الفصل الثاني :1- الغشاء البلازمي La membrane plasmique

I- الغشاء البلازمي La membrane plasmique

غشاء مستمر يحيط بسيتوبلازم الخلية وهو تركيبة معقدة سائلة ومتحركة غير متماثلة يتجدد بإستمرار , يشكل الحد الفاصل بين الوسط الخارج خلوي و الوسط الداخل خلوي = Cytosol =Cytoplasme

I-1-الدور الفزيولوجي للغشاء البلازمي Le rôle physiologique de la membrane plasmique :

- يشكل منطقة إتصال بين الخلية وبيئتها الخارجية [نقل المعلومات]
- يقوم بالمحافظة على سلامة الخلية [دور وقائي].
- يعمل كمرشح أنتقائي حيث ينظم تبادل الجزيئات بين الوسط داخل والوسط خارج الخلية [التبادلات الخلوية]
- ضروري لحياة الخلية [بدونه لا توجد حياة]
- يحيط بجميع الخلايا ويحدد شكلها
- يختلف سمكه بأختلاف أنواع الخلايا
- يحدد هوية الفرد [نظام ABO]
- يحيط بالعضيات داخل الخلية أغشية تسمى بإسمها غشاء [نووي- ميتاكوندريا...]

I-1-1- تركيب الغشاء البلازمي Structure de la membrane plasmique:

بينت الدراسات التي تمت على الغشاء البلازمي بأستعمال المجهر الإلكتروني النافذ [**MET**] بعد التثبيت برابع أكسيد الأوزميوم [حمض الأوزميك OsO4] يبدو مؤلف من 3 وريقات او طبقات :

وريقتان عاتمتان محبتان للأزميوم Osmiophiles محبة للماء hydrophiles سمك كل منهما°20A تتوسطهما طبقة نيرة كارهة للأوزميوم Osmiophobes كارهة للماء hydrphobes سمكها °A 35 وبذلك فيقدر سمك الغشاء°75A .

الوريقتان العاتمتان غير متناظرتان: الوريقة الخارجية [جهة الوسط خارج الخلوي] غالبا ما تكون أكبر سمكا من الوريقة الداخلية [جهة الهيولة أو السيتوبلازم], السبب في ذلك يرجع إلى وجود غطاء ليفي سكري على سطح الوريقة الخارجية يعرف بالمعطف الخلوي manteau cellulaire =Cell coat = glycocalyx.

- المعطف الخلوي سمكه يتغير بتغير نوع الخلية.
- يتكون المعطف الخلوي من سكريات مرتبطة بالبروتينات أو سكريات مرتبطة بالليبيدات مشكلة Glycoprotéines& Glycolipides.
- الأغشية البيولولوجية سواء البلازمية أو الأغشية التي تحيط بالعضيات لها بنية ثلاثية الوريقات Trilamillaires وينطبق ذلك على جميع الخلايا الحقيقية والبدائية النواة.
- التشابه في البنية الثلاثية لأغشية التي تحيط بالعضيات تكون في الشكل أو المظهر فقط ولكن يوجد أختلاف في طبيعة البروتينات والليبيدات الداخلة في تركيبه وبالتالي الأختلاف في الوظيفة.
- بناءا على تشابه بنية الأغشية البيولوجية [ثلاثية الطبقات] أقترح العالم Robertson [1959] مفهوم الوحدة الغشائية La membrane unitaire

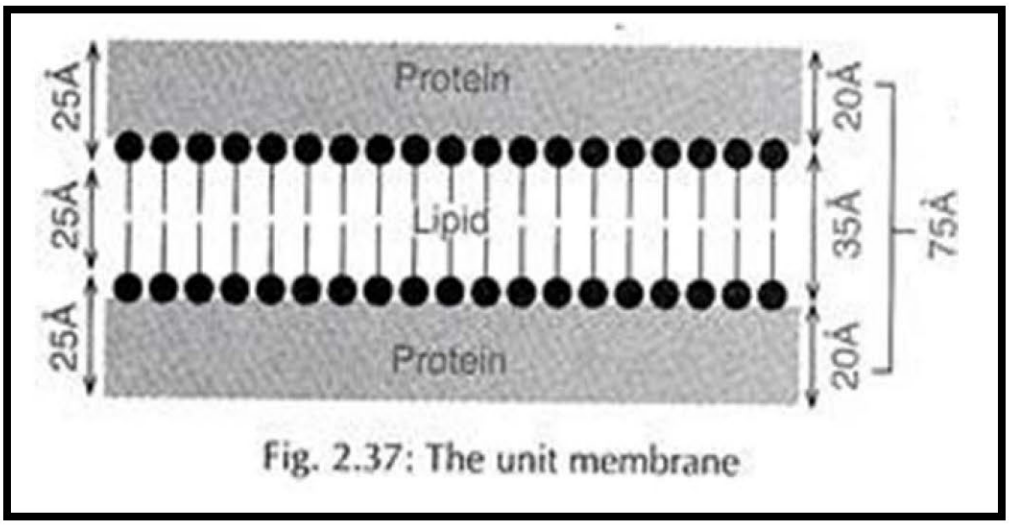


Fig. 2.37: The unit membrane

I-1-2- التركيب الكميائي للغشاء البلازمي Composition biochimique de la membranes plasmique

لمعرفة التركيب الكميائي للغشاء البلازمي يتطلب الحصول على الأغشية البلازمية في صورة نقية حيث يتم :

أ- عزل الأغشية البلازمية Isolement des membranes plasmique :

عزل الكريات الدموية الحمراء للفقاريات عن مكونات الدم بواسطة الطرد المركزي في وسط متساوي التركيز Isotonique Nacl (0,9%) للحفاظ على سلامتها.

تغمر الخلايا المفصولة في وسط ناقص التوتر Hypotonique(Nacl 0,5%) مما يسبب أنتباج الخلية وتمزق أغشيتها وخروج الهيموجلوبين وأنكماشها وتشكل ما يعرف بأشباح كريات الدم الحمراء. تعزل الأغشية بواسطة الطرد المركزي فائق السرعة وتجرى عليها تحاليل بيوكميائية لمعرفة تركيبها البيوكميائي.

- ملحوظة **NB:** تم أختيار الكريات الدموية الحمراء لأنها خلايا بسيطة لا تحتوي على نواة ولا عضيات.

ب - التحليل الكيميائي Analyse chimique :

لقد أثبتت التحاليل الكميائية للغشاء البلازمي للكريات الدموية الحمراء للإنسان أنها تتكون من بروتينات , ليبيدات وسكريات:

- **52%** بروتينات Protéines

-**40%** ليبيدات Lipides : [**55%** فوسفوليبيد; **25%** كولسترول ;**18%** جليكوليبيد ;**2%** أحماض دهنية]

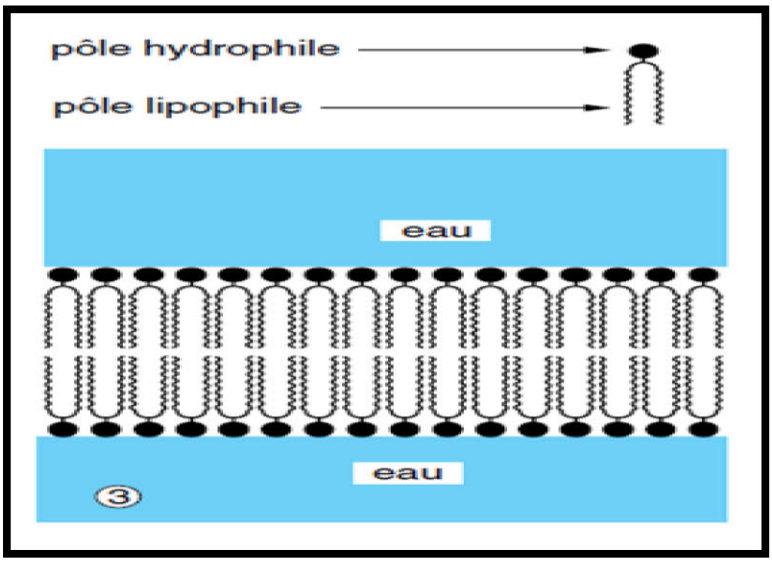
-**8%** سكريات Glucides [مرتبطة مع بالبروتينات والليبيدات الغشائية]

- ملحوظة **NB :**

- تختلف نسبة مكونات الأغشية البيولوجية [الغشاء البلازمي وأغشية العضيات الخلوية بتغير نوع الخلية وتغير وظيفتها.
- السكريات لا توجد حرة مطلقا بل ترتبط إما: بالبروتينات لتشكل protéoglycanes & glycoproteines أو بالليبيدات لتشكل glycolipides لتشكل المعطف الخلوي.

I-1-3- اللبيبدات الغشائية Les lipides membranaires :

- تمثل حوالي 52% من كتلة الغشاء [الوزن الجاف للغشاء].
- الغشاء البلازمي يحوي على جزيئات ليبيدية أكبر من الجزيئات البروتينية (50 جزيئه ليبيد / جزيئة 1 بروتين)
- كل الأغشية الخلوية البيولوجية مكونة من طبقة ليبيدية مضاعفة bilipidique ثنائية القطبية bipolaire أو amphipolarité كلها amphiphiles أو amphiphatiques أي تتكون من طبقة تحتوي على مجموعة رأسية مستقطبة polaire محبة للماء [قابلة للإمتزاج في الماء] hydrophile تحوي مجموعة كربوكسيل COOH تتوزع ضمنها أنواع مختلفة من البروتينات .
- مجموعة ذيليه غير مستقطبة Apolaire كارهة للماء[غير قابلة للإمتزاج في الماء] hydrophobe ومحبة لليبيد lipophile مكونة من سلاسل الأحماض الدهنية .
- الصيغة العامة للأحماض الدهنية: **CH3-(CH2)n-COOH**



- ملحوظة **NB:**
- الغشاء البلازمي يحتوي غالبا على أحماض دهنية مشبعة بينما الأغشية التي تحيط بالعضيات تحتوي أحماض دهنية غير مشبعة.
- الأحماض الدهنية لا تشكل مواد أدخارية فحسب بل تعتبر مادة اساسية في بناء الأغشية البلازمية.
- لا توجد بصورة حرة في الغشاء البلازمي بل تتحد مع البروتينات أو السكريات على شكل معقدات ذات وزن جزئي عال.
- الأحماض الدهنية تدخل في تكوين الفوسفوليبيدات والجليكوليبيدات
- تشكل اللبيبدات الغشائية البنية الأساسية للطبقة الليبيدية المزدوجة
- تشكل حاجزا غير نفوذ للجزيئات المنحلة في الماء
- polaire قطبية يكون فيها توزيع الشحنات غير متكافئ
- Apolaire غير قطبية يكون فيها توزيع الشحنات متكافئ

أ- أنواع الليبيدات الغشائية Types des lipides membranaires:

يوجد **3** أنواع رئيسية من الليبيدات في الغشاء البلازمي مرتبة حسب وفرتها: الفوسفوليبيدات (**55%**) الكولسترول (**25%**) الجليكوليبيد (**20%**).

1- الفوسفوليبيدات Les phospholipides:

تعتبر الأكثر وفرة في الغشاء البلازمي يدخل في تركيبها كحول [glycérol] أو كحول أميني Sphingosine و تقسم الى عائلتين كبيرتين هما: الجليسروفوسفوليبيدات والسفنجوليبيدات.

1-1- الجليسروفوسفوليبيدات Les glycérophospholipides:

تسمى أيضا phosphoglycéride تمثل القسم الأكثر وفرة في طبقتي الغشاء البلازمي وهي ليبيدات معقدة أبسطها:

- حمض الفوسفاتيديك **Acide phosphatidique:** يعتبر حمض الفوسفاتيديك أبسطها وهو يمثل العنصر القاعدي للجليسروفوسفوليبيدات.

حمض الفوسفاتيديك Acide phosphatidique ينتج من أسترة glycérol مع حمضين دهنيين بمجموعة (OH) [1,2] من glycérol أما مجموعة (OH) الثالثة فيتم أسترتها مع حمض فوسفوريك H3PO4.

حمض الفوسفاتيديك = جلسرول + حمضين دهنيين+ حمض فوسفوريك

Acide phosphatidique = glycérol+ 2 acides gras + phosphate

- الجلسروفوسفوليبيد **Les glycérophospholipides :** تعتبر من مشتقات حمض الفوسفاتيديك تتكون من :

جلسرول + حمضيين دهنيين+ فوسفات+ كحول أميني.

قد يرتبط حمض الفوسفاتيديك مع المجموعة [OH]لأحد هذه الكحولات وذلك بأستبدال ذرة [H]التابعة لحمض الفوسفوريك بأحد هذه الكحولات (X)= (choline, éthanolamine, sérine, inositol, glycerol)

glycérol +2 acides gras + phosphate + X=(x=alcool)

- phosphatidyle coline (PC) =Lécithine
- phosphatidyléthanolamine(PE)
- Phosphatidylsérine(PS)= Céphaline
- phosphatidylinositol (PI)
- phosphatidyl glycerol (PG)

ملحوظة **NB:** وفقا لنوع الكحول [X] المثبت على حمض الفوسفاتيديك نحصل على أصناف مختلفة من الجلسروفوسفوليبيد التي تمثل أهم الليبيدات الغشائية .

- الجلسروفوسفوليبيد **les glycérophospholipides :**

- تتقاسم جميعها نفس البنية [حمض فوسفاتيديك + الجذر X] .
- مجموعة قطبية محبة للماء مكونة من جليسرول3فوسفات مرتبطة بجذر X [كحول]على ذرة C رقم 3 [طبيعة الجذرXهي التي تحدد نوع الفوسفوليبيد].
- مجموعة غير قطبية كارهة للماء مكونة من زوج من السلاسل الكربونية الأليفاتية المشبعة أو غير المشبعة بها من [14- 24] ذرة كربون يحتوي عادة أحد السلسلتين على رابطة مزدوجة واحدة أو أكثر .
- الأختلاف في طول سلسلتا الأحماض الدهنية ومقدار التشبع له أهميه كبيرة في التأثير على سيولة الغشاء.

- دور الجلسروفوسبيدات **Le rôle des glycérophosides :**

تعتبر ضرورية لضمان سيولة الغشاء للقيام بالعديد من الوظائف الخلوية المرتبطة بالغشاء البلازمي نذكر منها:

1- الاتصال Communication

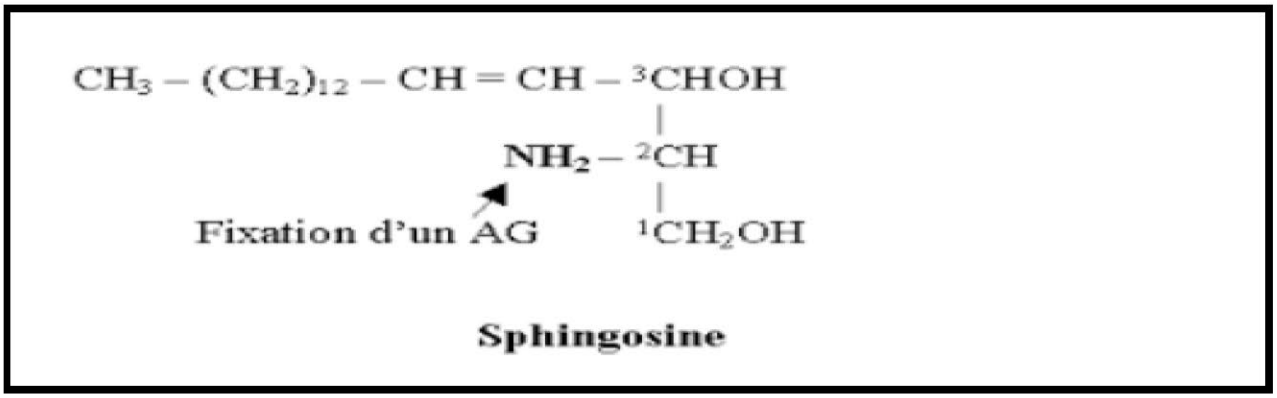
2- النقل Transport

3- الألتصاق Adhésion

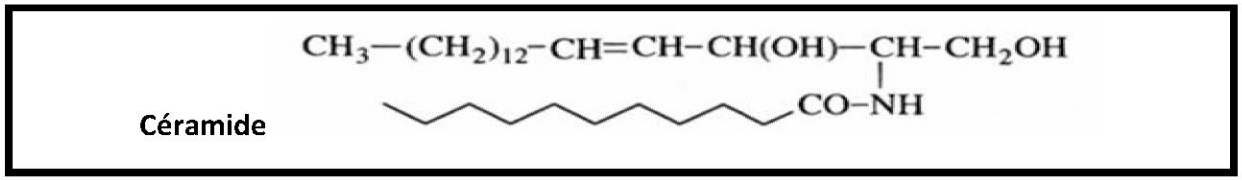
4- الحركة Mouvements

2-1- السفنجولبيبدات Sphingolipides:

تدعى أيضا بالفوسفوسفنجوليبيد تشكل مجموعة الليبيدات الغشائية الأقل وفرة من السابقة وهو عبارة عن مركبات لا يدخل في تركيبها glycérol وإنما يدخل في تركيبها كحول أميني يحوى سلسلة هيدروكربونية طويلة وهو Sphingosine.



يرتبط حمض دهني واحد فقط بالسفنجوزين sphingosine على ذرة الكاربون **2** بواسطة رابطة أميدية مشكلا مركب يعرف بـ céramide الذي يعتبر أبسط السفنجوليبيد.

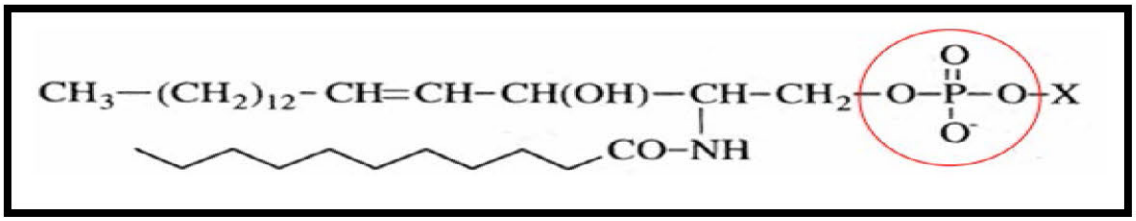


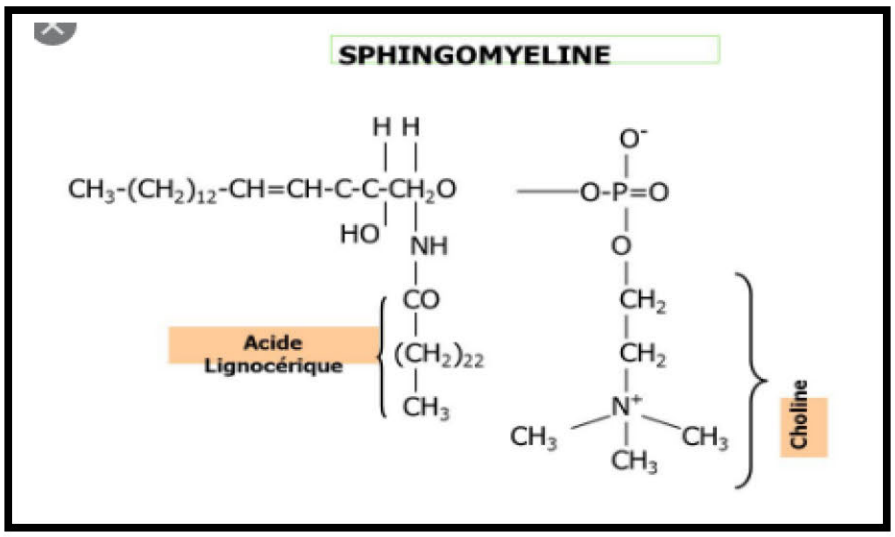
Sphingosine + acide gras = Céramide

- أما باقي السفنجوليبيدات فتعتبر مشتقات من **céramide** منها:

أ- **Sphingophospholipides:** ينتج من أتحاد (céramide + فوسفور+ كولين) على ذرة c1 للسفنجوزين أشهرها:

- السفنجومايلين sphingomyline يوجد في الخلايا الحيوانية فقط , يوجد بنسبة عالية في غمد النخاعين أو myéline الذي يحيط بالمحاور الإسطوانية للخلايا العصبية.
- يتألف السفنجومايلين من: sphingosine + حمض دهني+ حمض فوسفوريك + choline.





أ- **Sphingoglucolipides = glucoSphingolipides:**

1. **Cérébroside :** يتكون من (céramide + سكر oses) تعتبر من أهم مكونات المادة البيضاء الموجودة بالمخ.
2. **Gonglioside :** يتكون من (céramide + oses +ac sialique)
3. **Sulfatide :** يتكون من (céramide+ oses sulfatés), sulfatides تحتوي على مركبات كبريتية مثل السلفاتيدات الدماغية cerebrosulfatides .

ملحوظة **NB**:

تمثل sphingoglucolipides أغلب الليبيدات التي تحتوي على سكريات والتي تكون الجليكوليبيد Glycolipides

- دور السفنجوليبيدات **Sphingolipides :**

1. نقل الإشارة (نقل النبأ) transmission du signal
2. التعارف بين الخلايا reconnaissance intracellulaire

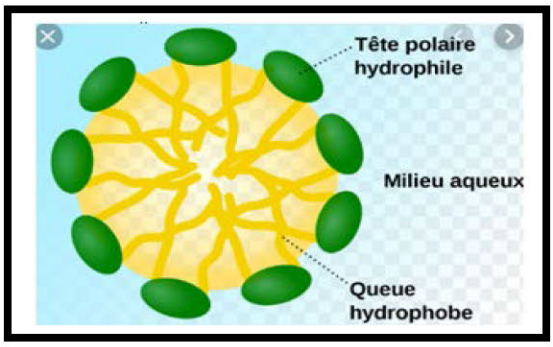
II- خصائص الليبيدات الغشائية Propriétés des lipides membranaires:

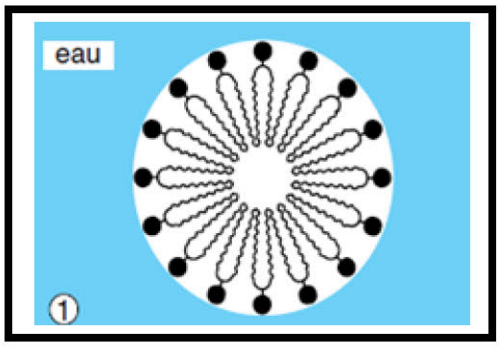
- التنظيم الذاتي **Auto-organisation :**

تسمح الخاصية الأومفيفيلية amphiphiliques لجزيئات الليبيدات بالتشكل التلقائي لطبقات وحيدة أو ثنائية عند وجودها في وسط مائي [خاصية التجمع الذاتي]التي تنغلق لتشكل المذيلات أو الجسيمات الليبيدية أو الطبقة الليبيدية المزدوجة :

1- المذيلات Les micelles :

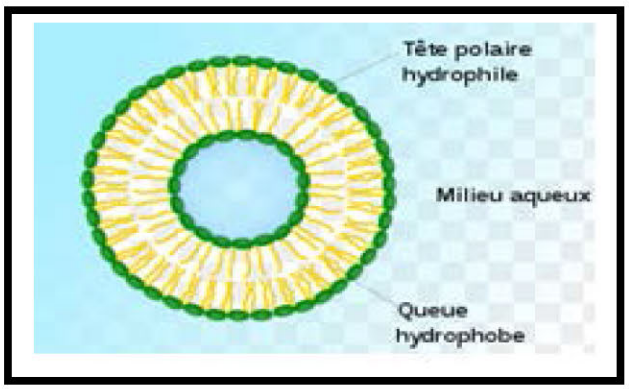
حويصلات كروية محدودة بطبقة ليبيدية وحيدة بدون تجويف تتجه فيها الرؤوس القطبية المحبة للماء نحو الخارج أما الذيول غير القطبية الكارهة للماء تتجه نحو الداخل وعليه تكون محمية عن الوسط المائي.

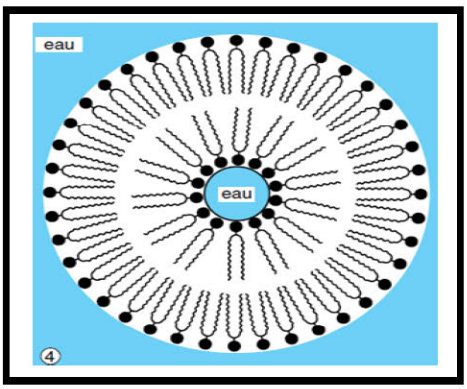




2- الجسيمات الليبيدية Les liposomes:

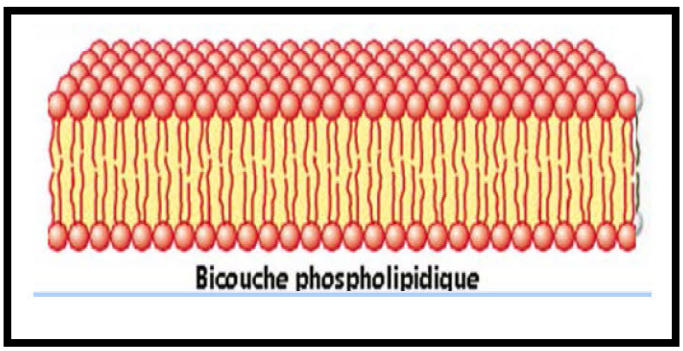
حويصلات محدودة بطبقة ليبيدية مضاعفة بها تجويف مركزي مملوء بوسط مائي.

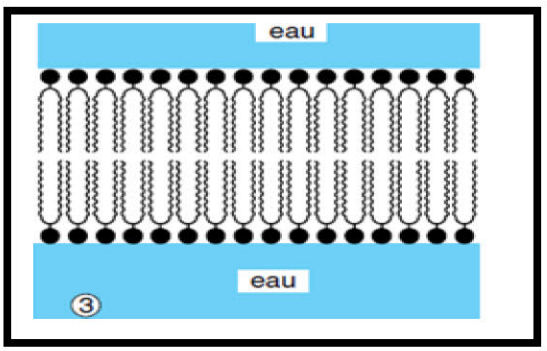




3- الطبقة الليبيدية المزدوجة Bicouche lipidique:

الرؤوس القطبية المحبة للماء تتجه نحو الخارج وتكون على أتصال بالوسط المائي أما الذيول غير القطبية الكارهة للماء تتجه نحو الداخل وتكون محمية بواسطة الرؤوس القطبية من الوسط المائي يتناسب هذا التنظيم مع ما هو موجود في الغشاء البلازمي.





III-الليبيدات في الهندسة الوظيفية للغشاء البلازمي Les lipides dans l'architecture fonctionnelle de la membrane plasmique

a - كل الليبيدات أمفيفيلية Tous ces lipides sont amphiphiles:

هذه الخاصية تسمح لها بالانتظام في طبقة مضاعفة bilipidique تتخللهما البروتينات الضمنية أو المدمجة intrinsèques حيث تتفاعل هذه الأخيرة بروابط كارهة للماء وذلك بفضل سلاسل أحماضها الأمينية الكارهة للماء.

تختلف المكونات الليبيدية المكونة لطبقتي الليبيد من نمط غشائي إلى آخر.

b- توزيعها غير متماثل بين طبقتي الغشاء Répartition asymétrique entre les deux feuillets:

توجد **3** أسباب على الأقل تفسر عدم التناظر:

1- السلاسل السكرية التي تكون محمولة سواء على الليبيدات أو البروتينات تكون دائما على الناحية الخارجية.

2- تتوزع الليبيدات الغشائية بطريقة غير متماثلة بين الوريقتين :

الوريقة الخارجية: glycolipides, ¯phosphatidylcholine, ¯sphingomyéline

الوريقة الداخلية: phosphatidylsérine ;¯ phosphatidyléthanolamine

تمثل phosphatidylsérine ¯sphingomyéline ,phosphatidyléthanolamine, phosphatidylcholine الأربع أنواع الرئيسية من الفوسفوليبيدات التي توجد في الأغشية.

3- فوسفوليبيدات الطبقة الخارجية تحتوي على أحماض دهنية مشبعة أكثر من الطبقة الداخلية.

- التوزيع الغير متناظر لليبيدات الغشائية ضروري ليقوم الغشاء البلازمي ببعض الوظائف مثل :

- تحويل المعلومات[النبأ] إلى إشارات داخل الخلية

c- سيولة الغشاء البلازمي Fluidité de la membrane plasmique : الغشاء البلازمي ليس تركيبة صلبة ولكن مائعة[سائلة] حيث يمكن أن تتحرك فيه الليبيدات والبروتينات ويتوقف ذلك على العديد من المعايير:

1- طبيعة الأحماض الدهنية Nature des des acides gras المكونة للفوسفوليبيدات:

أ-عدد الروابط الزوجية: كلما زاد عددها زادت سيولة الغشاء .

ب-طول السلاسل الهيدروكربونية : كلما زاد طول السلاسل الكربونية قلت سيولة الغشاء والعكس صحيح .

2 –درجة الحرارة Température : تزيد سيولة الغشاء بزيادة درجة الحرارة لتنظيم أرتفاع درجة الحرارة [إرتفاع السيولة] تقوم الخلية بزيادة طول السلاسل الكربونية وتقلل من عدم تشبعها وبالتالي تعديل السيولة.

لتنظيم أنخفاض درجة الحرارة [أنخفاض السيولة] فإن الخلية تقلل من طول السلاسل الكربونية وتزيد من عدم تشبعها.

أنخفاض درجة الحرارة يؤدي إلى تخليق الليبيدات الغشائية غير المشبعة لكن ذلك يتطلب مدة زمنية لذلك فهذا التكيف لا يلعب دورا في حالة التغير البطيء لدرجة الحرارة.

3 - كمية الكولسترول La quantité de cholestérol: كلما زادت جزيئات الكولسترول تقل سيولة الغشاء البلازمي توضع النواة الستيروئدية بين السلاسل الكربونية تقلل من حركتها فتجعل الغشاء أكثر صلابة. ينظم الكولسترول سيولة الغشاء خلال التغيرات في درجات الحرارة, عند درجة الحرارة المرتفعة يقلل من سيولة الغشاء عن طريق تقييد حركة الفوسفوليبيدات , عند درجة الحرارة المنخفضة يحافظ على سيولة الغشاء يمنع package(embalage) لف [حزم]الفوسفوليبيدات

4- كمية البروتين **la quantité de protéines :** تنخفض سيولة الغشاء مع زيادة كمية البروتينات

d- حركة الليبيدات **Mouvement des lipides :** يمكن لها أن تتحرك بـ **3** طرق:

1- الدوران حول نفسها[حول محورها الطولي] rotation sur eux même:

تحدث بصفة مستمرة (10^{-8}cm/s soit environ 1µm/s à 37°

2- الحركة الجانبية diffusion latérale الحركة في نفس الورية :

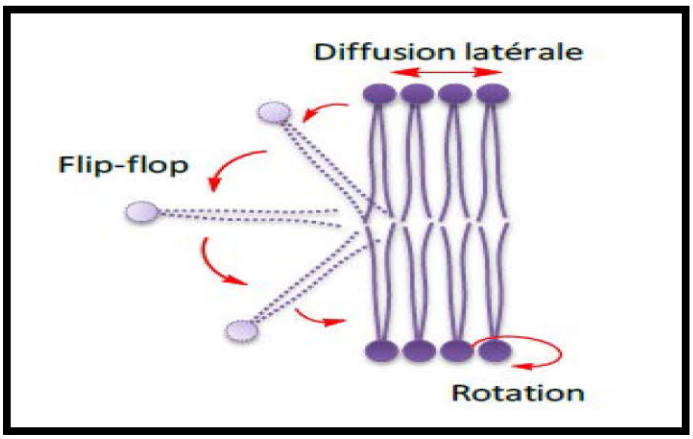
الليبيدات تغير مكانها مع الليبيدات المجاورة بطريقة سريعة جدا [10^{7} fois/s]

3- الأنتشار المستعرض أو تغيير الورية (حركة الأرجوحة flip- flop)

diffusion transversale, mouvement de bascule

بطيئة تحدث مرة كل أسبوعين وتحتاج إلى تدخل أنزيمات flippases و flopases هذين الأخيرين يحتاجان إلى طاقة على شكل ATP

4-حركة الأنثناء Flexion: وجود روابط مزدوجة يجعل السلاسل الهيدروكربونية مرنة تنشأ عنها نقطة أنعطاف أو تشكل زاوية.



V- الكولسترول **Cholestérol :**

- جزيئة ليبيدية تنتمي إلى عائلة الستيرؤيدات Stéroïdes أو الستيرولات stérols [متعدد الحلقات بها 27 ذرة كربون C27H45OH] .
- لا يستطيع أن يكون أغشية بمفرده.
- جزيئة مزدوجة القطبية amphiphile مثل الليبيدات يحتوي على مجموعة كارهة للماء مكونة من 4 حلقات كربونية [نواة ستيرول noyau stérol صلبة] مرتبطة بسلسلة كربونية جانبية بها **8** ذرات كربون ومجموعة كحولية **OH** محبة للماء مرتبطة بالحلقة الكربونية الأولي على ذرة كربون **3**.
- يمثل حوالي **[¼ = 25%**] من الليبيدات الغشائية
- تتغير نسبة الكولسترول في الغشاء حسب الحالة الفزيولوجية للعضوية.
- أغشية الخلايا الحيوانية حقيقية النواة يوجد بها كولسترول.
- أغشية الخلايا بدائية النواة مجردة من الكولسترول.

- تحتوي أغشية eucaryotes على كميات معتبرة من الكولسترول [جزيئة cholestérol/ جزيئة فوسفوليبيد] تتوزع بالتساوي بين الوريقتين الخارجية والداخلية للغشاء.
- يتوضع بين جزيئات الفوسفوليبيدات
- النباتات لا يوجد بها كولسترول بل يوجد بها مشتقات أخرى من الستيرولات (ergestostérol; stigmastérol; sistostérol)

- ملحوظة **NB:**

- الأغشية المحيطة بالعضيات الخلوية للكائنات حقيقية النواة لا تحتوي على كولسترول ولذلك يستعمل الكولسترول كدلالة نوعية marqueurs spécifique خاصة بالغشاء البلازمي.
- يمكن الحصول على الكولسترول من الغذاء, كما يمكن تصنيعه داخل الجسم في الخلايا الكبدية بواسطة الشبكة الأندوبلازمية الملساء

- ملحوظة **NB:**

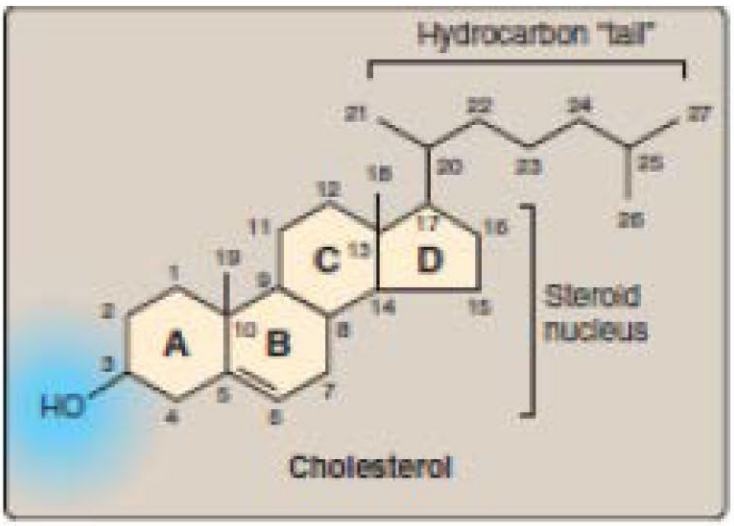
- إن الخطوط الخلوية التي تنمو في وسط زرع لا تستطيع تخليق الكولسترول وبالتالي تتحلل خلاياها بسرعة وعند إضافة الكولسترول تستعيد هذه الخطوط حياتها حيث يدخل الكولسترول في تركيب الغشاء البلازمي ويعمل على ثبات الطبقة الليبيدية المضاعفة.
- البكتيريا غشائها لا تحتوي على كولسترول وبالتالي تكون الخلية في حاجة إلى جدار خلوي يكسبها متانة.

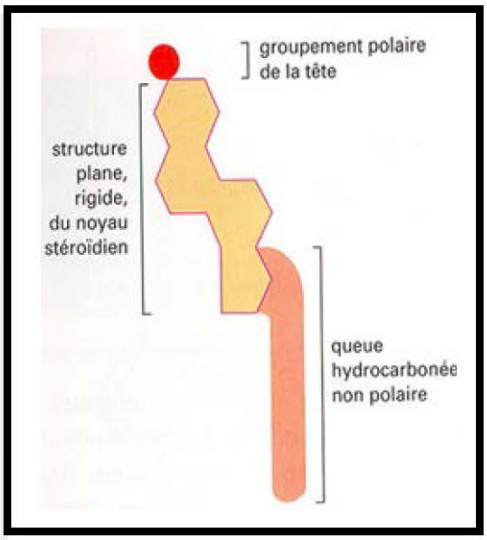
- دور الكولسترول **Rôle du cholestérol:**

- له تأثير منظم حيث يتدخل أساسا في تنظيم سيولة الغشاء فهو يزيد من درجة ثبات الطبقة الليبيدية المزدوجة [يحافظ على الإستقرار الميكانيكي للطبقة الليبيدية المضاعفة.
- يعمل على تعديل درجة التحول بين الحالة الهلامية والحالة السائلة للغشاء(gel- sol) .
- يمنع تهلم gélification الغشاء حيث يتوضع بين الجزيئات الفوسفوليبيدية ويمنع تقارب وتبلور سلاسل الأحماض الدهنية فيما بينها.
- يحافظ على ثبات الغشاء البلازمي حيث يزيد من صلابة الغشاء عند درجات الحرارة العالية ويزيد من سيولته عند درجة الحرارة المنخفضة .
- يدخل في تركيب المركبات الهامة جدا للفرد كالهرمونات الستيرؤيدية الذكرية والأنثوية وهرمونات الغدة الكظرية (الغدة فوق الكلية) التي تفرزهرمون الكورتيزون وفيتامين D المانع للكساح والأحماض الصفراوية acide biliaires كلها من مشتقات الكولسترول.

- حركة الكولسترول **mouvement du cholestérol :**

يمكن أن ينتقل من وريقة إلى أخرى flip-flop.





VI- الجليكوليبيدات Glycolipides :

- هي ليبيدات غير مفسفرة ترتبط بسكر أحادي أو سكريات قليلة oligosaccharides بالرأس القطبية المحبة للماء .
- توجد فقط في الوريقة الخارجية من اللغشاء البلازمي
- تكون 7% من جزيئات ليبيدات الطبقة الخارجية يتم تصنيعها بواسطة جهاز كولجي.

- **Sphingoglucolipide :**

- تمثل غالبية الليبيدات التي تحتوي على سكريات المكونة للجليكوليبيد.
- تتميز باحتوائها على سكر واحد أو أكثر مرتبط بذرة الكربون رقم1 من السيراميد بعضها متعادل الشحنة والبعض الأخر يحمل شحنة سالبة.
- البقايا السكرية التي تدخل في تركيب الجليكوليبيد متنوعة قد تكون الجلوكوز , إو الجلاكتوز أو حمض السياليك.

← أعتمادا على عدد السكريات الداخلة في تركيبها قسمت إلى قسمين:

1-Cérébroside:

- يدعى الجليكوليبيد المكون من سكر بسيط مثل Galactose بـ Galactocérébroside حيث يحتوي الرأس المستقطب المحب للماء على سكر Galactose مرتبط بمجموعة OH بذرة كربون 1 لـ Céramide.
- قد يدخل في تركيبها سكر Glucose فيطلق عليه Glucocérébrosides

2- Gongliosides:

يدعى الجليكوليبيد المكون من سلسلة قليلة من السكريات البسيطة بـ Gangliosides تتكون من :

سفنجوزين + حمض دهني + سلسلة من السكريات البسيطة المرتبطة بحمض السياليك N.Acetyl Neuramique Acid (NANA) والتي ترجع إليه خاصية الشحنة السالبة لسطح الغشاء يوجد بكثرة في العصبونات.

- وظائف **Glycolipides :**

لدى الثدييات تلعب بعض الجليكوليبيدات الغشائية دور مولدات الضد antigéniques [A, B, H] للزمر الدموية .

VII-السكريات الغشائية Les glucides membranaires:

توجد بنسبة قليلة[5-10%]من الكتلة الكلية للغشاء. دائما مرتبطة بالبروتينات أو الليبيدات مكونة على التوالي Glycolipides & Glycoprotéines اللذان يشكلان المعطف الخلوي. تقع دائما على الجانب الخارج خلوي للغشاء البلازمي.

← أهم السكريات التي تدخل في تركيب المعطف الخلوي هي:

الجلوكوز, الجلوكوز أمين, الجلاكتوز, الجلاكتوز أمين, الفركتوز, المانوز الحمض السياليك الغني بالشحنات السالبة.

- وظائف سكريات المعطف الخلوي **Role des glucides membranaires :**

- التعارف الخلوي reconnaissance cellulaire.
- المحددات السكرية للجليكوليبيدات والجليكوبروتينات لها فعل أونتيجيني [مولدات ضد غشائية] تسمح بالتعرف على الذات واللذات في نظام معقد التوافق النسيجي[complexe majeur d'histocompatibilité] CMH ;
- مجاميع الدم ABO
- الألتصاق الخلوي Adhésion cellulaire
- تتدخل بعض الجليكوبروتينات **glucoproteines** الغشائية في:
- التصاق الخلايا فيما بينها CAMs (cell adhésion molécules) منها sélectine, intégrine, cadhérine
- التصاقها بالمادة الخارج خلوية SAMs(Substance adhésion molécules)
- حماية الغشاء protection de la membranaire plasmique
- تؤمن الحماية الكيميائية والميكانيكية للغشاء البلازمي

VII- المعطف الخلوي Cell Coat=Glycocalix= manteau cellulaire:

- عبارة عن طبقة ليفية توجد على السطح الخارجي للغشاء البلازمي.
- يوجد في جميع الخلايا حقيقية النوى .
- سلامته ضرورية للحفاظ على النشاط الخلوي .
- يختلف سمكه من خلية إلى أخرى .
- بنيته متغيرة تتجدد باستمرار وبشكل سريع نسبيا .

VII-1- التركيب الكميائي للمعطف الخلوي La composition chimique du manteau cellulaire :

يتكون من سكريات قليلة ترتبط بجزيئات بروتينية أو ليبيدية على شكل glycoprotéines (protéoglycanes)وglycolipides .

- الجليكوبروتينات **glycoprotéines:** السلاسل السكرية تكون قصيرة ومتفرعة تنتهي كل سلسلة بحمض السياليك الحامل للشحنة السالبة.
- **Protéoglycanes:** السلاسل السكرية طويلة وغير متفرعة لا يوجد حمض السياليك.

VII-2- وظائف المعطف الخلوي Fonction du cell coat:

1- يساهم في الحفاظ على صفة عدم تماثل الغشاء البلازمي .

2- يمنع دخول الجزيئات الضخمة إلى الغشاء و التي يمكن أن تمزقه حيث يعمل كمصفاة .

3- حماية الغشاء البلازمي من عملية التحلل والتمزق تجاه معظم الأنزيمات الحالة للبروتينات protéolytiques و البروتينات المخاطية mucolytiques في حين فهو أن المعطف الخلوي يتحلل بواسطة أنزيمات Hyaloronidase و Neuramidase الموجودان على مستوى الأكروزوم في رأس النطفة.

4- المعطف الخلوي يعتبر مسؤول عن الشحنة الإجمالية للسطح الخلوي بسبب الشحنات السالبة التي يحملها حمض السياليك الذي تتدخل في نقل الجزيئات المشحونة عبر الغشاء البلازمي [شوارد K^+].

5- يساهم حمض السياليك مع شوارد Ca^+ في التصاق الخلايا ذات الأصل الجنيني الواحد [تكوين الجنيني المبكر].

6-يحتوي المعطف الخلوي على مستقبلات للتعرف وهي جزيئات ذات طبيعة بروتينية سكرية glycoprotéines تستطيع التعرف على البروتين الغريب وبالتالي تشكل أجسام مضادة ولهذه الأخيرة أهمية كبيرة في المناعة.

7-كما تلعب glycoprotéines دور محددات للذات CMH موجودة بشكل خاص في الخلايا اللمفاوية [المناعية] من النمط T و b والخلايا البالعة macrophage.

VIII- البروتينات الغشائية Les protéines membranaires:

- تمثل حوالي [52%] من الوزن الجاف للغشاء البلازمي.
- تمثل مجمل البروتينات التي تدخل في تركيب الغشاء البلازمي أكبر حجما من الليبيدات [30-50 مرة] وأقل عددا [1بروتين/ 100 ليبيد].
- تؤمن البروتينات الغشائية معظم وظائف الخلية.
- أن كمية وطبيعة البروتينات الغشائية تختلف أختلاف كبير من خلية إلى أخرى ومن منطقة إلى أخرى في نفس الخلية.

- تقسم البروتينات الغشائية حسب توزيعها في الغشاء إلى نوعين:

← بروتينات محيطية [خارجية] و بروتينات ضمنية أو داخلية.

A- البروتينات المحيطية Extrinsèques & Périphériques:

بروتينات قطبية محبة للماء hydrophiles , تمثل 30/ من البروتينات الغشائية توجد على سطح الغشاء من الجهة الخارج خلوية والداخل خلوية تتصل بالأجزاء القطبية لليبيدات الغشائية. يكون أرتباطها بالغشاء أرتباطا رخوا بواسطة روابط ضعيفة هيدروجينية والروابط الأيونية لذلك يمكن فصلها بسهولة بإجراء تغير بسيط في pH أو في تدرج التركيز الأيوني.

إن معظم البروتينات المحيطية غالبا ما تحدث لها عملية تسكر glycosylation متحولة إلى جليكوبروتين التي تشكل المعطف الخلوي .

B- البروتينات الضمنية intégrées أو الداخلية Intrinsèques :

تمثل 70%من البروتينات الغشائية ,هي بروتينات مندمجة كليا أو جزئيا في الغشاء عندما تعبر الطبقة الليبيدية المضاعفة تدعي باالبروتينات العابرة للغشاء حيث يمكن أن تعبر الغشاء مرة واحدة أو عدة مرات :

a. بروتينات عابرة للغشاء ثنائية الموضع ذات تمرير واحد**(single pass ou bitopique)**

البروتين لا يعبر الطبقة الليبيدية المضاعفة سواء مرة واحدة , يمتلك قطبين محبين للماء يكونا على أتصال بالوسط المائي و جزء متوسط على شكل حلزوني [αlpha] كاره للماء مغموسة في الطبقة الليبيدية.

مثال: glycophorine عبارة عن glycoprotéine يدخل في تركيب الغشاء البلازمي للكريات الدموية الحمراء يتكون من سلسلة بها 131 حمض أميني .

b- بروتينات عابرة للغشاء متعددة الموضع ذات تمرير متعدد **[multipass ou polytopiques]**

بروتينات تعبر الطبقة الليبيدية المزدوجة للغشاء عدة مرات منتظمة وكل عبور يكون بشكل حلزون α مؤلف من 25 إلى 30 حمض أميني.

مثال:القنوات الأيونية .

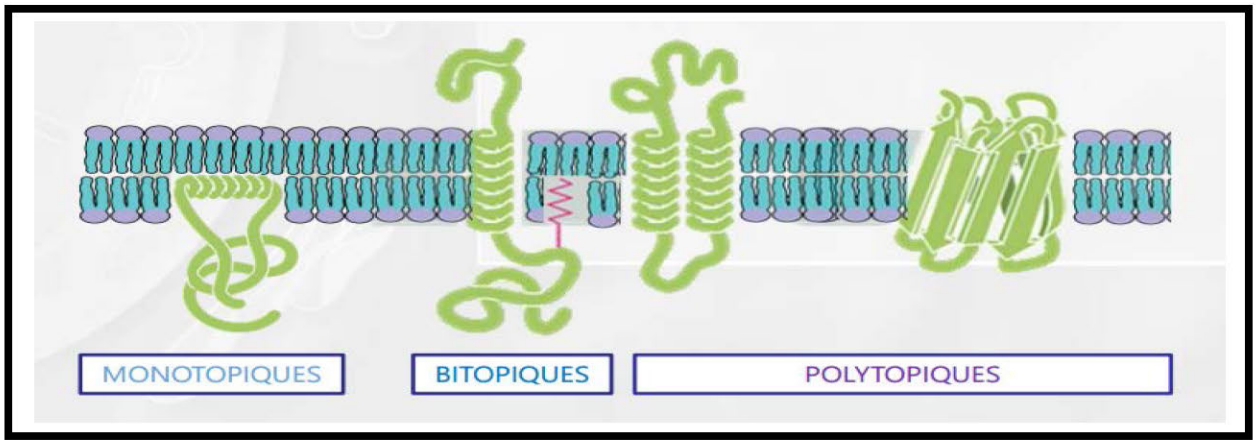
C- بروتينات عابرة للغشاء أحادية الموضع **Protéines monotopiques**

بروتينات لا تعبر الوريقتين بل وريقة واحدة فقط وهي حالة أستثنائية.

مثال: بروتين Cavéoline.

تكون التدخلات بين البروتينات العابرة للغشاء وليبيدات الغشاء تدخلات غير تساهمية وتتم غالبا بواسطة الأحماض الأمينية الكارهة للماء المكونة للبروتين.

ترتبط بقوة بالغشاء بواسطة روابط تكافؤية لذلك من الصعب فصلها إلا بتخريب الطبقة الليبيدية بإستعمال مواد كميائية أو المذيبات العضوية. تكون أجزائها الكارهة للماء متوضعة مع الأجزاء الكارهة للماء للفوسفوليبيدات.



VIII-1-حركة البروتينات الغشائية **Mobilités des protéines membranaires:**

لقد تم التأكد من أن البروتينات الغشائية تتحرك حركة جانبية ضمن الطبقة الليبيدية المزدوجة بتجربة Frye & Edidin سنة 1970] التهجين الخلوي Hétérocaryon].

- عند وضع خلايا إنسان وخلايا فأر في وسط زرع في وجود فيروس Sendai أو polyéthylène glycol فتندمجان وتشكل خلية هجينة Hétérocaryon. أستعمال أجسام مضادة مفلورة بالأخضر Rhodamine لوسم بروتينات الإنسان والأحمر Rhodopsine بالنسبة للفأر. إن الخلايا الهجينة المتشكلة حديثا وبعد مرور 40 د عند 37° م تظهر بها نقاط مفلورة بالأخضر والأحمر موزعة بالتناوب على كل سطح الخلوي.

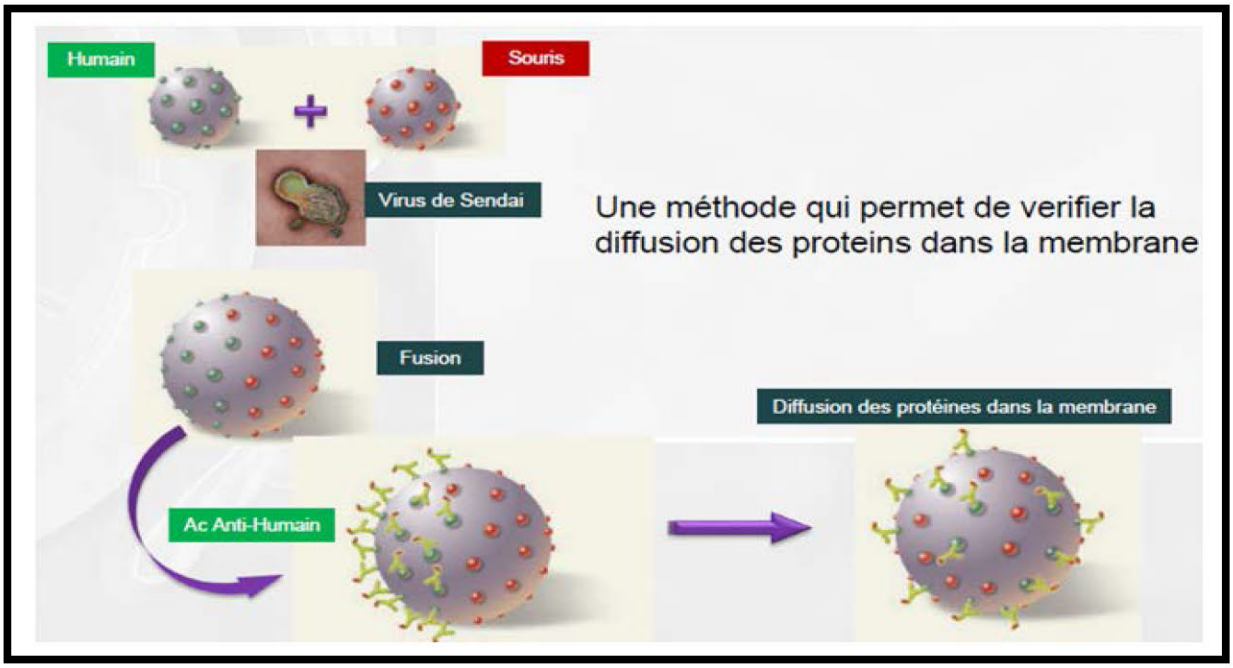
← هناك طرقتين فقط محتملتين هما:

a. الدوران حول نفسها rotation sur elle-même

b. الأنتشار الجانبي diffusion latérale

ملحوظة **NB** :

- البروتينات الغشائية لا تقوم بحركة التأرجح flip-flop
- تقل سيولة الغشاء البلازمي مع زيادة عدد جزيئات البروتينات.



VIII-2-وظائف البروتينات الغشائية Fonctions des protéines membranaires

تمنح الغشاء البلازمي معظم وظائفه فهي تتدخل في:

1- تخصص وتنوع الأغشية la spécificité et la diversité des membranes

تختلف من نوع خلوي إلى آخر.

2- النقل العابر للغشاء Transport transmembranaire:

بعض البروتينات تلعب دورا في نقل المواد عبر الغشاء [المبادلات الخلوية].

3- أستقبال المعلومات la réception d'informations:

بعض البروتينات عبارة عن مستقبلات تتفاعل مع جزيئات مبلغة [هرمونات] وإما مع منبهات فزيوكميائية [نواقل عصبية] .

4- التعارف الخلوي Reconnaissance cellulaire : بعض الجليكوبروتينات تمتلك نشاط أنتيجيني [مولدات ضد غشائية] تسمح للجهاز المناعي بالتعرف على الذات واللاذات [معقدات التوافق النسيجي] = Complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) & Human Leucocyte Antigens (HLA)

5- الألتصاق بين الخلايا l'adhérence entre cellules : بروتينات تربط بين الخلايا أو تثبيت الخلايا على الحشوة الخارج خلوية والهيكل الخلوي.

6-بروتينات ذات نشاط أنزيمي activités enzymatiques:

العديد من البروتينات الغشائية عبارة عن أنزيمات تعمل على تحفيز التفاعلات التي تتم على مستوى الغشاء [خصوصا أغشية العضيات].

7- المحافظة على أختلاف التراكيز بين الوسط الخارجي والداخلي

8- تعمل كروابط بنائية des liaisons structurales: تربط الهيكل الخلوي الى الغشاء البلازمي

9- تثبيت المركبات الدوائية

10-تثبيت الفيروسات, التوكسينات أو الخلايا

VI-التنظيم الجزيئي للغشاء البلازمي. Organisation moléculaire de la membrane plasmique

- النموذج الفسيفسائي المائع **Le modèle de Singer et Nicholson [1972]**

تنتظم الجزيئات الليبيدية في شكل طبقة مضاعفة أقطابها المحبة للماء مغمورة في الوسط الخارج خلوي والسائل الهيالوبلازمي.

- يتضمن الغشاء البلازمي نوعين من البروتينات **La membrane plasmique contient deux types de protéines** :

a-بروتينات محيطية **Protéines périphériques:** منحلة في الماء تتوضع على جانبي الغشاء

b-بروتينات ضمنية **Protéines intégrales** : أقطابها المحبة للماء تتوضع في الوسط الخارج خلوي والسيتوزول وأقطابها الكارهة للماء تتوضع في الوريقة النيرة .

- أطلق عليه النموذج الفسيفسائي المائع [السائل] **modèle de mosaïque fluide** :

- فسيفسائي **mosaïque**: لأن مكونات الغشاء موزعة بشكل غير متجانس [تركيب الغشاء غير متجانس].
- مائع **fluide**: سائل لأن الجزيئات المكونة للغشاء متحركة [تتحرك بإستمرار]

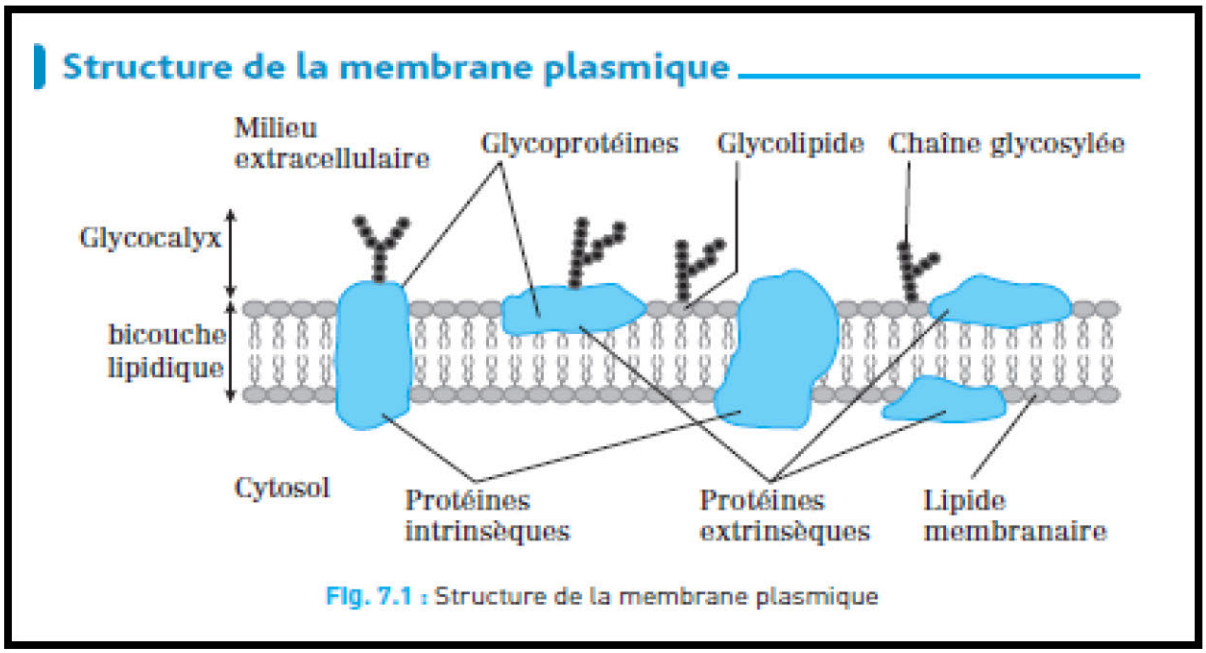
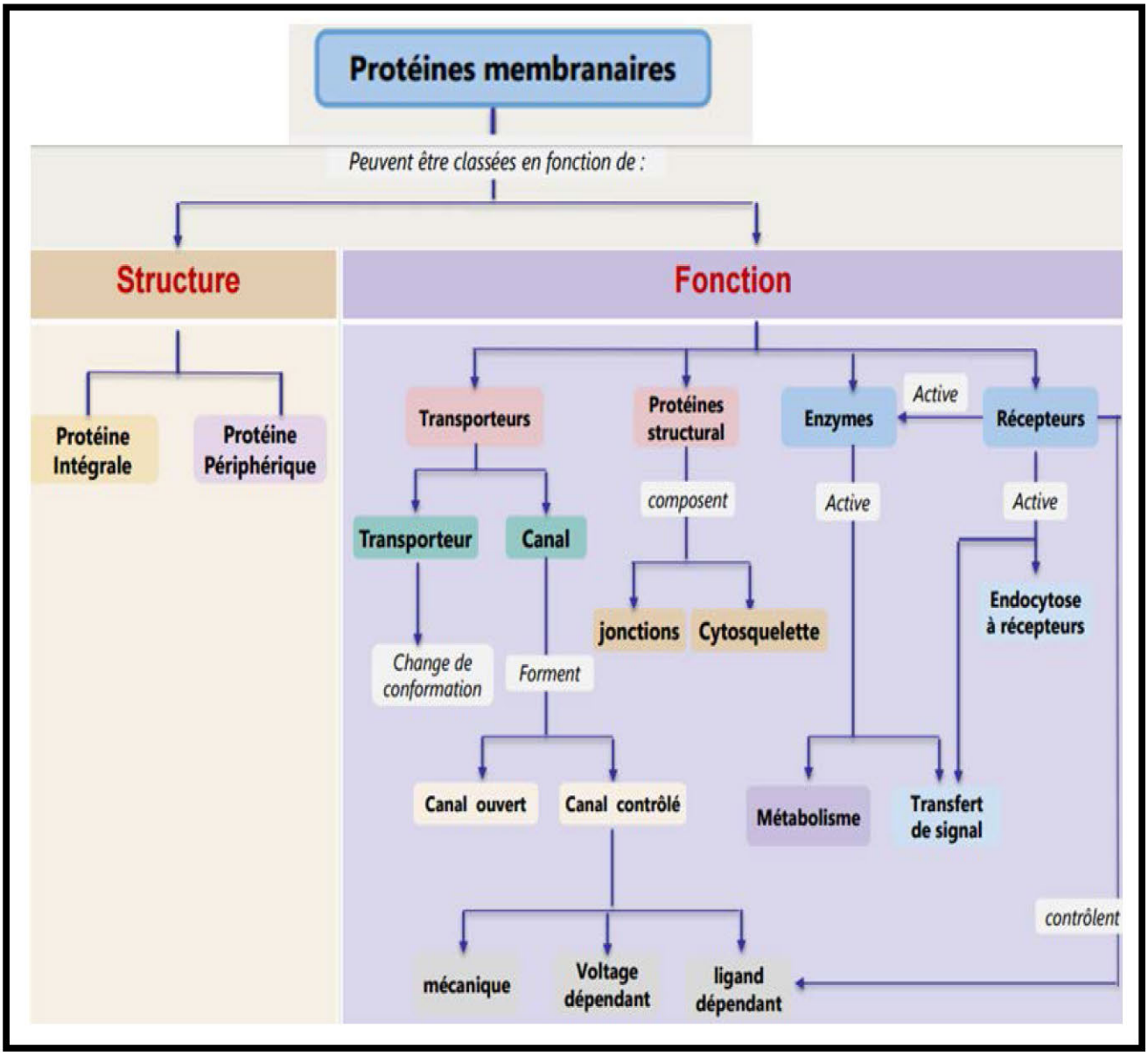


Fig. 7.1 : Structure de la membrane plasmique


Protéines membranaires
Peuvent être classées en fonction de :
Structure
Fonction
Protéine Intégrale
Protéine Périphérique
Transporteurs
Protéines structural
Enzymes
Active
Récepteurs
Transporteur
Canal
composent
Active
Active
Endocytose à récepteurs
jonctions
Cytosquelette
Change de conformation
Forment
Canal ouvert
Canal contrôlé
Métabolisme
Transfert de signal
contrôlent
mécanique
Voltage dépendant
ligand dépendant