

LA CELLULE

1. ORGANISATION DE LA CELLULE	2
1.1 DE LA STRUCTURE À LA FONCTION DE LA CELLULE	2
1.2 DESCRIPTION DES ORGANITES ET DE LEURS FONCTIONS	3
1.2.1 LA MEMBRANE PLASMIQUE OU CELLULAIRE	3
1.2.3 LES RIBOSOMES	5
1.2.4 LE RETICULUM ENDOPLASMIQUE	6
1.2.5 L'APPAREIL DE GOLGI	6
1.2.6 LES LYSOSOMES	7
1.2.7 LES PEROXYSOMES	7
1.2.8 LES MITOCHONDRIES	8
1.2.9 LE CENTROSOME ET LES CENTRIOLES	9
1.2.10 LE CYTOSQUELETTE	9
1.3 NOYAU : DE L'ADN À L'ARN ET LA MULTIPLICATION CELLULAIRE	10
1.3.1 LE NOYAU	10
1.3.2 LA MULTIPLICATION OU LA DIVISION CELLULAIRE	11
1.4 TRANSCRIPTION, TRADUCTION ET EXPRESSION DES PROTEINES	15
1.4.1 LA TRANSCRIPTION	15
1.4.2 LA TRADUCTION	16
2. LES TRANSFERTS MEMBRANAIRES	22
2.1 ECHANGES DE L'EAU : OSMOSE ET FILTRATION	24
2.2 MÉCANISMES PASSIFS	24
2.3 MÉCANISMES ACTIFS	24
3. LA COMMUNICATION INTRACELLULAIRE	27
3.1 LES RECEPTEURS MEMBRANAIRES ET INTRACELLULAIRES	27
3.2 LA SIGNALISATION INTRACELLULAIRE	29
3.2.1 LA PRODUCTION DES PREMIERS MESSAGES	29
3.2.2 LE CALCIUM, SECOND MESSAGEUR INTRACELLULAIRE	31
4. LA COMMUNICATION INTERCELLULAIRE	31
4.1 LA COMMUNICATION HORMONALE	31
4.2 LA COMMUNICATION NEUROLOGIQUE	32
4.3 LE MUSCLE	34
4.3.1 LA CELLULAIRE MUSCULAIRE DU MUSCLE SQUELETTIQUE	34
4.3.2 CONTRACTION DES MUSCLES SQUELETTIQUES	37
4.4 LA JONCTION NEURO-MUSCULAIRE	40
5. LA VIE ET LA MORT	41
5.1 LES DIFFERENCIATIONS CELLULAIRES	41
5.2 LA MORT CELLULAIRE	42

Il existe de nombreux types de cellules, leur anatomie de base et leur fonctionnement ont, cependant, beaucoup de caractéristiques communes : on parle de **cellule généralisée**.

Leur diamètre varie de 2µm (micromètres) pour les plus petites à plus de 100 µm pour les plus grosses (ovocyte fécondé) ; la cellule humaine mesure en moyenne 10 µm de diamètre.

La longueur varie plus que le diamètre : elle est comprise en quelques micromètres à plusieurs centimètres ; par exemple, certaines cellules des muscles squelettiques mesurent 30 cm de long.

Les formes des cellules sont extrêmement diversifiées : sphérique telles que les globules rouges, ramifiées telles que les neurones, cubiques telles que les cellules au niveau des reins.

Il existe environ 60 000 milliards de cellules dans notre corps ; elles sont organisées et différenciées afin d'assurer des fonctions différentes tout en garantissant une cohésion dans le fonctionnement de l'organisme.

Elles se rassemblent en deux familles distinctes :

- sous forme **de tissus** :

- indépendantes et capables de se déplacer :

ORGANISATION DE LA CELLULE

1.1 De la structure à la fonction de la cellule

Les cellules animales possèdent un noyau et des organites dans leur cytoplasme. On classe d'abord les cellules en deux grands groupes: **les cellules procaryotes** et **les cellules eucaryotes**.

Les cellules procaryote n'ont pas de membrane nucléaire, son noyau est constitué d'un seul chromosome circulaire (ex. les bactéries) ; tandis que la cellule eucaryote a un noyau délimité par une membrane nucléaire contenant une molécule d'ADN. (toutes les cellules du corps humain)

Les cellules eucaryotes sont elles aussi classées dans deux catégories: les **cellules animales** et les **cellules végétales**.

La cellule est donc la plus petite unité du monde vivant. C'est un compartiment délimité par une membrane. On définit ainsi un compartiment intracellulaire, et un compartiment extracellulaire. Tous les êtres vivants possèdent au moins une cellule, certains en ont des milliards.

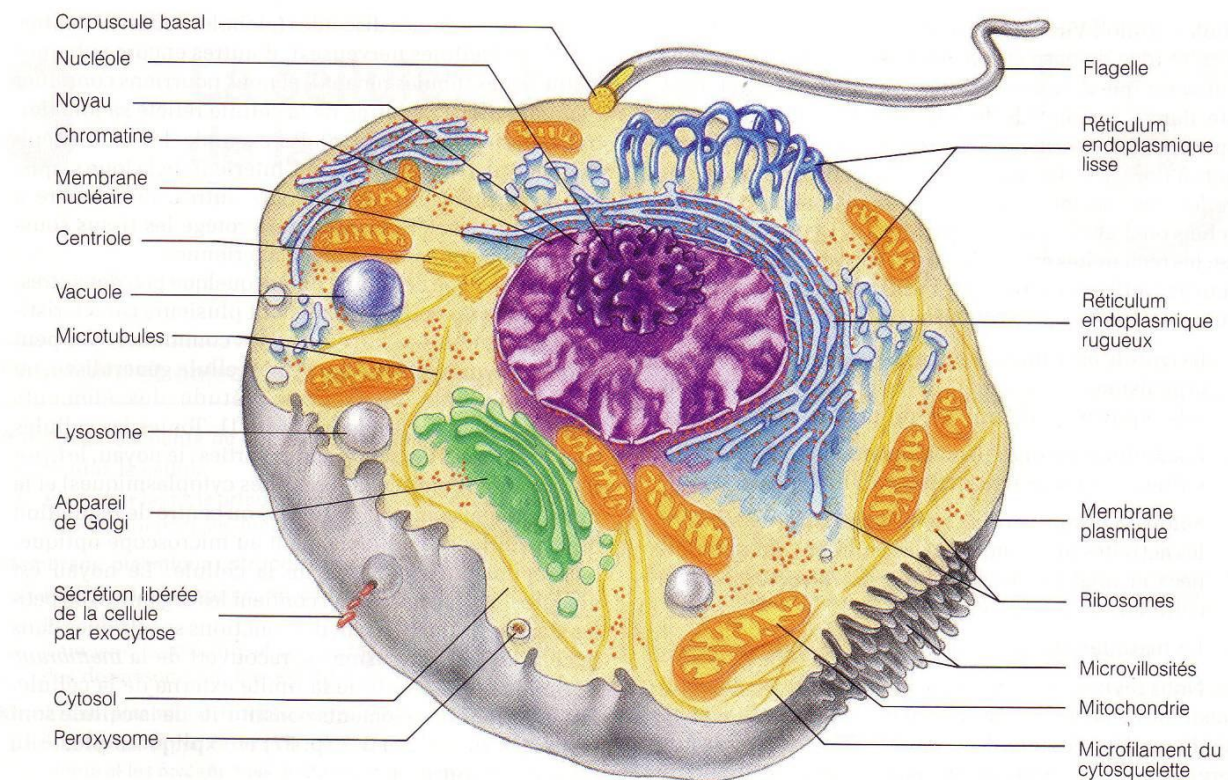
Chaque cellule est intégrée dans une région bien précise de l'organisme suivant sa structure et sa fonction. Lorsque plusieurs cellules se rassemblent en un même endroit on dit qu'elles forment un tissu.

Exemples de cellules et leurs fonctions:

- Globules rouges: Ces cellules transportent l'oxygène des poumons aux tissus et l'échangent contre du dioxyde de carbone qu'ils ramènent aux poumons. Contrairement à d'autres cellules, les globules rouges ont un noyau seulement quand ils viennent d'être formés, puis le perdent lors de leur maturation.
- Neurones: Ce sont les cellules à la structure la plus organisée du corps humain. L'action de ces cellules et leurs interconnexions rendent possible les mouvements, la régulation du fonctionnement du corps humain, la sensibilité, la conscience, l'intelligence et la mémoire.
- Globules blancs: Les globules blancs du corps humain défendent le corps contre les éléments étrangers.
- Cellule du pancréas: Cette cellule a un gros noyau. Elle est capable de synthétiser une enzyme: l'amylase ainsi qu'une hormone : l'insuline. L'enzyme intervient lors de la digestion de glucides complexes comme l'amidon ; l'insuline est une hormone hypoglycémisante.

Structure de la cellule animale généralisée

Aucune cellule n'est identique à celle-ci, mais cette cellule composite illustre des caractéristiques communes à un grand nombre de cellules humaines. Tous les organites ne sont pas dessinés à la même échelle.

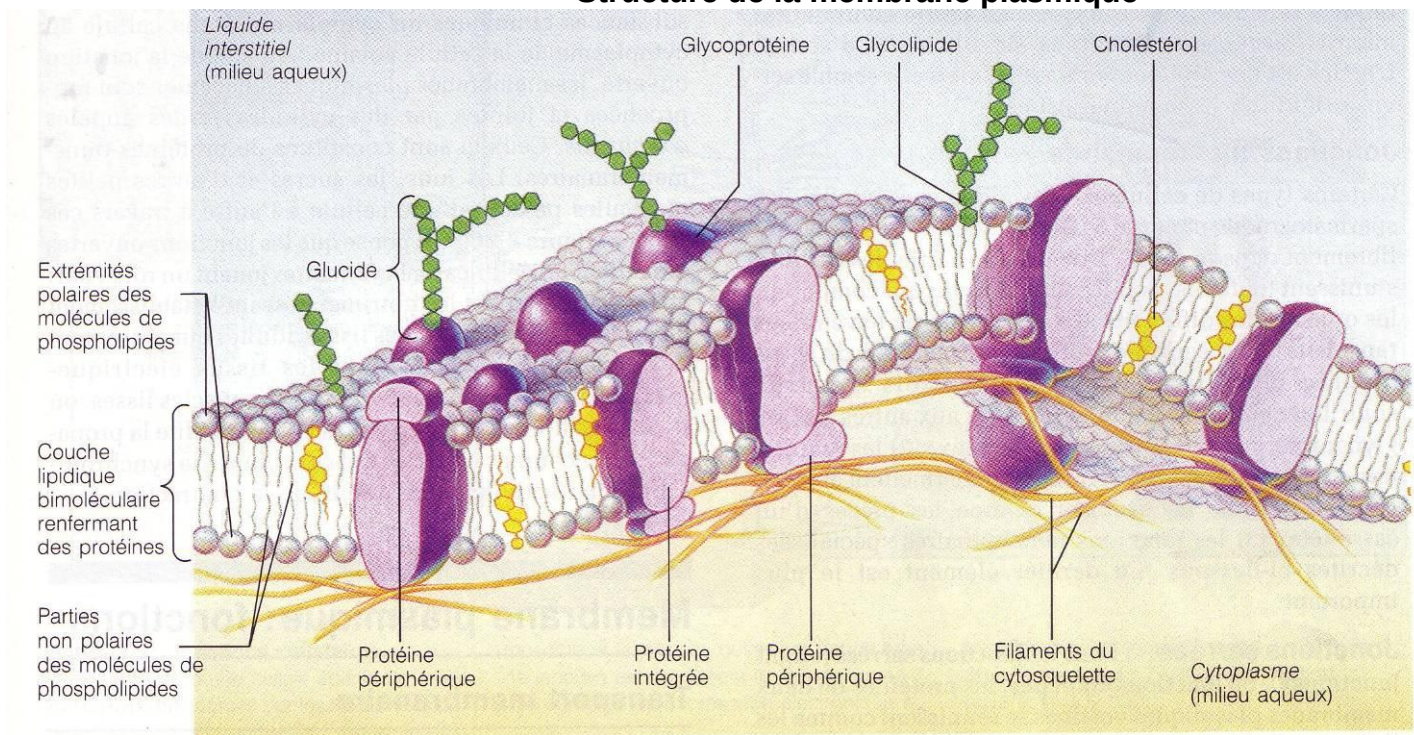


1.2 DESCRIPTION DES ORGANITES ET DE LEURS FONCTIONS

1.2.1 LA MEMBRANE PLASMIQUE OU CELLULAIRE

La membrane est une mosaïque fluide de protéines imbriquées dans des lipides. Les lipides sont des phospholipides ; ils sont disposés en deux rangées.

Structure de la membrane plasmique



La membrane est composée par 40% de lipides et 60% de protides.

➤ Les lipides de la membrane

* 55% de **phospholipides**. Chaque molécule de phospholipides membranaire est orientée. Sa tête polaire hydrophile (partie qui contient le phosphate) est en surface de la membrane et ses deux queues non polaires hydrophobes (acide gras) sont à l'intérieur de la bicouche : la membrane est ainsi imperméable à la majorité des molécules hydrosolubles alors qu'elle est perméable à la majorité des molécules liposolubles.

* 25% de **cholestérol** se trouve parmi les phospholipides. Il renforce la membrane qui devient plus rigide.

* 20% de **glycolipides**. Ceux-ci font face à l'extérieur de la cellule et sont liés à des molécules de glucides. Leur partie glucidique associée à celle des glycoprotéines forme le **glycocalyx**.

➤ Les protides de la membrane

Les **protides membranaires** sont intimement associés à la bicouche. Tout comme les lipides, les protéines possèdent des régions hydrophiles qui s'orientent en surface et des régions hydrophobes qui restent enfouies à l'intérieur de la membrane.

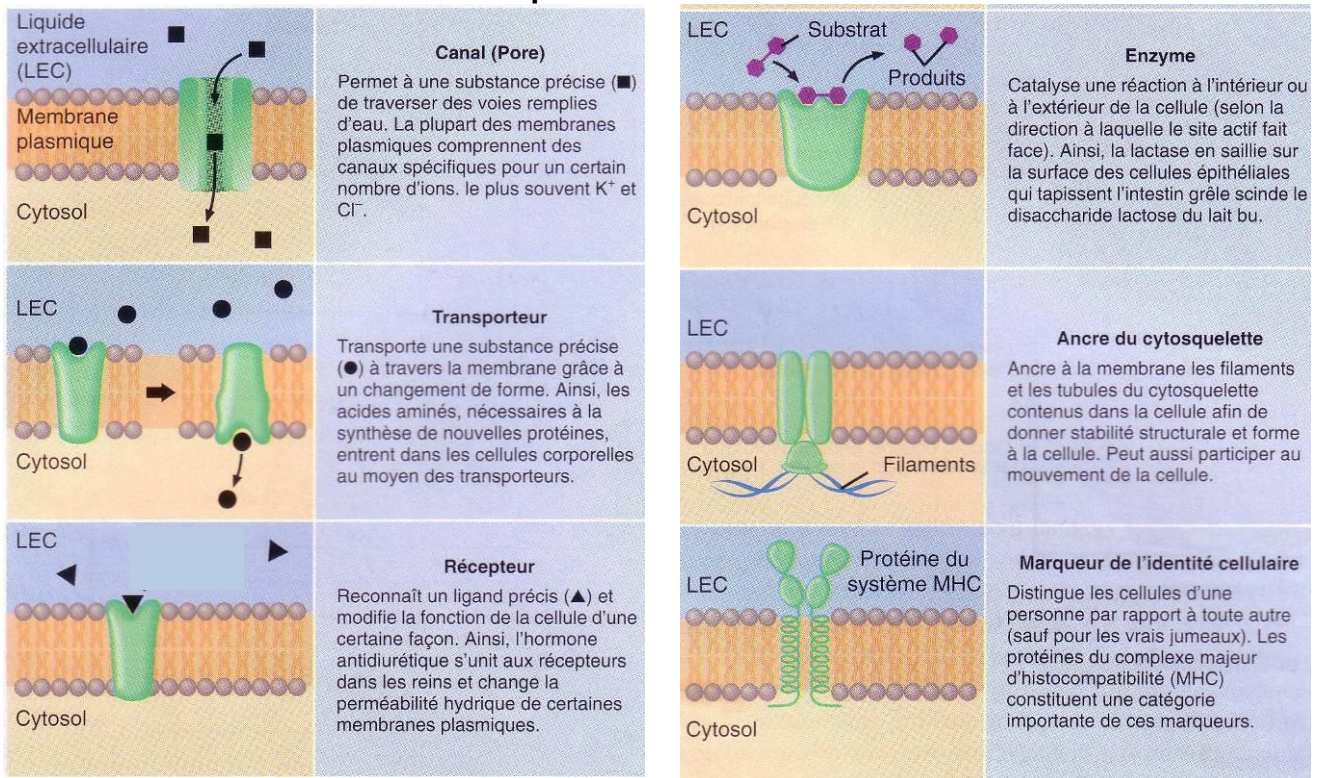
Elles sont de deux types :

* Les **protéines intégrées** sont insérées solidement dans la bicouche des lipides ; elles jouent un rôle important dans le transport des substances à travers la membrane. Certaines sont seulement en contact avec le milieu aqueux d'un côté, d'autres traversent en totalité la bicouche = **protéines transmembranaires**.

La plupart de ces protéines sont liées à des glucides, ce sont des glycoprotéines ; leur partie glucidique associée à celle des glycolipides forme le glycocalix. Il participe à la détermination du groupe tissulaire le groupe HLA ; il intervient dans la réponse immunitaire ; il joue également un rôle contre les agressions mécaniques, chimiques et enzymatiques.

* **Les protéines périphériques** ne s'étendent pas dans la double couche de phospholipidique (A).

Fonctions des protéines membranaires



1.2.2 LE CYTOPLASME

C'est la partie située entre la membrane plasmique de la cellule et le noyau

Le **cytosol** ou liquide intracellulaire est la partie semi-liquide du cytoplasme (75 à 90% d'eau) ; il est de nature colloïdale. Il contient :

* Des inclusions telles que les substances de réserve (grains de glycogène, gouttelettes de lipides, ions, glucose, petite quantité de phospholipides, cholestérol et acides gras), et les produits de sécrétion de la cellule.

* Les organites.

* Le cytosquelette.

Cette fluidité et cette viscosité rendent la cellule élastique.

Il est le lieu où se produisent de nombreuses réactions métaboliques.

1.2.3 LES RIBOSOMES

Ce sont des minuscules granules qui contiennent de l'**ARN ribosomal** (ARNr) et un certain nombre de protéines ribosomales. L'ADN dans le nucléole synthétise l'ARNr.

Du point structural, un ribosome est composé de deux sous-unités dont l'un est près de deux fois plus petite que l'autre.

Sur le plan fonctionnel, les ribosomes sont le site de la synthèse des protéines.

Certains ribosomes, les **ribosomes libres**, flottent dans le cytosol. Ces ribosomes présents seuls ou en groupes, sont principalement reliés à la synthèse des protéines qui seront utilisées à l'intérieur de la cellule.

D'autres ribosomes sont fixés à une structure cellulaire appelée le **réticulum endoplasmique rugueux**. Ces ribosomes sont reliés à la synthèse de protéines et devront être insérés dans la membrane plasmique ou destinés à l'exportation hors de la cellule.

1.2.4 LE RETICULUM ENDOPLASMIQUE

C'est un réseau tubulaire et vésiculaire. L'espace compris à l'intérieur des tubules et des vésicules est rempli par un liquide qui est différent du milieu liquidien du cytoplasme. Cet espace est relié à celui compris entre les deux membranes nucléaires.

Il existe deux types de réticulum endoplasmique :

- **Le réticulum endoplasmique rugueux ou ergastoplasme** est parsemé de ribosomes.
- **Le réticulum endoplasmique lisse** est dépourvu de ribosomes.

Ces rôles sont les suivants :

- Les substances formées dans le noyau peuvent pénétrer dans l'espace compris entre les deux membranes nucléaires puis peuvent parvenir dans les différentes parties de la cellule par l'intermédiaire du réticulum endoplasmique.
- Lieu de synthèse des acides gras, phospholipides et stéroïdes dans le réticulum endoplasmique lisse.
- Détoxification de certains produits chimiques, tel que l'alcool, les pesticides et les cancérogènes.
- Les ribosomes associés au réticulum endoplasmique rugueux synthétisent des protéines et des glycoprotéines.

1.2.5 L'APPAREIL DE GOLGI

L'appareil de Golgi avoisine le noyau. Il est vaste dans les cellules d'intense activité sécrétoire.

Il comprend généralement quatre à huit sacs aplatis appelés citernes, empilés les uns sur les autres et dotés de régions plus développées à leurs extrémités : **les vésicules de Golgi**.

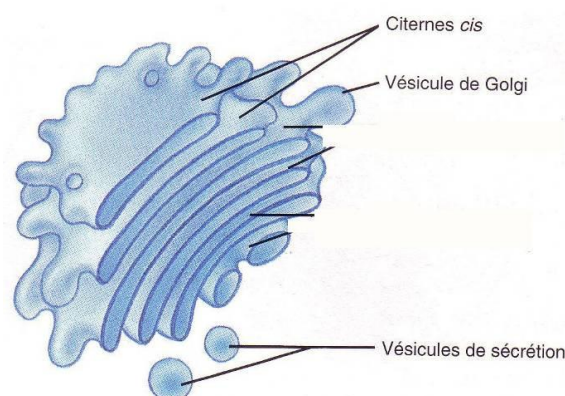
L'appareil de Golgi modifie les protéines synthétisées par le réticulum endoplasmique granuleux puis emballées dans des vésicules.

A mesure que les protéines traversent l'appareil de Golgi, elles sont modifiées de différentes façons, selon leur fonction et leur destination ; par exemples en glycoprotéines, hormones, protéines soufrées.

Certaines vésicules deviennent des vésicules de sécrétion qui, par exocytose, déversent leur contenu dans le liquide extracellulaire. La membrane de la vésicule empêche les enzymes, situés à l'intérieur de digérer le contenu de la cellule (par exemple la cellule pancréatique).

D'autres vésicules qui se détachent de l'appareil de Golgi sont remplies d'enzymes digestives destinées à une utilisation dans la cellule. Elles deviennent des organites appelés lysosomes.

L'appareil de Golgi



1.2.6 LES LYSOSOMES

Les lysosomes sont des structures sphériques qui contiennent des enzymes digestives. Ils sont formés par l'appareil de Golgi.

Les lysosomes interviennent dans la digestion intracellulaire, de vieux organites (autophagie) et du contenu cellulaire (autolyse) pendant le développement embryonnaire, ainsi que dans la digestion extracellulaire. Ils sont présents en grand nombre dans les globules blancs qui effectuent la phagocytose. Les enzymes lysosomiales contiennent 40 types d'enzymes digestives puissantes capables de dégrader une grande diversité de molécules.

1.2.7 LES PEROXYSOMES

Les peroxysomes sont similaires aux lysosomes, mais plus petits.

Ils contiennent des enzymes (comme la catalase) qui utilisent l'oxygène moléculaire afin d'oxyder diverses substances organiques.

Dans le réticulum endoplasmique rugueux, les protéines (et les glycoprotéines) sont entourées par une portion de la membrane du réticulum endoplasmique, qui forme une vésicule de transport. Cette dernière se détache du réticulum endoplasmique, se déplace jusqu'à l'appareil de Golgi et s'unit à lui. Par suite de cette fusion, les protéines pénètrent dans l'appareil de Golgi. Une fois à l'intérieur, elles le traversent et sont modifiées de différentes façons, selon leur fonction et leur destination, puis sont emballées dans des vésicules.

Certaines vésicules deviennent des vésicules de sécrétion qui, par exocytose, déversent leur contenu dans le liquide extracellulaire. La membrane de la vésicule empêche les enzymes situées à l'intérieur de digérer le contenu de la cellule (par exemple, la cellule pancréatique)

D'autres vésicules qui se détachent de l'appareil de Golgi sont remplies d'enzymes digestives destinées à une utilisation dans la cellule. Elles deviennent des organites appelés lysosomes.

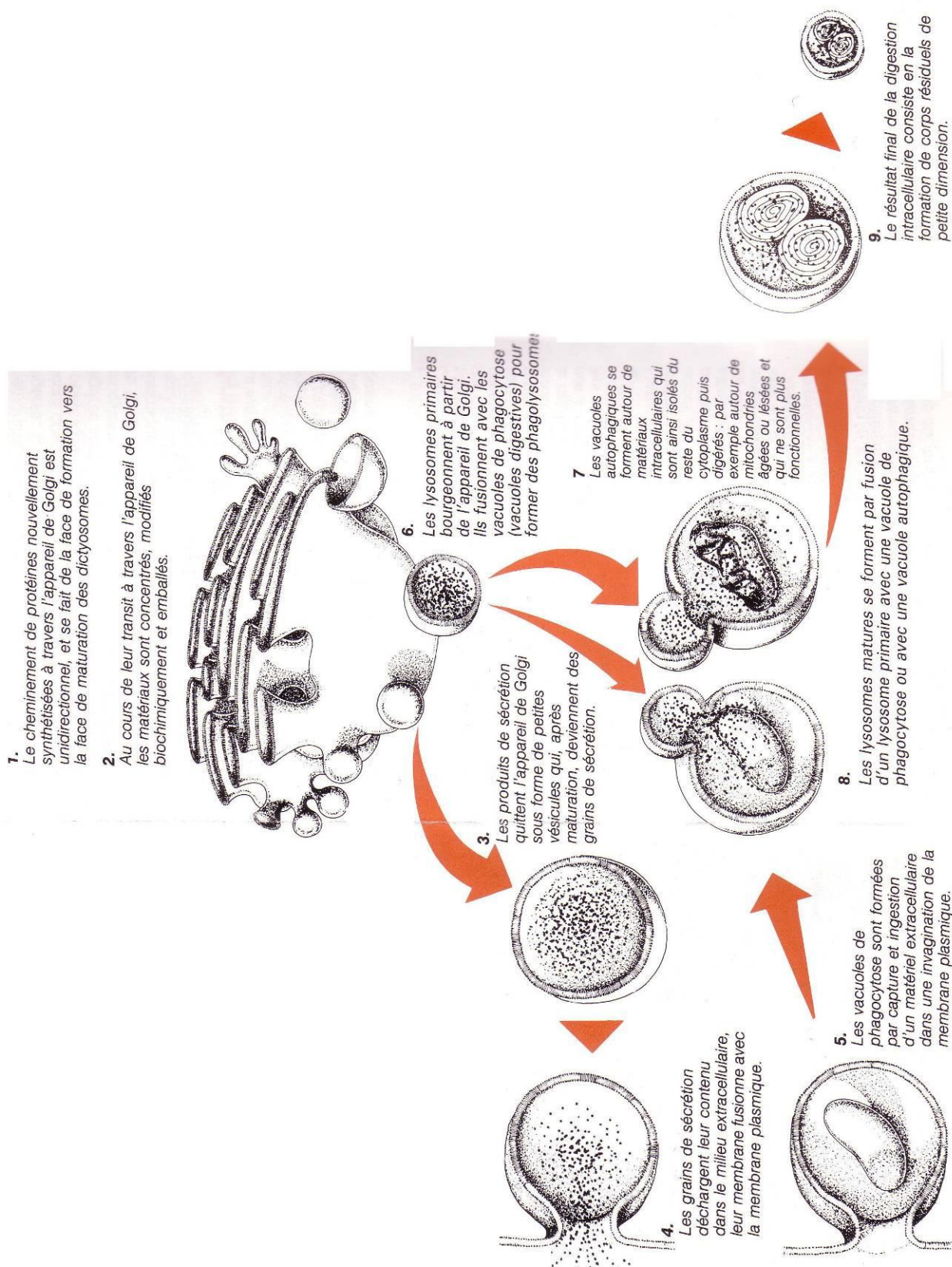
➤ Des enzymes lysosomiales digèrent les bactéries et d'autres substances qui pénètrent à l'intérieur de la cellule dans des vacuoles de phagocytose au cours de la **phagocytose**. Finalement les produits de la digestion sont assez petits pour passer du lysosome au cytosol. Là, ils sont recyclés afin de synthétiser diverses molécules nécessaires à la cellule. (Stades 1 - 2 - 6 - 5 - 8 - 9 sur le schéma).

Le processus est le même pour la digestion du contenu des vésicules de **pinocytose** (petites molécules solubilisées dans une gouttelette de liquide extracellulaire), et des vésicules **d'endocytose par récepteur membranaire**.

➤ Les lysosomes sont aussi impliqués dans la **digestion extracellulaire**. Les enzymes lysosomiales libérées sur le site d'une blessure aident à la digestion des débris cellulaires, ce qui prépare la zone blessée à une régénération efficace. (Stades 1 - 2 - 3 - 4 sur le schéma).

➤ Le lysosome utilise aussi ses enzymes pour la **digestion intracellulaire** de ses vieux organites. L'**autophagie** est le processus par lequel les organites usés sont digérés. Il peut englober un autre organite, le digérer et retourner les composants digérés au cytosol en vue d'une réutilisation. De cette façon, les anciens organites sont toujours remplacés. Une cellule du foie humain recycle près de la moitié de son contenu, chaque semaine. L'**autolyse** est la digestion du contenu cellulaire. (Stades 1 - 2 - 6 - 7 - 9 sur le schéma).

Toutes les protéines de la cellule à exporter suivent le même trajet :
 Ribosomes (site de synthèse des protéines) → réticulum endoplasmique rugueux → vésicules de transport → appareil de Golgi → vésicules de sécrétion → expulsion par exocytose



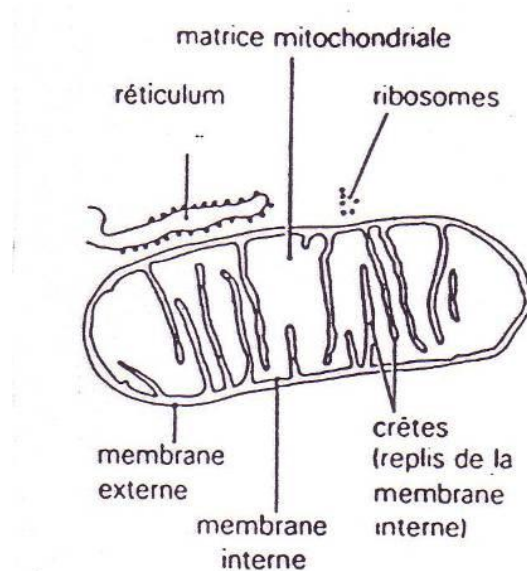
1.2.8 LES MITOCHONDRIES

Plus une cellule est active, plus elle a de mitochondries.

La membrane extérieure est lisse. La membrane interne forme des crêtes = **matrice**. La matrice offre une surface importante à un groupe de réactions chimiques appelé **respiration cellulaire**. Les enzymes qui catalysent ces réactions se trouvent sur les crêtes.

Elle assure le catabolisme de molécules de nutriments tels que le glucose afin de libérer de l'ATP.

Une mitochondrie



1.2.9 LE CENTROSOME ET LES CENTRIOLES

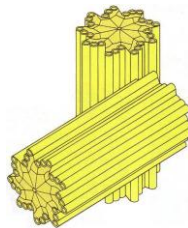
Le centrosome est une région dense du cytoplasme située près du noyau. A l'intérieur se trouve une paire de centrioles.

Le centriole est une structure cylindrique composée de 9 groupes de 3 microtubules disposés en cercle.

Les rôles du centrosome sont :

- migration des vacuoles digestives,
- formation du fuseau mitotique responsable du mouvement des chromosomes lors de la mitose.

Représentation tridimensionnelle d'une paire de centrioles.



1.2.10 LE CYTOSQUELETTE

Le cytosquelette est un réseau intense et complexe de protéines filamenteuses dans le cytoplasme qui joue un rôle dans la forme, les mouvements, et l'organisation de son contenu. On distingue les microfilaments et les microtubules.

Les microfilaments sont des structures en forme de bâtonnets de longueurs variées ; par exemples :

- Des structures formées à partir de la protéine appelée actine dans les cellules musculaires sous forme de myofilaments. Elles permettent de produire la contraction.

- Des desmosomes dans les cellules épidermiques. Ils sont formés de kératine et permettent de relier deux cellules.
- Des fibres qui permettent à la cellule de résister aux forces mécaniques.

Les microtubules sont plus gros que les microfilaments.

Ils s'associent aux centromères et à la membrane et ainsi peuvent déplacer des substances dans le cytoplasme telles que les vésicules de sécrétion, les chromosomes lors de la division cellulaire.

A la périphérie de certaines cellules, ils permettent la déformation des membranes ; de ce fait le déplacement (formation de pseudopodes), la formation de vésicule de phagocytose par invagination de la membrane.

Ils forment la structure des flagelles, des cils, des centrioles.

Les cils tapissent la surface de certaines cellules (protozoaires, épithélium de la trachée artère,...). Ils permettent le déplacement de la cellule elle-même ou du mucus dans les voies respiratoires.

Les flagelles se distinguent des cils par leur plus grande longueur, et leur nombre réduit (queue du spermatozoïde).

1.3 NOYAU : DE L'ADN A L'ARN ET LA MULTIPLICATION CELLULAIRE

1.3.1 LE NOYAU

Il y a un noyau par cellule, mis à part les cellules musculaires (plusieurs noyaux) et les hématies (aucun noyau). Il est généralement sphérique ou ovale.

Le noyau est séparé du cytoplasme par une membrane double, **l'enveloppe (membrane) nucléaire**. Les membranes nucléaires interne et externe sont des doubles couches phospholipidiques similaires à la membrane plasmique. Dans l'enveloppe, des **pores nucléaires** remplis d'eau permettent à la plupart des ions et des molécules hydrosolubles de faire la navette entre le noyau et le cytoplasme. Le diamètre des pores est grand afin de permettre le passage de grosses molécules telles que l'ARN et diverses protéines.

Un ou plusieurs corps sphériques appelés **nucléoles** se trouvent dans le noyau.

Il s'agit d'agrégations de protéines, d'ADN et d'ARN non délimitées par une membrane. Le nucléole joue un rôle clé dans la synthèse des protéines.

Les rôles du noyau sont les suivants :

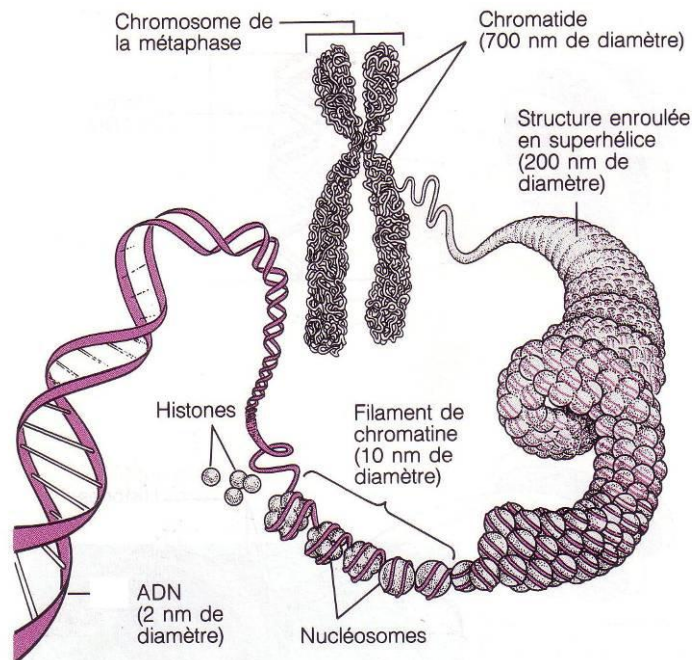
- Il est centre de contrôle de la cellule des réactions chimiques, et de la reproduction cellulaire.
- Il contient le patrimoine héréditaire.

Dans une cellule qui n'est pas en phase de division cellulaire, l'ADN et les protéines associées sont tassés de façon relâchée et forment un réseau appelé **chromatine**. Pendant la division cellulaire, l'ADN et certaines protéines se condensent et s'enroulent en forme de bâtonnets appelés **chromosomes**.

La chromatine ressemble à un collier de perles. Chaque perle est un **nucléosome**. Ce dernier est formé d'un double brin d'ADN doublement enroulé autour d'un cœur de huit protéines appelées **histones**. Le lien d'ADN tient ensemble les nucléosomes adjacents

Les composants d'un chromosome

Les niveaux décroissants de complexité structurale (d'enroulement), des chromosomes métaphasiques jusqu'à l'hélice d'ADN, sont indiqués en ordre alphabétique.



1.3.2 LA MULTIPLICATION OU LA DIVISION CELLULAIRE

Le cycle cellulaire est l'ensemble des états d'une cellule depuis sa naissance à partir d'une cellule mère jusqu'à la division en deux cellules filles.

La durée d'un cycle cellulaire est variable selon le type de cellule, elle peut être de l'ordre d'une demi-heure pour les cellules embryonnaire ou de 140 jours pour des cellules comme les hématies.

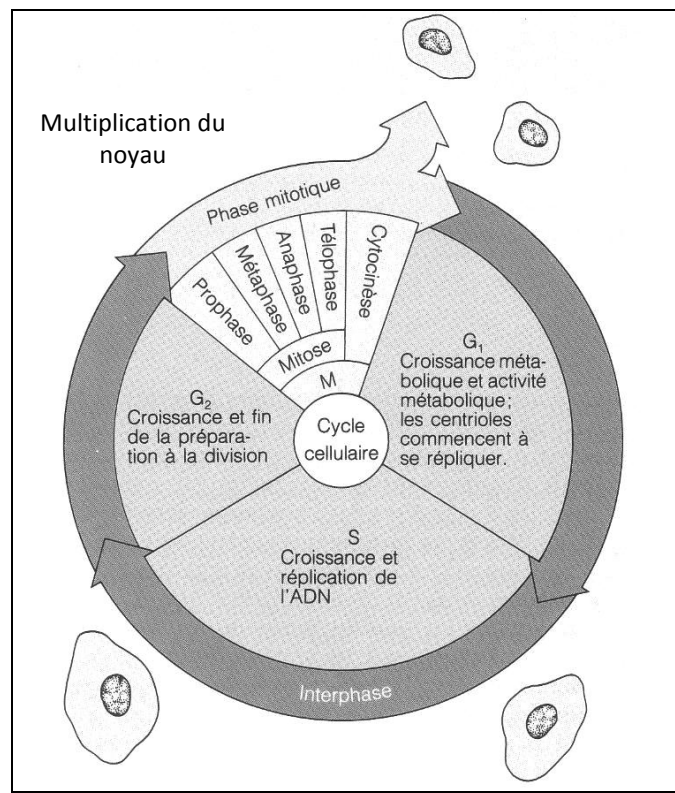
Elle comprend deux phases :

- **La phase mitotique** qui **comprend la mitose** (= division nucléaire) et la **cytokinèse** (division cytoplasmique)
- **L'interphase**

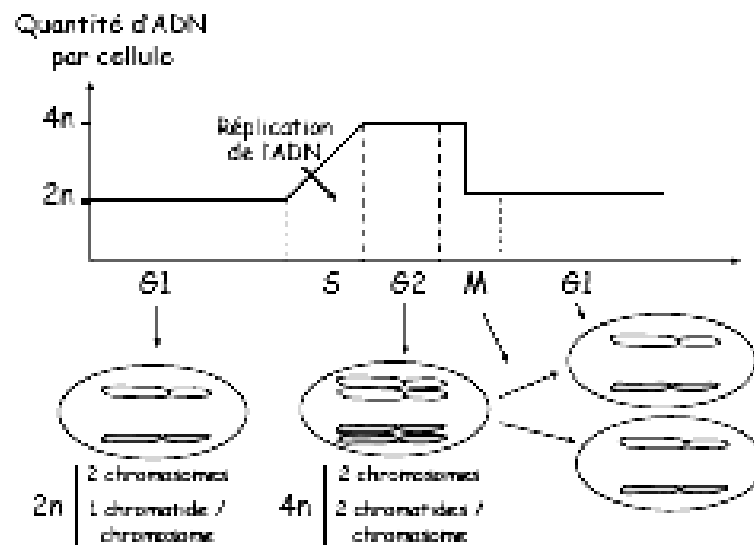
La mitose est un processus de division cellulaire permettant à une cellule de se multiplier. Elle assure le renouvellement et le remplacement des cellules ainsi que la croissance de l'organisme pluricellulaire. À partir d'une cellule (cellule-mère), on obtient deux cellules (cellules-filles) identiques entre elles et identiques à la cellule-mère.

La durée de la mitose est d'environ deux heures au total et varie selon le type de cellule. Elle est constituée de quatre phases (prophase, métaphase, anaphase, télophase) et elle est précédée d'une étape nécessaire, **l'interphase** soit la réplication du matériel génétique avant le partage de celui-ci entre les deux nouvelles cellules. Lorsque la cellule n'est pas en train de se diviser, elle n'est pas au repos : c'est à ce moment, en effet, que se déroulent l'ensemble des activités du métabolisme cellulaire. On appelle « interphase » cette période comprise entre deux phases mitotiques.

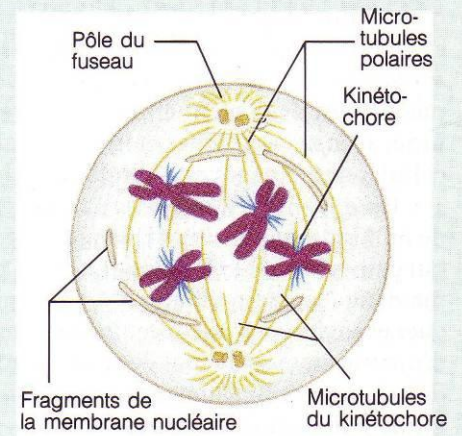
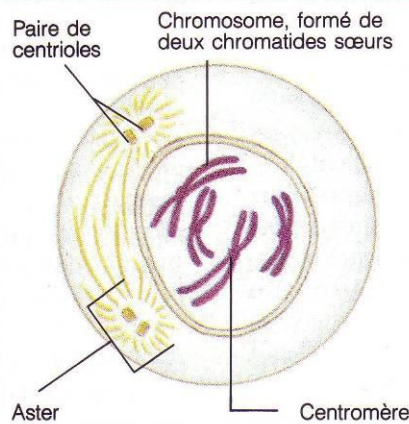
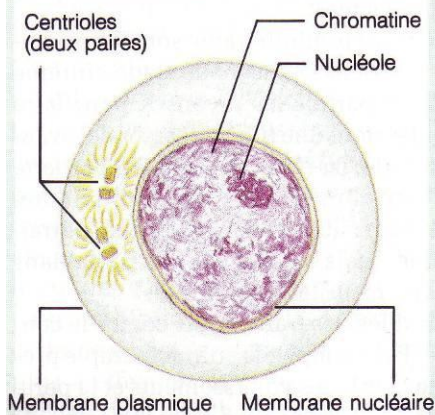
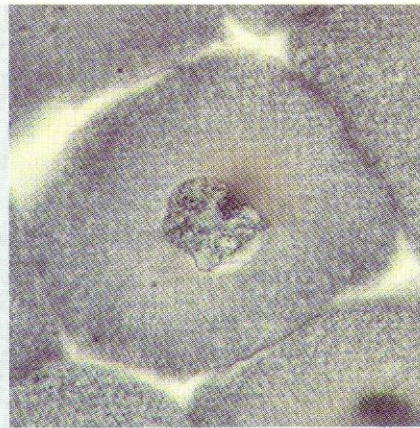
Le cycle cellulaire



Contenu en ADN par cellule au cours du cycle cellulaire



1.3.2.1 Les différentes phases



Interphase

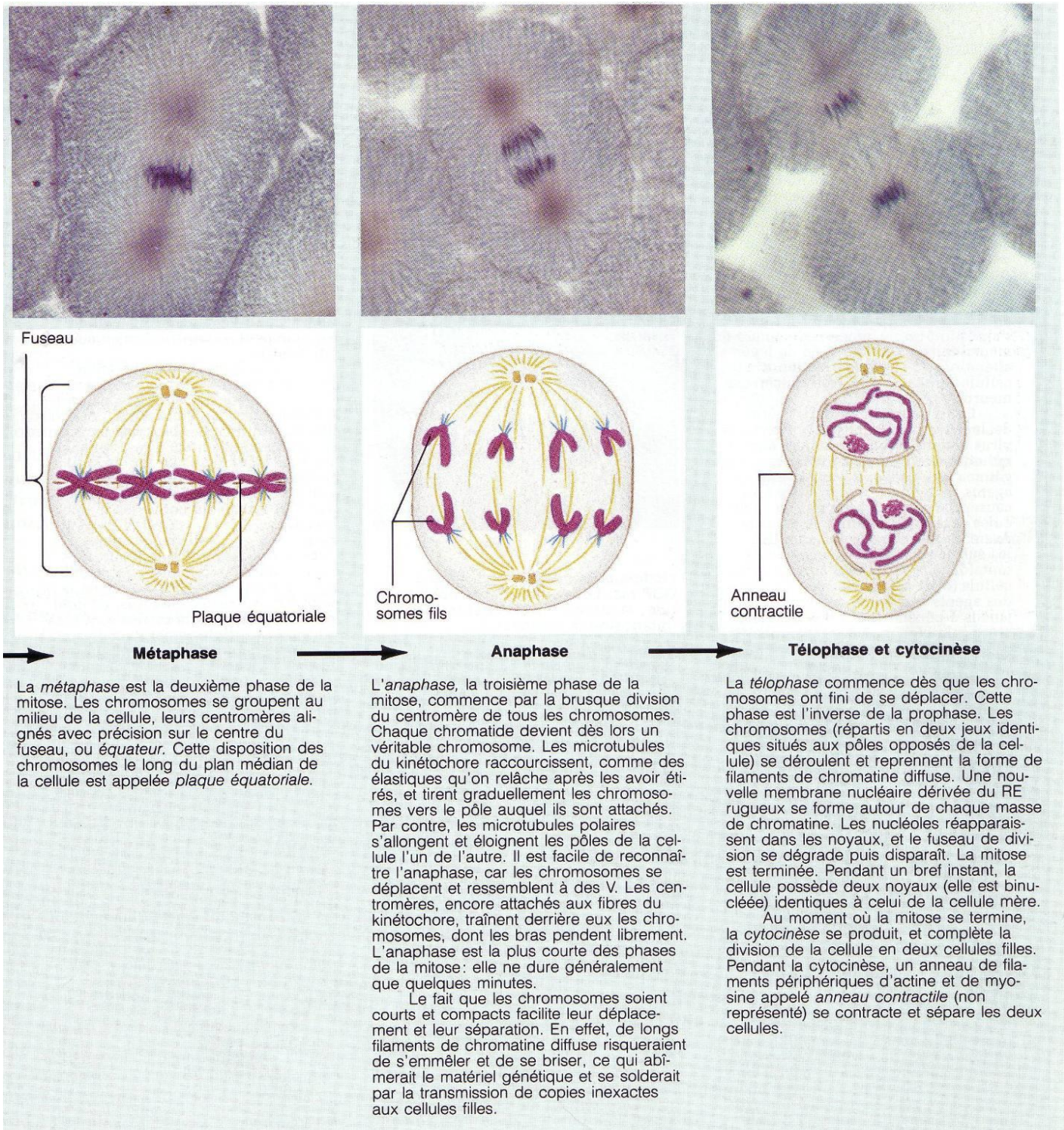
Début de la prophase

Fin de la prophase

L'*interphase* est la période du cycle cellulaire durant laquelle la cellule croît et accomplit ses activités métaboliques normales. Au cours des différentes phases de cette période, les centrioles commencent à se répliquer (de G_1 à G_2), l'ADN se réplique (S) et les derniers préparatifs de la mitose sont terminés (G_2). La paire de centrioles finit de se répliquer pendant G_2 , ce qui donne deux paires de centrioles. Durant l'interphase, le matériel chromosomique est visible sous forme de chromatine diffuse et la membrane nucléaire et le nucléole sont intacts et apparents.

La *prophase*, la première et la plus longue des phases de la mitose, commence au moment où les filaments de chromatine commencent à s'enrouler et à se condenser pour se transformer en chromosomes (les bâtonnets visibles au microscope optique). Comme la réplication de l'ADN s'est produite au cours de l'interphase, chaque chromosome est en réalité composé de deux filaments de chromatine identiques, maintenant appelés *chromatides*. Les chromatides de chaque chromosome sont maintenues ensemble par un petit corps sphérique appelé *centromère*. On peut se dire que les chromatides sont des demi-chromosomes; après leur séparation, on considérera chacune comme un nouveau chromosome. Les paires de centrioles se séparent l'une de l'autre afin de pouvoir migrer vers les pôles de la cellule.

Au moment où les chromosomes apparaissent, les nucléoles disparaissent et les microtubules du cytosquelette se dissolvent. Les centrioles constituent l'origine d'un nouvel assemblage de microtubules, le **fuseau de division**. Les centrioles sont repoussés vers les extrémités (pôles) opposées de la cellule à mesure que la longueur du fuseau augmente, jusqu'à ce que le fuseau s'étende d'un pôle à l'autre. Avant que les centrioles aient terminé leur déplacement vers les pôles, la membrane nucléaire se désagrège, ce qui permet au fuseau d'occuper le centre de la cellule et d'interagir avec les chromosomes. Les centrioles régissent aussi la formation des *asters*, les systèmes de microtubules qui irradient des extrémités du fuseau et ancrent celui-ci aux deux pôles de la membrane plasmique. Entretemps, certains des microtubules du fuseau s'attachent à des complexes protéiques spéciaux appelés *kinétochores*, localisés sur chaque chromatide des chromosomes. Ces microtubules sont appelés *microtubules du kinétochore*. Les autres microtubules, qui ne s'attachent pas à des chromosomes, sont appelés *microtubules polaires*. Les microtubules du kinétochore exercent une traction sur les chromosomes à partir des deux pôles, ce qui produit un va-et-vient tirant finalement les chromosomes au milieu de la cellule.



1.3.2.2 Régulation

Le cycle cellulaire est stimulé par certaines substances et freiné par d'autres.

La régulation du cycle cellulaire est un processus essentiel et nécessaire pour maintenir l'homéostasie tissulaire et pour éliminer les cellules non souhaitées ; il permet aussi de protéger contre la prolifération cellulaire anarchique.

Le cycle cellulaire est régulé, en outre par :

- **Les facteurs de croissance** sont des protéines capables de contrôler la croissance cellulaire. Il en existe des spécifiques à chaque type de cellules.

Par ex. : l'EGF (Epidermal growth factor), facteur de croissance des cellules épithéliales, les IGF (insulin-like growth factor) qui stimulent la multiplication de certaines cellules pendant la période embryonnaire.

- **Les Cdk** (Cycline-dependent kinase) activées par la **cycline**. Il existe plusieurs sortes de Cdk et de cyclines. Les premières sont identifiées par des chiffres et les secondes par des lettres. Pour un complexe on notera, par exemple: Cdk4-CyclineD. Une Cdk peut former des complexes avec plusieurs cyclines différentes et inversement. À chaque phase du cycle cellulaire correspondent un ou plusieurs complexes Cdk-cycline.
- Les **CKI** (kinases cyclines-dépendantes) inhibent les Cdk.

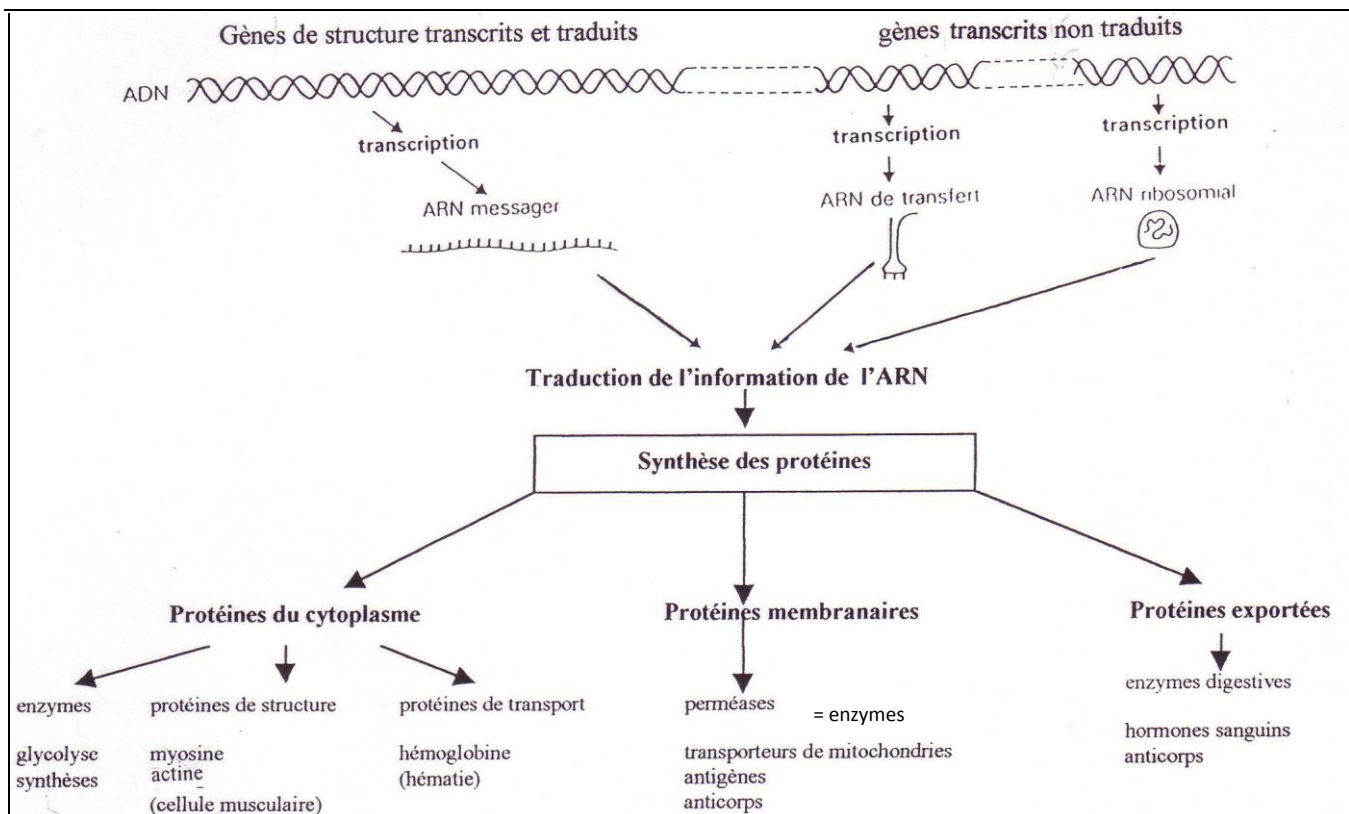
1.4 TRANSCRIPTION, TRADUCTION ET EXPRESSION DES PROTEINES

Les cellules synthétisent de nombreuses substances chimiques ; mais la plus grande partie de la machinerie cellulaire favorise la production de protéines.

Ces protéines déterminent les caractères physiques et chimiques des cellules donc des organismes.

Les instructions concernant la synthèse des protéines se trouvent dans l'ADN.

Expression génétique de l'information



1.4.1 LA TRANSCRIPTION

C'est le processus par lequel l'information génétique codée dans l'ADN est copiée sur un brin d'ARN appelé ARN messager (ARNm)

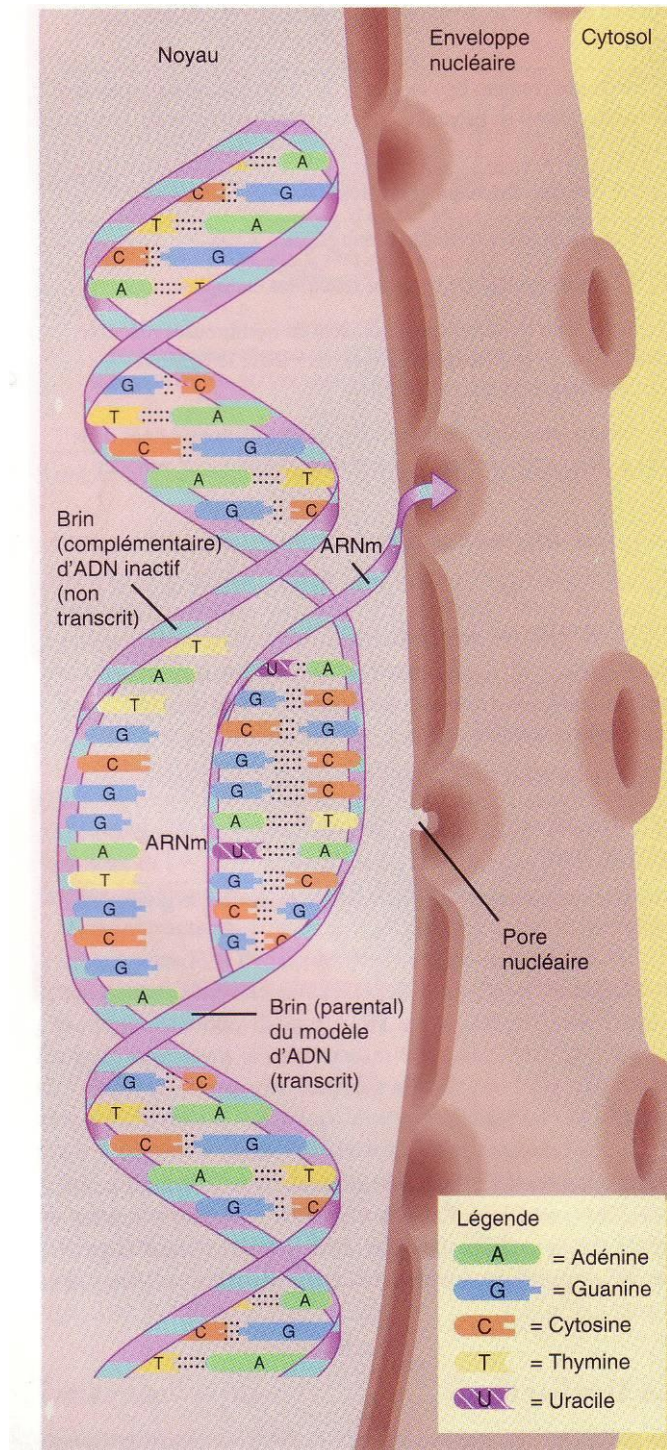
En utilisant comme modèle une partie précise de l'ADN (un gène) de la cellule, l'information génétique stockée dans la séquence des bases azotées situées dans les nucléotides de l'ADN est réécrite, de façon que la même information figure dans une séquence complémentaire de bases situées dans les nucléotides de l'ARN.

En plus de servir de modèle en vue de la synthèse de l'ARNm, l'ADN synthétise également deux autres types d'ARN. L'un est l'**ARN ribosomal (ARNr)** qui, avec les protéines ribosomales, compose les ribosomes. L'autre est l'**ARN de transfert**

(ARNt). Chaque ARNt peut s'unir spécifiquement à l'un des 20 différents types d'acides aminés.

Une fois synthétisés, l'ARNm, l'ARNr et l'ARNt quittent le noyau de la cellule. Dans le cytoplasme, ils participent à l'étape importante suivante de la synthèse des protéines, soit la traduction.

Transcription

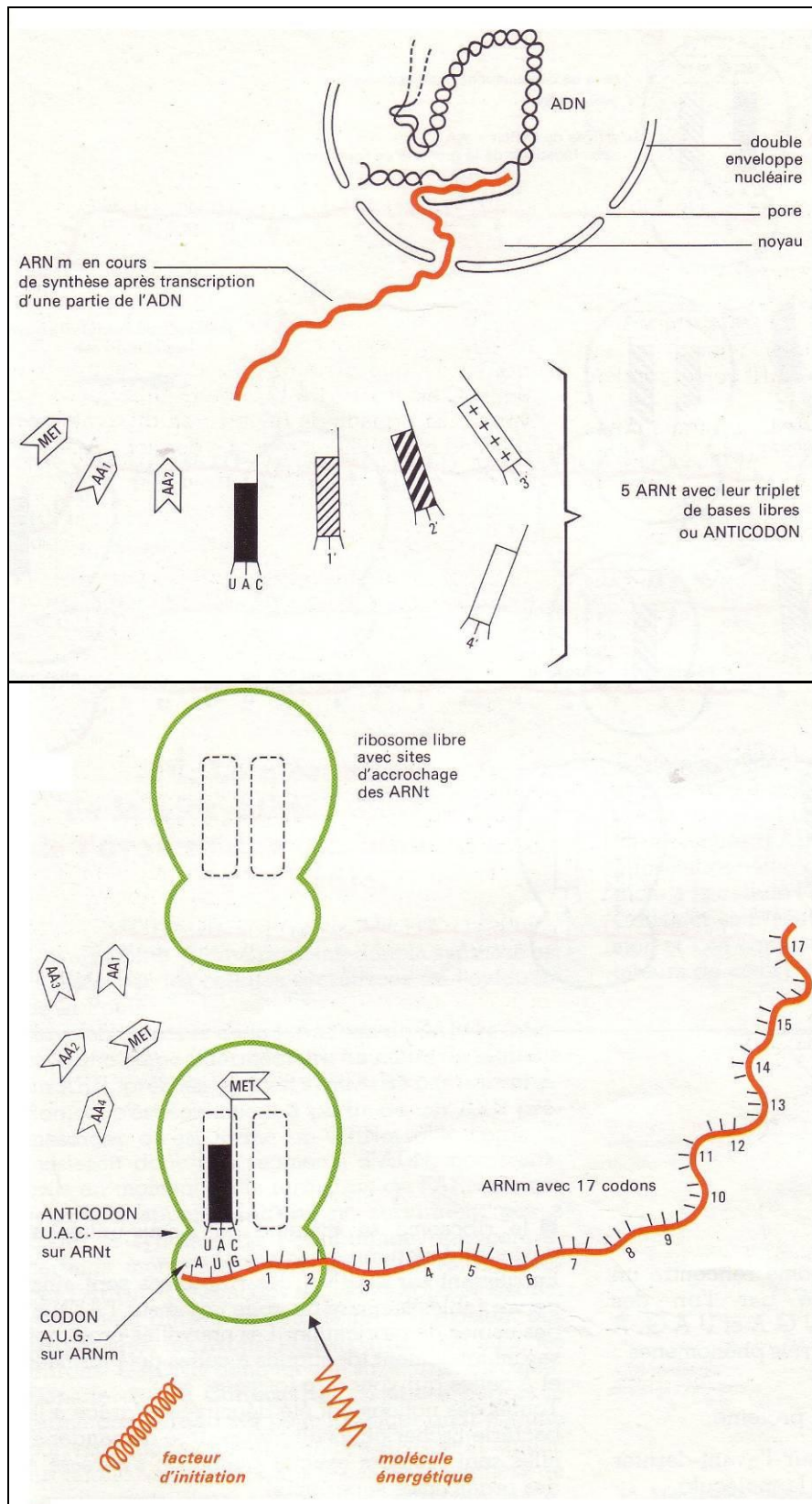


1.4.2 LA TRADUCTION

C'est le processus par lequel l'information dans la séquence des nucléotides de l'ARNm détermine la séquence des acides aminés d'une protéine. Dans la molécule

d'ARNm, chaque groupe de trois nucléotides consécutifs, appelé **codon**, spécifie un acide aminé.

1.4.2.1 Initiation

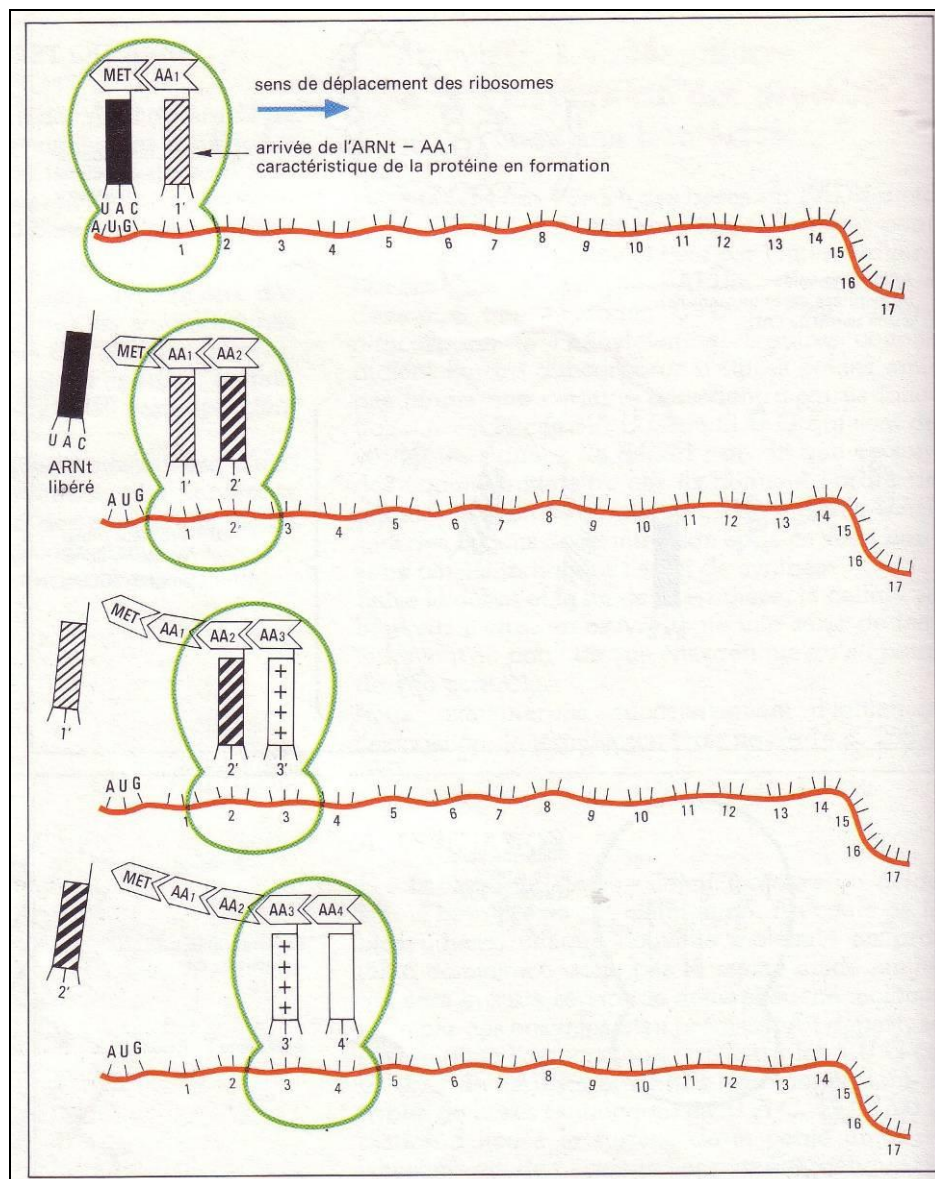


Dans le cytoplasme, la petite sous-unité ribosomale s'unit à une extrémité de la molécule d'ARNm nouvellement synthétisée et trouve le **codon de départ (codon d'initiation)**, qui constitue une séquence où commence la traduction. La grosse sous-unité ribosomale se joint alors à la petite sous-unité.

Dans le cytosol, les ARNt s'unissent à des acides aminés spécifiques et les conduisent aux ribosomes. Une extrémité de l'ARNt est couplée à un acide aminé particulier, et une autre partie de chaque ARNt possède un groupe trois nucléotides appelé **anticodon**.

Grâce à l'appariement des bases l'anticodon de l'ARNt reconnaît un codon complémentaire sur l'ARNm et s'y attache.

1.4.2.2 Elongation

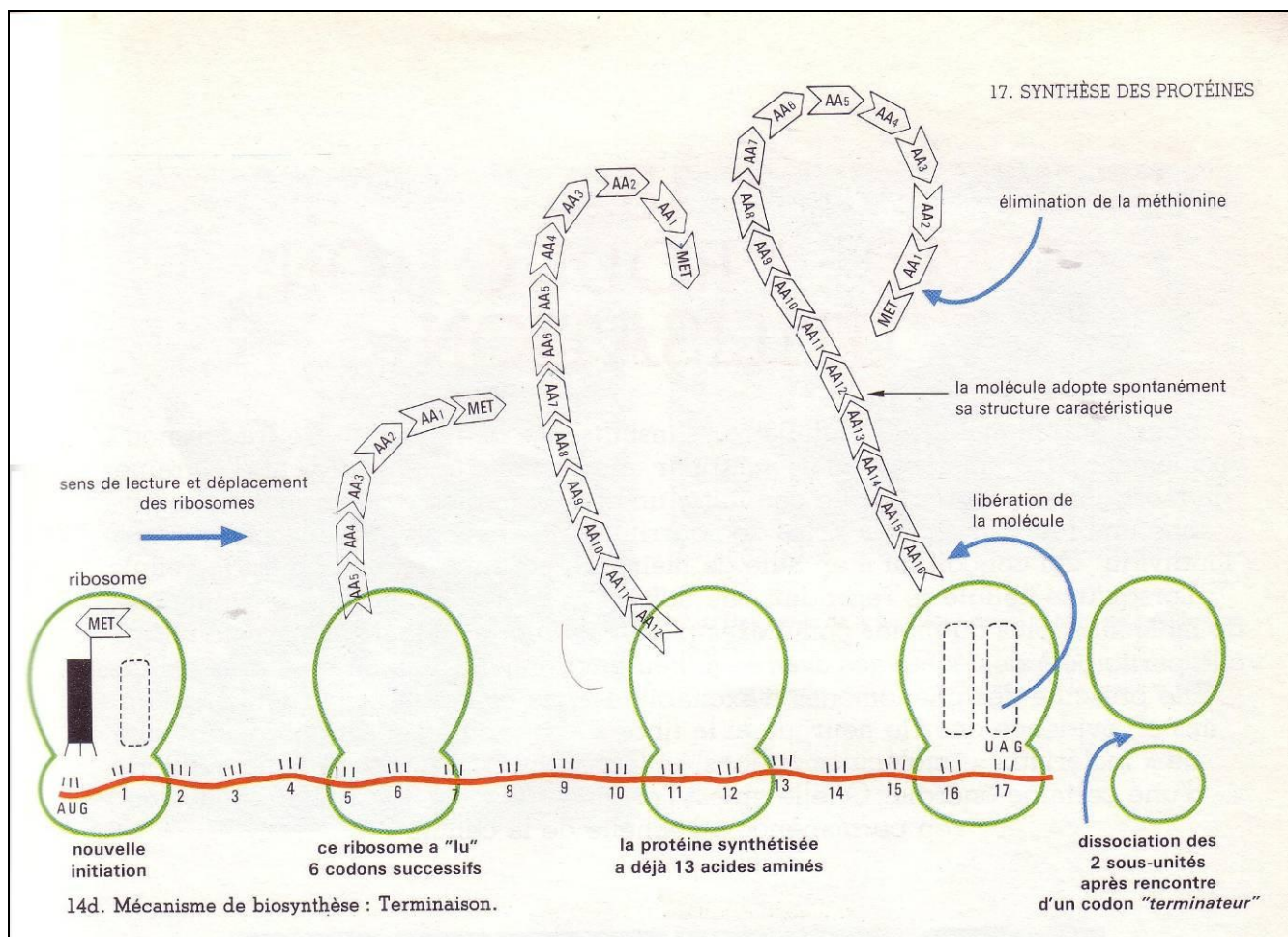


Lorsque le premier ARNt s'attache à l'ARNm, le ribosome se déplace exactement de trois nucléotides le long de l'ARNm, et l'ARNt suivant, avec son acide aminé, se met en place.

Quand un acide aminé s'attache à son ARNt, l'ATP sert à former une liaison riche en énergie entre l'acide aminé et l'ARNt. Cet acide aminé activé peut former une liaison peptidique avec un deuxième acide aminé si ce dernier, grâce à son propre ARNt, est placé dans la position adéquate. La grosse sous-unité ribosomale contient les enzymes nécessaires à la formation de la liaison peptidique. Au moment de cette formation, l'ARNt se détache du premier acide aminé.

A mesure que les acides aminés appropriés sont alignés un par un, des liaisons peptidiques se forment entre ces derniers, et la protéine s'allonge progressivement. Chaque fois que le ribosome se déplace d'un codon le long de l'ARNm, un ARNt "vide" est éjecté. L'ARNt libéré peut maintenant capter une autre molécule du même acide aminé.

1.4.2.3. Terminaison



Lorsque la protéine spécifiée est complète, la synthèse se termine par un **codon d'arrêt (de terminaison)** spécial. La protéine assemblée est libérée du ribosome et celui-ci se décompose en ses différentes sous-unités.

A mesure que chacun des ribosomes se déplace le long du brin d'ARNm, il "lit" l'information qui y est codée et synthétise une protéine d'après cette information. Ainsi le ribosome synthétise la protéine en traduisant la séquence des codons en une séquence d'acides aminés. La synthèse de la protéine progresse au rythme de près de 15 acides aminés par seconde. A mesure que le ribosome se déplace le long de l'ARNm et avant qu'il ait terminé la synthèse d'une protéine entière, un autre ribosome peut s'attacher à l'arrière et commencer la traduction du même brin d'ARNm. De cette façon, plusieurs ribosomes peuvent être rattachés au même brin d'ARNm, et ainsi permettent la traduction presque simultanée d'un brin d'ARNm en plusieurs protéines identiques.

Un groupe de nucléotides sur une molécule d'ADN qui sert de moule en vue de la fabrication d'une protéine spécifique est un **gène**

Comme chaque groupe de trois nucléotides code pour un acide aminé, la plupart des protéines contiennent de 100 à 1000 acides aminés. A l'exception des vrais jumeaux, personne ne possède les mêmes molécules d'ADN. La séquence des nucléotides constitue la clé de l'hérédité.

Chaque gène est responsable de la formation d'une protéine particulière de la façon suivante :

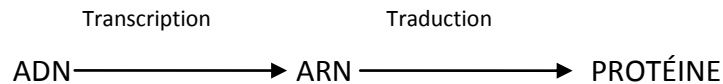


Tableau récapitulatif

Partie de la cellule	Structure	Fonctions
Membrane plasmique (figure 3.2)	Membrane composée d'une double couche de lipides (phospholipides, cholestérol, etc.) dans laquelle on retrouve des protéines; les protéines peuvent traverser toute l'épaisseur de la double couche de lipides (protéines intégrées) ou faire saillie d'un seul côté de celle-ci; des groupes sucre sont attachés aux protéines et à certains lipides qui font face à l'extérieur	Limite externe de la cellule; intervient dans le transport des substances vers l'intérieur et l'extérieur de la cellule; entretient un potentiel de repos essentiel pour le fonctionnement des cellules excitables; les protéines en contact avec le liquide interstitiel (l'extérieur de la cellule) sont des récepteurs (pour les hormones, les neurotransmetteurs, etc.) et jouent un rôle dans la reconnaissance des cellules entre elles
Cytoplasme	Région de la cellule située entre la membrane nucléaire et la membrane plasmique; formé du cytosol , qui contient des solutés dissous, des inclusions (réserves de nutriments, produits de sécrétion, granulations pigmentaires) et des organites , la machinerie métabolique du cytoplasme	
Organites cytoplasmiques		
• Mitochondries (figure 3.12)	Structures en forme de bâtonnets possédant deux membranes; la membrane interne forme des projections vers l'intérieur appelées crêtes	Siège de la synthèse de l'ATP; source d'énergie de la cellule
• Ribosomes (figure 3.13)	Granulations denses constituées de deux sous-unités composées d'ARN ribosomal et de protéines; libres ou attachés au RE rugueux	Siège de la synthèse des protéines
• Réticulum endoplasmique rugueux (RE rugueux) (figure 3.13)	Réseau de membranes formant des cavités, les citernes, et se tordant dans le cytoplasme; couvert de ribosomes sur sa face externe	Dans les citernes, des groupes sucre se lient aux protéines; les protéines sont englobées par des vésicules, qui les transporteront notamment vers l'appareil de Golgi; la face externe synthétise les phospholipides et le cholestérol
• Réticulum endoplasmique lisse (RE lisse) (figure 3.13)	Réseau de sacs et de tubules membraneux; aucun ribosome n'y est attaché.	Siège de la synthèse des lipides et des stéroïdes, du métabolisme des lipides et de la détoxification des drogues
• Appareil de Golgi (figure 3.14)	Pile de sacs membraneux lisses située près du noyau	Emballage, modifie et isole les protéines destinées à être sécrétées par la cellule, enveloppées dans des lysosomes ou intégrées dans la membrane plasmique
• Lysosomes (figure 3.16)	Sacs membraneux contenant les hydrolases acides	Siège de la digestion intracellulaire
• Peroxisomes	Sacs membraneux contenant des oxydases	Les enzymes détoxiquent certaines substances; l'enzyme la plus importante, la catalase, dégrade le peroxyde d'hydrogène
• Microfilaments (figure 3.17)	Filaments formés d'une protéine contractile, l'actine	Interviennent dans la contraction musculaire et dans d'autres types de mouvements intracellulaires; élément du cytosquelette
• Filaments intermédiaires (figure 3.17)	Fibres protéiques dont la composition varie selon le type de cellule	Élément stable du cytosquelette; résiste aux forces appliquées sur la cellule
• Microtubules (figures 3.17, 3.18, 3.19)	Structures cylindriques composées d'une protéine appelée tubuline	Soutient la cellule et lui confère sa forme; participe aux mouvements intracellulaires et aux mouvements de la cellule elle-même; forme les centrioles
• Centrioles (figure 3.18)	Paire de corps cylindriques formés chacun de neuf groupes de trois microtubules	Organisent un réseau de microtubules au cours de la mitose, afin de former le fuseau de division et les asters; produisent les cils et les flagelles
• Cils (figure 3.19)	Courtes projections à la surface de la cellule; chaque cil se compose de neuf paires de microtubules entourant une dixième paire	Bougent à l'unisson et créent ainsi un courant unidirectionnel qui propulse des substances à la surface de la cellule
• Flagelle	Semblable aux cils, mais plus long que ceux-ci; le seul exemple chez les humains est la queue du spermatozoïde	Propulse la cellule
Noyau (figure 3.20)	Plus gros des organites; entouré de la membrane nucléaire; contient le nucléoplasme, les nucléoles et la chromatine	Centre de contrôle de la cellule; transmet l'information génétique et donne les instructions nécessaires pour la synthèse des protéines
• Membrane nucléaire (figure 3.20)	Structure formée d'une double membrane; percée de pores; sa membrane externe se continue avec le RE	Sépare le nucléoplasme du cytoplasme et règle le passage des substances vers l'intérieur et l'extérieur du noyau
• Nucléoles (figure 3.20)	Corps sphériques denses (non limités par une membrane); composés d'ARN ribosomal et de protéines	Siège de la fabrication des sous-unités ribosomales
• Chromatine (figures 3.20, 3.21)	Matériau granulaire filamenteux composé d'ADN et d'histones	L'ADN forme les gènes

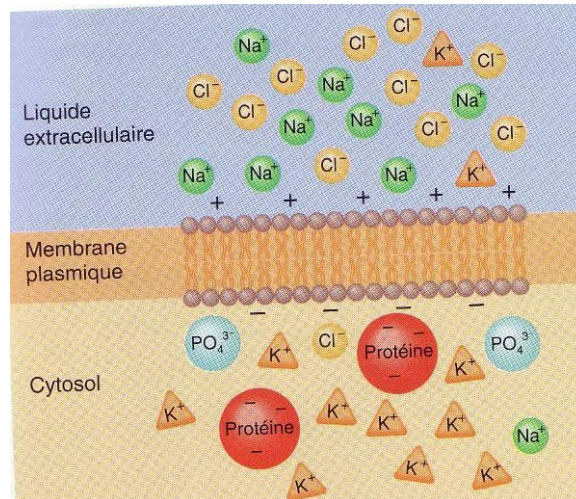
2. LES TRANSFERTS MEMBRANAIRES

Le **gradient électrochimique** entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule est la différence électrique et chimique.

Le gradient chimique est dû au fait que la membrane maintient des compositions chimiques très différentes dans le cytosol et dans le liquide extracellulaire.

Le gradient électrique est dû au fait que la surface interne de la membrane est plus négative que la surface externe, dans la plupart des cellules. Il en résulte une tension appelée le **potentiel repos membranaire**

Potentiel de repos membranaire



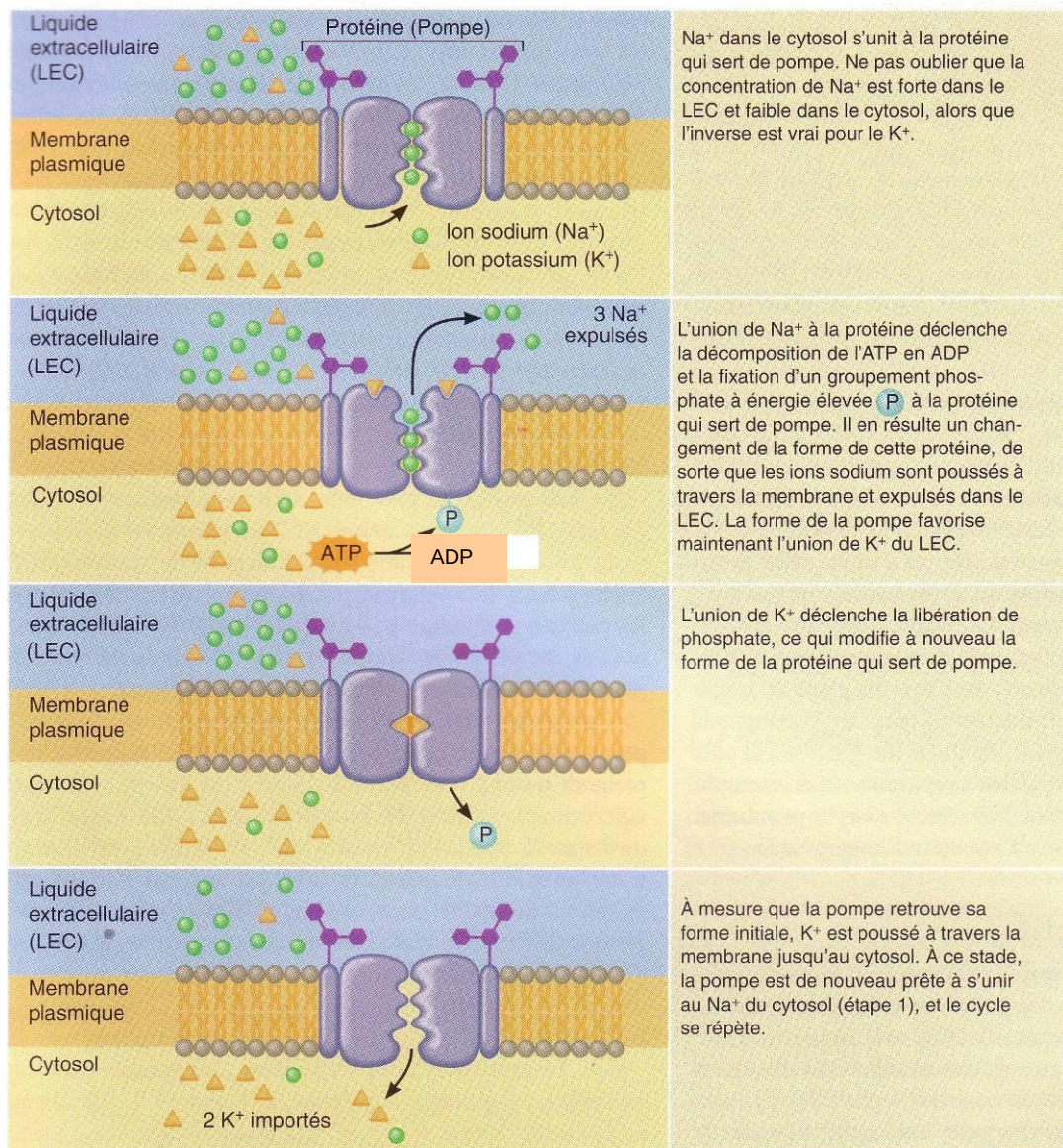
La répartition inégale des ions qui crée le potentiel de membrane électrochimique reflète la diffusion passive des ions (le sodium entre dans la cellule moins rapidement que le potassium en sort, à cause de la perméabilité sélective de la membrane à ces deux ions) et le transport actif des ions sodium et potassium (selon un rapport 3:2) par la **pompe à sodium et à potassium**. Le résultat net est que la face externe de la membrane devient électriquement positive (plus d'ions positifs s'accumulent) que la face interne qui est électriquement négative.

La pompe à sodium va contre le gradient de concentration.

Elle fait sortir le Na^+ et fait entrer le K^+ .

La pompe à sodium est une protéine transmembranaire.

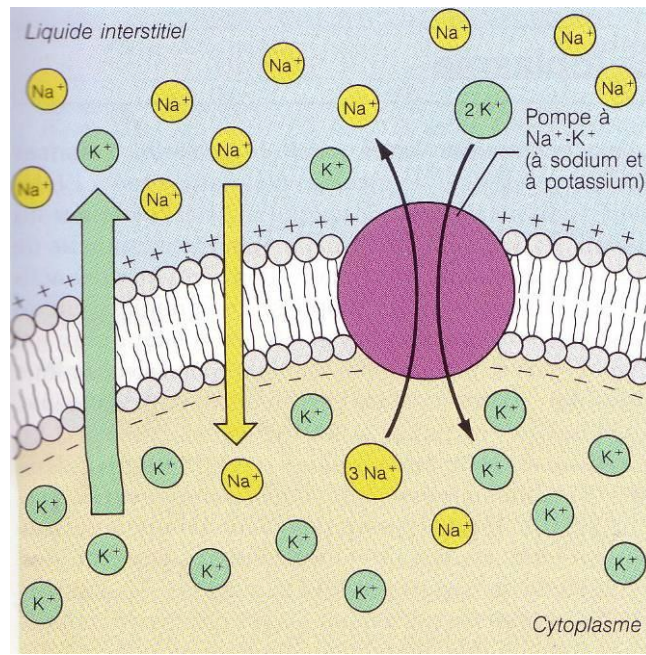
Fonctionnement de la pompe à sodium et potassium



Les ions sodium sont expulsés et les ions potassium sont importés. La pompe ne fonctionne que si le sodium et l'ATP sont présents dans le cytosol et que le potassium est présent dans le liquide extracellulaire.

La protéine qui sert de pompe change de forme, selon sa forme elle peut pomper le sodium vers l'extérieur ou le potassium vers l'intérieur.

Résumé des forces qui créent et entretiennent les potentiels membranaires



2.1 ECHANGES DE L'EAU : OSMOSE ET FILTRATION

(voir chapitre : les molécules organiques et inorganiques – 1.2.2 et 1.2.3)

2.2 MECANISMES PASSIFS

Ils ne nécessitent pas d'ATP.

Il existe deux types de mécanismes passifs :

➤ **La diffusion** = mouvement des substances qui est déterminé par les différences de concentration des milieux extra et intracellulaire ; la diffusion se fait dans le sens du gradient de concentration (du plus concentré vers le moins concentré).

Les diffusions sont possibles grâce à l'énergie cinétique des molécules : elles sont toujours en mouvement.

La vitesse dépend du volume des molécules (plus elles sont petites, plus elles bougent), et de la température (plus la température est élevée, plus elles sont rapides), et du gradient de concentration (plus il est élevé plus la diffusion est rapide).

➤ **La filtration**

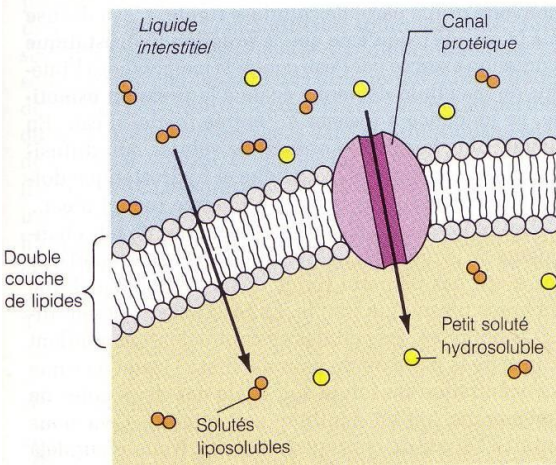
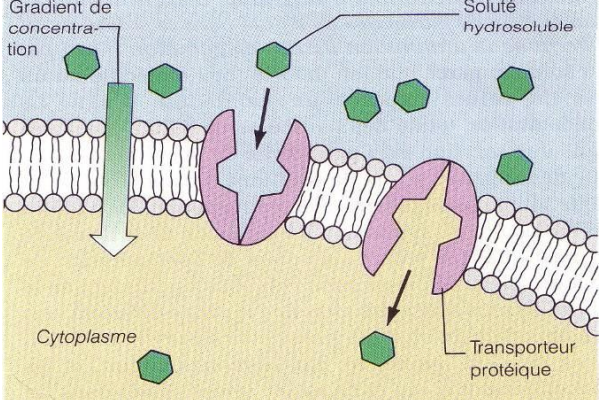
2.3 MECANISMES ACTIFS

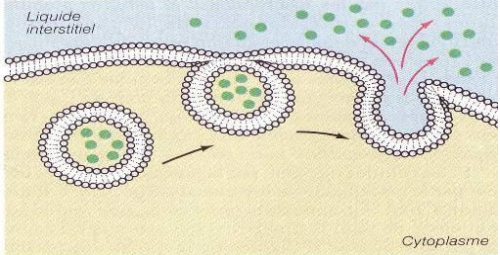
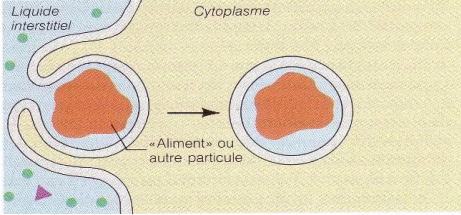
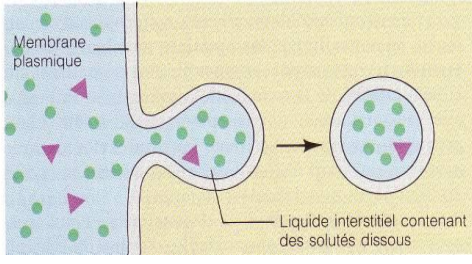
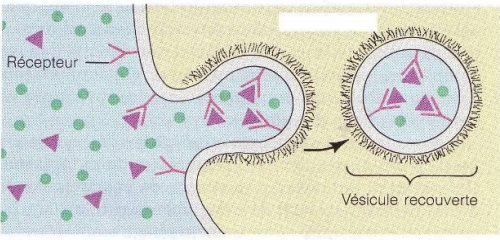
Ce sont des mécanismes qui nécessitent de l'ATP, énergie fournie par la cellule.

Ils sont de deux types :

➤ **Transport actif,**

➤ **Transport en vrac.** On distingue le transport par **exocytose** lorsqu'il permet la sortie de composés chimiques, d'**endocytose** lorsqu'il concerne l'entrée de composés chimiques dans la cellule

Description des différents mécanismes	Source d'énergie	Exemple	Illustration
Diffusion simple - En se dissolvant dans les lipides de la membrane pour des substances liposolubles et non polaires - À travers les pores (ou canaux protéiques) pour les substances dont le diamètre < diamètre des pores. Les ions chargés – diffusent plus facilement que les ions chargés +. On parle d'osmose pour la diffusion de l'eau.	Energie cinétique	Diffusion des graisses, de l'oxygène, du dioxyde de carbone, d'azote, des vitamines liposolubles, de l'urée, du glycérol, des alcools simples et de l'ammoniaque.	
Diffusion facilitée Un transporteur se combine avec la molécule pour la rendre soluble dans la membrane. Les transporteurs sont des protéines membranaires.	Energie cinétique	Diffusion du glucose vers l'intérieur des cellules	
Filtration Passage de l'eau à travers une membrane semi-perméable grâce à la pression hydrostatique. L'eau passe d'une région de pression la plus élevée vers une région de pression de plus faible pression (dans le sens du gradient de pression)	Energie hydrostatique	Mouvement de l'eau, des nutriments et des gaz à travers la paroi d'un capillaire : - Formation de l'urine dans les reins - Loi des capillaires	

Transport actif Le transport à travers la membrane se fait contre le gradient de concentration. Ce transport nécessite un transporteur protéique.	Énergie cellulaire ATP	• Transport des acides aminés et de la plupart des ions • Pompe à sodium	
Transport en vrac • Exocytose : sécrétion ou excrétion de substances par la cellule; la substance est entourée d'une vésicule membraneuse qui fusionne avec la membrane plasmique puis se rompt en libérant la substance dans le liquide interstitiel • Phagocytose (endocytose) : Une grosse particule externe est capturée par un prolongement de la cellule et englobée dans un sac membraneux. • Pinocytose (endocytose) : La membrane plasmique s'invagine sous une gouttelette de liquide externe contenant de petits solutés; les bords de la membrane fusionnent et forment une vésicule remplie de liquide • Endocytose par récepteur membranaire : Mécanisme sélectif d'endocytose : la substance se lie à des récepteurs membranaires, et des récepteurs vésiculaires recouverts sont formés.	ATP	• Sécrétion d'hormones, neurotransmetteurs, de mucus • Excrétion des déchets cellulaires.	 Liquide interstitiel Cytoplasme
		Dans le corps humain, effectuée surtout par les phagocytoses (bactéries, débris de cellules mortes).	 Liquide interstitiel Cytoplasme « Aliment » ou autre particule
		Capture de solutés par les cellules absorbantes des reins et des intestins	 Membrane plasmique Liquide interstitiel contenant des solutés dissous
		Absorption des certaines hormones, le cholestérol, le fer et d'autres molécules.	 Récepteur Vésicule recouverte Endocytose par médiateur interposé

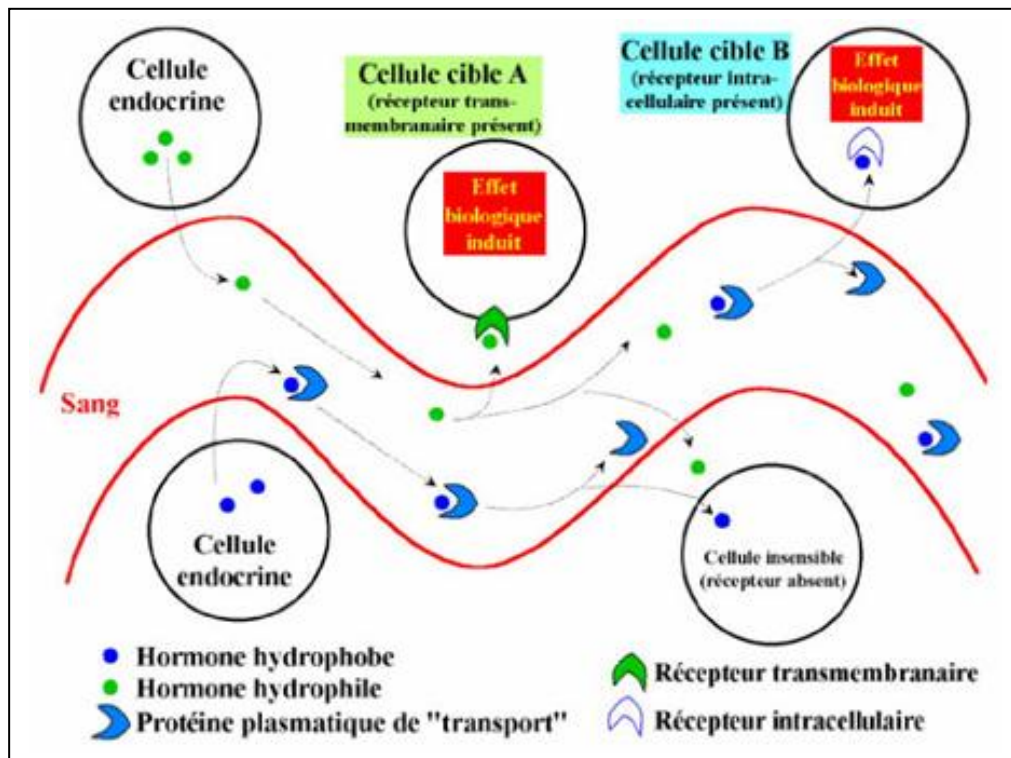
3. LA COMMUNICATION INTRACELLULAIRE

3.1 LES RECEPTEURS MEMBRANAIRES ET INTRACELLULAIRES

Une cellule porte plusieurs milliers de récepteurs à sa surface.

Une molécule capable de se lier à une protéine spécifique est appelé **ligand**.

Il y a une correspondance entre le type de récepteur (membranaire ou intracellulaire) et le type de médiateur chimique (hydrophile ou liposoluble).



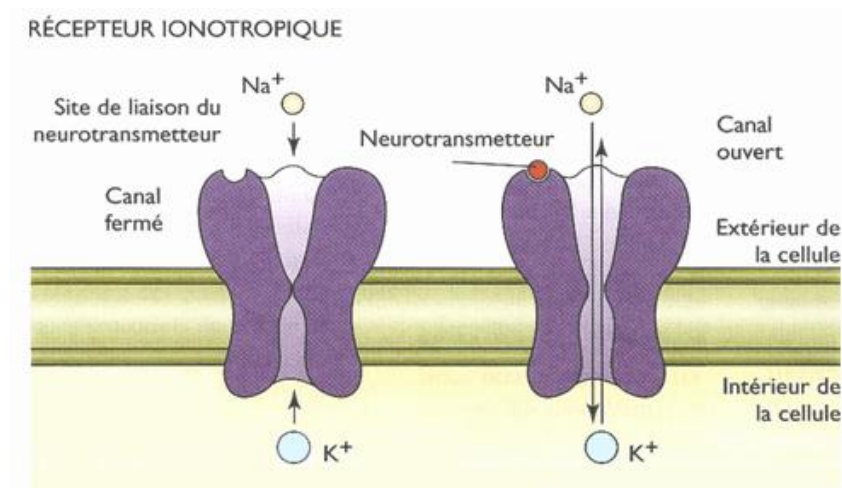
On parle de **récepteurs membranaires** lorsque les récepteurs sont des protéines transmembranaires ; les molécules chimiques ne pénètrent pas dans la cellule. Ce sont des molécules chimiques hydrophiles telles que les neurotransmetteurs, les hormones peptidiques (insuline, glucagon, parathormone, hormones hypophysaires, ...), les ions

Celles-ci modifient les fonctions cellulaires en activant les récepteurs de la membrane de la cellule, ce qui déclenche une cascade d'évènements (c'est-à-dire que chaque molécule chimique activée active la suivante et ainsi de suite) à l'intérieur de la cellule ou au sein de la membrane.

On regroupe les récepteurs membranaires en différentes catégories dont :

- les récepteurs qui forment un canal ionique. Ces récepteurs sont présents au niveau des synapses et des jonctions neuromusculaires. Ils permettent ou inhibent le passage d'ions à travers la membrane cellulaire (voir cellule nerveuse et cellule musculaire).

Ces canaux sont des **canaux ioniques chimiquement dépendant**.



- les **récepteurs couplés aux protéines G**.

Le récepteur est une protéine transmembranaire en contact avec le milieu extracellulaire ; la protéine G est liée au récepteur sur la face intracellulaire. La liaison d'un ligand sur son récepteur et l'activation successive de la protéine G, représentent les deux premières étapes indispensables à la transmission d'un signal à l'intérieur de la cellule. La protéine G activée sera à l'origine d'une cascade de réactions menant à la synthèse d'enzymes qui produiront des réactions physiologiques.

La protéine G activée peut aussi agir sur la perméabilité des canaux ioniques chimiquement dépendant.

Ces récepteurs sont des protéines transmembranaires capables de reconnaître des messages aussi différents que la lumière, les odeurs, les molécules du goût, des hormones ou des neurotransmetteurs

- les **récepteurs possédant une activité enzymatique propre**, tels que les récepteurs de l'insuline, de l'hormone de croissance.
- les **récepteurs du type anticorps du système immunitaire**.
Les **cytokines** sont les médiateurs chimiques de nature protéique sécrétés par de nombreuses cellules immunitaires. (voir immunité)

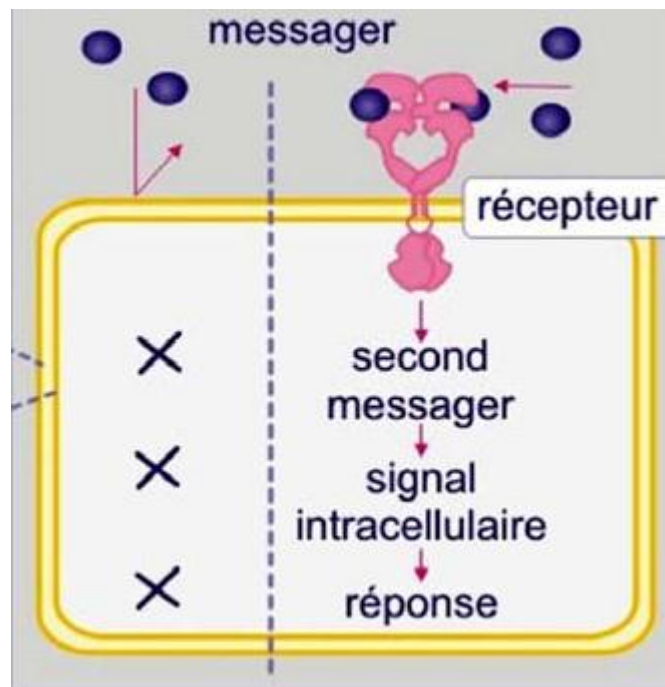
On parle de **récepteurs intracellulaires** lorsque les récepteurs sont intracellulaires. Ils concernent les récepteurs des hormones stéroïdes et thyroïdiennes.

Ce sont les molécules chimiques hydrophobes (elles sont liposolubles et peuvent diffuser à travers la membrane cellulaire) qui pénètrent dans la cellule et se fixent sur des récepteurs intracellulaires telles que les hormones stéroïdes (progestérone, cortisol,...) et thyroïdiennes.

3.2 LA SIGNALISATION INTRACELLULAIRE

Le **premier messenger** interagit avec son récepteur et cette interaction induit un « signal », par une **voie de signalisation intracellulaire**, qui modifie le comportement de la cellule cible. Ces voies de signalisation intracellulaires sont extrêmement diverses, parfois très courtes (ouverture des canaux ioniques) parfois en longues cascades d'interactions protéiques impliquant la production, par des molécules effectrices, de substances qui diffusent dans la cellule (ou sa membrane) et qu'on qualifie de « **seconds messagers** ». Ces voies de signalisation ont pour but de perturber l'homéostasie cellulaire et d'imposer un changement pour **ajuster l'activité de la cellule** aux besoins de l'organisme entier. Les réponses cellulaires sont souvent composées d'une réponse immédiate et de courte durée, de l'ordre de quelques secondes à quelques minutes, puis d'une réponse à long terme, de l'ordre de quelques heures à quelques jours, qui passe par le noyau pour agir sur la transcription lors de la synthèse des protéines (plasticité cellulaire).

Le processus de signalisation



Absence de récepteur **Présence du récepteur**

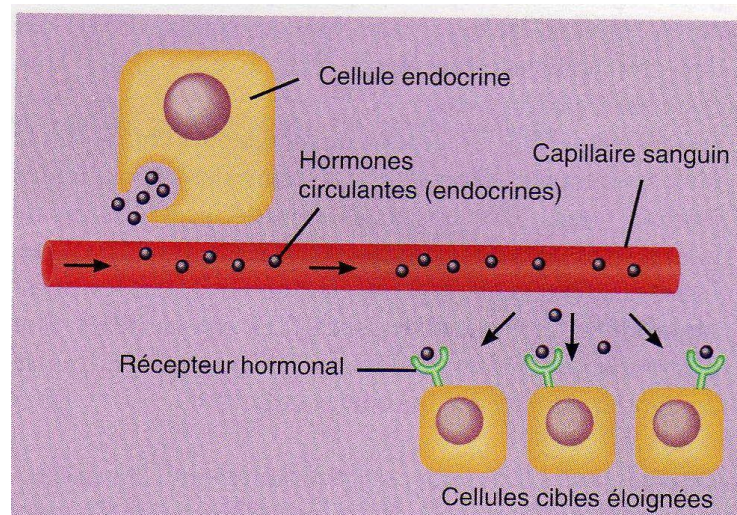
3.2.1 LA PRODUCTION DES PREMIERS MESSAGERS

Les milliards de cellules, qui constituent un individu, communiquent entre elles grâce à des molécules chimiques qui circulent dans les liquides corporels (milieu extracellulaire ou interstitiel, sang, liquide céphalo-rachidien). Ainsi les signaux de la communication intercellulaire parcourent des distances soit relativement restreintes (transmission synaptique, communications paracrines et autocrines) soit importante à l'échelle cellulaire (sécrétion endocrine). Il existe des milliers de messagers moléculaires, appelés **médiateurs chimiques** ; ils sont regroupés en plusieurs groupes dont les principaux sont **les hormones, les neurotransmetteurs et les facteurs de croissance**. Afin d'assurer les grandes fonctions physiologiques, les messagers chimiques doivent être détectés par les cellules sur lesquelles ils agissent, on parle de

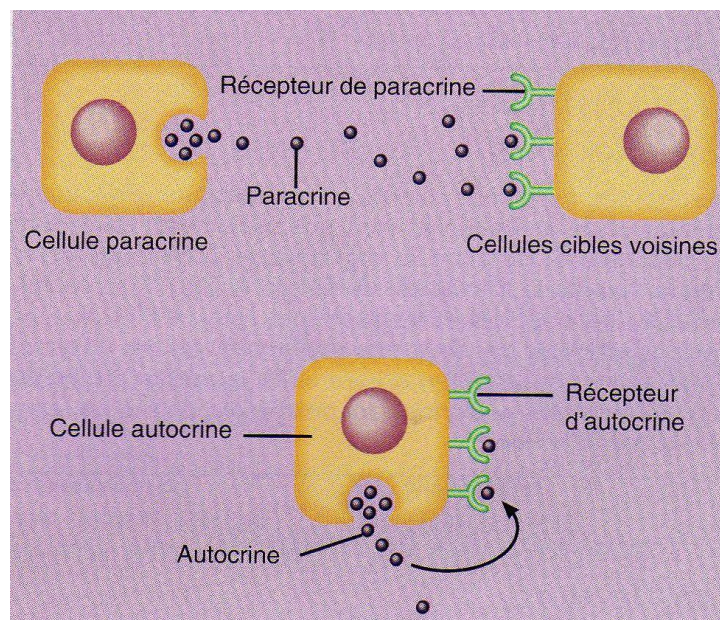
cellules cibles. Cette détection est assurée par la présence de protéines transmembranaires ou intracellulaires sensibles à ces molécules chimiques, les **récepteurs**.

Selon la distance qui sépare les cellules qui communiquent entre elles on distingue :

Transmission endocrine pour des cellules éloignées



Transmissions paracrine et autocrine pour des cellules rapprochées



➤ la transmission paracrine

Les cellules communicantes sont voisines, voire en contact. L'échange concerne un petit groupe de cellule précis et exclut toutes les autres. La transmission est très rapide et le médiateur chimique est très rapidement neutralisé.

➤ **La transmission autocrine**

Les médiateurs chimiques émis agissent sur la cellule même qui les a sécrétés.

➤ **La transmission endocrine**

Les cellules communicantes sont éloignées. Une hormone est sécrétée par une glande endocrine et déversée dans le sang pour aller agir sur des organes ou cellules cibles. On parle d'organe ou de cellule cible parce que l'information émise est envoyée à toutes les cellules et seules celles capables d'interpréter l'information réagissent. Ces cellules possèdent des récepteurs spécifiques (protéines membranaires) situés à la surface de leur membrane.

Cette transmission est assez lente mais son action est assez longue.

3.2.2 LE CALCIUM, SECOND MESSAGER INTRACELLULAIRE

L'ion calcium (Ca^{2+}) est un second messenger intracellulaire important. Il est impliqué dans de nombreuses fonctions cellulaires telles que la contraction musculaire, la libération de neurotransmetteur, la sécrétion d'enzyme, l'expression génique, ou encore la mort cellulaire. Les hormones et les neurotransmetteurs déclenchent des signaux calciques complexes par l'entrée de Ca^{2+} extracellulaire ou par la libération de Ca^{2+} à partir de réserves intracellulaires. Pour pouvoir contrôler toutes ces fonctions à partir d'un seul messenger, le Ca^{2+} , la cellule fait appel à différents systèmes de signalisation qui lui permet de former une réponse calcique spécifique à la fonction voulue. Ces systèmes sont constitués par des réserves intracellulaires de Ca^{2+} , des récepteurs, des pompes et des canaux calciques. Ainsi, l'élévation de Ca^{2+} intracellulaire peut être locale ou globale, de durée variable, et former des gradients, ou même des oscillations. Ces oscillations peuvent elles même coder l'information sous forme de fréquence ou d'amplitude. Par exemple, des élévations locales de Ca^{2+} peuvent déclencher la sécrétion d'enzyme, ou la relaxation des muscles lisses, tandis que les élévations globales du Ca^{2+} intracellulaire peuvent contrôler l'expression des gènes ou la contraction des muscles lisses.

Ces signaux calciques sont rendus possibles par des gradients importants de concentration entre le cytoplasme, les différents compartiments cellulaires, et le milieu extracellulaire. Le principal réservoir de Ca^{2+} intracellulaire est le réticulum endoplasmique (RE), mais d'autres organites pourraient participer aux réponses, comme les vésicules de sécrétion et les mitochondries.

3.2

4. LA COMMUNICATION INTERCELLULAIRE

3.3

3.4 4.1 LA COMMUNICATION HORMONALE

Les hormones sont des substances chimiques sécrétées par les glandes endocrines, véhiculées par le sang et la lymphe, et agissant sur des cellules cibles possédant des récepteurs hormonaux spécifiques. Elles sont parfois regroupées en une glande hormonale (l'hypophyse, la thyroïde sont des glandes hormonales et sécrètent plusieurs types d'hormones).

Les hormones sont des cellules endocrines, c'est à dire qu'elles circulent dans le milieu intérieur de l'organisme, afin de modifier au final le comportement d'un organe. Une concentration très faible d'hormone dans le sang suffit à induire des changements spectaculaires à ce niveau.

Le mode de transmission est le mode endocrine.

3.5 4.2 LA COMMUNICATION NEUROLOGIQUE

Elle a lieu sous la forme de potentiel d'action c'est-à-dire à une inversion des ions de part et d'autre de la membrane de la cellule.

La communication entre les cellules se fait de proche en proche : la modification du potentiel d'action ouvre des **canaux ioniques voltage-dépendant**. La présence de ces canaux sur les cellules nerveuses la propriété d'excitabilité.

La transmission du potentiel d'action entre deux cellules se fait au niveau des synapses.

La propagation de l'information sous forme d'influx nerveux le long des cellules nerveuses se transforme le plus souvent en phénomène chimique (parfois électrique) au niveau de la jonction entre deux neurones ou entre un neurone et une cellule musculaire ou entre un neurone et une glande.

Les molécules chimiques sont des neurotransmetteurs ou neuromédiateurs.

La membrane cellulaire est constituée de lipides et de protéines. La bicouche lipidique est étanche à l'eau et aux électrolytes (K^+ , Na^+ ,...). Elle comprend des protéines qui permettent le passage de l'eau et des électrolytes. On distingue plusieurs types de protéines permettant le passage des électrolytes et de l'eau.

Comme dans toutes cellules, sont présents :

- **Les canaux ioniques de fuite** qui permettent le passage passif des électrolytes. Les canaux sont des protéines transmembranaires. Le passage à travers la membrane se fait selon la différence de concentration des électrolytes selon le gradient de concentration. Il ne nécessite pas d'énergie. Les canaux sont spécifiques d'un type d'électrolytes.
- **La pompe à sodium et à potassium** : ces protéines se chargent du passage actif des électrolytes. Elles nécessitent de l'énergie sous forme d'ATP et peuvent transporter un électrolyte contre le gradient de concentration. (voir pompe à sodium). La pompe à sodium permet de maintenir une concentration intracellulaire faible en sodium et forte en potassium, et un potentiel de repos positif à l'extérieur et négatif à l'intérieur.

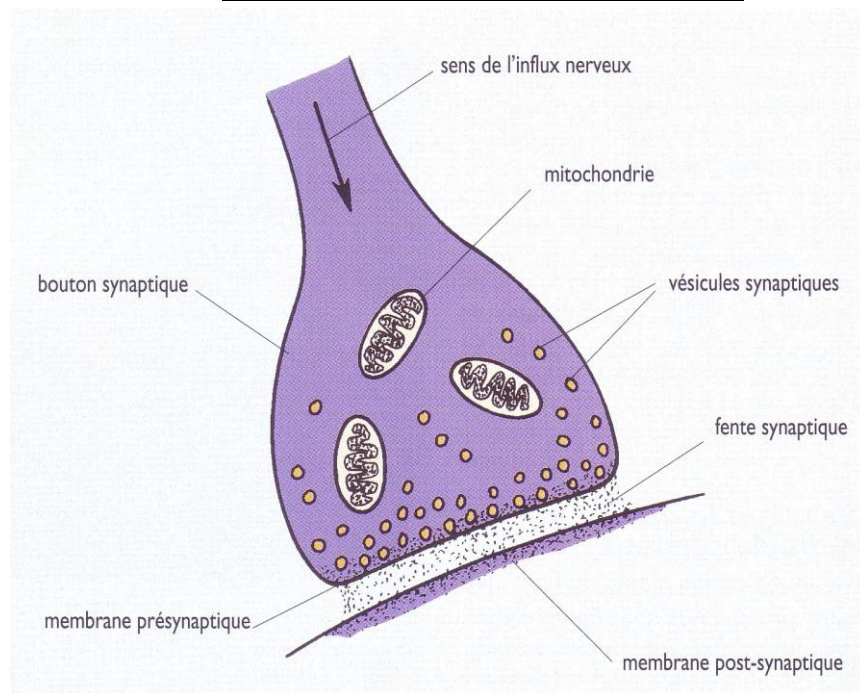
En plus, spécifiquement sur la membrane des neurones :

- **Les canaux voltage-dépendant** qui s'ouvrent à une réaction à une modification du potentiel de membrane.
- **Les canaux ioniques chimiquement dépendants** s'ouvrent et se ferment en réaction à certain stimulus chimique, les neurotransmetteurs et certains ions tels que le Na^+ , K^+ et Ca^{2+}

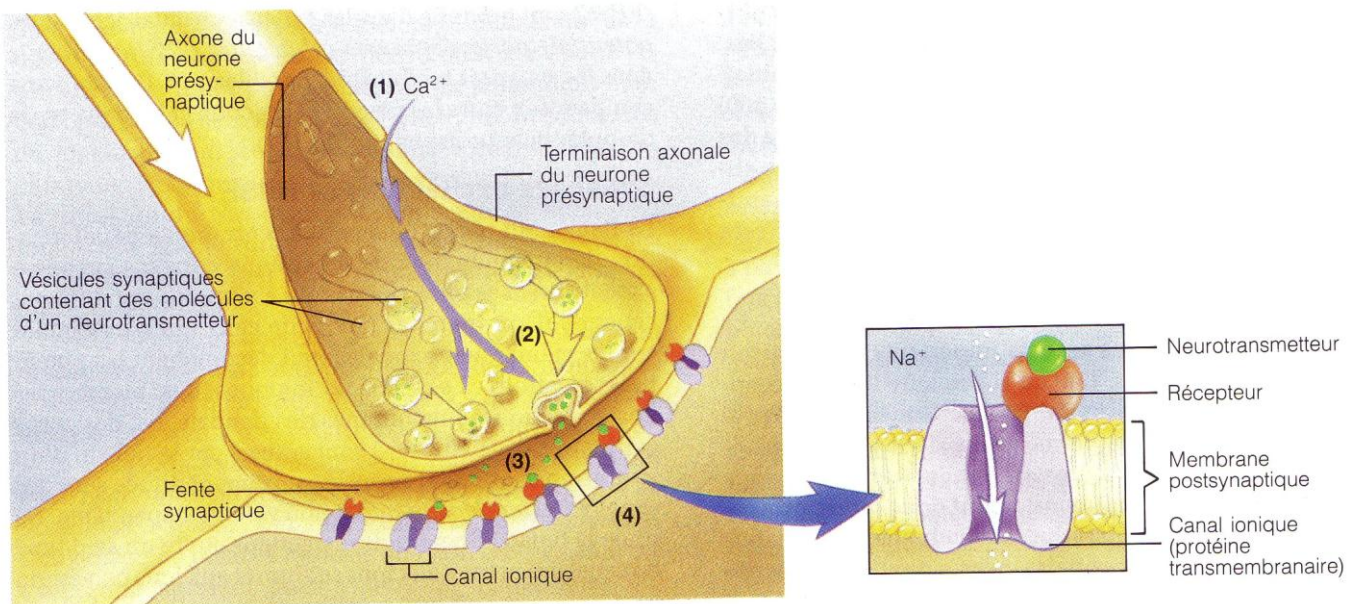
L'arrivée de l'influx nerveux au niveau de la synapse provoque la libération dans la fente synaptique d'un neurotransmetteur qui va permettre la transmission de l'influx nerveux au neurone suivant ou à une fibre musculaire.

A la **synapse chimique**, le neurone qui envoie le signal est appelé **neurone pré-synaptique** et celui qui reçoit le message est appelé **neurone post-synaptique**. Ces derniers sont séparés par la **fente synaptique** remplie de liquide extracellulaire : les influx ne peuvent pas franchir cette fente.

Structure d'une synapse chimique



Phénomènes se produisant dans une synapse chimique en réponse à la dépolarisation de la terminaison axonale.



(1) Les canaux de calcium s'ouvrent dans la terminaison axonale pré-synaptique ; lorsque l'influx nerveux atteint cette terminaison momentanément pour laisser passer les ions calcium du liquide interstitiel à la terminaison axonale.

(2) Le neurotransmetteur est libéré par exocytose. L'accroissement des niveaux intracellulaire de calcium ionique (Ca^{2+}) favorise la fusion des vésicules présynaptiques avec la membrane axonale, de même que l'écoulement du neurotransmetteur dans la fente synaptique par exocytose. Le Ca^{2+} est ensuite rapidement retiré ; il est absorbé par les mitochondries ou éjecté vers l'extérieur par la pompe à calcium.

(3) **Le neurotransmetteur se lie aux récepteurs post-synaptiques.** Le neurotransmetteur diffuse à travers la fente synaptique et il se lie de manière réversible à des récepteurs protéiques spécifiques (portés par les canaux ioniques) qui sont regroupés sur la membrane post-synaptique.

(4) **Les canaux ioniques de la membrane plasmique s'ouvrent.** Lorsque les molécules de neurotransmetteur se lient aux récepteurs des canaux ioniques, la forme des canaux change et ils s'ouvrent. La diffusion des ions sodium provoque un changement de potentiel membranaire qui suffit à déclencher la dépolarisation de la membrane plasmique du neurone post-synaptique. Il en résulte soit une excitation soit une inhibition du neurone post-synaptique, selon le type de neurotransmetteurs libérés et les récepteurs protéiques auxquels ils se seront liés.

Les effets sont de courte durée, car le neurotransmetteur est rapidement détruit par des enzymes ou recapté dans la terminaison pré-synaptique.

La synapse fonctionne dans un seul sens et est sensible à la fatigue.

Le neurotransmetteur est une substance chimique qui permet la modification de la perméabilité ionique de la membrane et donc la dépolarisation du neurone suivant.

Chaque synapse n'obéit qu'à un seul neurotransmetteur (environ mille synapses s'établissent entre deux neurones). Les principaux neurotransmetteurs sont :

- **L'acétylcholine**, pour les synapses **cholinergiques** par exemple dans le système parasympathique. Ce sont les plus répandues.
- **La noradrénaline et l'adrénaline**, pour les synapses **noradrénergiques**, par exemples dans le système sympathique.
- **La dopamine**, pour les synapses **dopaminergiques**, par exemple dans le locus Niger (concerné par la maladie de Parkinson).
- **La sérotonine**, pour les synapses **sérotoninergiques**, par exemple dans le tronc cérébral.

3.6 4.3 LE MUSCLE

3.7

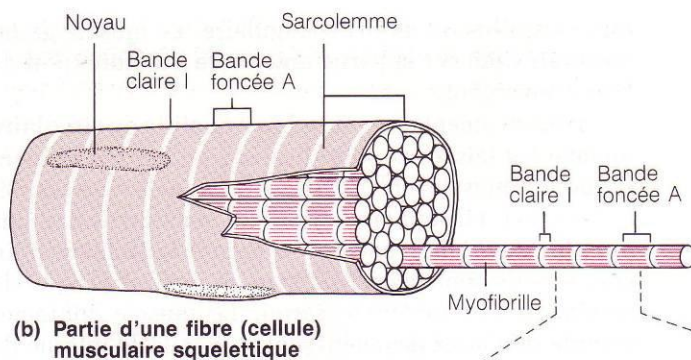
4.3.1 LA CELLULAIRE MUSCULAIRE DU MUSCLE SQUELETTIQUE

La cellule musculaire = **fibre musculaire** = **myocyte** a une forme cylindrique et allongée (10 à 100 micromètres de diamètre pour une longueur de plusieurs centimètres).

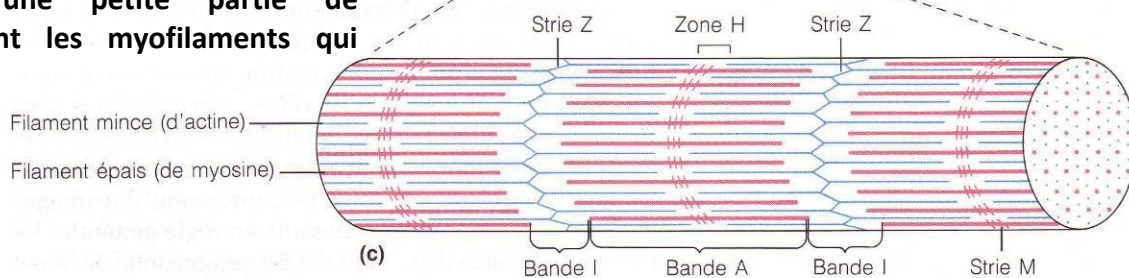
Le **sarcolemme** est la membrane de la cellule musculaire ; il entoure le cytoplasme de la cellule, appelé sarcoplasme. Chaque fibre contient plusieurs noyaux situés en périphérie du **sarcoplasme** sous la membrane, de nombreuses mitochondries du glycogène. Le sarcoplasme est rempli **de myofilaments** ou **myofibrilles**.

Anatomie microscopique d'une fibre musculaire squelettique

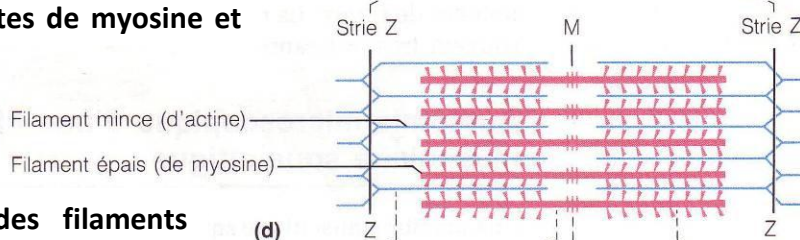
Partie d'une fibre musculaire montrant les myofibrilles.



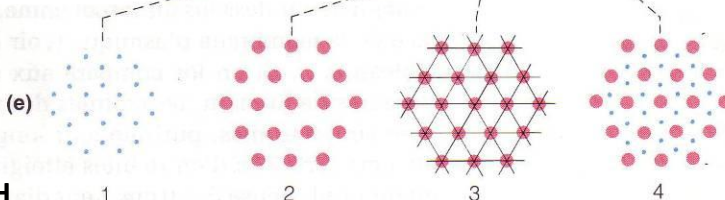
Agrandissement d'une petite partie de myofibrille montrant les myofilaments qui



Agrandissement d'un sarcomère (coupe longitudinale) montrant les têtes de myosine et



La disposition en réseau des filaments minces



- (1) coupe effectuée dans une bande I
- (2) coupe effectuée à travers la zone H
- (3) coupe effectuée à travers une strie M
- (4) coupe effectuée dans la bande A

Sur la longueur de chaque myofibrille, on remarque une alternance de bandes foncées et claires. Les bandes foncées sont appelées **bandes A** parce qu'elles polarisent la lumière visible. Les bandes claires nommées **bandes I** (non polarisantes). Les bandes des myofibrilles sont presque parfaitement alignées et se poursuivent sur toute la largeur de la cellule : l'ensemble de la cellule paraît strié.

Chaque bande A est coupée en son milieu par une rayure plus claire appelée **zone H**. Les zones H ne sont visibles que sur les fibres musculaires au repos.

Chaque zone H est divisée en deux par une ligne sombre, la **strie M**. Au milieu des bandes I, il y a une zone plus foncée que l'on nomme **strie Z**. La région d'une myofibrille comprise entre deux stries Z successives est appelée **sarcomère** ; c'est la plus petite unité contractile de la fibre musculaire = unité fonctionnelle du muscle squelettique.

Chaque myofibrille est une chaîne de sarcomères placés bout à bout.

Au niveau moléculaire, les stries des myofibrilles sont formées par la disposition ordonnée de deux types de filaments de protéines, ou **myofilaments**, à l'intérieur des sarcomères. Les **filaments épais** parcourent toute la longueur de la bande A. Les **filaments minces** enrobent les filaments épais et s'étendent le long de la bande I et d'une partie de la bande A.

La strie Z unit les myofibrilles entre elles sur toute l'épaisseur de la cellule musculaire.

Dans les régions renfermant à la fois des filaments épais et minces, chaque filament épais est entouré de six filaments minces, et chaque filament mince se trouve au milieu d'un triangle formé par trois filaments épais.

Les filaments épais comprennent essentiellement une protéine appelée **myosine**. La molécule de myosine possède une structure très particulière ; semblable à un bâton de hockey, sa tige cylindrique, ou axe, se termine à l'une de ses extrémités par une tête sphérique comportant elle-même deux lobes. Ces lobes sont appelés **ponts d'union** parce qu'elles interagissent (se lient) avec des sites de liaison (ou sites actifs) spécifiques situés sur les filaments minces qui les entourent.

Dans un sarcomère, chaque filament épais compte environ, 200 molécules de myosine.

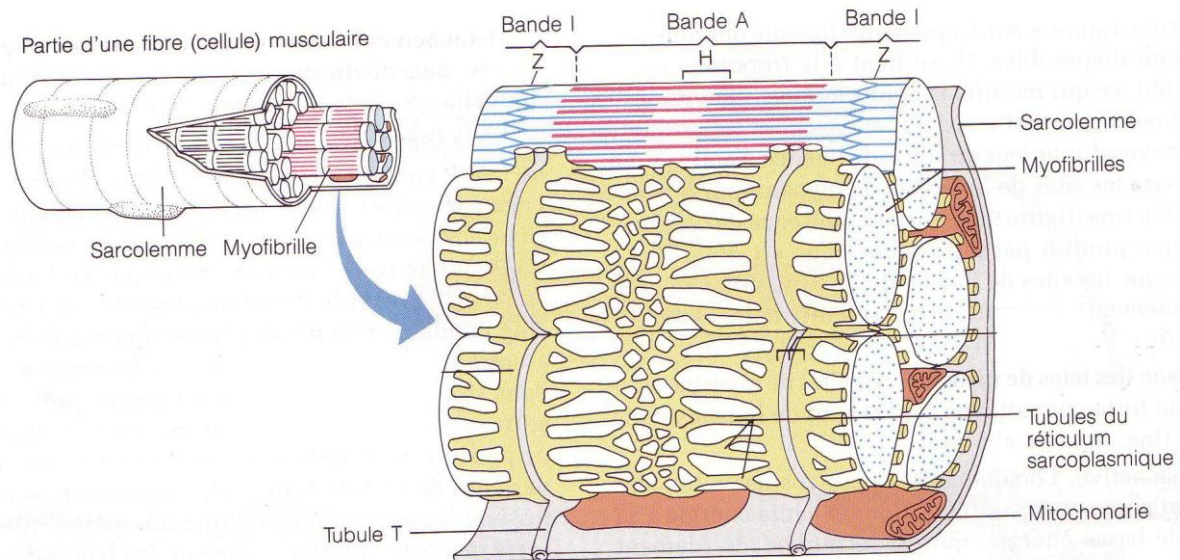
Les têtes des molécules de myosine portent des sites de liaison de l'ATP, ainsi que des ATPases qui dissocient l'ATP en ADP + Pi par une action enzymatique. (Pi = phosphate inorganique)

Les filaments minces sont principalement composés d'**actine**. Les polypeptides qui la forment portent des sites de liaison sur lesquels les têtes de myosine se fixent lors de la contraction.

Chaque filament est constitué de deux brins d'actine, enroulés l'un autour de l'autre ; ces brins ressemblent à deux fils garnis de perles et tordus ensemble, selon un arrangement hélicoïdal.

Au niveau de la strie Z les filaments d'actine et de myosine sont reliés ; ces filaments sont ainsi stabilisés pendant la contraction et le relâchement.

Relations entre le réticulum sarcoplasmique, les tubules T et les myofibrilles du muscle squelettique



Le **réticulum sarcoplasmique**, situé à l'intérieur de chaque cellule musculaire, est une forme complexe de réticulum endoplasmique lisse.

Son réseau de tubules parcourt les intervalles étroits qui existent entre les myofibrilles. La fonction principale du réticulum sarcoplasmique consiste à régler la concentration intracellulaire de calcium ionique : il emmagasine le calcium et le libère lorsqu'une stimulation entraîne la contraction de la fibre musculaire.

A la jonction des bandes A et I, le sarcolemme de la cellule musculaire constitue un long tube creux nommé **tubule T (ou tubule transverse)** qui pénètre en profondeur dans la cellule et dont la lumière communique avec le liquide interstitiel de l'espace extracellulaire.

Les tubules T jouent le rôle d'un réseau de communication rapide : étant donné qu'ils sont en continuité avec le sarcolemme, qui reçoit l'influx nerveux, ils peuvent acheminer cet influx profondément dans la cellule et à presque tous les sarcomères. De plus, les tubules T constituent une voie d'entrée qui met le liquide interstitiel (contenant du glucose, de l'oxygène, et divers ions) en contact intime avec les parties profondes de la cellule musculaire.

4.3.2 CONTRACTION DES MUSCLES SQUELETTIQUES

Lorsqu'une cellule musculaire se contracte, chacune de ses sarcomères raccourcit et les stries Z successives se rapprochent. Comme la longueur de leurs sarcomères diminue, les myofibrilles raccourcissent aussi, de même que l'ensemble de la cellule. Mais aucun des filaments ne change de longueur pendant que les sarcomères se contractent.

La contraction se fait par un glissement des filaments minces le long des filaments épais, de telle sorte que les myofilaments se chevauchent davantage.

Quand les cellules musculaires sont stimulées par un potentiel d'action, le neurotransmetteur, l'acétylcholine, se fixe aux récepteurs postsynaptiques des canaux Na^+ et provoque ainsi leur ouverture et une entrée massive de Na^+ dans la fibre musculaire.

Cette entrée est à l'origine d'une dépolarisation de la membrane de la fibre musculaire ; ce potentiel d'action se propage jusqu'au réticulum sarcoplasmique par l'intermédiaire des tubules T. Ce potentiel d'action provoque la libération du Ca^{2+} stocké dans le réticulum sarcoplasmique.

Le Ca^{2+} se fixe sur le filament d'actine ; cette fixation permet une modification des sites de liaison sur l'actine qui peuvent à présent se lier aux têtes de myosine.

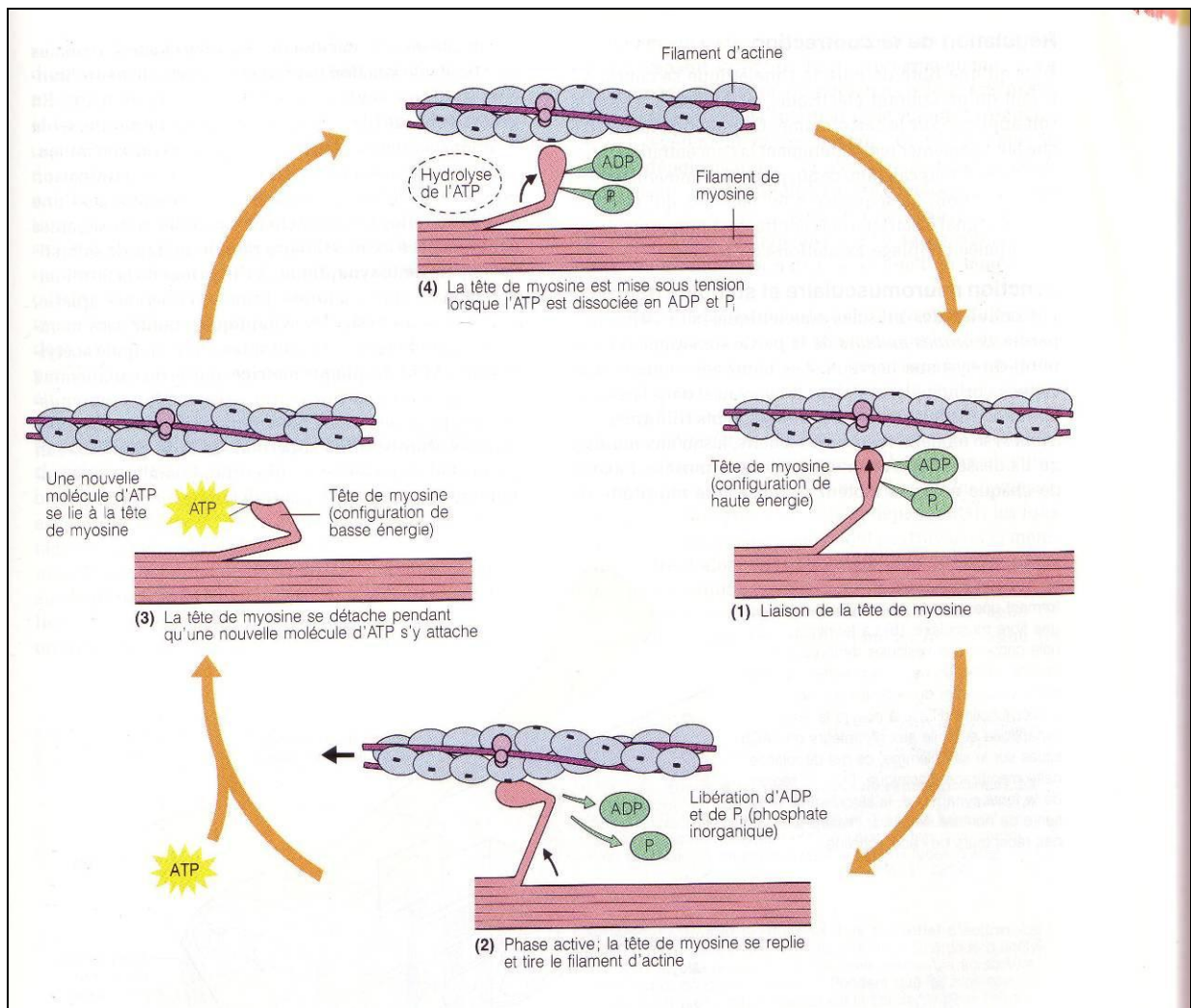
Les têtes de myosine s'accrochent aux sites de liaison situés sur l'actine des filaments minces, et le glissement s'amorce. Chaque tête de myosine s'attache et se détache plusieurs fois pendant la contraction et tire le filament mince vers le centre du sarcomère. Comme ce phénomène se déroule simultanément dans les sarcomères de toutes les myofibrilles, la cellule musculaire raccourcit. Les têtes de myosine ont besoin de calcium pour se fixer à l'actine ; l'influx nerveux qui déclenche la contraction provoque une augmentation de la quantité d'ions calcium à l'intérieur de la cellule.

Séquence d'événements produisant le glissement des filaments d'actine lors de la contraction

Lorsque la concentration intracellulaire de calcium s'élève, les événements suivants se succèdent rapidement :

- (1) **Liaison des têtes de myosine** : Les têtes de myosine activées sont fortement attirées par les sites de liaison situés sur l'actine, et elles s'y lient.
- (2) **Phase active** : Lorsque la tête de myosine se lie, elle pivote et passe de la configuration de haute énergie à sa forme de basse énergie, qui est recourbée ; le filament d'actine est donc tiré et glisse vers le milieu du sarcomère. Pendant ce temps, l'ADP et le phosphate inorganique (Pi) produits lors du cycle de contraction précédent quittent la tête de myosine.
- (3) **Détachement des têtes de myosine** : La tête de myosine se détache du site de liaison de l'actine lorsqu'une nouvelle molécule d'ATP s'y fixe.
- (4) **Mise sous tension de la tête de myosine** : L'hydrolyse de l'ATP en ADP et en Pi , par l'ATPase fournit l'énergie grâce à laquelle la tête de myosine peut reprendre sa forme riche en énergie, prête à faire un autre "pas" et à s'attacher à un autre site de liaison situé un peu plus loin sur le filament d'actine.

Ce cycle se répète à plusieurs reprises pendant la contraction, tant que l'ATP est présent et que la quantité de Ca^{2+} est élevé.

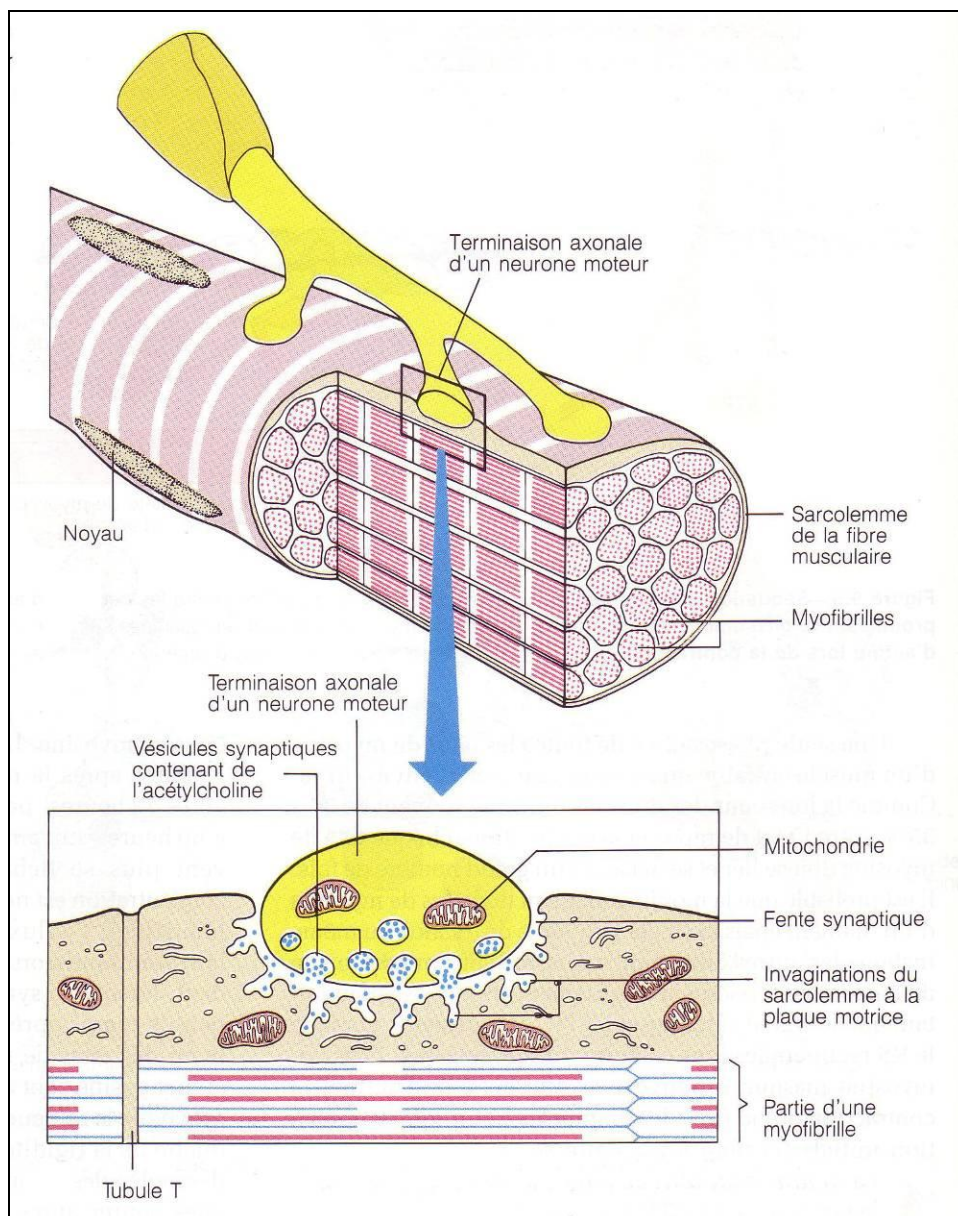


3.8 4.4 LA JONCTION NEURO-MUSCULAIRE

Les cellules des muscles squelettiques sont stimulées par les neurones moteurs de la partie somatique (volontaire) du système nerveux.

A son entrée dans le muscle, l'axone de chaque neurone moteur présente une multitude de ramifications, et chacune de ses terminaisons axonales constituent une **jonction neuromusculaire** à plusieurs branches avec une seule fibre musculaire.

Jonction neuromusculaire



Les membranes plasmiques de la terminaison axonale et de la fibre musculaire sont séparées par un espace extracellulaire rempli de liquide interstitiel appelé **fente synaptique**. A l'intérieur de la terminaison axonale, qui a la forme d'une protubérance aplatie, sont logées les **vésicules synaptiques**, petits sacs membraneux contenant un neurotransmetteur nommé **acétylcholine (Ach)**. La

plaque motrice (partie du sarcolemme des fibres musculaires où se trouve la jonction neuromusculaire) possède de très nombreux replis. Ces plis jonctionnels accroissent la superficie de la plaque motrice, qui peut alors posséder un plus grand nombre de récepteurs membranaires de l'acétylcholine.

Lorsqu'un influx nerveux parvient au bout de l'axone d'un neurone, les canaux calciques de la membrane plasmique s'ouvrent laissant passer les ions calcium présent dans le liquide interstitiel. L'entrée du calcium dans la terminaison axonale provoque l'exocytose de l'acétylcholine. Celle-ci diffuse à travers la fente et se lie aux récepteurs membranaires d'ACh situés sur le sarcolemme.

La liaison de l'ACh provoque des phénomènes électriques semblables à ceux qui surviennent dans les membranes de cellules nerveuses excitées.

Remarque : La synapse électrique

Dans la synapse électrique, les cellules pré-synaptique et post-synaptique se touchent et sont reliées par de petits canaux, ce qui permet au potentiel d'action d'être transmis directement de l'une à l'autre sans devoir « passer » le liquide interstitiel (il n'y a pas de fente synaptique) ; la transmission du potentiel d'action est très rapide. On retrouve ce type de synapse dans le muscle cardiaque.

5. LA VIE ET LA MORT

5.1 LES DIFFERENCIATIONS CELLULAIRES

Une cellule souche est une cellule indifférenciée, capable de se renouveler indéfiniment, et de se différencier en d'autres types cellulaires. Les cellules souches sont issues soit de l'embryon, soit de tissus adultes tels que la moelle osseuse, la peau, les épithéliums de revêtement). Ces cellules indifférenciées deviennent cellules spécialisées parce qu'elles sont dotées de caractéristiques structurales (cils pour les cellules de la trachée artère, hémoglobine pour le globule rouge ...) et fonctionnelles (féconder un ovocyte, sécrétion d'hormones, ...) différentes de celles des cellules souches.

Les cellules s'organisent en **tissus** = ensemble de cellules semblables ayant la même origine et participant à la même fonction.

La différenciation des cellules issues de cellules souches dépend également de leur nature : elles peuvent **être unipotentes, multipotentes, pluripotentes et totipotentes**. Les cellules totipotentes et pluripotentes se trouvent uniquement chez l'embryon. Quant aux cellules multipotentes ou unipotentes, on les trouve chez tout organisme adulte :

- **des cellules souches totipotentes**, cellules issues des premières divisions de l'œuf fécondé (jusqu'au 4ème jour), capables de donner naissance à tous les types de cellules de l'organisme et les seules à permettre le développement complet d'un individu.
- **des cellules souches pluripotentes** (cellules souches embryonnaires) issues d'un embryon de 5 à 7 jours, capables de donner naissance à plus de 200 types cellulaires représentatifs de tous les tissus de l'organisme. Le contrôle de leur multiplication est parfois assuré par des protéines appelées oncoprotéines qui n'interviennent plus après la vie fœtale sauf en cas de cancer.

- **des cellules souches multipotentes** (cellules adultes) capables de donner naissance à plusieurs types cellulaires, comme par exemple les cellules souches myéloïdes de la moelle osseuse qui sont à l'origine des différents types de cellules sanguines (érythrocytes, monocytes, granulocytes...).
- **des cellules souches unipotentes** (cellules adultes) sont à l'origine que d'un seul type cellulaire. Par exemple : les spermatogonies et les ovogonies à l'origine respectivement des spermatozoïdes et des ovocytes

Chez l'embryon, les cellules souches permettent son développement ; chez l'organisme adulte, elles assurent le remplacement des cellules qui meurent (cellules âgées ou cellules lésées), on parle de **cellules souches adultes**.

5.2 LA MORT CELLULAIRE

L'**apoptose** ou mort cellulaire programmée est une forme physiologique de mort cellulaire hautement régulée et elle est nécessaire à la survie des organismes multicellulaires. Typiquement, les cellules d'organismes multicellulaires s'autodétruisent lorsque celles-ci ne sont plus utiles, lorsqu'elles sont endommagées ou lorsqu'elles sont dysfonctionnelles.

C'est une fragmentation de la cellule en des dizaines de petites vésicules qui contiennent toutes un peu de cytoplasme, un peu de fragments chromosomiques, un peu d'organites internes... mais qui gardent toutes une membrane intègre : pas un microgramme du contenu de la cellule en apoptose, ne se déverse dans le liquide extracellulaire. Les restes de la cellule seront phagocytés par des macrophages.

L'apoptose se manifeste aussi au niveau de l'embryon : Au cours du développement les cellules sont produites en excès, puis selon des critères précis, certaines meurent afin de générer des structures particulières selon l'organe engendré. Par exemples, la formation des doigts implique l'apoptose des cellules de l'espace interdigital générées au début de l'embryogenèse, les canaux qui évoluent en utérus, trompes de Fallope et vagin chez la femme ne sont pas requis chez l'homme et sont possiblement éliminés par apoptose.

La nécrose est une mort cellulaire dite "accidentelle" qui survient lors d'un dommage tissulaire et elle implique des groupes de cellules. Lors de la nécrose, la cellule devient enflée, puis la membrane cellulaire éclate déversant le contenu cellulaire dans le tissu environnant et provoquant l'inflammation.

GLOSSAIRE

Acétylcholine Neurotransmetteur libéré au niveau des synapses neuromusculaires

Actine Protéine des microfilaments de la cellule musculaire.

Acide désoxyribonucléique (ADN) Acide nucléique présent dans toutes les cellules vivantes ; porte l'information génétique de l'organisme

Acide ribonucléique (ARN) Acide nucléique qui contient du ribose ; joue un rôle dans la synthèse des protéines.

Acides nucléiques Groupe de molécules organiques dont font partie l'ADN et l'ARN.

Actine Protéine contractile des tissus musculaires

Adénosine-triphosphate (ATP) Molécule organique qui emmagasine et libère l'énergie chimique utilisée par les cellules.

Apoptose mort cellulaire physiologique programmée nécessaire à la survie des organismes multicellulaire

ATP Adénosine triphosphatique Réserve d'énergie de la cellule.

Autolyse Digestion du contenu cellulaire.

Autophagie Digestion des organites usés.

Canaux ioniques chimiquement dépendant Canaux ioniques qui « s'ouvrent » sous l'influence d'une molécule chimique.

Canaux ioniques de fuite Passage passif (sans nécessité d'énergie) à travers la membrane se fait selon le gradient de concentration.

Canaux ioniques voltage-dépendant Canaux ioniques qui « s'ouvrent » sous l'action d'un potentiel d'action.

Cdk (Cycline-dependent kinase) activées par la **cycline**. Nécessaire pour la réalisation des différentes phases du cycle cellulaire.

CKI (kinases cyclines-dépendantes) inhibent les Cdk ; donc inhibe le cycle cellulaire..

Cellule Unité de base de la structure et du fonctionnement des organismes vivants ; plus petite quantité de matière capable d'accomplir les fonctions physiologiques reliées à la vie.

Cellule cible Cellule qui est sensible à un médiateur particulier.

Cellule eucaryote Cellule avec un noyau délimité par une membrane nucléaire contenant une molécule d'ADN. (ex. toutes les cellules du corps humain)

Cellules procaryote Cellule qui n'a pas de membrane nucléaire, son noyau est constitué d'un seul chromosome circulaire (ex. les bactéries)

cellule souche cellule indifférenciée, capable de se renouveler indéfiniment, et de se différencier en d'autres types cellulaires.

Centriole Minuscule organite localisé près du noyau de la cellule ; participe à la division cellulaire

Centrosome Région située près du noyau ; renferme une paire d'organites appelés centrioles placés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre.

Cholestérol Stéroïde présent dans les graisses animales ainsi que dans la majorité des tissus ; constituant important de la membrane plasmique ; synthétisé par le foie.

Chromatine Structure du noyau qui porte les gènes ; constituée d'une molécule d'ADN associée à des protéines.

Chromosomes Bâtonnets constitués de chromatine enroulée ; visibles au cours de la division cellulaire.

Cils Petites projections qui bougent à l'unisson à la surface de certaines cellules.

Code génétique Information encodée dans la séquence des bases de nucléotides des chaînes d'ADN (chromatine).

Conduction saltatoire. Influx nerveux qui a lieu d'un nœud de Ranvier à un autre dans les fibres myélinisées ; d'où sa rapidité par rapport aux fibres amyélinisées.

Colloïde Mélange dans lequel les particules de soluté ne se déposent pas et ne passent pas à travers les membranes naturelles.

Contraction Action de se tendre ou de se raccourcir ; capacité très développée dans les cellules musculaires.

Cycle cellulaire = phase mitotique + interphase

Cycle de Krebs Voie métabolique se déroulant dans les mitochondries ; oxyde les métabolites des aliments termine la dégradation des nutriments et libère du dioxyde de carbone ; C'est le cycle qui permet à la chaîne respiratoire de transport d'électrons de produire le plus d'ATP.

Cytosinèse Division du cytoplasme qui se produit une fois que le noyau a fini de se diviser.

Cytoplasme Matériau cellulaire entourant le noyau et situé à l'intérieur de la membrane plasmique

Dépolarisation Entrée d'ions sodium dans la cellule par ouverture de canaux voltages dépendants.

Desmosome Jonction cellulaire constituée par des épaissements des membranes plasmiques unis par des microfilaments

Différenciation cellulaire Transformation des cellules souches en cellules spécialisées (c'est-à-dire avec des caractéristiques structurales et fonctionnelles spécifiques suivant le type de cellule)

Diffusion Dispersion des particules dans un gaz ou une solution selon un gradient de concentration ; mène à la répartition uniforme des particules.

Diffusion facilitée Diffusion pour laquelle une protéine transmembranaire est indispensable.

Endocytose Mécanisme de transport actif qui permet l'entrée des grosses particules et des macromolécules dans la cellule ; comprend la phagocytose, la pinocytose et l'endocytose par médiateur interposé.

Endocytose par récepteur membranaire Endocytose qui a lieu par l'intermédiaire d'une protéine transmembranaire.

Exocytose Mécanisme de transport actif de la membrane plasmique permettant le passage de substances de l'intérieur vers l'extérieur de la cellule au moyen d'un sac membranaire (vésicule d'exocytose) qui fusionne avec la membrane plasmique.

Facteurs de croissance Protéines capables de contrôler la croissance cellulaire

Filtration Passage d'un solvant et de substances dissoutes à travers une membrane ou un filtre.

Flagelle Long prolongement de la membrane plasmique de certaines bactéries et des spermatozoïdes ; propulse la cellule.

Gène Une des unités biologiques de l'hérédité situées dans la chromatine du noyau cellulaire ; transmet l'information héréditaire.

Glycocalyx Glucides sur la face externe de la membrane (des glycoprotéines, et glycolipides) qui participe à la détermination du groupe tissulaire le groupe HLA ; intervient dans la réponse immunitaire et joue également un rôle contre les agressions mécaniques, chimiques et enzymatiques.

Glycogène Forme de réserve du glucose dans le foie et dans le muscle.

Glycogénolyse Transformation du glycogène dans le foie ou dans le muscle en glucose.

Glycolyse Hydrolyse du glucose dans la mitochondrie avec libération d'énergie.

Gradient de concentration Différence de concentration d'une substance dans deux régions différentes.

Gradient de pression Différence de pression entre deux régions qui sont en communication ; par exemple , le gradient de **pression hydrostatique** entre le sang et le liquide interstitiel, qui permet au plasma de sortir des capillaires sanguins.

Gradient électrochimique Distribution des ions faisant intervenir un gradient chimique et un gradient électrique, qui interagissent pour déterminer la direction de la diffusion.

Hydrophile Qualifie les molécules, ou les parties de molécules, qui interagissent avec l'eau et les particules chargées.

Hydrophobe Qualifie les molécules, ou les parties de molécules, qui n'interagissent qu'avec les molécules non polaires.

Interphase période comprise entre deux mitoses durant laquelle se déroulent l'ensemble des activités du métabolisme cellulaire.

Ion Atome possédant une charge positive ou négative.

Jonction neuromusculaire ou synapse neuromusculaire Rencontre entre les neurones et les cellules des muscles squelettique.

Liaison peptidique Liaison entre le groupement amine d'un acide aminé et le groupement acide d'un autre acide aminé, associé à la perte d'une molécule d'eau ; type de liaison se produisant au niveau des ribosomes au cours de la synthèse des protéines.

Liquide extracellulaire Liquide situé à l'extérieur des cellules ; comprend le plasma et le liquide interstitiel.

Liquide interstitiel Liquide situé entre les cellules des tissus, dans le compartiment interstitiel.

Liquide intracellulaire Liquide présent à l'intérieur de la cellule

Médiateur chimique Molécule chimique qui permet la communication entre deux cellules (neuromédiateurs, hormones, ions, ...)

Membrane plasmique Membrane externe de la cellule ; composée de phospholipides, de protéines et de cholestérol.

Membranes cellulaires Membrane des divers organites de la cellule et de la cellule elle-même.

Mitochondrie Organites cytoplasmiques responsables de la synthèse d'ATP, qui permet les activités cellulaires.

Mitose Processus par lequel les chromosomes sont redistribués aux noyaux de deux cellules filles ; division nucléaire.

Molécules non polaires Molécules équilibrées sur le plan électrique.

Molécules polaires Molécules dissymétriques qui contiennent des atomes n'ayant pas la même capacité d'attirer des électrons.

Mucus Enduit visqueux et épais sécrété par les glandes muqueuses ; humecte la surface libre des membranes.

Myofibrilles ou myofilaments Microfilaments de la cellule musculaire responsables de la contraction musculaire.

Myosine Protéine des microfilaments de la cellule musculaire.

Nécrose Mort cellulaire qui survient lors d'un dommage tissulaire.

Noyau Centre de régulation de la cellule ; renferme le matériel génétique.

Nucléoles Corps sphériques denses du noyau cellulaire qui interviennent dans la synthèse et le stockage des sous-unités ribosomales.

Nucléosomes Unité fondamentale de chromatine ; constitués d'une molécule d'ADN enroulée autour d'une masse sphérique de huit histones (protéines).

Nucléotide Unité structurale des acides nucléiques ; composé d'un sucre, d'une base azotée et d'un groupement phosphate.

Organites Petites structures cellulaires (ribosomes, mitochondries et autres) qui effectuent des fonctions métaboliques spécifiques répondant aux besoins de toute la cellule.

Osmose Diffusion d'un solvant à travers une membrane ; le déplacement se fait toujours d'une solution diluée à une solution plus concentrée afin d'équilibrer les concentrations de part et d'autre de la membrane;

Phagocytose Mécanisme de transport de la membrane plasmique des cellules phagocytaires qui permet la capture de solides étrangers comme les bactéries ; mécanisme important chez les macrophages.

Phospholipide Variété de lipide contenant du phosphore ; un des principaux constituants de la membrane plasmique.

Pinocytose Capture de liquide interstitiel par la membrane plasmique des cellules.

Pression hydrostatique Pression du liquide dans un système

Pompe à sodium et à potassium Transport contre le gradient de concentration (besoin d'énergie) pour maintenir le potentiel de repos = sortie de sodium et entrée de potassium..

protéines transmembranaires protéines intégrées insérées solidement dans la bicouche des lipides qui jouent un rôle important dans le transport des substances à travers la membrane

Récepteur Protéine transmembranaires ou intracellulaire sensible à un médiateur chimique.

Respiration cellulaire Processus métaboliques qui se déroulent dans les mitochondries et utilisent l'oxygène pour produire de l'ATP.

Repolarisation Ouverture de canaux potassiques qui ramène le potentiel à sa valeur de repos

Réticulum endoplasmique Réseau de membranes tubulaires ou sacculaires présent dans le cytoplasme de la cellule.

Ribosomes Organites cytoplasmiques qui constituent le siège de la synthèse des protéines au moyen de la liaison d'acides aminés.

Sarcolemme Membrane de la cellule musculaire

Sarcoplasme Cytoplasme de la cellule musculaire.

Sécrétion (1) Passage d'une substance à travers la membrane plasmique d'une cellule vers le liquide interstitiel ; (2) Produit de la cellule transporté à l'extérieur de la cellule.

Synapse Rencontre entre deux cellules excitables (cellules nerveuses ou musculaires)

Synapse chimique Transmission du potentiel d'action se fait par l'intermédiaire d'une molécule chimique, neurotransmetteur.

Synapse électrique Synapse au niveau de laquelle le potentiel d'action passe directement d'une cellule excitable à une autre.

Soluté Substance dissoute dans une solution

Tissu Groupe de cellules semblables (et leur substance intercellulaire) qui remplissent une même fonction ; les tissus primaires de l'organisme sont le tissu épithélial, le tissu conjonctif, le tissu musculaire et le tissu nerveux.

Transport actif Mécanisme de transport membranaire qui nécessite un apport d'ATP ; par exemple, pompage de solutés et endocytose.

Transport passif Mécanisme de transport membranaire qui ne nécessite pas d'énergie cellulaire (ATP) ; par exemple, diffusion, qui utilise l'énergie cinétique des molécules.