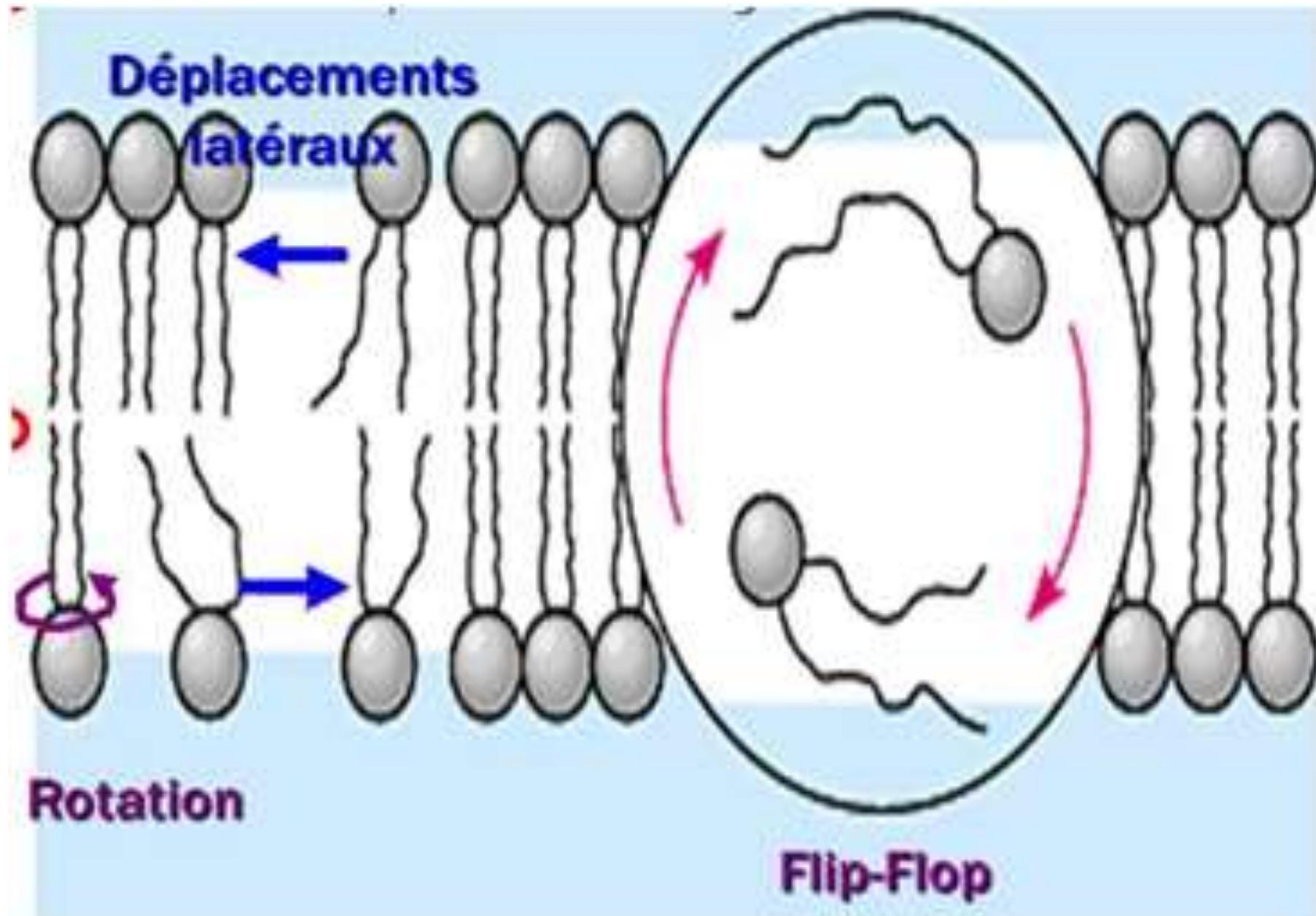
Les lipides se déplacent dans la double couche lipidique par 3 types de MVTs

1) Diffusion latérale : les MVTs de déplacement latéraux sont rapides ( $1\text{ }\mu\text{m/s}$  à  $37^\circ\text{C}$ , soit  $\approx 10^{-8}\text{ cm/s}$ ).

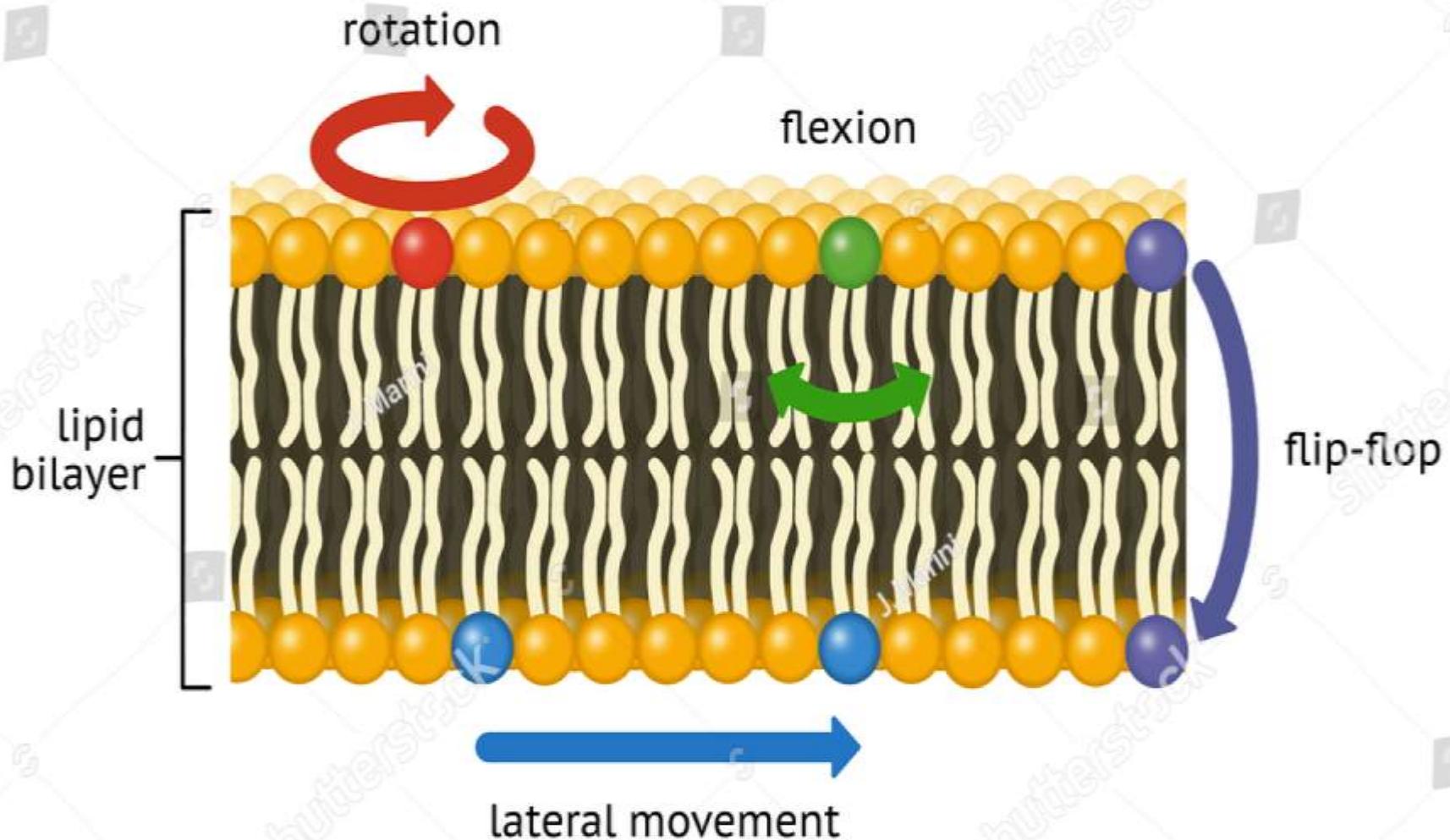
2) MVTs de rotation : les lipides tournent fréquemment sur eux-mêmes autour de leur axe longitudinal.

3) MVTs de bascule (ou *flip-flop*): les lipides peuvent passer d'1 bicouche à l'autre par 1 MVT de bascule. MVT lent : la tête polaire du lipide doit traverser le cœur hydrophobe de la bicouche.

# Fluidité d'une membrane



# MOVEMENT OF PHOSPHOLIPIDS



## Deux grands types de protéines membranaires :

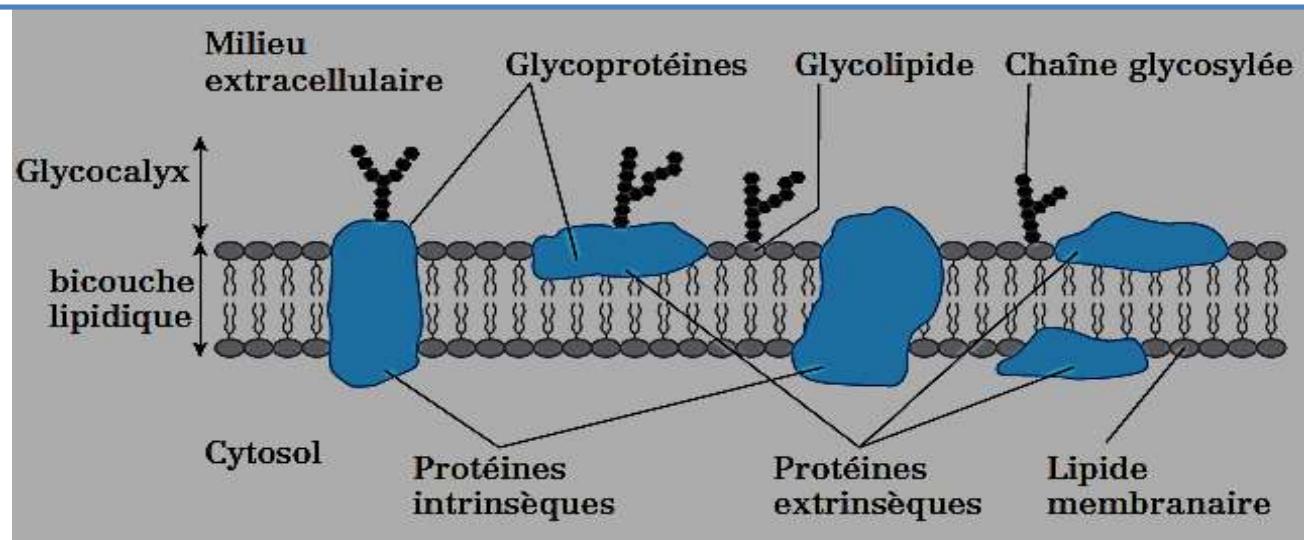
نوعان رئيسيان من البروتينات الغشائية :

البروتينات الطرفية أو الخارجية (extra et intra C<sup>aire</sup>) غير مدمجة في الطبقة الدهنية الثنائية و غالباً ما تكون مرتبطة بالبروتينات الجوهرية

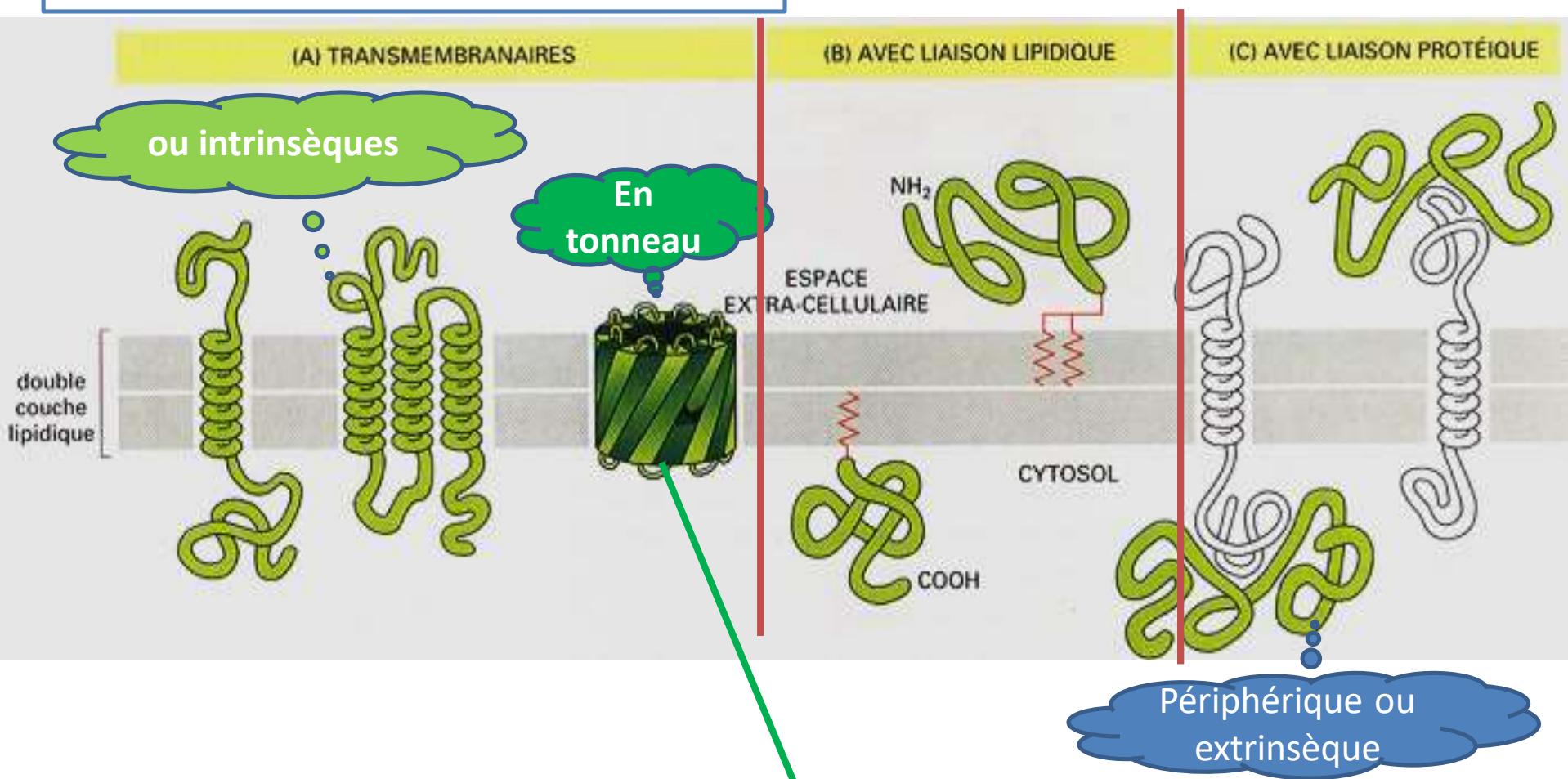
1) Les protéines périphériques ne sont pas intégrées à la bicoche lipidique.

(2) البروتينات الجوهرية أو (عبر الغشائية) أو الضمنية التي تخترق النواة الكارهة للماء في الطبقة الدهنية الثنائية.

2) Protéines intrinsèques, transmembranaires ou intégrées qui pénètrent dans la couche hydrophobe de la bicoche lipidique



## Protéines membranaires



- Les protéines membranaires **en tonneau  $\beta$**  (ou  $\beta$ -barrel) se trouvent principalement dans les membranes externes **des bactéries à Gram négatif**;
- Membrane externe **des mitochondries** et **chloroplaste** (transport passif)

## شرح تفصيلي مبسط

- **تكوين البروتين:** تحتوي البروتينات المتكاملة التي تخترق الغشاء على مناطق محبة للماء وأخرى كارهة للماء.
- **آلية الاختراق:** عندما يخترق البروتين الطبقة الدهنية الثانية، فإن الجزء الملamus للغشاء يكون كارهًا للماء (غير قطبي)، مما يسمح له بالارتباط مع الذيل الكاره للماء لدهون الغشاء.
- **المناطق المحبة للماء:** تكون المناطق المحبة للماء (القطبية) من البروتين معرضة للخارج أو الداخل الخلية، في بيئة مائية، حيث تتفاعل مع جزيئات الماء.
- **أمثلة على البروتينات عبر الغشائية:** تشمل هذه البروتينات قنوات الأيونات، والناقلات، والمستقبلات، بالإضافة إلى بروتينات ذات وظائف إنزيمية.

- **Mécanisme de pénétration :** Lorsqu'une protéine traverse la bicouche lipidique, sa portion liée à la membrane est hydrophobe (non polaire), ce qui lui permet de se lier à la queue hydrophobe du lipide membranaire.
- **Régions hydrophiles :** Les régions hydrophiles (polaires) de la protéine sont exposées à l'extérieur ou à l'intérieur de la cellule, dans un milieu aqueux, où elles interagissent avec les molécules d'eau.
- **Exemples de protéines transmembranaires :** Il s'agit notamment des canaux ioniques, des transporteurs et des récepteurs, ainsi que des protéines à fonction enzymatique.

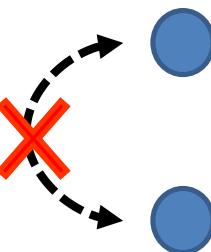
## Mobilité des protéines حرحة البروتينات

□ 2 types de Mvmts possibles pour les protéines :

1) Mouvement de rotation  
الدائرية

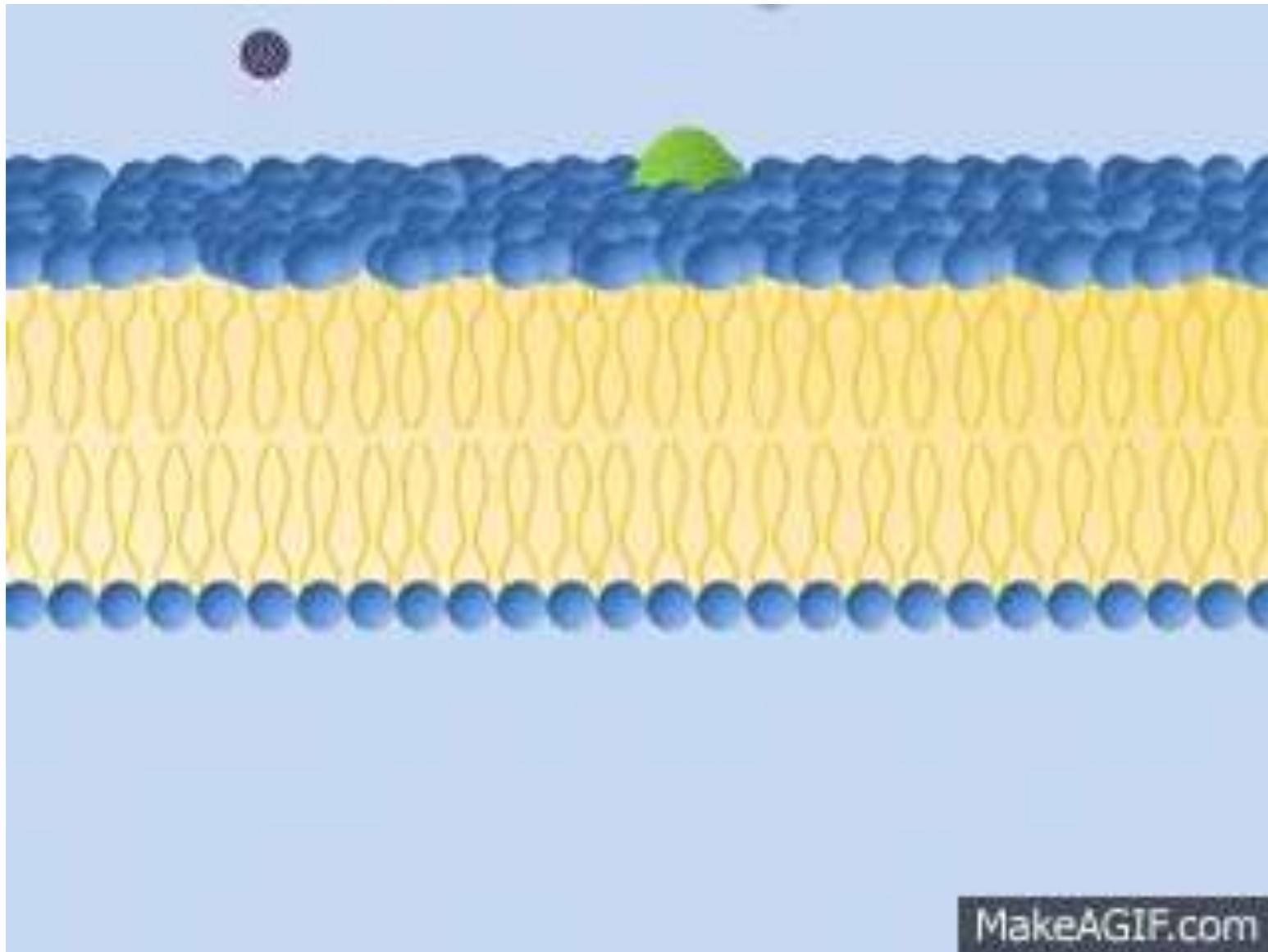


2) Diffusion latérale



- Pas de *flip-flop*

# Mouvement des protéines



## خصائص الغشاء

### Propriétés des protéines membranaires

**(a) المرونة Fluidité:** تعتمد مرونة البروتينات الغشائية على بنيتها ثلاثية الأبعاد وتفاعلها مع الدهون المحيطة.

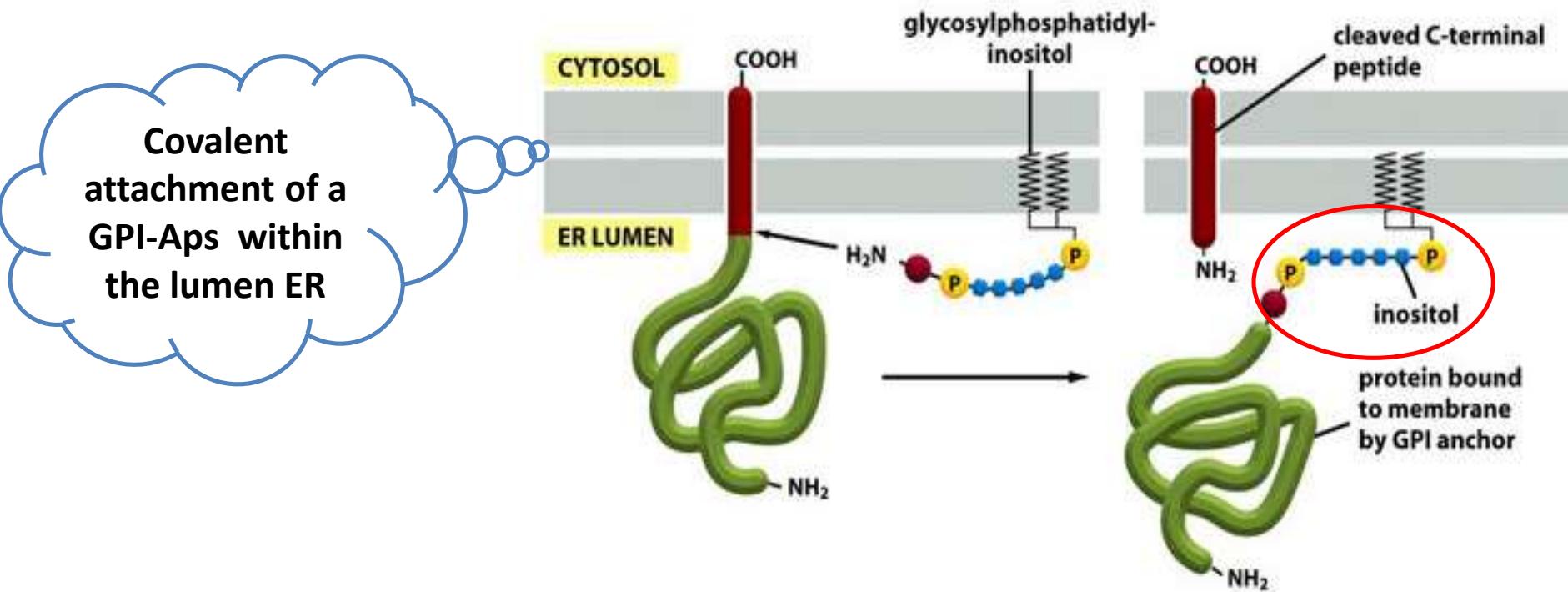
**(b) التثبيت Anchorage :** يمكن تثبيت بروتينات الغشاء على الغشاء عن طريق بروتينات GPI الكارهة للماء أو حذرونات ألفا أو المجالات عبر الغشاء الكارهة للماء

**GlycosylPhosphatidylInositol :** Le (GPI) هو مرسة دهنية تسمح بتثبيت بروتينات معينة على الغشاء البلازمي للخلايا

Le GPI est composé de plusieurs éléments :

1. Un phosphatidylinositol → Un lipide ancré dans la membrane.
2. Un motif glycanique (oligosaccharide) → Souvent constitué de mannose et de glucosamine.
3. Un pont phosphoéthanolamine → Qui relie le GPI à la protéine.

- Présent principalement sur la **face externe de la MP** des cellules eucaryotes.
  - Permet l'ancrage de protéines membranaires sans passer par une région **transmembranaire**.
  - Impliqué dans la **signalisation cellulaire**, l'adhésion et la reconnaissance cellulaire.
- يتواجد بشكل أساسي على السطح الخارجي للغشاء البلازمي للخلايا حقيقة النواة. يسمح بثبيت بروتينات الغشاء دون المرور عبر الغشاء. يشارك في إشارات الخلايا، والالتصاق، والتعرف على الخلايا..

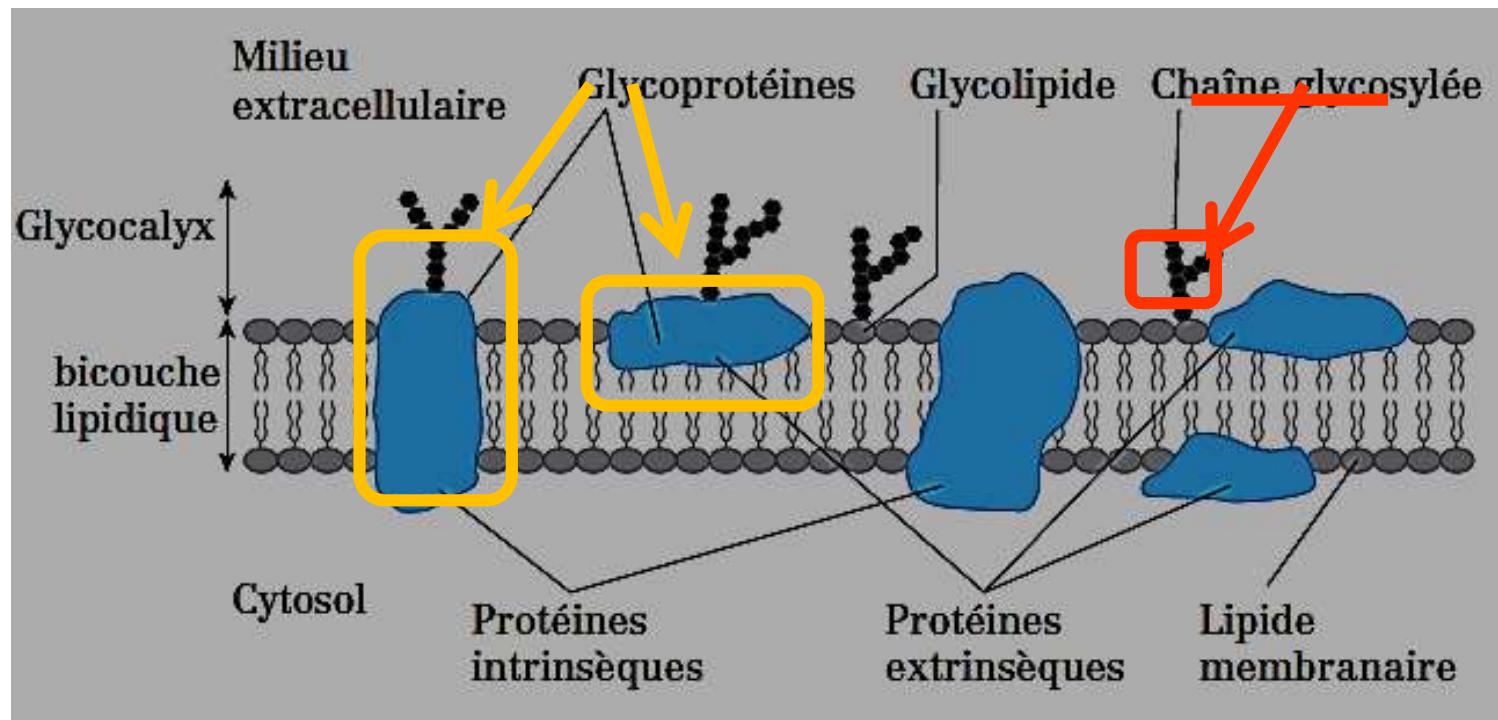


## Pathologie associées

- Certaines enzymes, récepteurs et protéines d'adhésion utilisent cette ancre (ex : protéines du système immunitaire comme CD55 et CD59)
- L'acétylcholinestérase (enzyme qui dégrade l'acétylcholine dans la synapse) est une protéine ancrée à la membrane via une ancre GPI.
- Les défauts dans l'ancrage GPI peuvent causer des maladies, comme **l'hémoglobinurie paroxystique nocturne (HPN)**, due à un défaut de fixation de protéines régulatrices du complément. Comme CD55 et CD59,
- L'HPN est une maladie grave caractérisée par une destruction excessive des globules rouges due à une mutation acquise du gène PIGA. Elle se manifeste par une hémoglobinurie matinale, une anémie, et un risque élevé de thromboses.
- **الهيموغلوبين النقي الليلي (PNH)** مرض خطير يتميز بدمير مفرط لخلايا الدم الحمراء نتيجة طفرة مكتسبة في جين PIGA. يتجلّى هذا المرض بفقر دم، وارتفاع خطر الإصابة بالجلطات.

## Les glucides membranaires sont liés soit

- À des lipides : **glycolipides**
- Ou à des protéines : **glycoprotéines et protéoglycane**



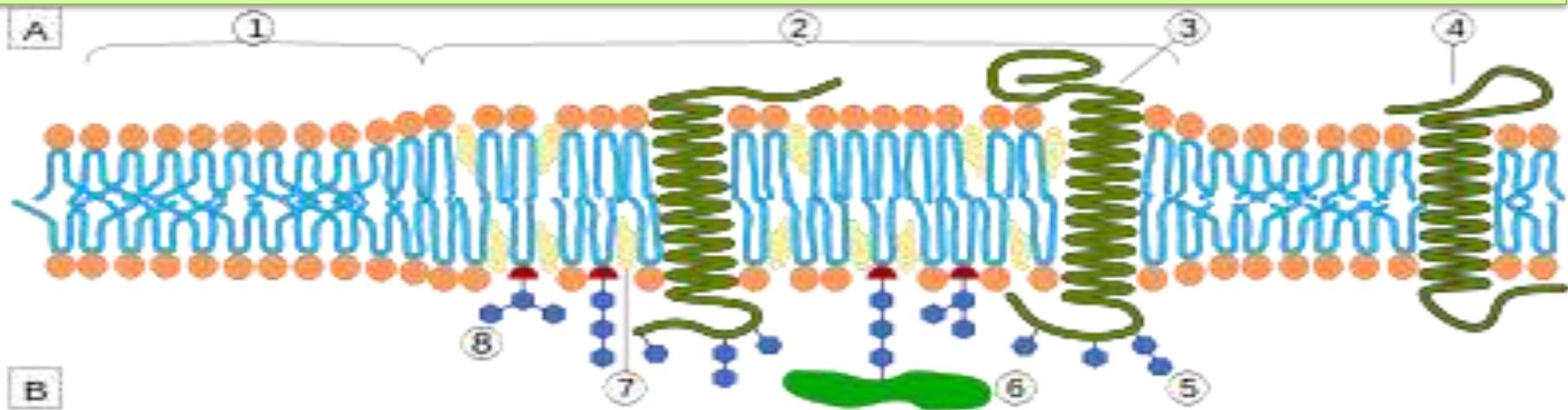
## Microdomaine membranaire= Radeau lipidique (lipid rafts)

الطوافة الدهنية

إنه مجال صغير من غشاء الخلية غني بالسفينجوليبيدات والكوليسترول وبعض البروتينات المحددة

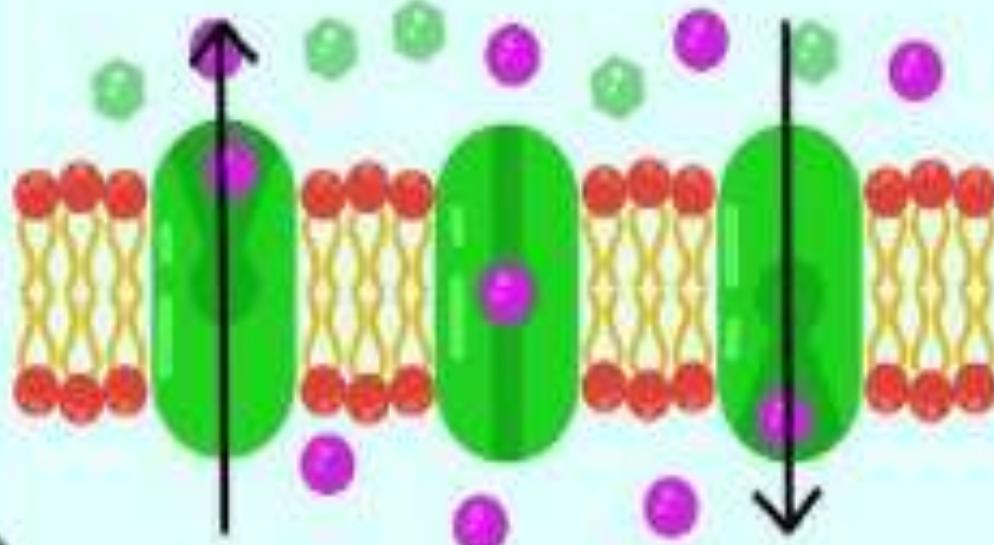
•

- C'est un microdomaine de la membrane cellulaire riches en sphingolipides, en cholestérol et en certaines protéines spécifiques



1. Membrane cellulaire sans radeau lipidique, 2. Radeau lipidique
3. Radeau lipidique associé à des protéines transmembranaires,
4. Protéines transmembranaires, 5. Modification post-traductionnelle glycosylation (glycoprotéines et glycolipides), 6. GPI-anchored protein, 7. Cholestérol, 8. Glycolipide. A?, B?

# Comment la cellule fait-elle circuler ses matériaux ?



Mécanismes de transport cellulaire

## Notion de base

- Soluté, solvant et Solution

Solvant + Soluté  
= Solution

Principe de la diffusion  
(simple et facilitée)

Transport passif

Principe de l'Osmose

- Transport membranaire

Transport actif

Primaire  
(pompe)

Secondaire  
(Cotransport)

Transport vésiculaire (bulk transport) ou Cytotique

Exo et Endocytose

مفاهيم قاعدية

- Soluté, solvant et Solution

المذيب + المذاب =  
المحلول

مبدأ الانتشار (البسيط  
والميسر)

• النقل الغشائي

النقل النشط

الابتدائي  
(مضخة)

الثانوي  
(المشتراك)

مبدأ  
l'Osmose  
التناضح

النقل الحويصيلي  
(bulk transport) ou Cytotique

الإخراج الخلوي والبلعمة الخلوية

Perméabilité sélective de la membrane plasmique: certaines molécules passent **facilement**, d'autres **difficilement** et **pas du tout** pour d'autres.

## Le Transport Membranaire

Deux types de transport

### ❖ TRANSPORT PASSIF

- ✓ Diffusion simple
- ✓ Diffusion facilitée

Sans ATP

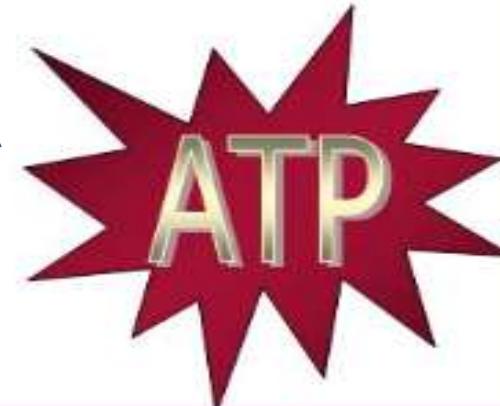


### ❖ TRANSPORT ACTIF

- ✓ Primaire (pompes)
- ✓ Secondaire (cotransport)
- ✓ Endocytose
- ✓ Exocytose

Avec ATP

} Transport vésiculaire



## Diffusion simple par bicouche lipidique

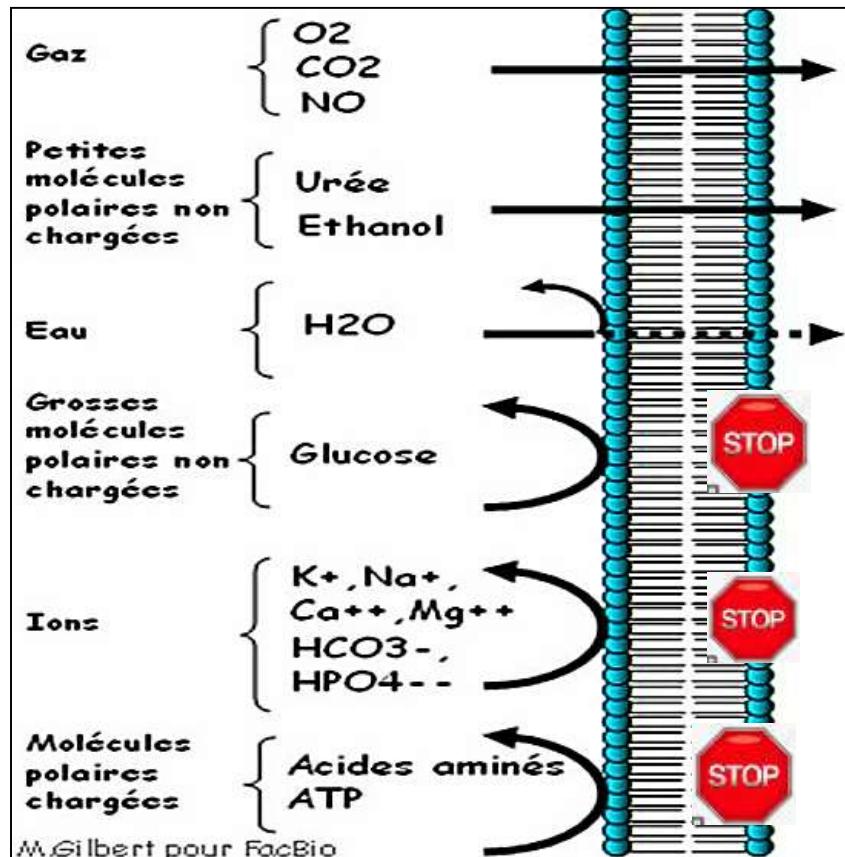
الانتشار البسيط عبر الطبقة الدهنية الثنائية

مرور الجزيئات عبر الغشاء حسب تدرج التركيز، دون استهلاك الطاقة

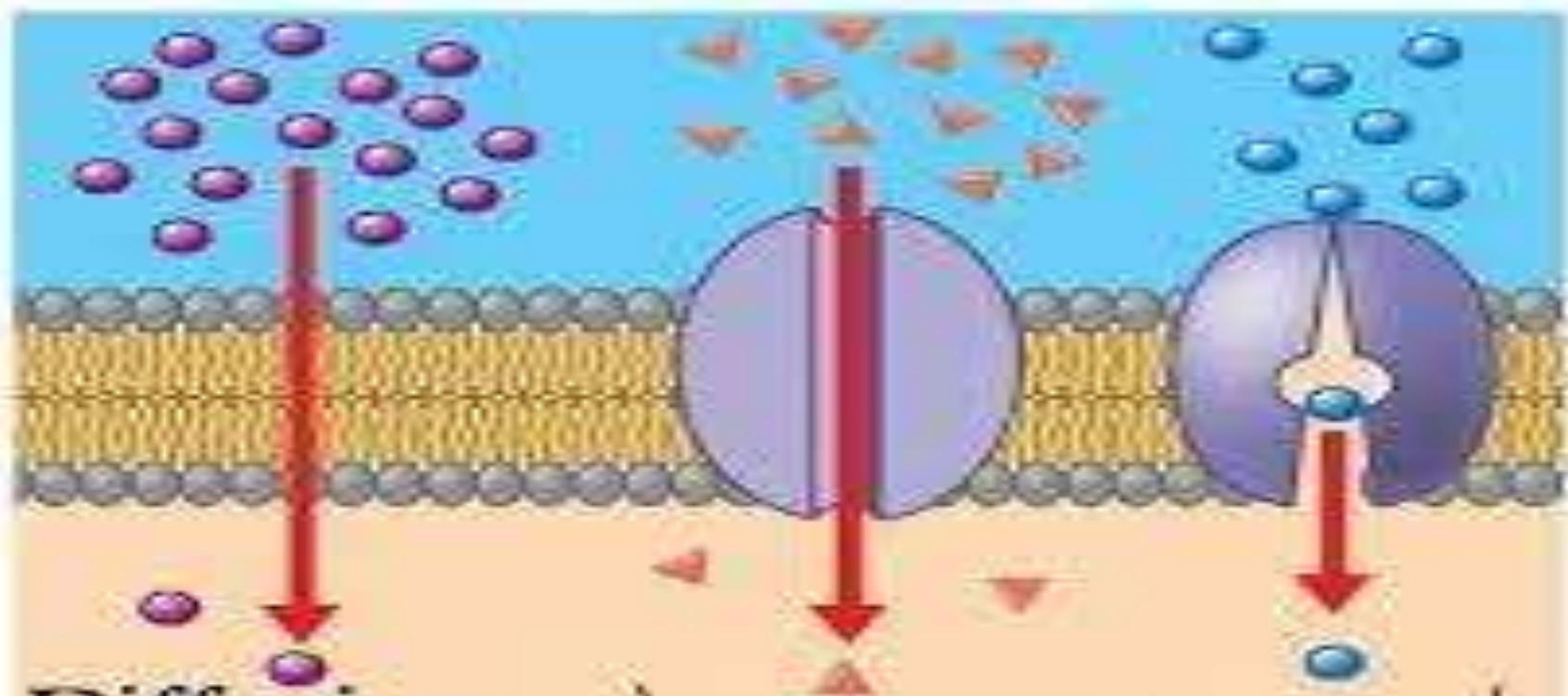
La Vitesse de diffusion d'1 substance croît de manière linéaire en Fonct<sup>o</sup> de la  $\neq$  de [] de cette substance entre le  $\frac{1}{2}$  extra-C<sup>Aire</sup> et le  $\frac{1}{2}$  cytosolique.

**Passage facile par diffusion passive:** Les gazes ( $O_2$  et  $CO_2$ ) et les petites molécules polaires non chargées (urée, éthanol), les vitamines liposolubles (A, D, E). Il s'agit d'un mécanisme relativement lent.

**Passage difficile ou impossible:** Molécules hydrophile (Eau et grosses molécules : Glucose, AA, et les ions  $Na^+$ ,  $K^+$  ..)



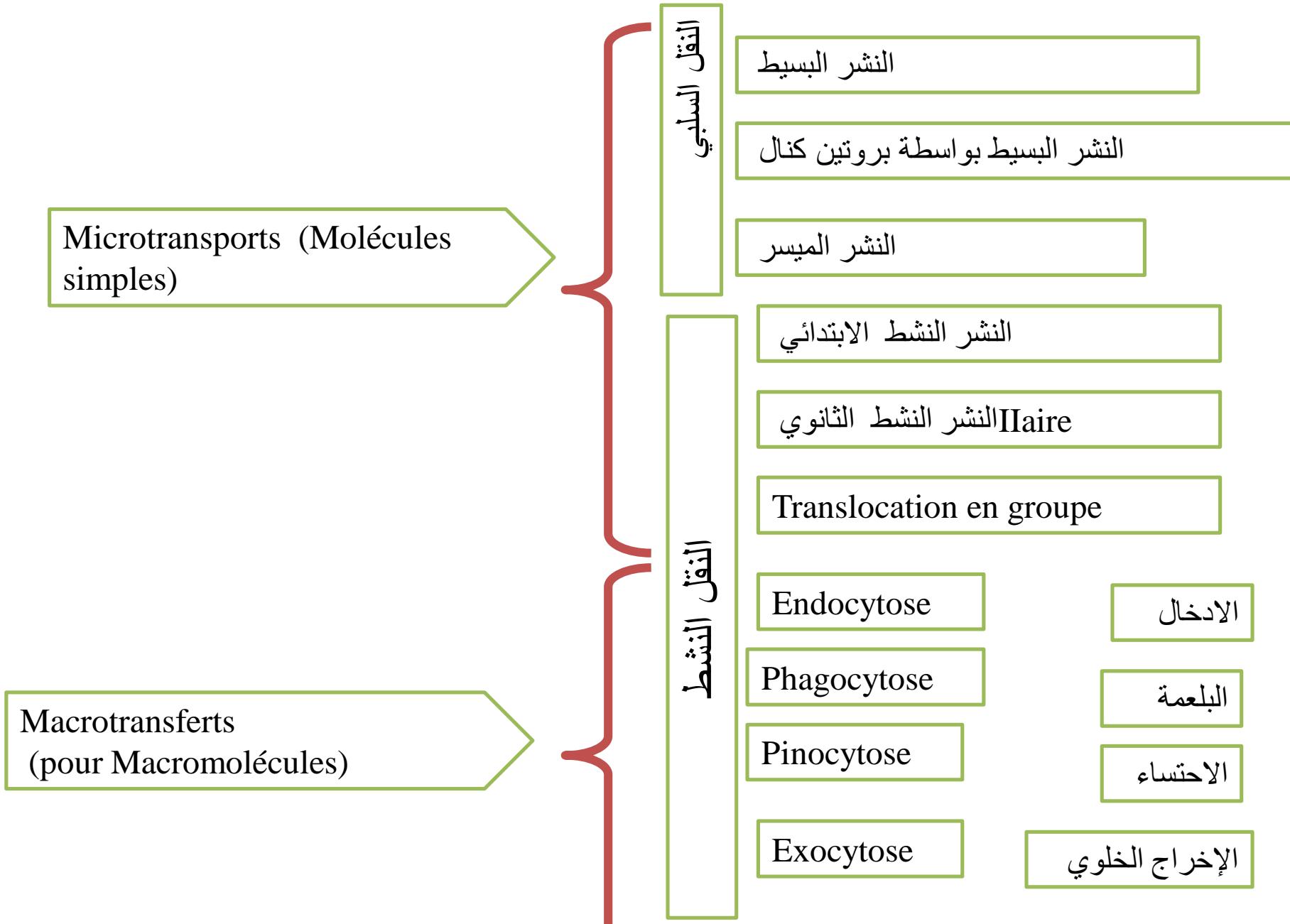
# Diffusion simple et diffusion facilitée



**Diffusion  
simple  
(O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>)**

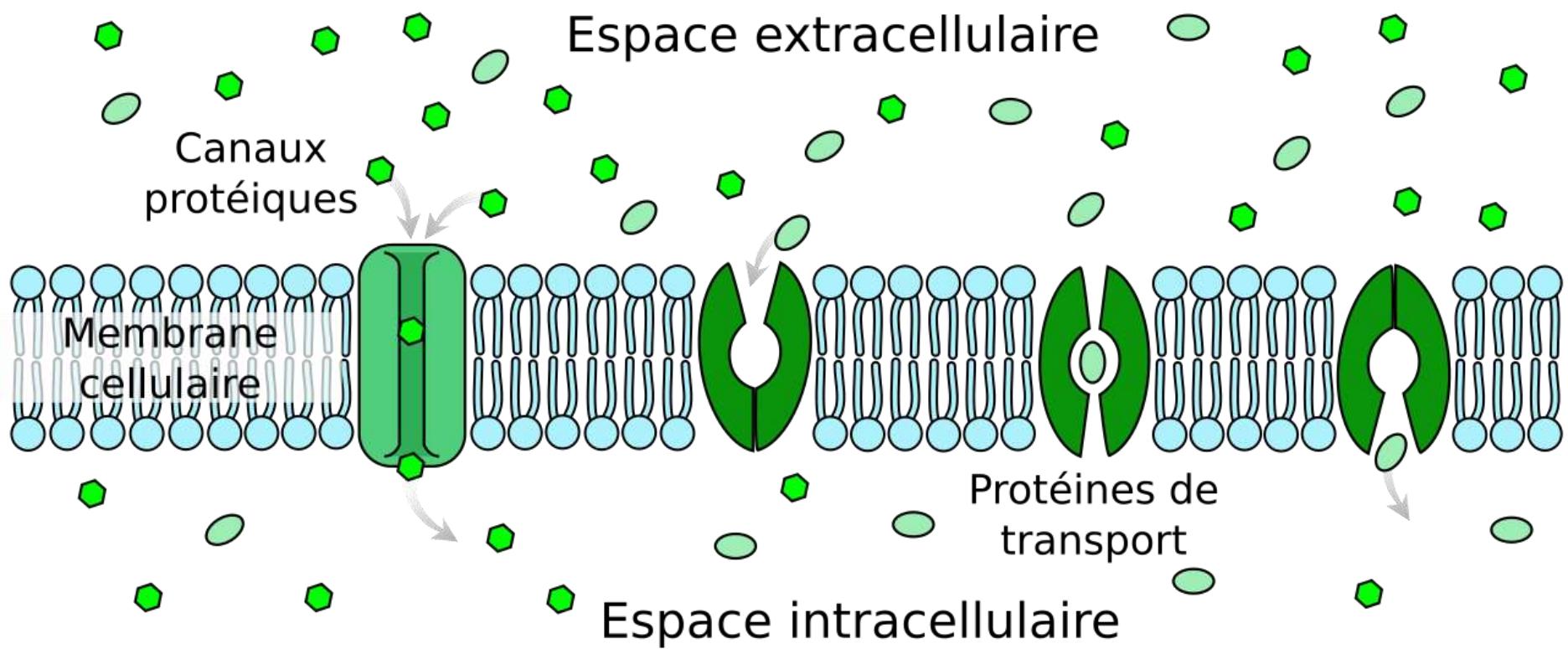
**Diffusion  
facilitée  
(eau, glucose)**

# Classification du transport selon la taille des molécules



## الانتشار الميسّر la diffusion facilitée

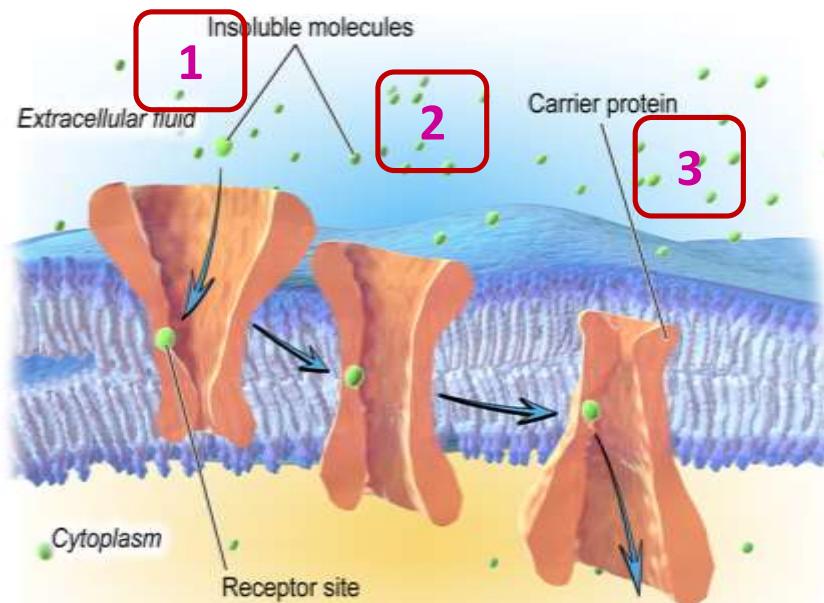
- الانتشار الميسّر هو آلية نقل سلبية تسمح للجزيئات بالمرور عبر الغشاء البلازمي عبر بروتينات النقل (القنوات أو الناقلات) دون استهلاك ATP. يُسرّع هذا النوع من الانتشار نقل الجزيئات التي لا تستطيع عبور الغشاء بحرية بسبب حجمها أو شحنتها.



## خصائص النشر الميسر

- استخدام بروتينات النقل عكس الانتشار البسيط ,النشر الميسر يتطلب قنوات ايونية أو نوافل مختصة .
- في اتجاه تدرج التركيز من الوسط الأعلى تركيز الى الأقل
- التخصص كل ناقل خاص بجزيء أو نوع من الجزيئات.

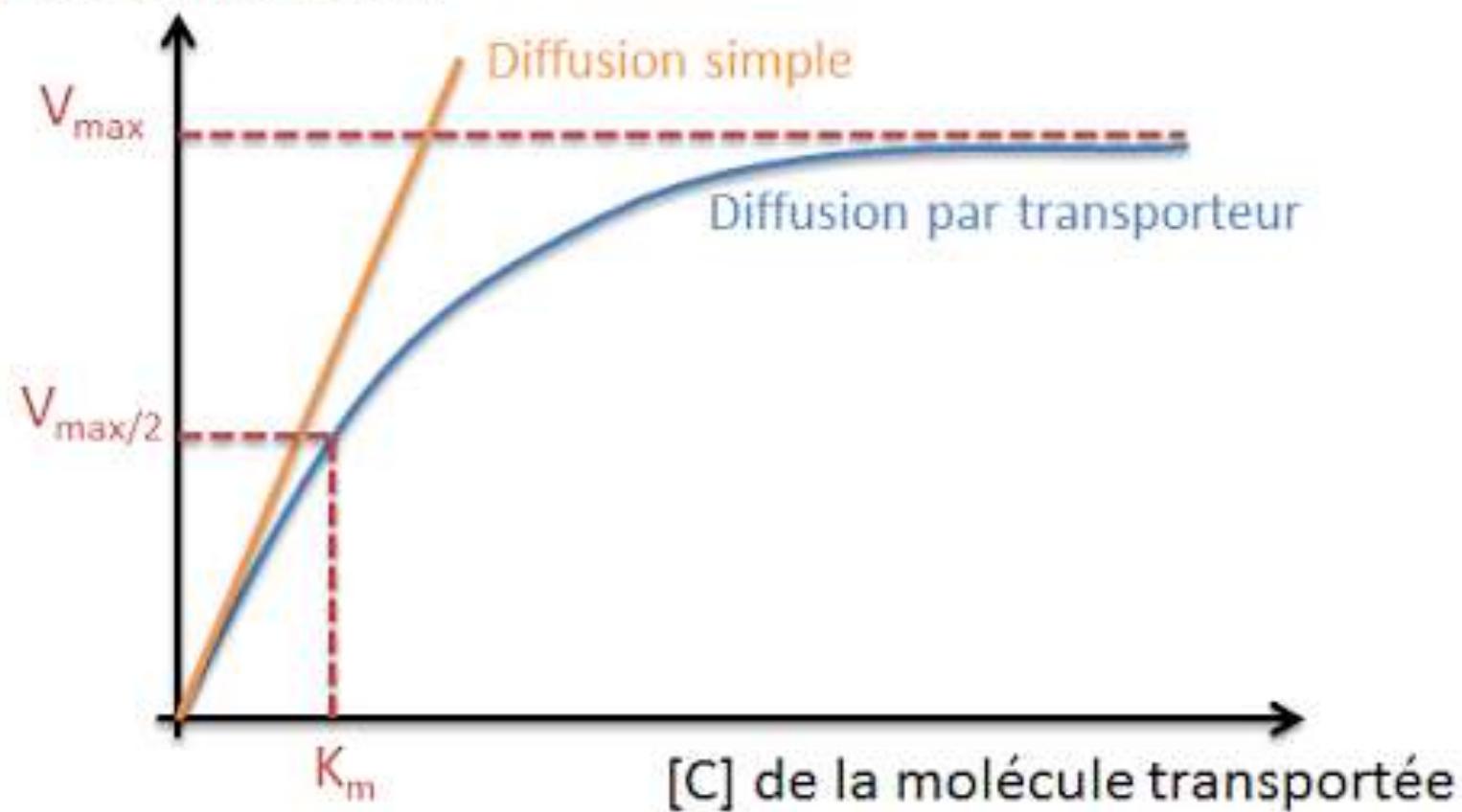
1. Transporteur fermé
2. Fixation de la molécule sur le site récepteur
3. Ouverture et passage de la molécule



Facilitated Diffusion

- التثبيع المحتمل → عندما يكون الناقل عند أقصى سعته، تصل سرعة النقل إلى حد معين (على عكس الانتشار البسيط).  
**Saturation des transporteurs**

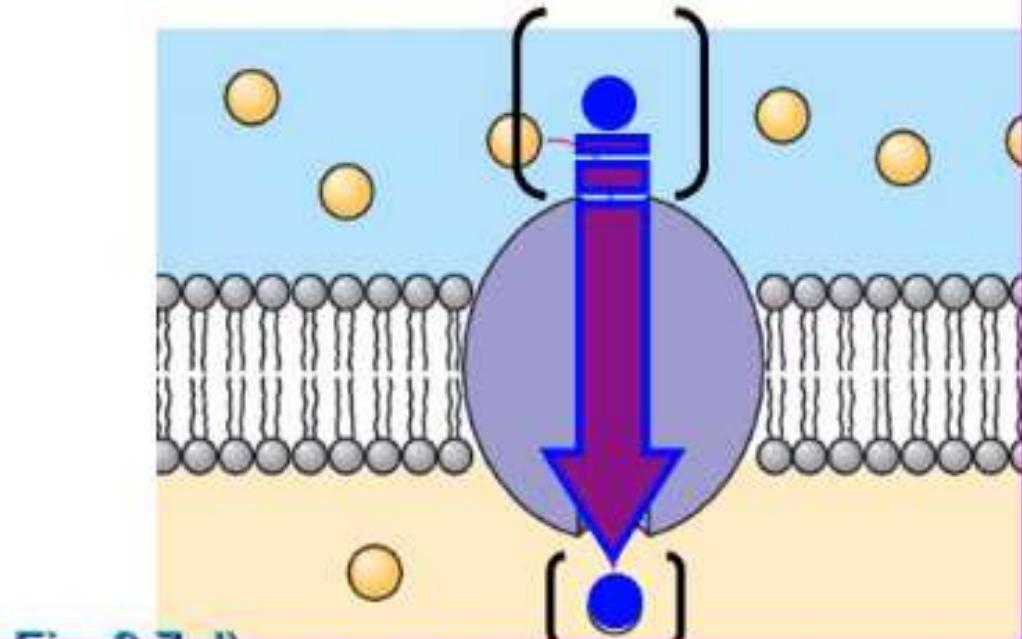
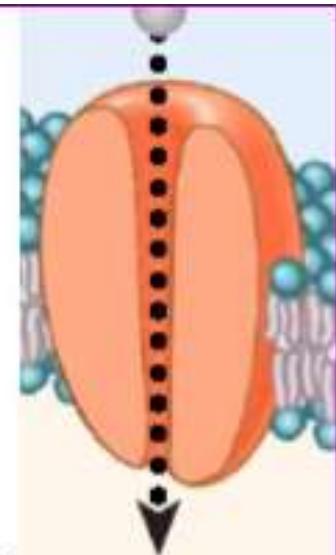
Vitesse de transport



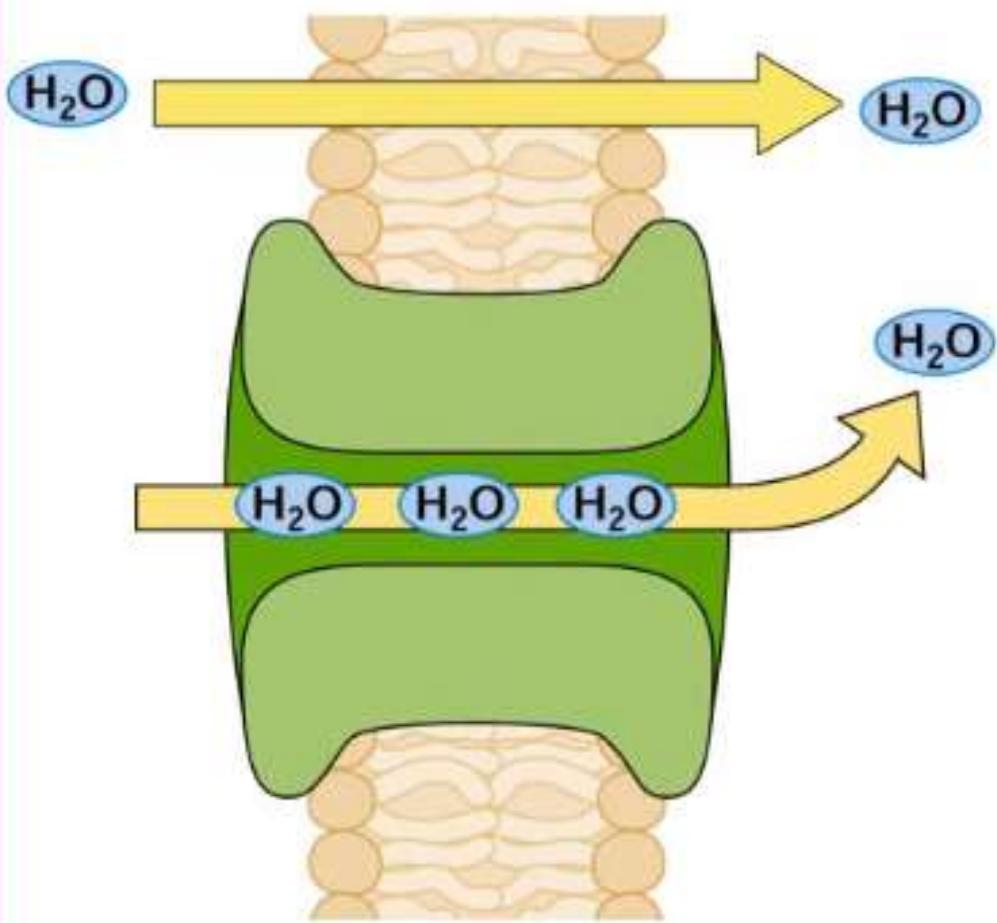
## Diffusion facilitée par les aquaporines

### Aquaporines :

- ❖ Protéines de transport
- ❖ Spécifiques à **L'EAU**
- ❖ L'eau diffuse suivant son [gradient].
- ❖ Osmose



## Diffusion de l'eau par les aquaporines



Lentement:

➡ Par diffusion à travers la membrane

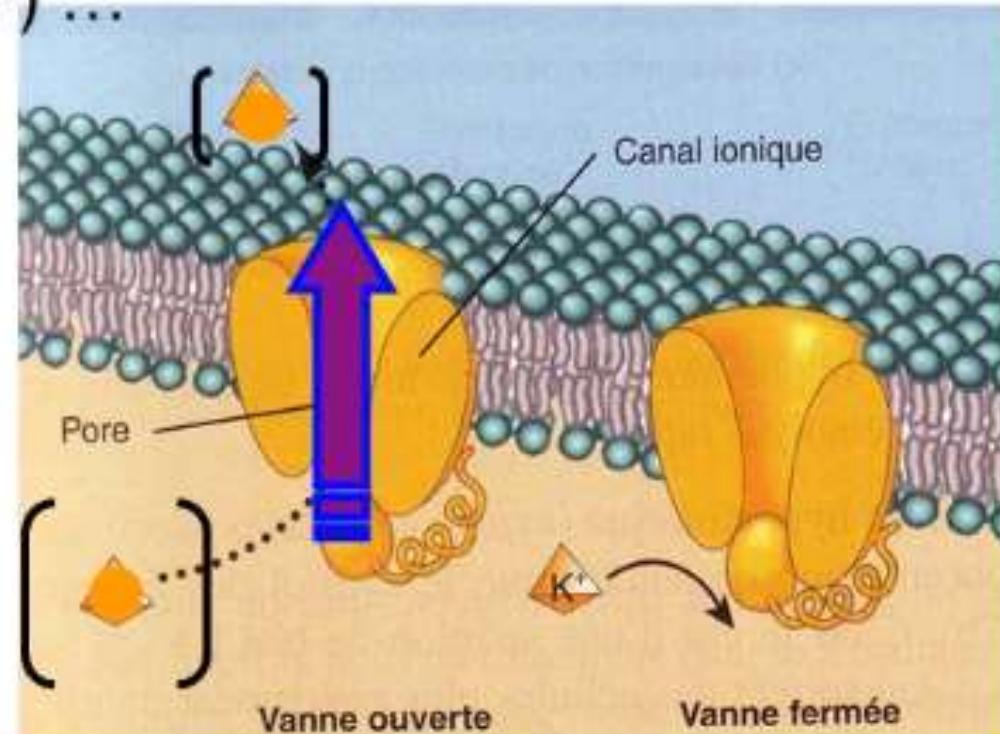
Rapidement:

➡ **Aquaporines** peuvent contrôler le débit d'eau.

## Exemples de molécules transportées par diffusion facilitée

### 👉 Canaux ioniques :

- ❖ Protéines de transport
- ❖ Transportent des **ions spécifiques**
  - ✓ Canaux calciques ( $\text{Ca}^{2+}$ ), sodiques ( $\text{Na}^+$ ), potassiques ( $\text{K}^+$ ) ...
- ❖ Ouverture et fermeture sont contrôlées :
  - ✓ Mécanique
  - ✓ Chimique
  - ✓ Électrique



## أنواع النقل على مستوى الغشاء

- يُطلق على بروتين النقل الذي لا يسمح بمرور جزيء واحد اسم ناقل موحد Uniport
- البروتين الناقل الذي يسمح بمرور جزيئتين في نفس الاتجاه يسمى Co-transporteurs Symport.
- البروتين الناقل الذي يسمح بمرور جزيئتين في اتجاهين متعاكسين co-transporteur Antiport.
- بصفة اجمالية يصنف النقل على مستوى الغشاء حسب الحاجة للطاقة او دون ذلك

## مختلف أنواع النواقل الغشائية (membrane transporters) وتصنيفها إلى مجموعات

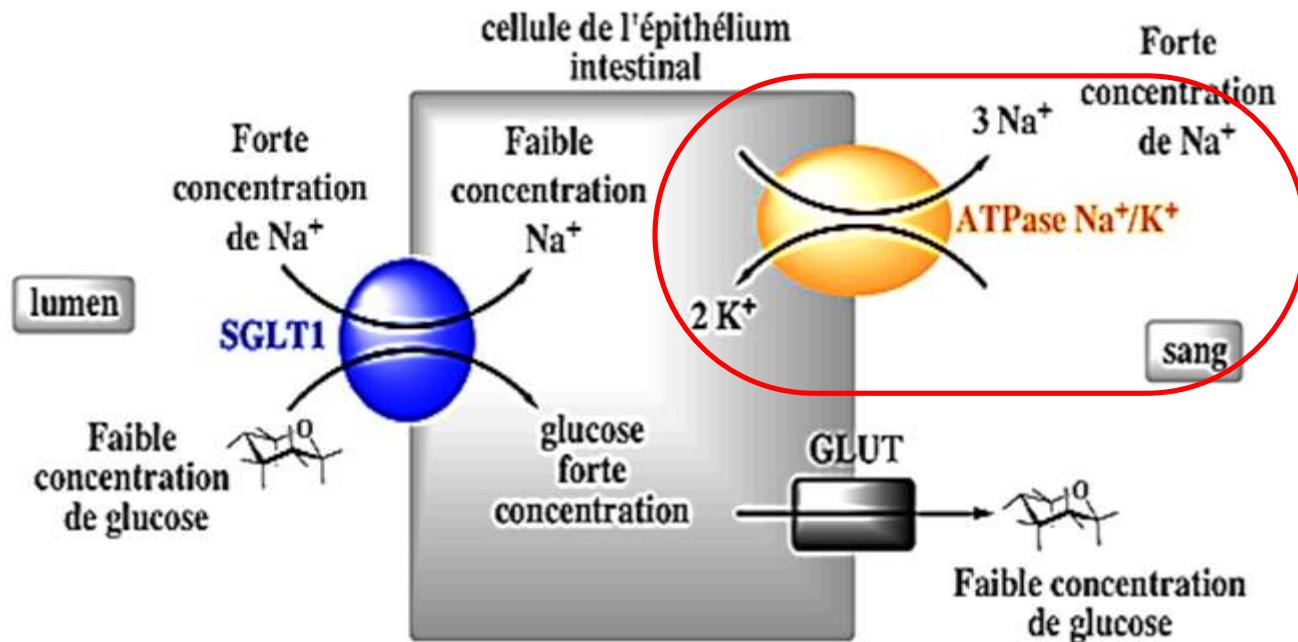
أولاً: حسب الحاجة للطاقة

- 1 - **نواقل سلبية** : (بدون طاقة) – Passive Transport تنقل الجزيئات مع تدرج التركيز من العالي إلى المنخفض).
- أهم الأنواع**: قنوات أيونية (Ion Channels) ، قنوات بسيطة تسمح بمرور  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  مثل "بوابة" تفتح وتغلق.
- و النواقل المسهلة** (Transporteurs de diffusion facilitée): تنقل الجزيئات مثل الجلوكوز عبر بروتياز ناقلة (GLUT).
- 2- **نواقل فعالة او النشطة** (تحتاج طاقة) Transport actif تنقل الجزيئات عكس تدرج التركيز.
- أهم الأنواع**: مضخات (Pumps) تستخدم ATP مباشرة. مثل: **مضخة الصوديوم/البوتاسيوم** ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase) مضخة الكالسيوم  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase و **مضخة البروتون**  $\text{H}^+$  ATPase

# النقل النشط / Les transports actifs

## La pompe à sodium / potassium

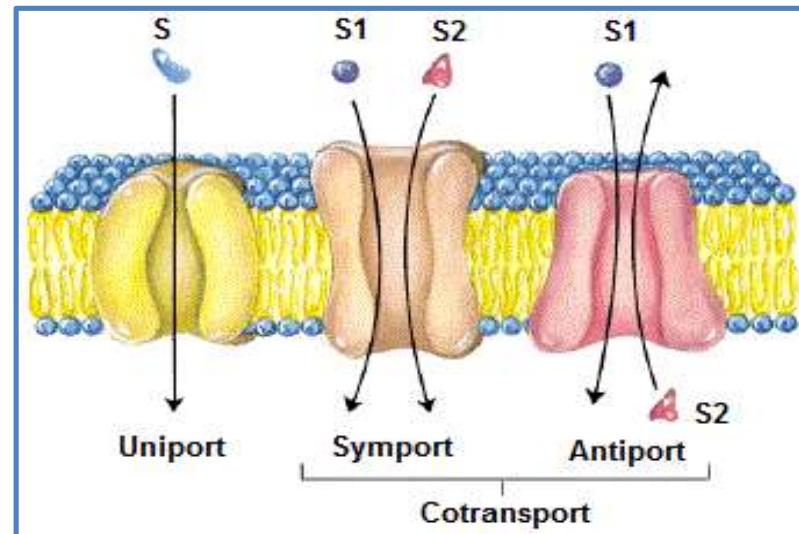
يتكون البروتين الأنزيمي عبر الغشاء من وحدتين صغيرتين  $\alpha$  ووحدةتين صغيرتين  $\beta$ . يستمر النقل النشط للصوديوم والبوتاسيوم في جميع أنحاء الجسم. تعمل هذه المضخة على إخراج 3 أيونات  $Na^+$  من الصفائح وتخترق 2 أيونات  $K^+$  في داخليها.



## مختلف أنواع النواقل الغشائية membrane transporters ( إلى مجموعات

- المساندات ✓ لا تستعمل ATP مباشرة، بل طاقة تدرج الأيونات.
- وتنقسم إلى: Symport ناقل مشترك ) ينقل جزيئين في نفس الاتجاه . مثال: Na<sup>+</sup> / Glucose symporter
- : Na<sup>+</sup> / Ca<sup>2+</sup> exchanger ) تبادل جزيئين في اتجاهين مختلفين. مثال Antiport ( )

Classification du transport selon le mode: Uniport; Symport , Antiport



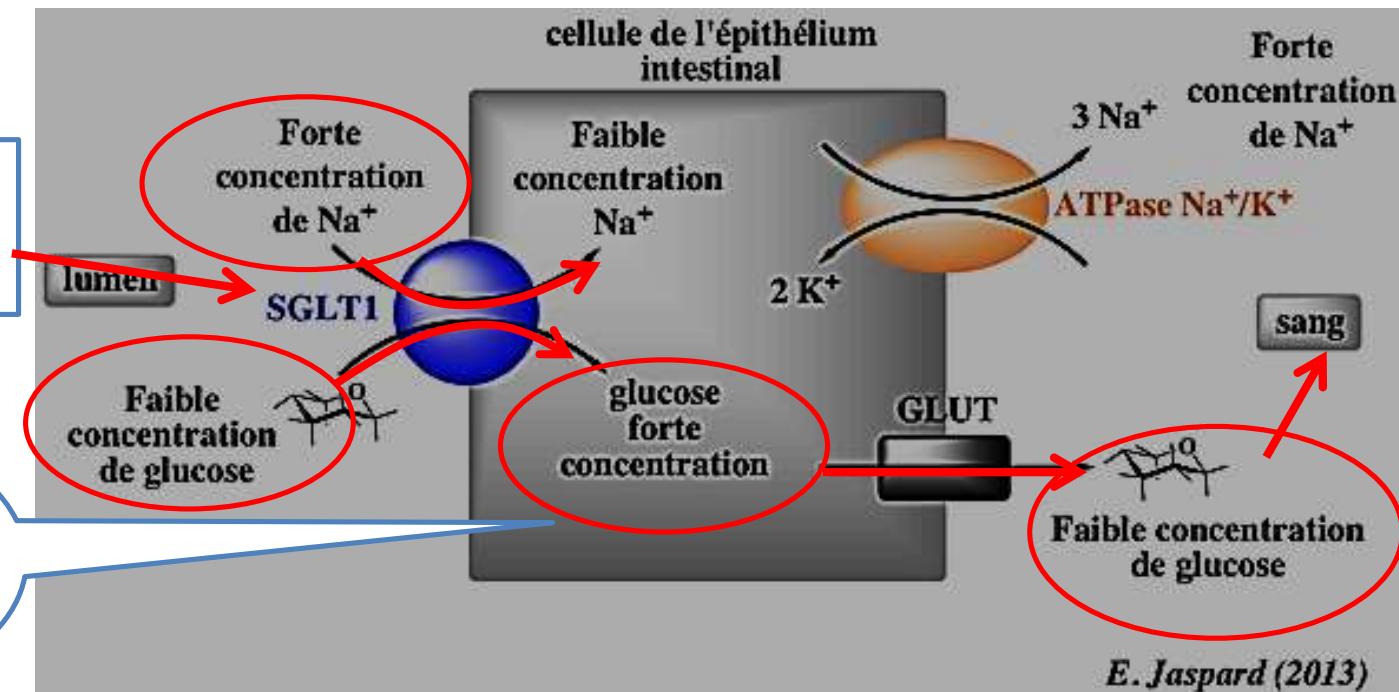
## Systèmes de transport couplé ou Co-transports / et diffusion facilitée

**Systèmes de Co-transports:** Un système de co-transport (symports ou antiports) est formé par l'association d'1 transport actif couplé à 1 transport passif.

- ❑ **Symports** : les perméases assurent le transport de 2 substances de nature différente dans la même direction.

Ex: le transport du **glucose/Na<sup>+</sup>** par le transporteur **perméase SGLT**. Ces transporteurs utilisent le gradient des ions comme 1 source d'énergie, la translocation d'1 ion selon son gradient de [ ] entraîne le transport d'1 autre ion ou soluté contre son gradient de [concentration] (transport du glucose/ Na<sup>+</sup>).

Co-transport / symport du glucose et de sodium (SGLT)



## Mobilisation des GLUT4 suite à la liaison d'insuline aux récepteurs

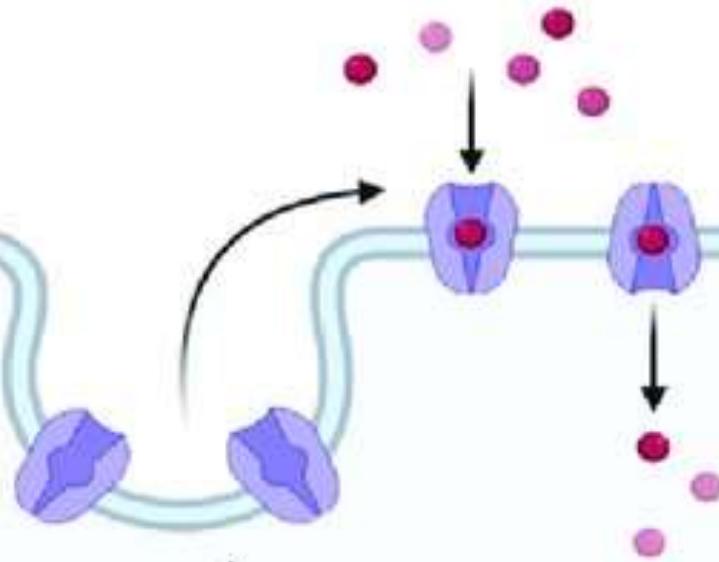
① Insulin binds to receptor

④ Glucose entry permitted



②

Signal cascade



③

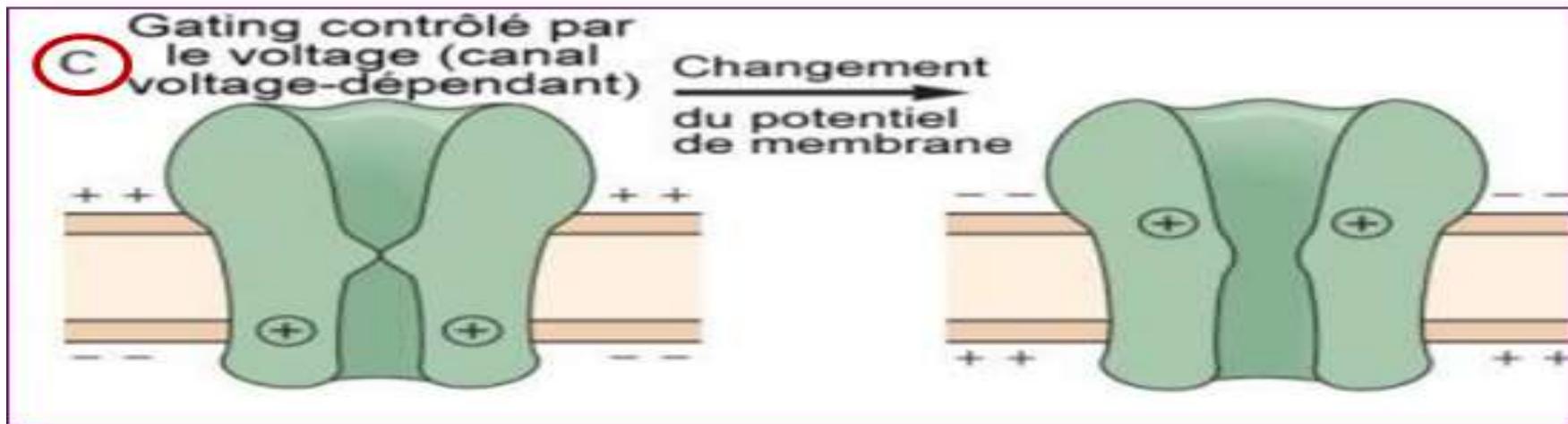
Exocytosis

GLUT-4

## مختلف أنواع النواقل الغشائية وتصنيفها إلى مجموعات membrane transporters)

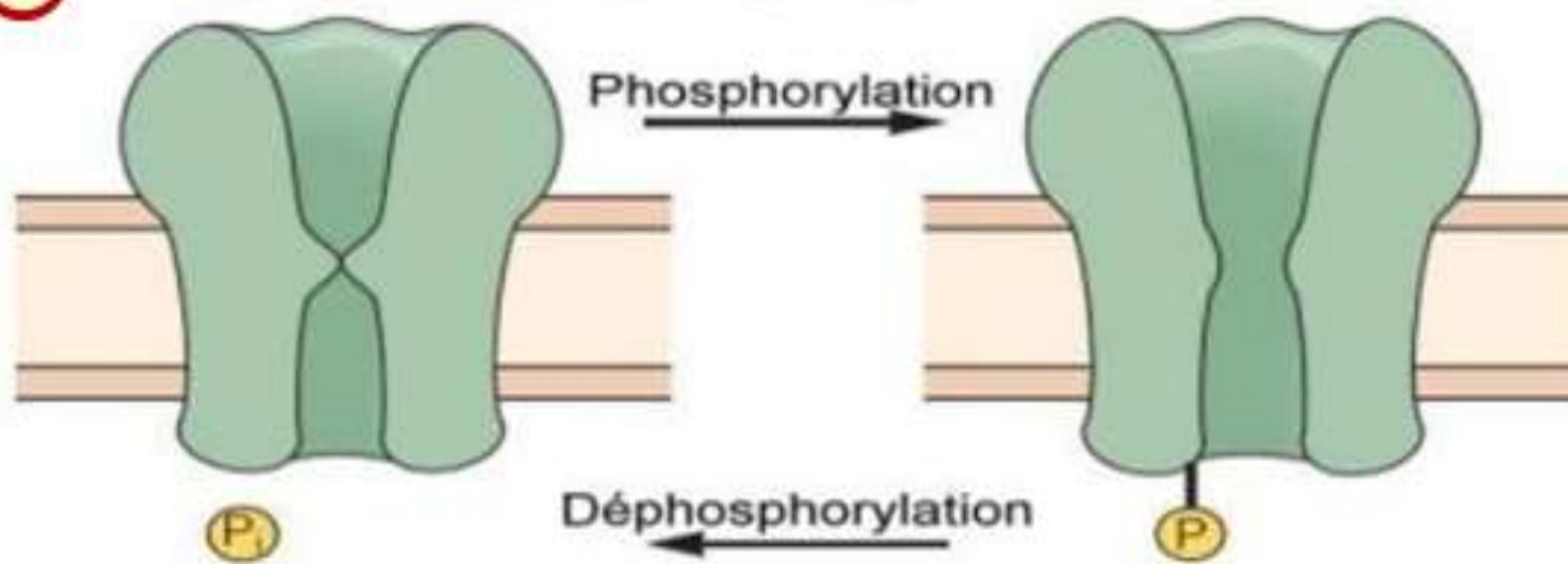
### ثانياً : حسب النوع البنوي للناقل

- **3 - قنوات غشائية** : بوابة تسمح بمرور الأيونات بسرعة كبيرة، غالباً منظمة بإشارات: جهد- ligand-gated). أو مادة رابطة gated).
- **4 - حاملات Carriers / Transporters:** ترتبط بالجزيء ثم تغير شكلها لتنقله عبر الغشاء. أبطأ من القنوات.



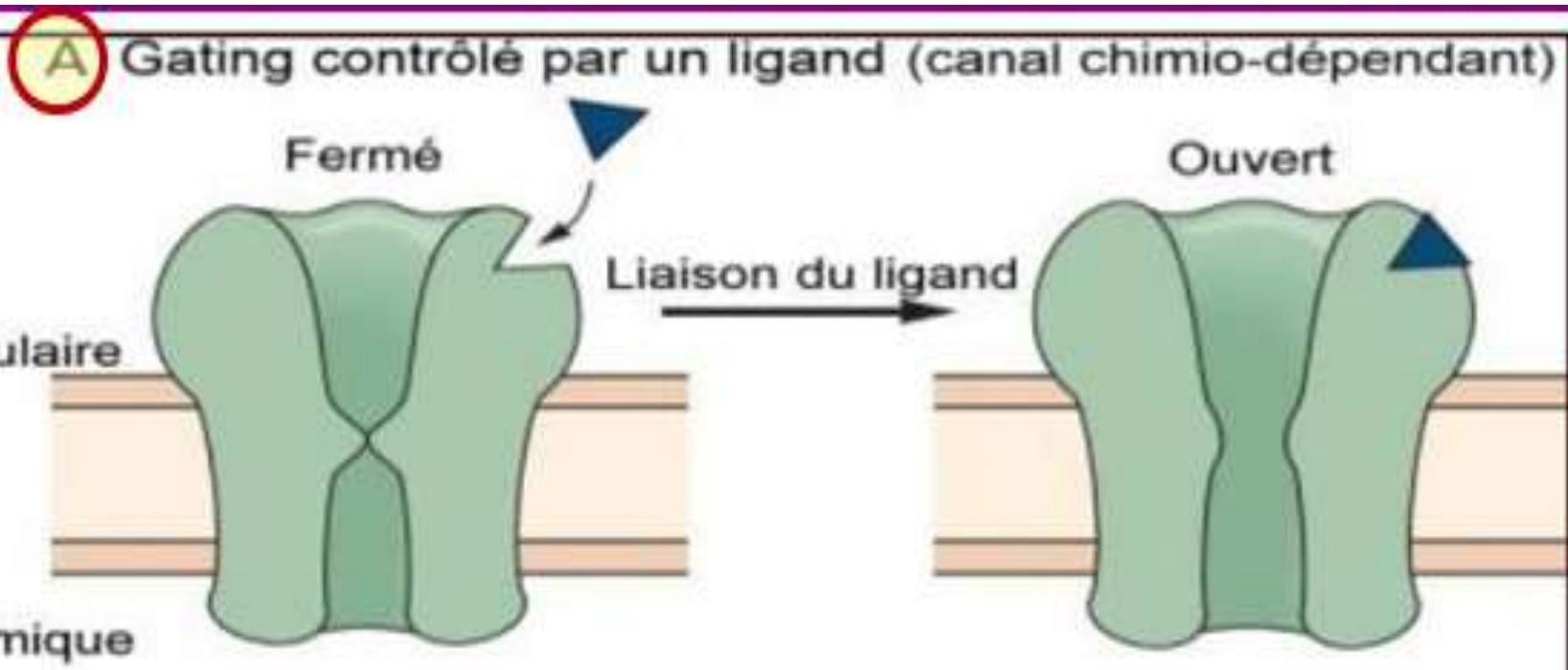
- L'ouverture des canaux peut aussi résulter d'un changement dans le **potentiel membranaire** et ils sont alors appelés **canaux voltage-dépendants**.

**B Gating contrôlé par phosphorylation**



- **B:** l'ouverture se fait suite à une interaction avec un composant intracellulaire (**AMPc**) ils sont appelés canaux chimio-dépendants (**ligand-dépendant**).

## Les modalités d'ouverture des canaux ioniques.

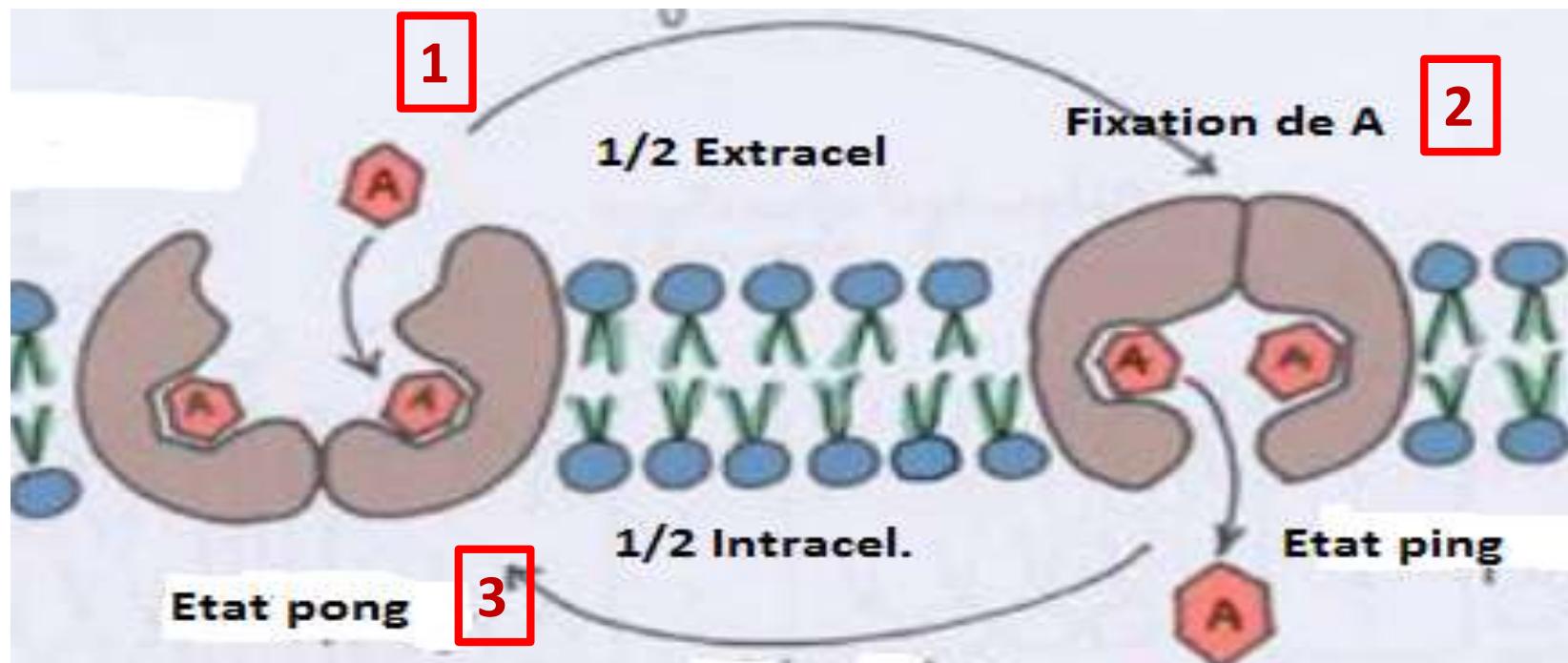


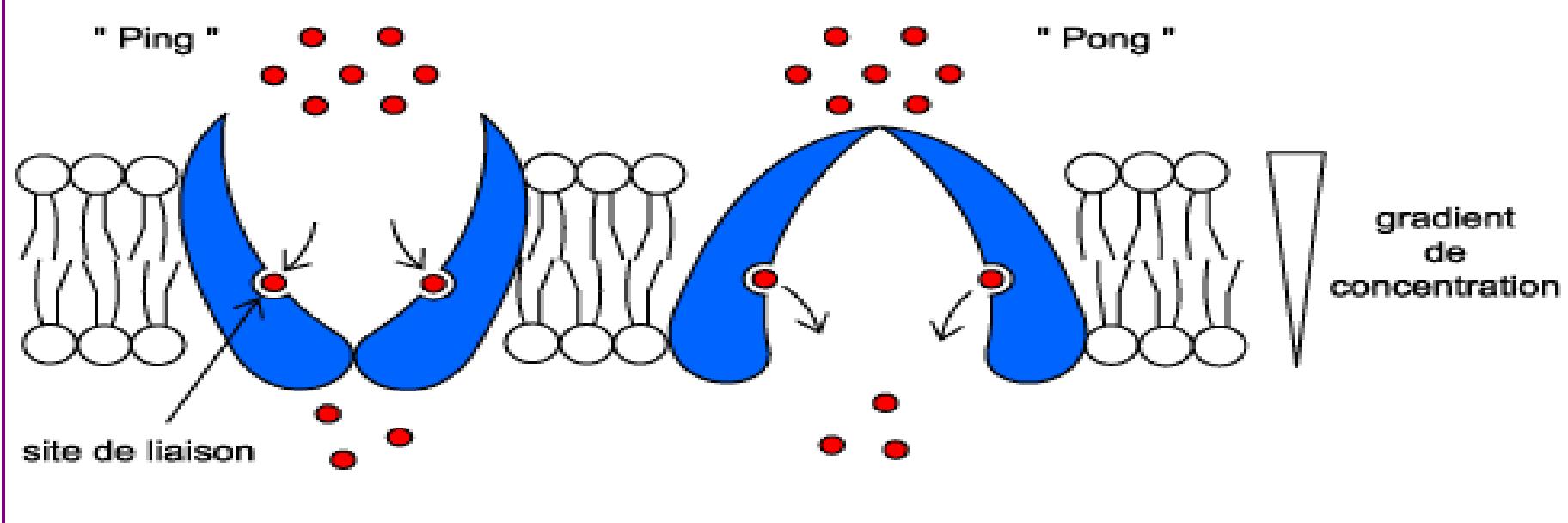
- **Canaux chimio-dépendants (ligand-dépendant):** L'ouverture des canaux ioniques peut se produire sous l'action d'une **fixation de ligand (neurotransmetteur)**, Un exemple classique le **récepteur nicotinique de l'acétylcholine (nAChR)** (jonctions neuromusculaires).

## Protéines porteuses (Perméase):

possèdent un site de fixation qui permet, La formation du complexe **transporteur-ligand** induit un changement de forme du transporteur, afin que la molécule puisse intégrer le cytoplasme. Ce changement de forme permet la translocation du complexe à travers la membrane, ce type de transport est saturable (le glucose , les A.A, et les ions traversent la membrane par ce type de transport).

- État ping .....la molécule est **in**
- État pong ..... la molécule est **out**





ثالثاً : نوافل خاصة

- 5 - مستقبلات مقتربة بنقل Receptor-mediated transport): مثل: نقل الحديد عبر مستقبل LDL receptor، إدخال LDL عبر Transferrin receptor
- 6 - البروتينات الناقلة من عائلة ABC Transporters: تستعمل ATP مثل: CFTR النقل المعطل في مرض التلقيح الكيسي (Mucoviscidose)

Schéma représente : Phagocytose de bactérie; Endocytose recouverte de clathrine (LDL =pinocytose)

