

# BTS DIÉTÉTIQUE

**Biochimie - Biologie cellulaire**

**M1 - LA CELLULE EUCARYOTE**

**S1 - La membrane cellulaire**



# Objectifs pédagogiques

**Connaître la membrane cellulaire et ses principaux rôles**

# Programme pédagogique

- 1 Organisation biochimique de la membrane cellulaire**
- 2 Fonction de la membrane cellulaire**

# Introduction

**La cellule**

=

**Unité de base du monde vivant**

=

**plus petite structure dotée de vie**

*Les structures intracellulaires (prions ou virus) n'ont pas d'existence autonome et dépendent à priori des cellules vivantes pour vivre et se reproduire.*

# Introduction

Quel que soit son type, une cellule doit présenter un certain nombre de caractéristiques de structure et de fonctions lui permettant d'être vivante.

- Elle doit présenter une **membrane** pour se délimiter par rapport à tout le reste de l'existant, qui devient ainsi milieu extra-cellulaire.
- Elle doit également assurer des **échanges** avec ce milieu externe sans pour autant mettre en danger sa spécificité, ce qui suppose des transporteurs sélectifs au sein de la membrane.

# Introduction

- Pour assurer ses fonctions, la cellule a **besoin d'énergie**, qu'elle obtient à partir de molécules organiques provenant du milieu extra-cellulaire transformées par le biais de son métabolisme.
- Elle a également besoin de se **reproduire** car la durée de vie des cellules est limitée, probablement prédéfinie. La reproduction se fait par division.
- Enfin, les cellules ont besoin de **coopérer entre elles**, d'effectuer des échanges, le plus souvent d'informations mais également de substance. L'ensemble de l'information nécessaire à l'accomplissement de ces fonctions ainsi qu'à la genèse des structures qui les sous-tendent se trouve stocké dans des molécules spécifiques, l'ADN.

# Introduction

Les plus simples des cellules sont les **cellules bactériennes, procaryotes**.

Tous les autres êtres vivants (champignons, végétaux, animaux) sont constitués de cellules semblables, les **cellules eucaryotes**. Elles sont constituées d'une **membrane** qui les sépare du milieu extra-cellulaire, d'un **cytosol** contenant des **organites cytoplasmiques** et d'un **noyau** qui abrite le support de l'information génétique.

# Organisation biochimique de la membrane cellulaire

1

# Introduction

La membrane cellulaire sépare deux compartiments cellulaires très importants : le **milieu intracellulaire, contenu dans la cellule**, et le **milieu extracellulaire, dans lequel baignent les cellules**. Cette membrane, aussi appelée membrane plasmique, est constituée des éléments que nous allons préciser ci-après.

1

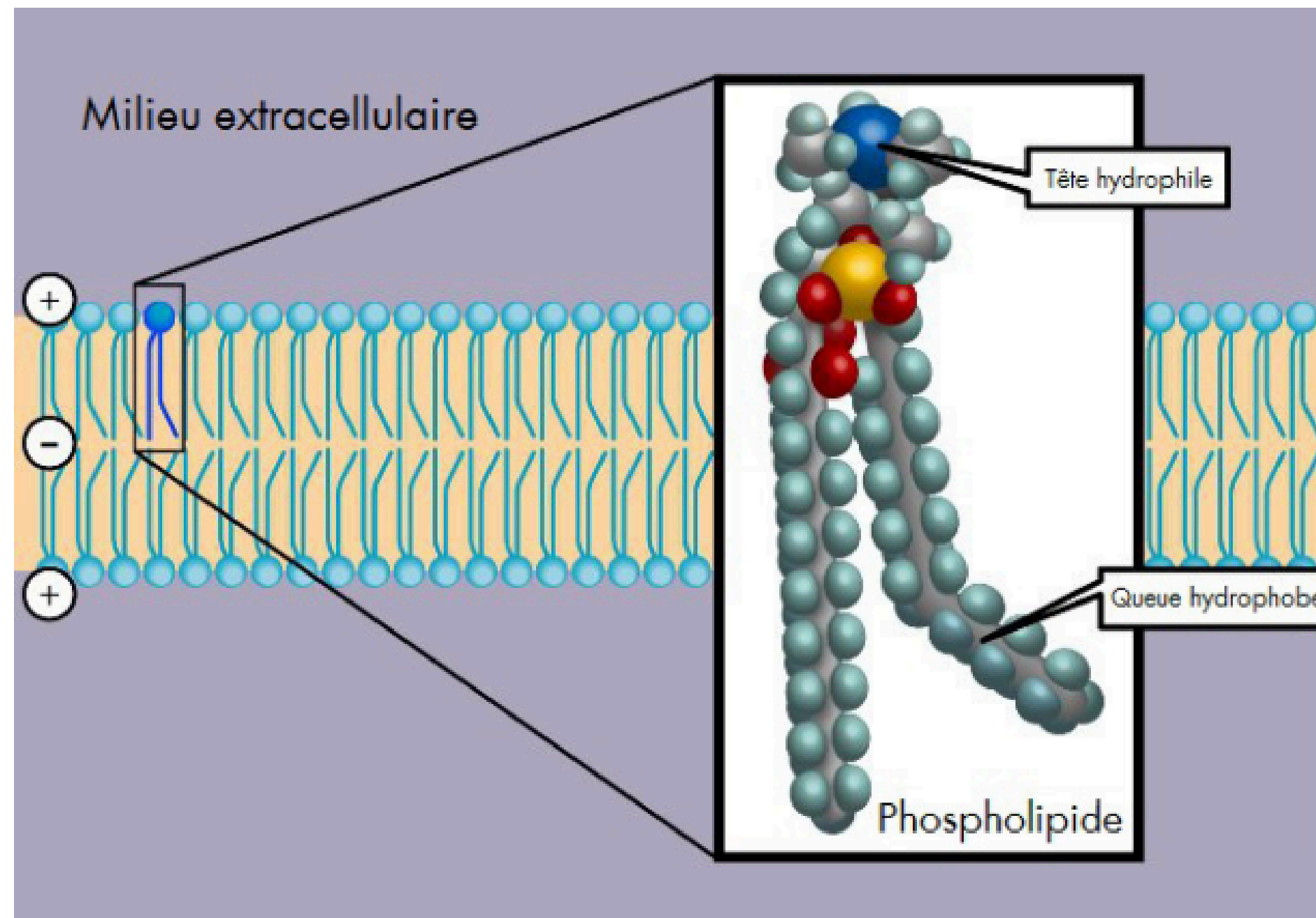
1/ Molécules lipidiques

2/ Molécules protidiques

3/ Glucides complexes

4/ Le modèle de mosaïque fluide

# Molécules lipidiques



Structure et position d'un phospholipide membranaire

# Molécules lipidiques

**Membrane cellulaire**

=

**phospholipides + sphingolipides + cholestérol**

# Molécules lipidiques

## Phospholipides

Une double couche de phospholipides : ces molécules sont organisées autour d'un **pôle hydrophile** (= « **qui aime l'eau** »), disposé face aux liquides (extracellulaire et intracellulaire), et de **parties hydrophobes** (= « **qui n'aiment pas l'eau** ») qui se font face, évitant ainsi le contact avec le milieu aqueux. On obtient alors ce double feuillet caractéristique. Ici est représenté un phospholipide insaturé (ce qui courbe l'acide gras). Les insaturations écartent les acides gras les uns des autres, augmentant ainsi la **fluidité membranaire**.

# Molécules lipidiques

## Sphingolipides

Des molécules de sphingolipides (dérivés de la sphingosine, dialcool aminé couplé à une chaîne organique, le plus souvent un acide gras) : ils jouent un rôle important dans la **transmission du signal et dans la reconnaissance des cellules**.

# Molécules lipidiques

## Cholestérol

Des molécules de cholestérol (pour les cellules animales). Ces molécules influent aussi sur la **fluidité membranaire** : plus la membrane est riche en cholestérol, moins elle sera fluide.

# Molécules lipidiques

L'ensemble de ces molécules de nature lipidique représente presque la **moitié des molécules d'une membrane cellulaire**. Ces caractéristiques rendent la membrane plasmique **semi-perméable, et donc sélective**. Certains composés, comme les gaz et molécules hydrophobes, passent facilement à travers la membrane, tandis que d'autres, comme les molécules polaires chargées, ne passeront pas.

1

**1/ Molécules lipidiques**

**2/ Molécules protidiques**

**3/ Glucides complexes**

**4/ Le modèle de mosaïque fluide**

# Molécules protidiques

Ces molécules peuvent :

- se situer **en surface de la membrane** (à l'extérieur ou à l'intérieur) : on parle alors de **protéines extrinsèques ou périphériques** ;
- la **traverser de part en part**, et donc venir au contact avec les deux versants membranaires. On dit alors que ces **protéines sont intrinsèques, intégrées ou transmembranaires**. Certaines protéines transmembranaires se regroupent pour former des canaux ou pores, permettant ainsi le passage de petites molécules hydrosolubles ou d'ions. Elles ont des fonctions de transport (actif ou passif) ou encore de fixation intercellulaire.

1

**1/ Molécules lipidiques**

**2/ Molécules protidiques**

**3/ Glucides complexes**

**4/ Le modèle de mosaïque fluide**

# Glucides complexes

Certaines protéines portent à leur surface des glucides : on parle alors de **glycoprotéines**.

On retrouve également des **glycolipides**, présentant aussi des glucides situés en surface de la membrane. Cette région riche en glucides est appelée **glycocalyx**. Ce glycocalyx est différent pour chaque cellule et permet la reconnaissance entre les cellules. C'est ainsi que le spermatozoïde reconnaîtra la membrane ovocytaire pour s'y accrocher.

1

**1/ Molécules lipidiques**

**2/ Molécules protidiques**

**3/ Glucides complexes**

**4/ Le modèle de mosaïque fluide**

# Modèle de mosaïque fluide

**Les molécules constituant la membrane ne sont pas fixes**, elles peuvent se déplacer selon les éventuelles modifications de leur configuration spatiale, lors de la division cellulaire, après des lésions membranaires, etc. Elles réalisent un modèle de « **mosaïque fluide** » **essentiel au fonctionnement membranaire**.

Les phospholipides renouvellent constamment leur composition, ce qui fait que les acides gras présents dans les membranes sont le reflet des apports alimentaires. Les protéines peuvent subir des **déplacements dans toutes les directions de l'espace : mobilité latérale, transversale ou rotationnelle**.

# Fonctions de la membrane cellulaire

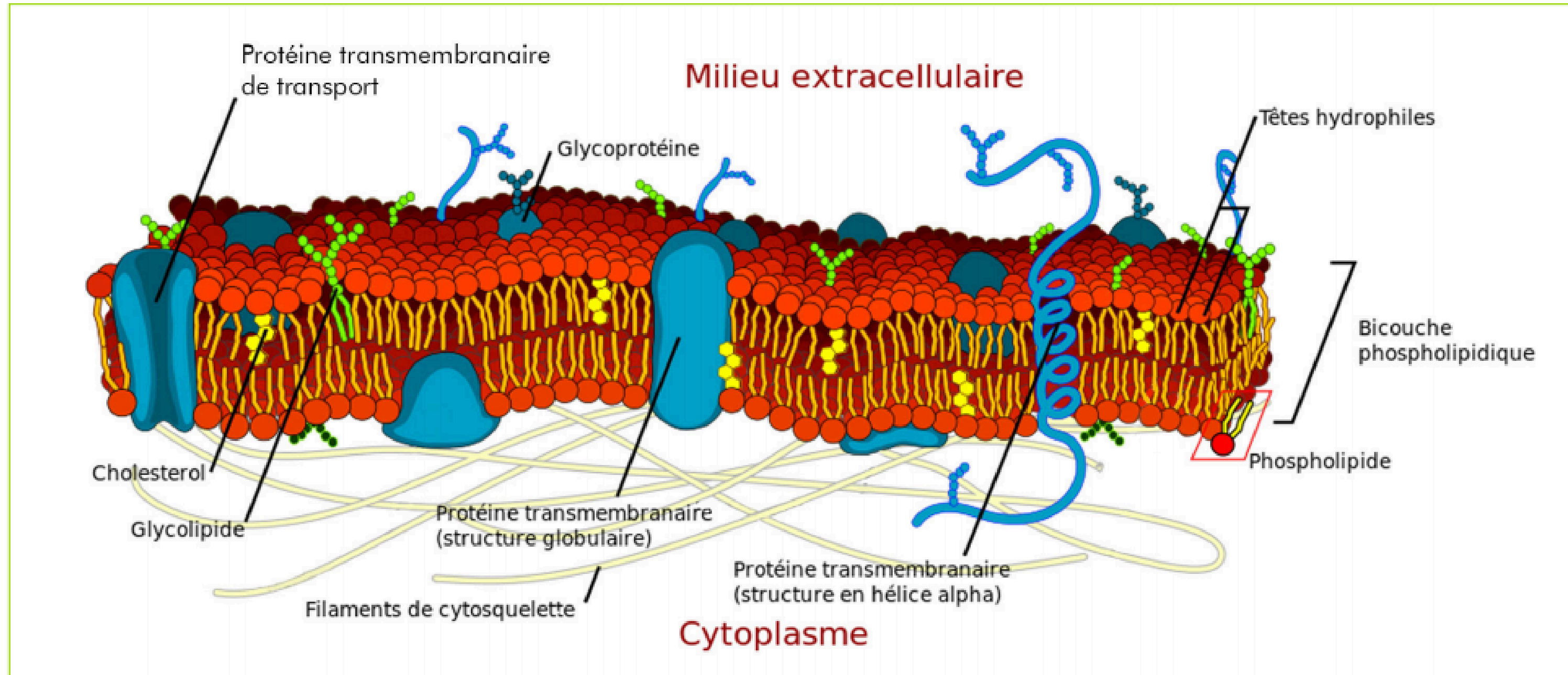
2

# Introduction

Les fonctions de la membrane sont :

- assurer la **séparation des milieux intracellulaire et extra-cellulaire** ;
- permettre les **échanges** entre ces deux milieux ;
- permettre **l'adhésion intercellulaire (par les protéines)** ;
- assurer le **transfert d'information et la reconnaissance cellulaire.**

# Introduction



Membrane cellulaire

# 2

**1/ Séparation des milieux**

**2/ Les échanges**

**3/ Adhésion**

**4/ Transfert d'information et reconnaissance cellulaire**

# Séparation des milieux

Le double feuillet va séparer le milieu intracellulaire du reste, qui devient milieu extracellulaire. Il s'agit de la structure de base de toute membrane, quel que soit le type de cellule considérée.

Le groupement **phosphate des phospholipides est à son tour couplé à un alcool organique**, qui donne le nom de la molécule. Il peut s'agir de la choline, du glycérol, de la sérine, etc. (phosphatidyl-choline, serine...).

Le **cholestérol est également une molécule bipolaire** qui permet de stabiliser la membrane en s'intercalant entre les acides gras.

# 2

**1/ Séparation des milieux**

**2/ Les échanges**

**3/ Adhésion**

**4/ Transfert d'information et reconnaissance cellulaire**

# Introduction

Les échanges sont assurés par des mécanismes de transport transmembranaire qui peuvent être de plusieurs types :

- Les **mécanismes passifs**, qui ne nécessitent pas d'énergie.
- Les **transports actifs**, qui nécessitent l'utilisation d'énergie sous forme d'ATP.

# Transport passif

Dans les **transports passifs**, on retrouve :

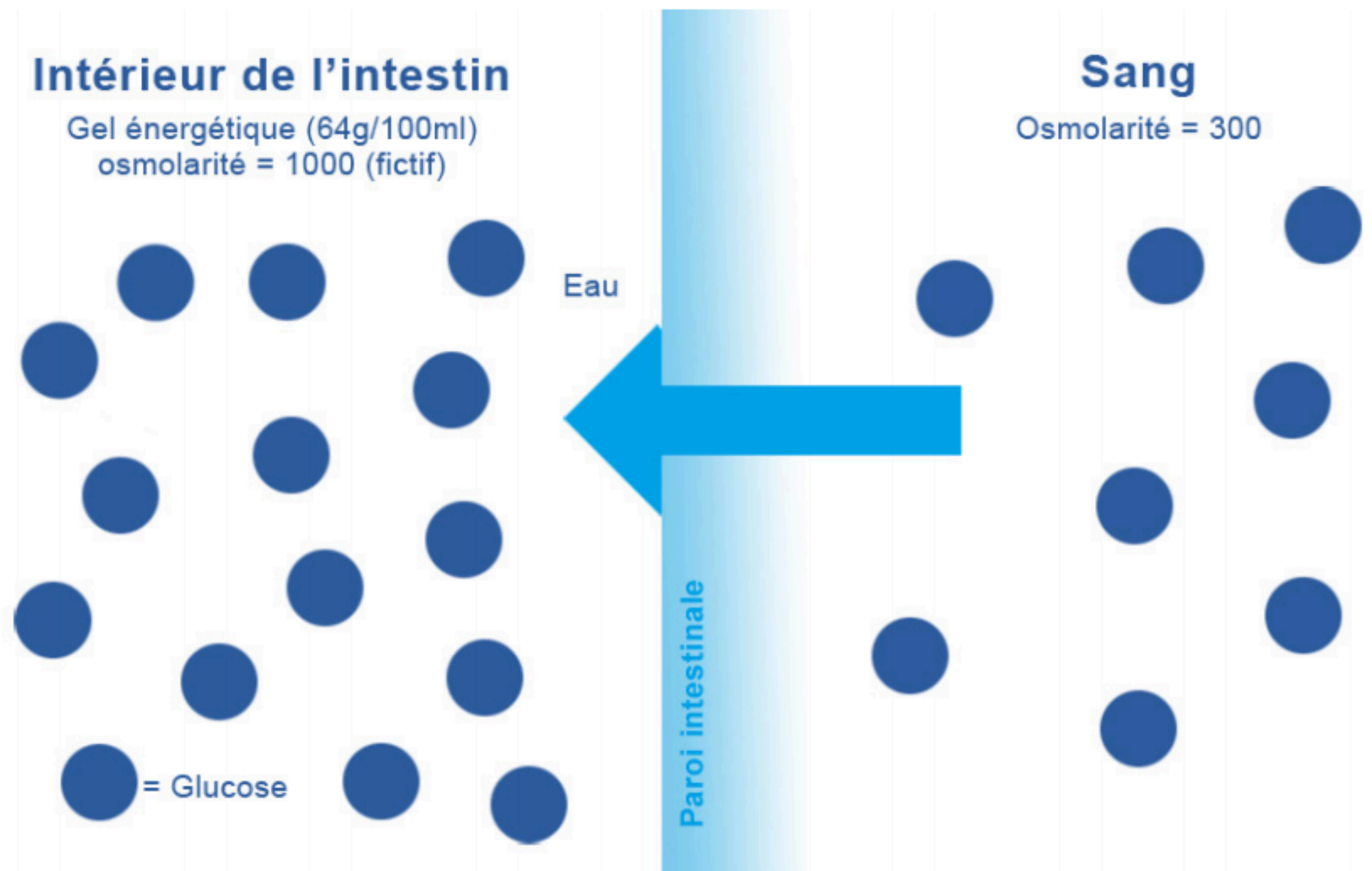
- Les **échanges d'eau** : L'osmose
- Les **échanges de substances dissoutes** : la diffusion

# Transport passif

## Les échanges d'eau

Normalement, la **teneur en eau du milieu intracellulaire est identique à celle du milieu extra-cellulaire** (le liquide interstitiel), à son tour identique à celle de la partie liquide du sang (plasma), ce qui définit l'iso-osmolarité de l'organisme. Dans ces conditions, **l'eau circule librement entre les compartiments liquidiens de l'organisme. Lorsque la concentration d'eau n'est pas la même des deux côtés d'une membrane, l'osmose se met en place.** La concentration totale de toutes les particules de soluté est appelée osmolarité. Ainsi, les échanges entre compartiments dépendront du type de perméabilité de la membrane qui les sépare et de leur concentration.

# Transport passif



© Nell & Associés

Principe de l'osmose appliqué aux échanges sang/intestin

# Transport passif

Ici, **l'intérieur de l'intestin est plus concentré que le sang**. L'eau va donc transiter du sang vers l'intestin (**du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré**).

Celle-ci peut conduire à des mouvements d'eau brutaux entre la cellule et l'extérieur, ce qui peut détruire la cohésion des molécules de la membrane et détruire la cellule.

# Transport passif

Ainsi, selon la concentration du milieu, la cellule est soumise à une fuite ou à une entrée d'eau :

- si le **milieu extracellulaire est moins concentré que l'intérieur de la cellule** (= hypotonique) : **l'eau entre dans la cellule** (= turgescence) ;
- si le **milieu est de même concentration que l'intérieur de la cellule** (= isotonique) : les **mouvements d'eau entrants et sortants se compensent** ;
- si le **milieu extracellulaire est plus concentré que l'intérieur de la cellule** (= hypertonique) : l'eau transite du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré, et va donc **sortir de la cellule** (= plasmolyse).

# Transport passif

Ainsi, selon la concentration du milieu, la cellule est soumise à une fuite ou à une entrée d'eau :

- si le **milieu extracellulaire est moins concentré que l'intérieur de la cellule** (= hypotonique) : **l'eau entre dans la cellule** (= turgescence) ;
- si le **milieu est de même concentration que l'intérieur de la cellule** (= isotonique) : les **mouvements d'eau entrants et sortants se compensent** ;
- si le **milieu extracellulaire est plus concentré que l'intérieur de la cellule** (= hypertonique) : l'eau transite du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré, et va donc **sortir de la cellule** (= plasmolyse).

# Transport passif

## Les échanges de substances dissoutes

Elle s'effectue selon le **gradient de concentration (du milieu le plus concentré vers celui moins concentré)** pour les molécules et gradient électrochimique (gradient électrique et gradient de concentration) pour les ions; en revanche, il se doit d'être sélectif pour permettre le maintien des constantes du milieu intracellulaire.

# Transport passif

La diffusion peut être :

- **simple**, lorsque la substance considérée traverse librement la membrane grâce à la différence de concentration. C'est le cas des **gaz respiratoires (dioxygène, CO<sub>2</sub>)** comme des **molécules de petite taille liposolubles** (stéroïdes, alcool éthylique, glycérol). Par exemple, le dioxygène est toujours plus concentré dans le sang que dans les cellules des tissus irrigués et se déplace donc vers l'intérieur des cellules. En revanche, le CO<sub>2</sub> est plus concentré dans les cellules et diffuse donc vers le sang.

# Transport passif

- **facilitée**, qui nécessite la présence de **protéines canalaire**s (qui forment des canaux à travers la bicouche phospholipidique) ou **protéines de transport** (qui se couplent à la substance à transporter et lui font traverser la membrane).

*C'est le cas notamment du glucose dont les transporteurs sont les GluT. L'eau justifie également d'un transporteur canalaire spécifique (les aquaporines) permettant des mouvements d'eau sans entraînement ionique.*

# Transport passif

Les molécules de taille importante peuvent traverser la membrane grâce à des **perméases**.

## Les protéines canaux (= canaux ioniques)

- ne changent pas de forme au cours du transport
- sont très spécifiques : elles ne laissent passer qu'un type de molécule (ou d'ion)

Ce mode de transport est :

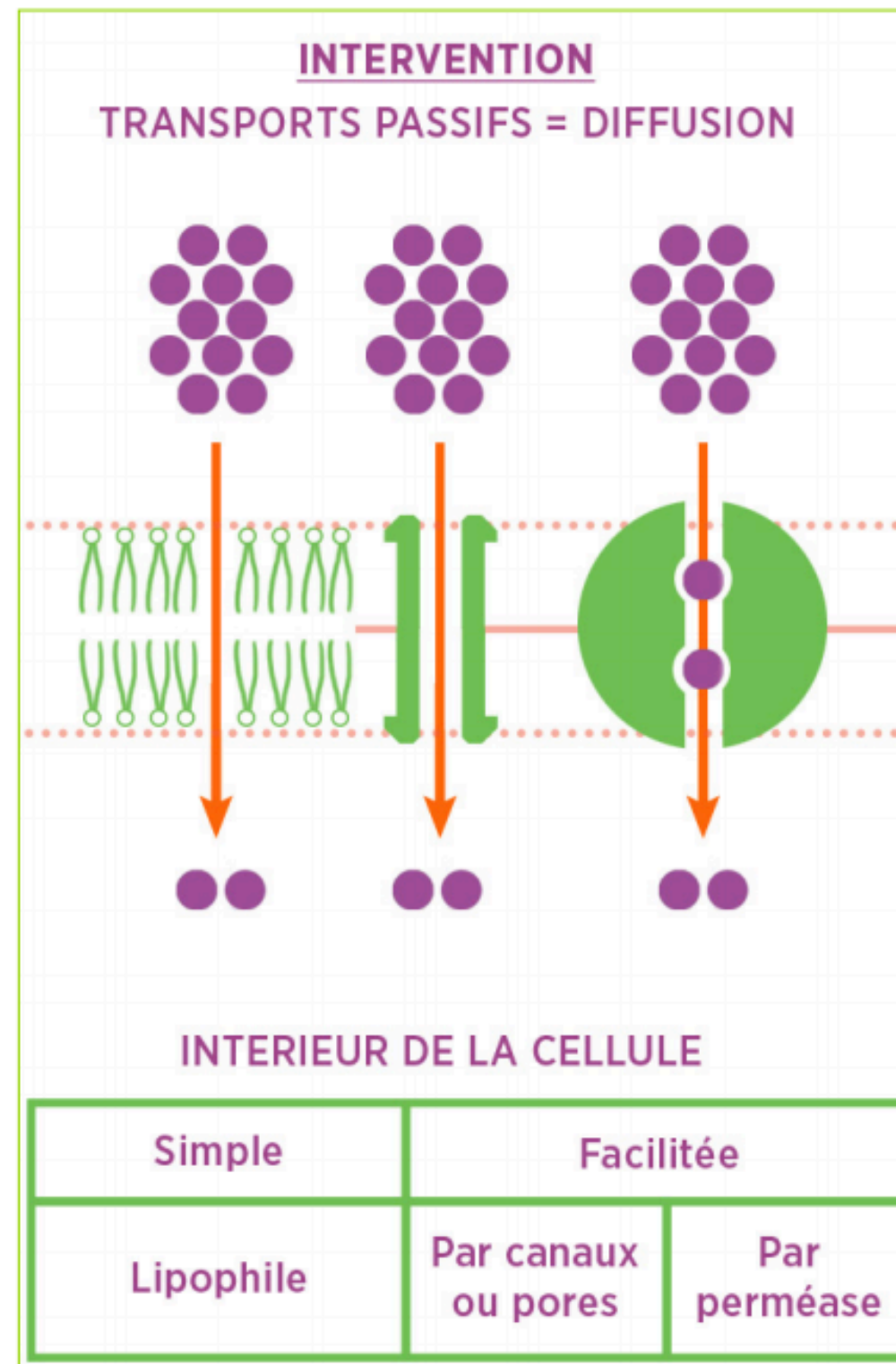
- Extrêmement rapide ;
- Régulé : les protéines canaux ont la possibilité de se fermer.

## Les perméases

Ces protéines changent de forme pour permettre le déplacement des molécules d'un côté à l'autre de la membrane. Après libération de la molécule, la perméase reprend sa forme initiale. Elle est à nouveau disponible pour un nouveau transport.

Ce mode de transport est lui aussi spécifique mais en général moins rapide que celui qui s'effectue par des protéines canaux.

# Transport passif



© Nell & Associés

Le transport passif : principe de la diffusion

# Transport actif

Il nécessite des **protéines de transport qui ont la particularité d'avoir une partie à fonction enzymatique qui leur permet d'hydrolyser l'ATP** (fonction ATP-ase) pour générer l'énergie nécessaire au transport. Au repos, ce transport consomme près de la moitié de l'énergie produite par l'organisme.

# Transport actif

Le **principal transport actif est la « pompe »  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$**  qui permet de maintenir une plus forte concentration de potassium intracellulaire que dans le milieu extracellulaire et établit un gradient inverse pour le sodium. Ce gradient de concentration est essentiel dans le **maintien de l'osmolarité cellulaire, mais également dans le mécanisme de la contraction musculaire ou de la transmission de l'influx nerveux**, puisqu'il génère un potentiel transmembranaire avec une prédominance des charges électro-négatives à l'intérieur et des charges électro-positives à l'extérieur. Certaines cellules sont capables de modifier leur polarité de membrane sous l'influence de différentes stimulations : ce sont les cellules excitables (neurones, myocytes).

# Transport actif

Cette pompe fait toujours sortir **3 Na<sup>+</sup>** et, en échange, fait entrer **2 K<sup>+</sup>** . Cette différence de charge sera importante dans la mise en place du **potentiel de repos des membranes excitables**.

*Un autre exemple important de transport actif est représenté par les transporteurs de glucose couplé au sodium (SGLT1) présents au niveau du pôle apical des entérocytes (cellules de l'intestin grêle) ou des néphrocytes (cellules du tube rénal).*

# Transport actif

Les protéines de transport (facilité ou actif) peuvent permettre le passage d'une seule molécule dans un seul sens (uniport), de deux molécules dans le même sens (symport) ou de deux molécules en sens inverse (antiport).

Le sodium est expulsé de la cellule par la pompe  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$ . Lorsque ce sodium regagne l'intérieur de la cellule avec l'aide d'un transporteur protéique, celui-ci entraîne (= cotransport) simultanément d'autres substances : on parle alors de transport actif secondaire.

*Par exemple, l'absorption intestinale du glucose suit ce type de procédé.*

# Transport actif

Les protéines de transport (facilité ou actif) peuvent permettre le passage d'une seule molécule dans un seul sens (uniport), de deux molécules dans le même sens (symport) ou de deux molécules en sens inverse (antiport).

Le sodium est expulsé de la cellule par la pompe  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$ . Lorsque ce sodium regagne l'intérieur de la cellule avec l'aide d'un transporteur protéique, celui-ci entraîne (= cotransport) simultanément d'autres substances : on parle alors de transport actif secondaire.

*Par exemple, l'absorption intestinale du glucose suit ce type de procédé.*

# Endocytose et exocytose

Les échanges entre la cellule et son milieu externe peuvent également se faire par des **modifications de la membrane avec constitution de vésicules** qui peuvent s'ouvrir :

- **vers l'extérieur** (vésicules d'exocytose) pour permettre la libération de molécules de production cellulaire destinées à l'exportation ;

# Endocytose et exocytose

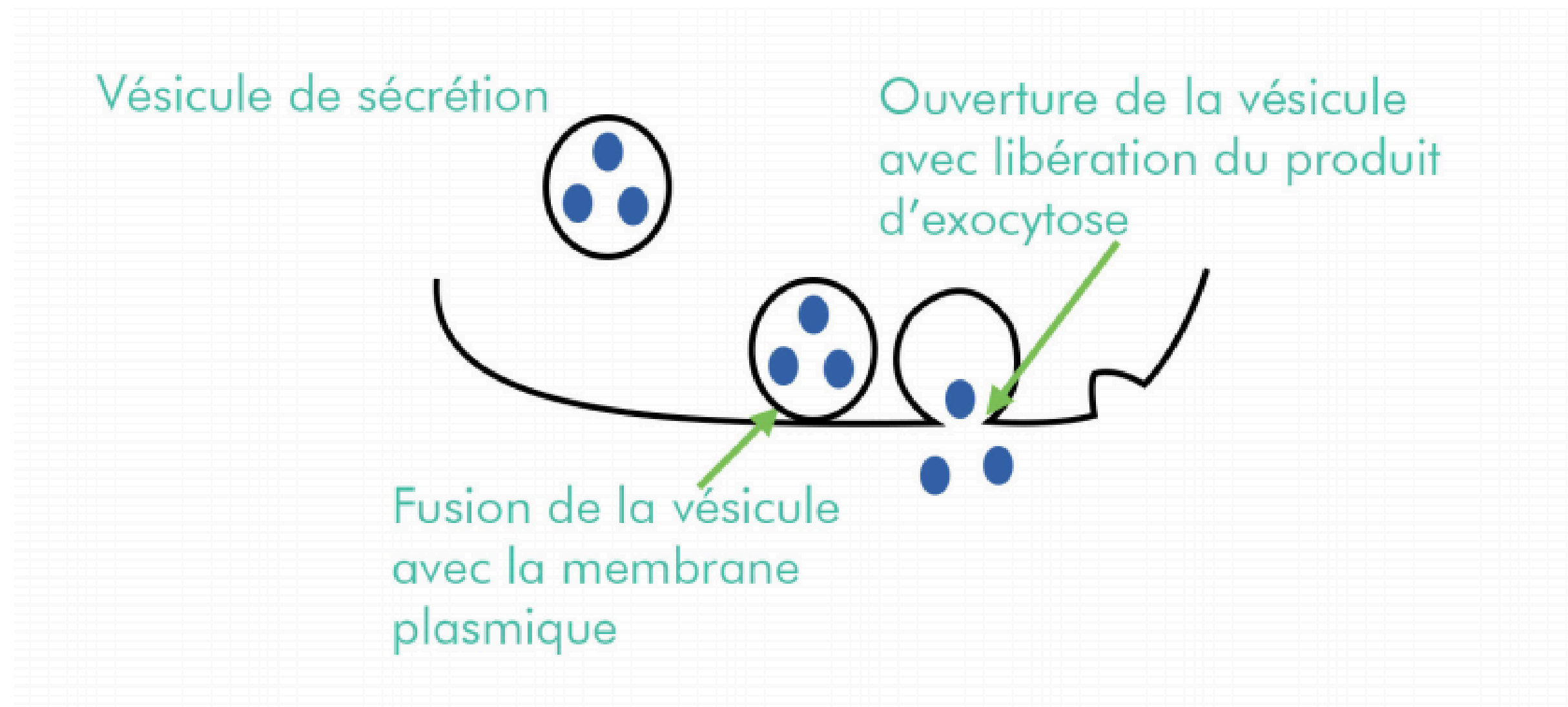
- **vers l'intérieur** (vésicules ou vacuoles d'endocytose) pour permettre l'accès à la cellule de substances extérieures.

On parle actuellement de deux grands types d'endocytose. S'il s'agit de **substances liquides, ou de molécules ionisées** (voire de macromolécules) le phénomène est appelé **pinocytose**. Elle est réalisée par toutes les cellules. Elle peut s'exercer de manière non différenciée sur les constituants du milieu extra-cellulaire ou être déclenchée par la stimulation d'un récepteur de membrane.

# Endocytose et exocytose

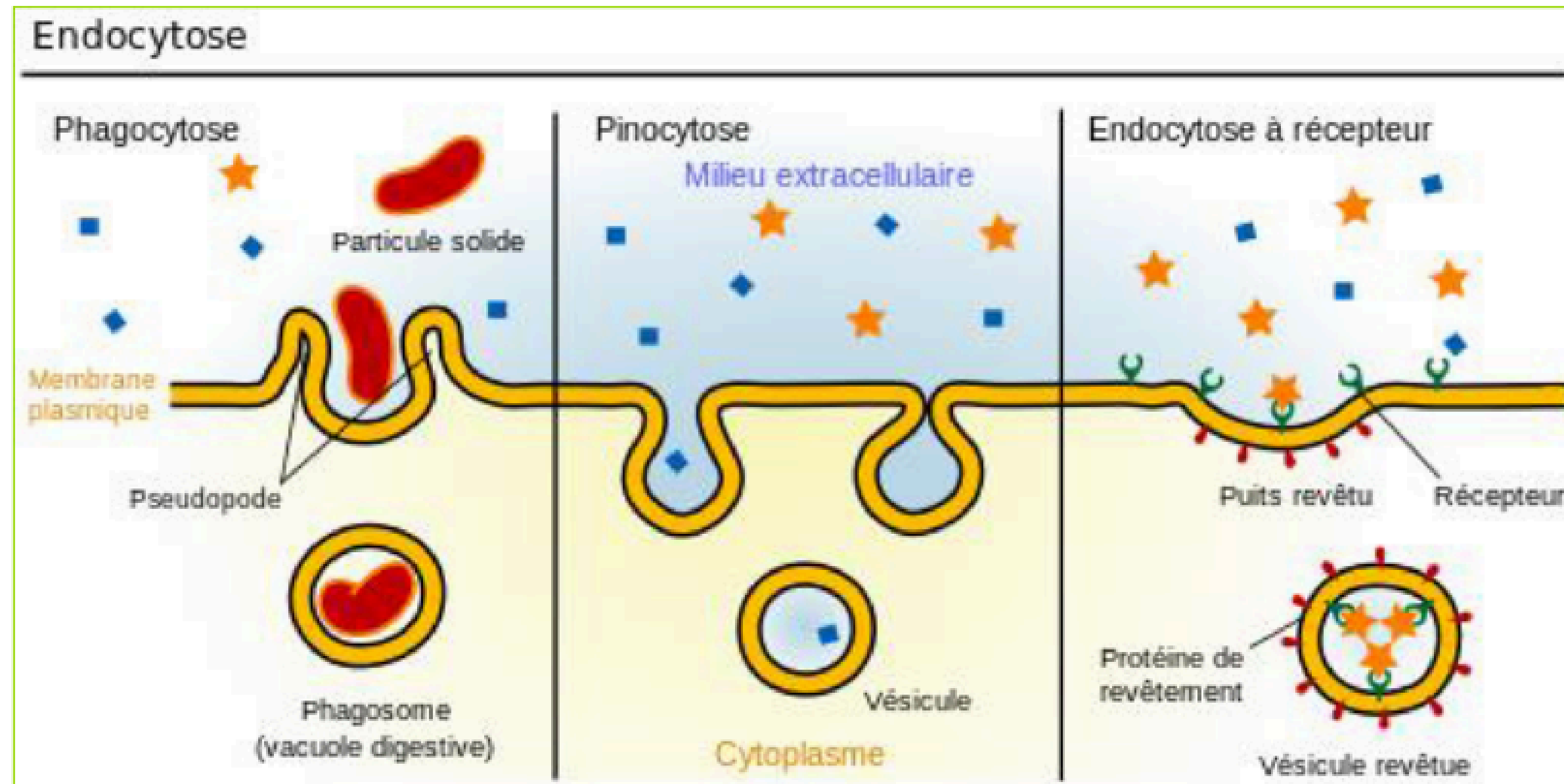
Certaines zones de la membrane cellulaire sont particulièrement impliquées. Lorsqu'il s'agit de **particules solides ou de grosse taille**, il est nommé **phagocytose**, toujours déclenchée par un couplage avec tout ou partie de la particule extérieure. Dans les deux cas, les vacuoles générées fusionnent avec les lysosomes (organites du cytoplasme contenant des enzymes) pour être détruites.

# Endocytose et exocytose



**Exocytose**

# Endocytose et exocytose



© Nell et Associés

## Endocytose

# 2

**1/ Séparation des milieux**

**2/ Les échanges**

**3/ Adhésion**

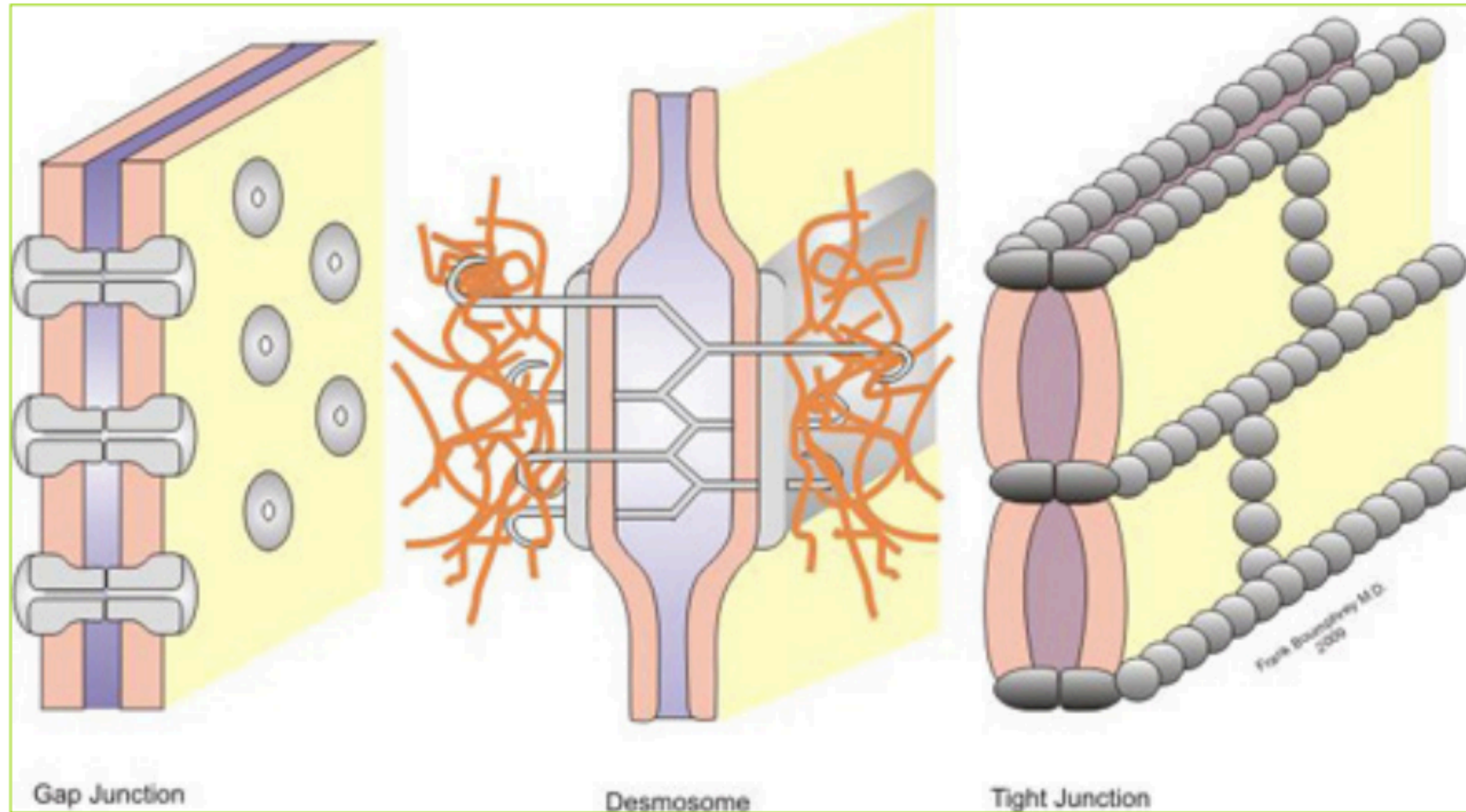
**4/ Transfert d'information et reconnaissance cellulaire**

# Adhésion

Les cellules peuvent être **solidarisées entre elles par des jonctions intercellulaires**. Ces jonctions sont de trois types.

- Les **desmosomes** (ou jonctions adhérentes) permettent la solidarisation mécanique intercellulaire et l'ancrage sur la lame basale.
- Les **jonctions serrées** (ou zonulaoccludens ou tight junction) limitent, voire empêchent, le passage de toute substance entre les cellules.
- Les **jonctions communicantes** (ou gap junction) permettent le transfert de substances entre les cellules, par exemple lors de leur dépolarisation.

# Adhésion



Boumpreyfr [CC-BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Les trois types de jonctions

# 2

**1/ Séparation des milieux**

**2/ Les échanges**

**3/ Adhésion**

**4/ Transfert d'information et reconnaissance cellulaire**

# Transfert d'information et reconnaissance cellulaire

Les **protéines de surface membranaire** ne viennent en contact qu'avec l'un des milieux séparés par la membrane (extra ou intracellulaire). Celles qui sont **orientées vers l'intérieur de la cellule ont souvent une fonction enzymatique** comme les protéases, responsables de la dégradation des molécules signal de nature peptidique.

# Transfert d'information et reconnaissance cellulaire

Lorsqu'elles sont situées sur **le versant externe**, elles peuvent avoir une **fonction de récepteur**, permettant le couplage à des molécules étrangères à la cellule, porteuses d'un message informationnel.

Le couplage avec le récepteur enclenche généralement une modification de la configuration spatiale de ce dernier et perturbe ainsi l'agencement de la membrane, ce qui entraîne des **modifications de fonction comme l'activation de transporteurs, l'ouverture de canaux ou l'activation d'enzymes.**

# Transfert d'information et reconnaissance cellulaire

Certaines sont **couplées à des glucides** (glycoprotéines) et constituent le système de **reconnaissance cellulaire** (antigènes de surface, déterminants du complexe majeur d'histocompatibilité - CMH, des groupes sanguins...).

De manière similaire, des molécules glucidiques peuvent se trouver couplées aux **lipides membranaires** pour constituer des glycolipides avec les mêmes fonctions.