

## **INTRODUCTION A LA CYTOLOGIE**

### **I. Définition de la cytologie**

La cytologie est une science de la biologie qui étudie la structure et les fonctions de la cellule. Elle consistait avant à observer au microscope optique des cellules mortes colorées. Récemment, de nouvelles techniques permettent de les observer au microscope électronique encore appelé microscope à contraste de phase.

### **II. Définition de la notion de cellule**

La cellule est la plus petite unité fonctionnelle d'un être vivant. Cet être vivant peut être unicellulaires c'est-à-dire constitué d'une seule cellule ou pluricellulaire c'est-à-dire constitué de plusieurs cellules.

### **III. Méthodes d'étude de la cellule**

La cellule peut être étudiée à l'œil nu, à la loupe ou au microscope. Cette étude peut être accompagnée d'expériences et d'analyses chimiques.

### **IV. Quelques aspects de la cytologie**

Les aspects que nous développerons, porteront sur l'organisation de la cellule au microscope optique ou photonique et au microscope électronique, les mouvements cellulaire, les échanges cellulaires, les divisions cellulaires et la synthèse des protéines

## THEME 1. ORGANISATION DE LA CELLULE

### Leçon 1. LES TECHNIQUES D'ETUDE DE LA CELLULE VIVANTE

L'étude des êtres vivants peut se faire à différentes échelles : constituants chimiques, cellule, organisme. Elle requiert de nombreuses techniques ; la connaissance préalable des plus employées d'entre elles peut faciliter grandement la compréhension de certaines expériences.

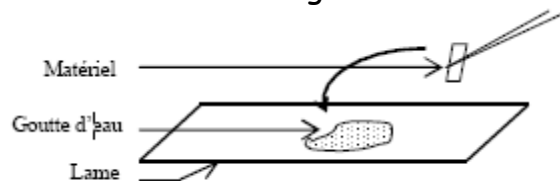
La théorie cellulaire, élaborée au cours du 19<sup>e</sup> siècle, établit que tous les êtres vivants sont formés d'une ou de plusieurs cellules, les virus ne constituant qu'une exception apparente.

#### **I. Les techniques de prélèvement de cellules**

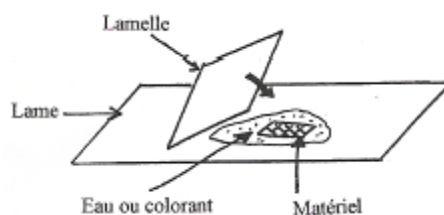
1. Dépose une petite goutte d'eau sur la lame.
2. Avec une pince, prélève un fragment de l'objet à observer. Par exemple pour observer des cellules : un fragment d'épiderme d'oignon ou le produit recueilli en grattant la face intérieure de la joue etc.

**Attention : Si tu veux pouvoir observer ton matériel au microscope, la lumière doit pouvoir passer au travers : il doit donc être le plus fin possible.**

3. Dépose le matériel à observer dans la goutte d'eau.



4. a- Prends une lamelle (par les bords : ne mets pas tes doigts dessus).  
b- Incline la lamelle sur la lame et colle un des bords de la lamelle à la goutte d'eau : la goutte s'étale le long de la lamelle.  
c- Laisse tomber la lamelle sur le matériel : cela évite la formation de bulles d'air.



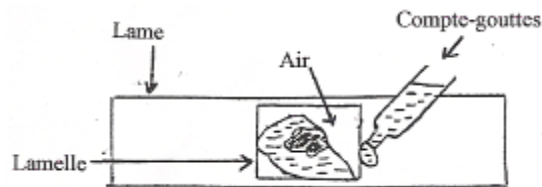
#### **5. Les problèmes qui peuvent survenir.**

##### **a- « Il y a des bulles d'air sous la lamelle ! »**

Tapote doucement sur la lamelle (attention à ne pas la casser) avec un instrument propre pour chasser les bulles.

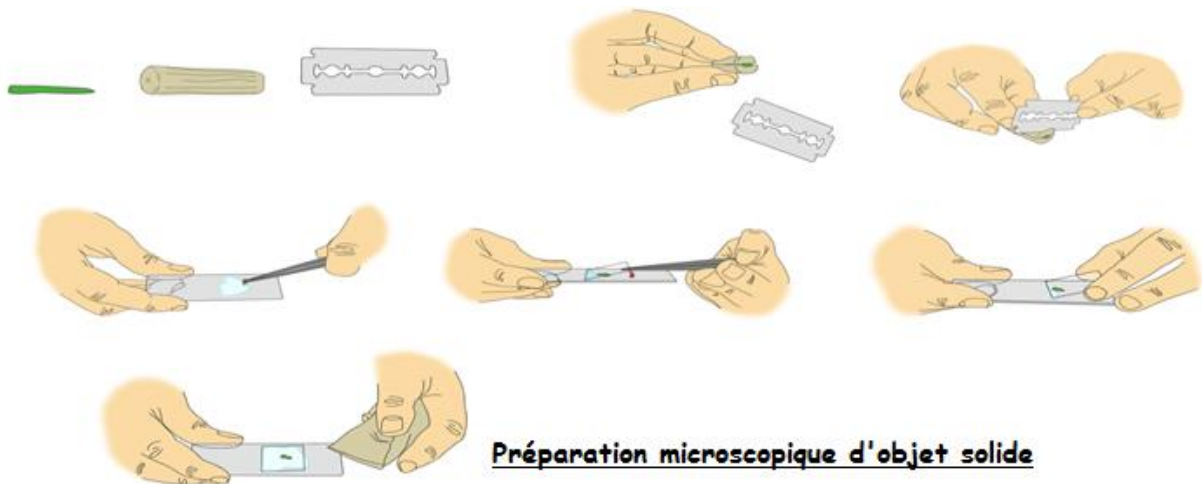
##### **b- « La lamelle penche d'un côté ! » ; « Il n'y a pas d'eau partout sous la lamelle ! »**

C'est que ton matériel est trop épais ou qu'il n'y a pas assez d'eau : ajoute un peu d'eau sous la lamelle avec un compte-goutte



6. Quand la préparation est satisfaisante, il est temps de l'observer au microscope.

BIEN



## **II. La coloration des prélèvements**

Ce ne sont pas véritablement des colorants, car ne colorent pas la cellule. Ce sont des sels de métaux lourds qui se fixent sur un constituant de la cellule, ce qui contribue à arrêter les électrons et à renforcer le contraste de l'image obtenue sur l'écran.

### **1. Colorant fixateur**

Elle consiste à tuer la cellule tout en conservant sa structure. Les organites restent à leurs places, les cellules gardent leur aspect normal et peuvent être observé pendant de longues années. Les fixateurs les plus utilisés sont : le formol, l'acide osmique associé ou non à l'acide acétique, acide picrique.

### **2. Les colorants électifs**

Ce sont des substances colorées qui se fixent préférentiellement sur des organites cellulaires, qu'ils mettent en évidence au sein de la cellule. Ces colorants électifs sont regroupés en deux groupes : les colorants électifs vitaux et les colorants électifs létaux.

| Colorants électifs     | Organites mis en évidence          |
|------------------------|------------------------------------|
| Hématoxyline (basique) | Noyau (acide)                      |
| Eosine (acide)         | Cytoplasme (basique)               |
| Bleu de méthylène      | Noyau (coloré en bleu)             |
| <b>Pyronine</b>        | <b>Nucléole</b>                    |
| Bleu de toluidine      | Nucléole                           |
| <b>Vert de méthyle</b> | <b>Nucléoplasme</b>                |
| Rouge neutre           | Vacuole                            |
| Vert de Janus          | Mitochondrie                       |
| <b>Acide osmique</b>   | <b>Centrosome (coloré en noir)</b> |

**N.B :** La pyronine, le vert de méthyle et acide osmique sont des colorants électifs létaux. Par contre, le rouge neutre, le vert de Janus et le bleu de méthylène sont des colorants électifs vitaux

Ils existent aussi des réactifs colorés ou indicateurs colorés. Ce sont des substances chimiques qui prennent une couleur propre caractéristique au contact d'une molécule bien précise qu'elles mettent en évidence.

**Exemple :**

- Le réactif de Schiff colore le nucléoplasme.
- L'eau iodée colore l'amidon en bleu violacé et le glycogène en brun d'acajou.
- Le rouge soudan III colore les lipides en rouge.
- Le chlorhydrate d'aniline colore les protéines en jaune.

**3. Coloration de Feulgen et de Brachet**

Elles permettent de mettre en évidence les acides nucléiques dans la cellule.

**a. Coloration de Feulgen**

Pour réaliser la réaction de Feulgen, il faut :

- Mettre l'échantillon dans un tube contenant de l'acide chlorhydrique puis placer au bain marie à 60°C pendant 10 mn.
- Récupérer l'échantillon et le plonger dans le réactif de Schiff pendant 30 mn à 1h. L'ADN se colore en rose.

**b. Coloration de Brachet**

Pour réaliser le test de Brachet, il faut :

- Placer l'échantillon dans un mélange vert de méthyle - pyronine pendant 2 mn,
- Rincer l'échantillon dans de l'eau,

Le vert de méthyle colore l'ADN des noyaux en vert, à l'exception des nucléoles et la pyronine colore l'ARN en rose (nucléole et granules du cytoplasme).

**Remarque :** les parois des cellules végétales fixent également la pyronine ce qui nécessiterait des tests enzymatiques (Dnase et Rnase) pour une localisation rigoureuse.

### **III. La séparation des constituants cellulaires**

Ce sont des études expérimentales réalisées à différents niveaux.

#### **a. La centrifugation**

Elle utilise des organiques isolés, obtenus après broyage de la cellule et séparation des organites. Les organites les plus lourds s'isolent au fond du tube à centrifuger en un culot de centrifugation. On peut alors séparer le culot et le surnageant, dans des conditions légèrement différentes de la première, peut permettre un nouveau fractionnement.

Les organites ainsi isolés peuvent rester fonctionnels un certain temps à l'extérieur de la cellule si on les maintient dans un milieu favorable.

#### **b. Utilisation de traceurs radioactifs**

Pour certains atomes, on connaît des isotopes, radioactifs ou non, qui ont même comportement chimique que les atomes normaux ; mais leurs propriétés permettent de les suivre d'une molécule à un autre et d'étudier en détail un certain nombre de problèmes biologiques.

La radioactivité d'une molécule fournie à une cellule permet d'y suivre le déplacement et les transformations de cette molécule. Le repérage de la substance radioactive peut se faire de deux façons :

- soit avec un compteur de type GEIGER-MÜLLER après purification et séparation des constituants de la cellule.
- soit in situ (en place) par autoradiographie : après fixation de la cellule, on place celle-ci à l'obscurité au contact d'une plaque photographique ; les parties radioactives impressionnent la plaque et peuvent être localisées finement, même en très petite quantité.

### **IV. Utilisation des microscopes pour observer des préparations**

#### **1. Le microscope optique**

Le microscope optique ou photonique sert à agrandir des objets invisibles à l'œil nu. Cet agrandissement est dû à un système de lentilles, porté par des pièces métalliques formant le statif. L'éclairage est assuré par un dispositif spécial.

##### **➤ Le statif**

Il est constitué d'un ensemble de pièces :

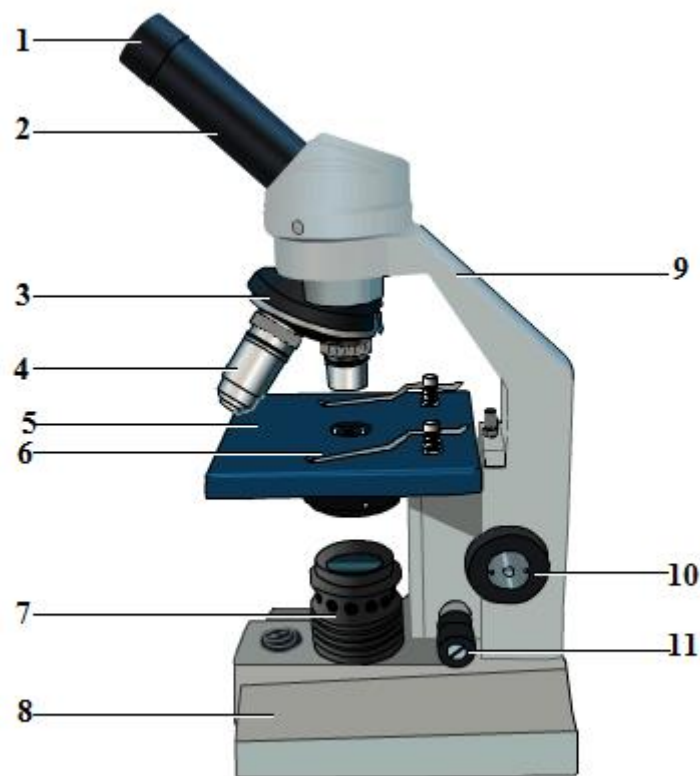
- Le **pied** (8) qui supporte l'ensemble du microscope.
- La **potence** (11) qui relie les différentes parties du microscope et facilite son transport.
- La **platine** (5) sur laquelle est posée la préparation et qui est percée d'un trou laissant passer la lumière.
- Les **valets** (4) situés sur la platine et permettant de fixer la préparation.
- Le **chariot** permettant un déplacement latéral et antéropostérieur de la platine pour explorer toute la préparation.

- Le **tube optique** (2) portant à ses extrémités deux systèmes de lentilles (oculaire et objectif).
- Les vis **macrométriques** (9) ou **crémaillère** et **micrométrique** (10) permettent la mise au point c'est-à-dire l'obtention d'images nettes.

➤ **L'optique**

- L'**oculaire** (1) est un ensemble de lentilles situées sur la partie supérieure du tube optique, participant à l'agrandissement de l'image de l'objet.
- Les **objectifs** (3) sont fixés sur le **revolver** (12) et possèdent chacun un grossissement qui peut changer en tournant le revolver.
- Le **diaphragme** (13) qui régule la quantité de lumière atteignant la préparation.
- Le **miroir** (7) réfléchit la lumière reçue vers la préparation.
- Le **condensateur** (6) fait converger les rayons lumineux vers la préparation.

Le microscope optique utilise un faisceau lumineux, des lentilles optiques et a une résolution de 0,5 micromètre.



**Titre:**

**Calcule du grossissement :**

Grossissement final=

Exercice d'application : calculer le grossissement final d'une observation réalisée avec l'objectif 40X

.....  
La taille de l'image est obtenue par la formule :

Ti=

Exercice d'application : une cellule à 50µm est observée au microscope optique avec l'objectif 60X

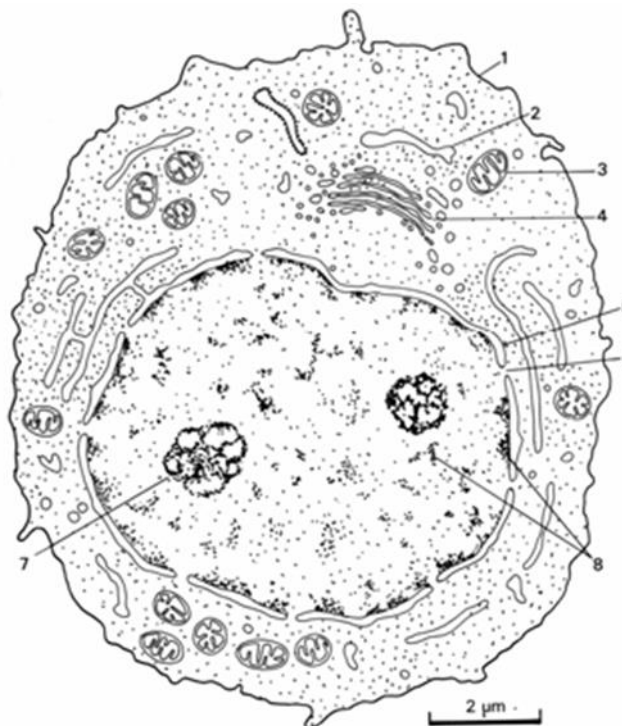
1°) Déterminer le grossissement final

2°) Déterminer la taille de l'image

Exercice d'application : une cellule observée au microscope optique donne l'image représentée par le document ci-dessous.

1°) Déterminer le grossissement final.

2°) Déterminer la taille réelle de cette cellule.



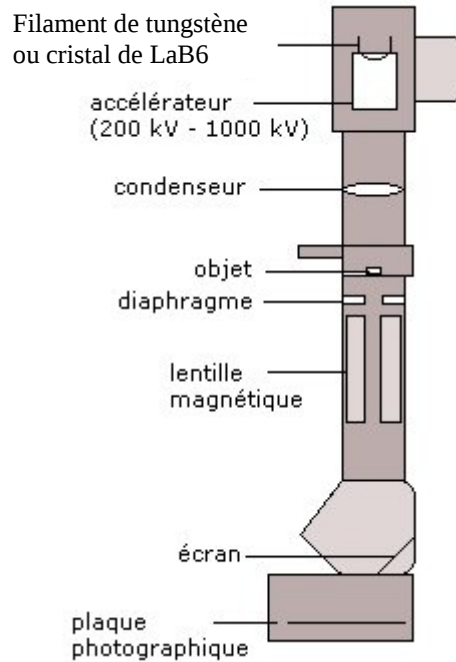
## 2. Microscope électronique

Le microscope électronique (microscope électronique à transmission) est proche dans son principe au microscope optique. Il consiste à placer un échantillon suffisamment mince sous un faisceau d'électrons et d'utiliser un système de lentilles magnétiques pour projeter l'image de l'échantillon sur un écran fluorescent qui transforme l'image électronique en image optique.

L'émission des électrons est produite par chauffage d'un **filament de tungstène** ou d'un cristal d'**hexaborure de lanthane (LaB<sub>6</sub>)**. Un vide poussé est effectué dans le tube du microscope. La **tension accélératrice** des électrons est de l'ordre de 200 kV à 1000 kV.

Les **lentilles magnétiques** permettent de focaliser le faisceau d'électrons sur l'écran et le grossissement entre 2 000 et 500 000 fois de l'objet.

Les observations visuelles sont toujours relayées par une prise de photos qui se fait par impression des **plaques photographiques**.



Microscope électronique et schéma récapitulatif de son fonctionnement

## Leçon 2. ORGANISATION DE LA CELLULE

La cellule est l'unité structurale et fonctionnelle de l'organisme. Elle est de petite taille et n'est visible qu'au microscope optique. L'organisation de la cellule vue au microscope optique est appelé structure cellulaire. Quelles sont les constituants de la cellule ? En quoi l'étude des constituants de la cellule est elle important ?

### I. Les structures cellulaires

#### 1. Observation et identification d'organites de cellules végétales au microscope optique.

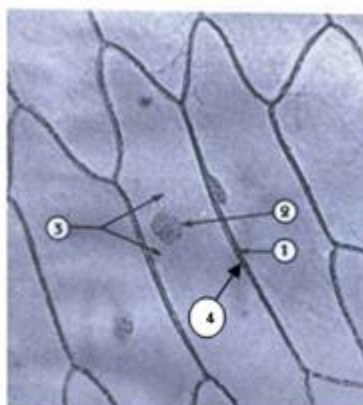
##### 1-1. Observation de cellules d'épiderme de bulbe d'oignon

###### ➤ **Montage**

Montons entre lame et lamelle un fragment l'épiderme de la face concave d'une écaille de bulbe d'oignon dans une goutte d'eau ou de rouge neutre à 1/5000 ou au réactif iodo-ioduré.

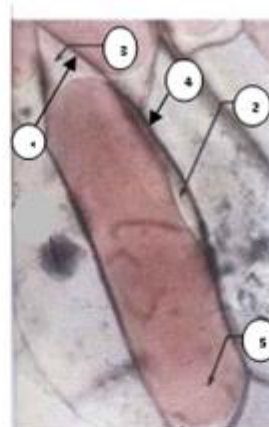
###### ➤ **Observations**

Nous avons les images suivantes :



- 1 Membran plasmique
- 2 Noyau
- 3 Cytoplasme
- 4 Paroi pecto cellulosique

Cellule d'épiderme de bulbe d'oignon montée dans de l'eau (x 400)



- 1 Membrane plasmique
- 2 Noyau
- 3 Cytoplasme
- 4 Paroi pectocellulosique
- 5 Vacuole

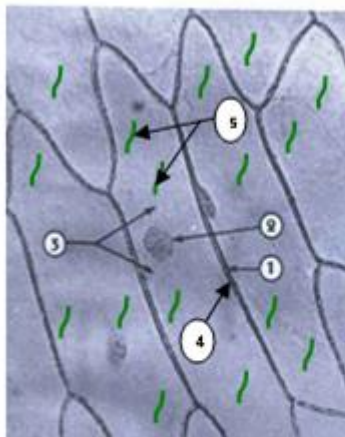
Cellule d'épiderme de bulbe d'oignon colorée au rouge neutre (x 400)

#### Représentation schématique de la cellule de l'épiderme de bulbe d'oignon

➤ **Résultat de l'observation:**

L'observation montre la présence d'une membrane plasmique qui délimite la cellule, elle est doublée d'une paroi pectocellulosique. La vacuole volumineuse occupe la plus grande partie du cytoplasme, un noyau périphérique et un cytoplasme peu abondant

1-2. Observation de cellules de bulbe d'oignon colorées au vert de Janus et au tétroxyde d'osmium



1. Membrane plasmique
2. Noyau
3. Cytoplasme
4. Paroi pectocellulosique
5. Mitochondries

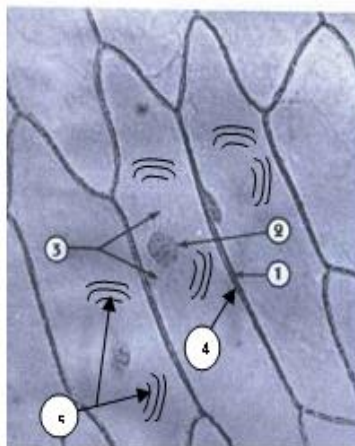
Cellules de bulbe d'oignon colorées au vert de Janus

Représentation schématique de cellule de bulbe d'oignon colorées au vert de Janus

➤ **Résultat de l'observation :**

La coloration au **vert de Janus** des cellules d'épiderme interne de bulbe d'oignon laisse apparaître des filaments colorés en vert, ce sont les **mitochondries**

N.B :L'imprégnation des cellules de bulbe d'oignon au **tétroxyde d'osmium** montre la présence de petites écailles superposées, les dictyosomes dont l'ensemble forme l'**appareil de Golgi**.



1. Membrane plasmique
2. Noyau
3. Cytoplasme
4. Paroi pectocellulosique
5. Appareil de Golgi

Cellules d'épiderme de bulbe d'oignon colorées au tétroxyde d'osmium

Représentation schématique de cellule de bulbe d'oignon colorées au tétroxyde d'osmium

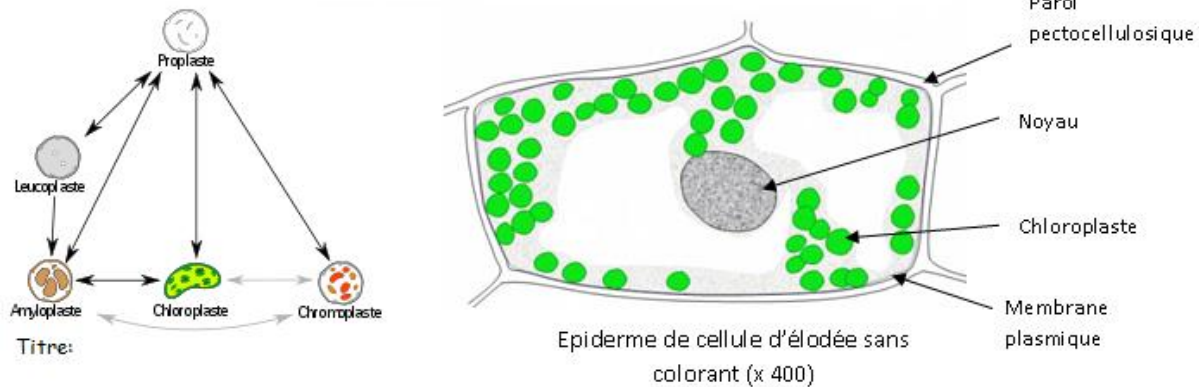
### 1-3. Observation de cellules d'élodée

#### ➤ Montage

Plaçons un fragment d'épiderme de feuille d'Elodée (plante verte d'eau douce) dans une goutte d'eau, entre lame et lamelle.

#### ➤ Observations

Nous avons au grossissement 400 l'image suivante :



#### ➤ Résultat de l'observation :

Image montre la présence des structures ovoïdes souvent naturellement colorées en vert correspondant aux plastes.

#### Remarque :

Les plastes proviennent tous de jeunes plastes incolores : les pro-plastes. Au cours de leur évolution, les pro-plastes peuvent se remplir de chlorophylles et devenir des chloroplastes. Ils peuvent aussi se remplir de d'autres pigments comme le lycopène (pigment rouge), les caroténoides (pigment rose) ou de xanthophylle (pigment jaune), pour donner des chromoplastes. Ces jeunes plastes peuvent également se remplir de réserves pour donner alors des plastes incolores ou leuco-plastes, comme les amylo-plastes, les protéo-plastes et les oléo-plastes. Aussi les plastes au cours de leur vie peuvent passer d'un type de plaste à un autre.

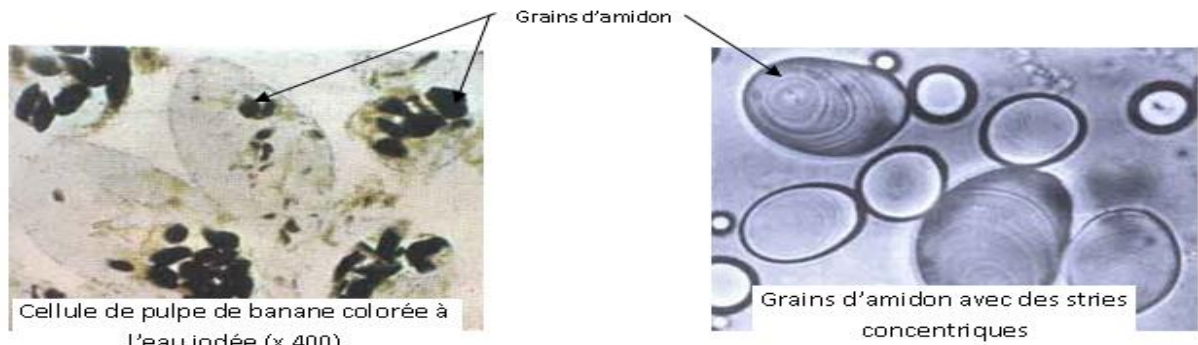
### 1-4. Observation de cellules de pulpe de banane

#### ➤ Montage

Montons entre lame et lamelle un petit fragment de pulpe de banane, juste sous la peau, et dissocions-le dans quelques gouttes d'eau iodée posée sur une lame.

#### ➤ Observations

Nous avons au grossissement 400 l'image suivante :



➤ **Résultat de l'observation :**

On note la présence de grain d'amidon

➤ **Description de la cellule végétale**

Les cellules végétales sont généralement de grande taille et de forme polyédrique. Elles présentent une grosse vacuole colorée en rouge par le rouge neutre. Cette vacuole repousse le noyau et le cytoplasme vers la périphérie de la cellule. En dehors de la membrane cytoplasmique les cellules végétales présentent extérieurement un cadre rigide appelé paroi pécotocellulosique. Cette dernière protège la cellule contre l'élongation l'éclatement et les infections. La paroi est constituée de pectine et de cellulose.

La cellule végétale présente aussi des mitochondries sous formes de filaments, un appareil de Golgi formé par un ensemble de dictyosomes en petites écailles superposées, des chloroplastes naturellement colorés en vert et des grains d'amidon.

## 2. Observation de cellules animales et identification de leurs structures au microscope optique.

### **2-1. Observation de cellules de l'épithélium buccal**

➤ **Montage**

Raclons doucement avec l'ongle la face interne de la joue, déposons dans une goutte d'eau placée sur une lame les débris grisâtres ainsi recueillis, puis recouvrons par une lamelle.

➤ **Observation**

Nous avons au microscope les images suivantes :



Cellules de l'épithélium buccal x1200  
1. Membrane plasmique 2. Cytoplasme 3. Noyau

### Représentation schématique de cellule de l'épithélium buccal

➤ **Résultat de l'observation**

L'observation de l'épithélium buccale au microscope optique présente des cellules plus ou moins arrondies appelé cellule de l'épithélium buccale. Chaque cellule comporte un cytoplasme dans lequel baigne un noyau l'ensemble est enveloppé par un membre plasmique.

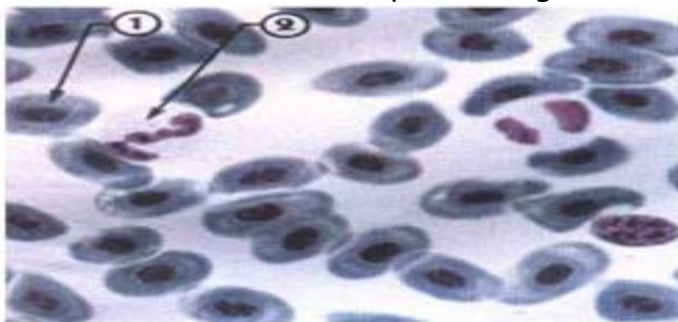
## 2-2. Observation de cellules sanguines

➤ **Montage**

Mettons une goutte de sang sur une lame et réalisons un frotti sanguin en l'étalant sur la lame avec la lamelle.

➤ **Observation**

Nous avons au microscope les images suivantes :



Cellules sanguines de grenouille  
1 hématie; 2 leucocyte

Représentation schématique de quelques cellules sanguines

➤ **Résultat de l'observation**

L'image montre des globules rouge ou hématies qui sont des cellules anucléées possédant un cytoplasme entouré par une membrane cytoplasmique, des globules blancs ou leucocytes et les plaquettes sanguines

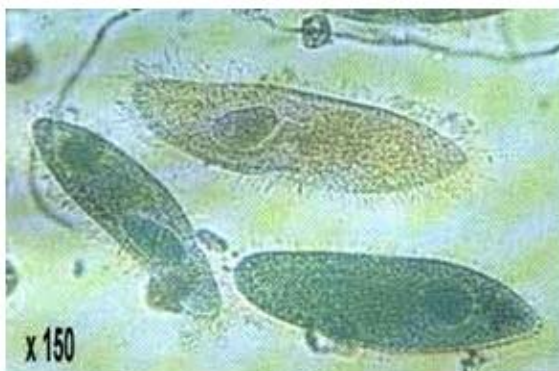
## 2-3. Observation de paramécies

➤ **Montage**

Mettons une goutte d'eau de mer entre lame et lamelle.

➤ **Observation**

Nous avons au microscope les images suivantes :



Cellule unicellulaire et ciliée : la paramécie (x 150)

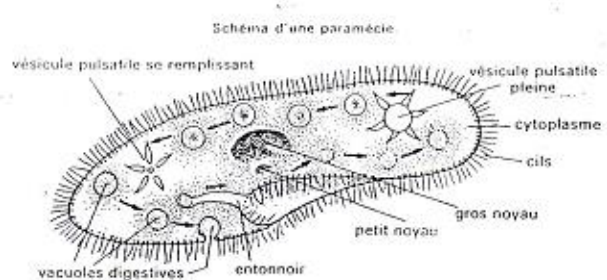


Schéma d'une paramécie

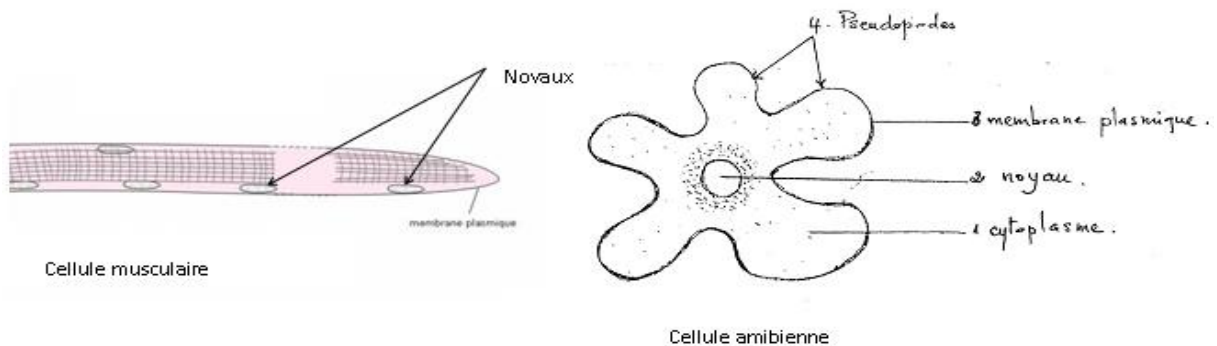
### ➤ Résultat de l'observation

La paramécie a un grand noyau appelé macronucléus et un petit noyau appelé micronucléus. Ces deux noyaux baignent dans un cytoplasme le tout enveloppé par une membrane cytoplasmique. On trouve également plusieurs vacuoles de petites tailles dans la cellule.

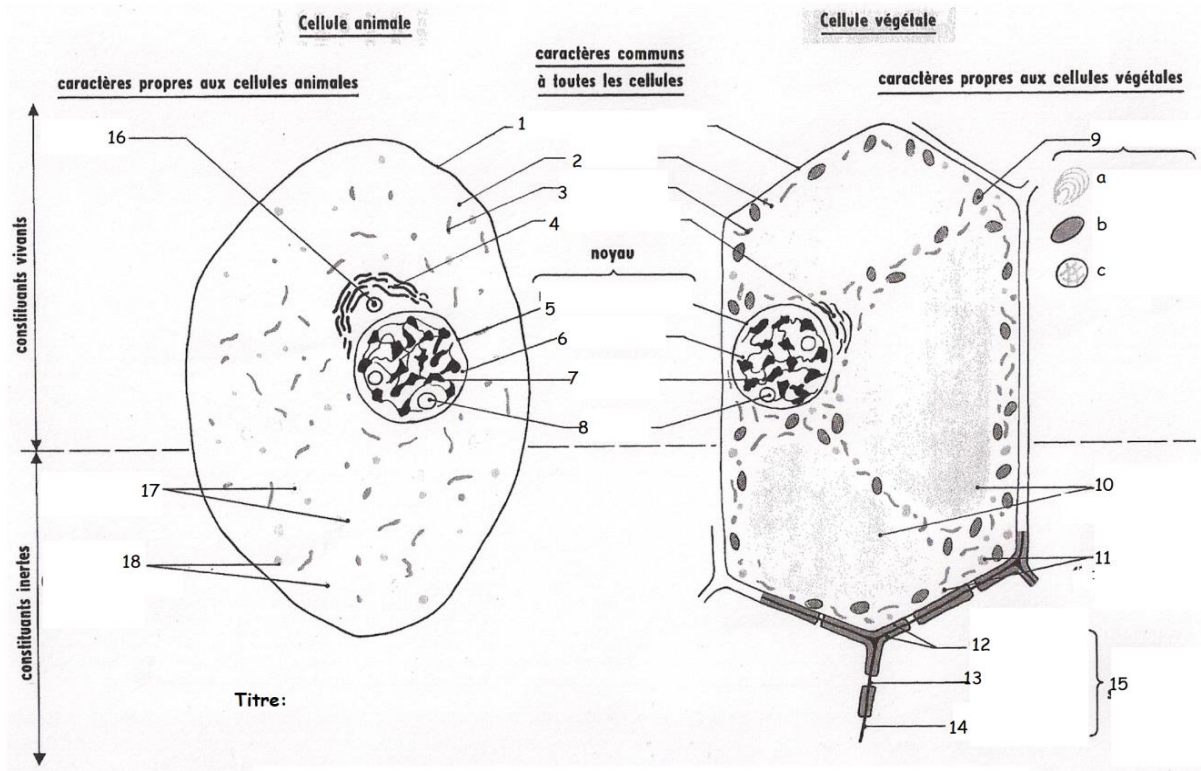
### ➤ Description de la cellule animale

Les cellules présentent en général des formes géométries régulières (arrondies ou polyédriques) et ont un noyau, mais certaines cellules ont des formes irrégulières (les neurones), changeantes (les amibes, certains leucocytes), des organes de déplacement (cils, flagelle, pseudopodes) ou présentent plusieurs noyaux (les cellules musculaires).

La cellule animale présente des organites cellulaires qui lui sont spécifiques (le centrosome et le nucléole).



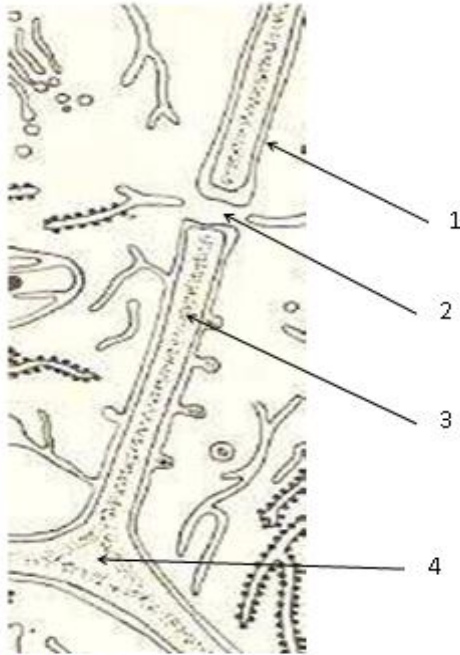
## 3. Comparaison de la cellule animale et de la cellule végétale



Les cellules animale et végétale ont en gros la même organisation au microscope optique avec la présence d'une membrane plasmique, d'un noyau, d'un nucléole, d'un cytoplasme, des mitochondries, d'un appareil de Golgi et des vacuoles. Cependant, chez la cellule végétale on note la présence de la paroi pectocellulosique et des chloroplastes, qui sont absents chez la cellule animale et l'absence du centrosome que l'on note chez la cellule végétale.

## **II. Les ultrastructures cellulaires**

### **1. Ultrastructure de la paroi pectocellulosique**



**Titre :**

La paroi pectocellulosique constitue, avec les plastides et les grandes vacuoles, les caractéristiques essentielles des végétaux. Elle évolue en fonction de l'âge des tissus végétaux, à partir d'une structure primitive : *la lamelle moyenne*.

D'abord, la lamelle moyenne évolue en paroi primaire chez la cellule végétale jeune et lui confère la plasticité lui permettant de croître et de se diviser. Puis, au fur et à mesure que la cellule grandit, se met en place la paroi secondaire, caractéristique des cellules âgées et assurant différentes fonctions dont la protection. Enfin, elle est percée par de fins canaux (30-60 nm), les *plasmodesmes*, par lesquels s'effectuent les échanges intercellulaires.

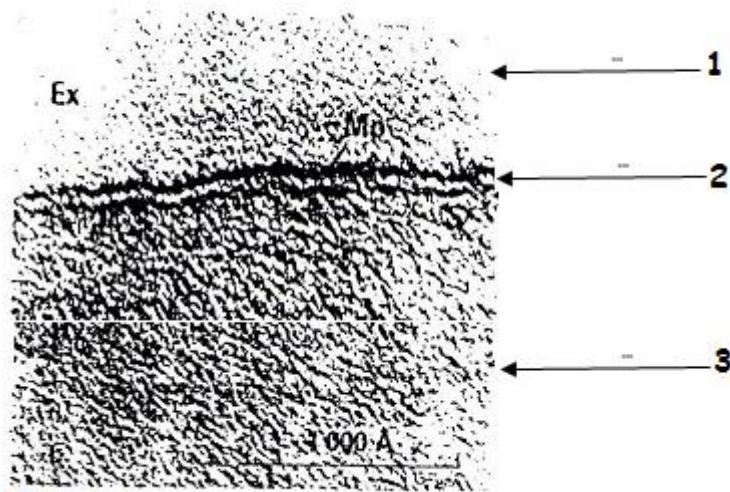
#### ➤ **Rôles :**

Sa rigidité lui confère plusieurs rôles :

- Donner à la cellule sa forme ;
- Protection contre les fortes pressions dues à une entrée excessive d'eau dans la cellule ;
- A travers ces plasmodesmes elle permet au cytoplasme des cellules adjacentes d'être en continuité.

## 2. Ultrastructure de la membrane cellulaire

Des cellules animales fixées au **tétroxyde d'osmium** ou au **permanganate de sodium**, puis incluses dans une **résine époxy**, sont observées au microscope électronique. On obtient la figure suivante :

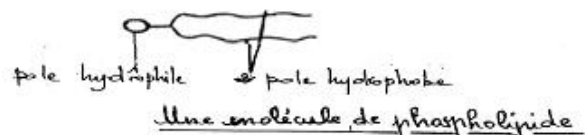
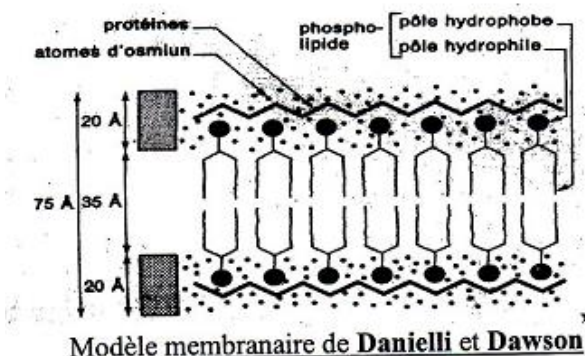


**Tritre :**

La membrane plasmique apparaît avec deux feuillets sombres de **20 Å** d'épaisseur, séparés par un feuillet clair de **35 Å** d'épaisseur. Des analyses chimiques ont montré que les feuillets sombres sont de nature **protéique**, alors que le feuillet clair est de nature **phospholipidique** (La membrane plasmique contient environ 60% de protéines et 40% de lipide). Chaque phospholipide possède deux pôles : un pôle hydrophobe et un pôle hydrophile.

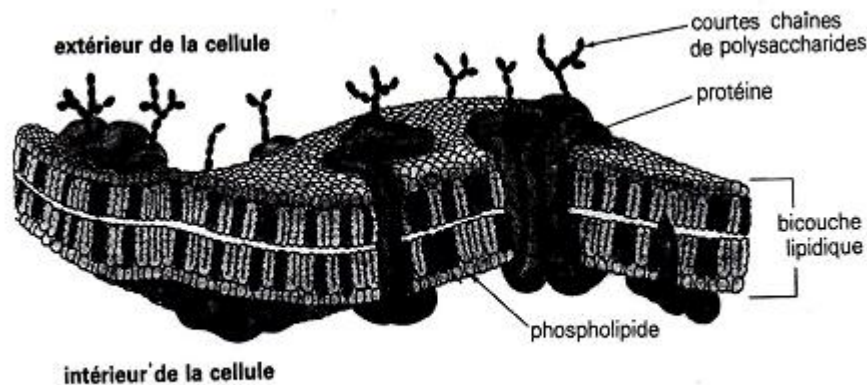
Ces données ont permis aux chercheurs, **Danielli et Dawson** ; **Singer** et **Nicholson**, de proposer des modèles d'ultrastructures cellulaires de la membrane plasmique.

### ➤ Modèle de Danielli et Dawson

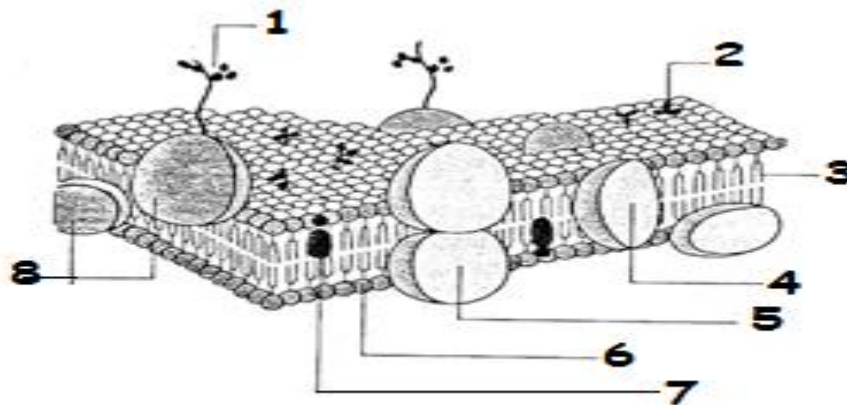


Ce modèle membranaire laisse croire que l'eau et les substances dissoutes ne pourraient franchir la membrane plasmique. En plus, le microscope électronique ne donne pas la même image de la membrane plasmique après fixation au **tétroxyde d'osmium**. Ce modèle est donc insuffisant.

## ➤ Le modèle de Singer et Nicholson



Membrane plasmique selon Singer et Nicholson



### Titre :

Il montre que l'eau et les substances dissoutes peuvent traverser la membrane par ses protéines qui sont mobiles d'où l'appellation de **modèle** ou **structure en mosaïque fluide**. Cette structure confère à la membrane une grande souplesse fonctionnelle. Donc la membrane est vivante et en perpétuel remaniement.

### ➤ Rôles :

En tant que frontière entre la cellule et le milieu qui l'entour, la membrane plasmique joue essentiellement trois rôles :

- Reconnaissance de signaux et molécules du milieu extracellulaire grâce à ses récepteurs extracellulaires.
- Permet aux cytoplasmes de deux cellules voisines d'être en continuité grâce à plusieurs types de contacts (jonctions cellulaires).
- Echanges cellulaires en sélectionnant et en orientant les molécules.

**NB :** Les membranes des cellules nerveuses (neurones) sont capables de propager des potentiels d'action.

### 3. Le cytoplasme

C'est le contenu cellulaire. Il comprend le **hyaloplasme** et le **morphoplasme** qui regroupe tous les organites cytoplasmiques.

#### a. **Hyaloplasme**

Il est constitué du cytosol et du cytosquelette. Le Cytosol est une sorte de gelée homogène plus ou moins fluide, constituée d'eau (80%), de sels minéraux, d'acides gras, de gaz respiratoires ( $O_2$  et  $CO_2$ ) et d'inclusions divers (glycogène dans les cellules animales, amidon dans les cellules végétales). Le cytosquelette est constitué de micro-fibrilles qui assurent une certaine élasticité et une certaine cohésion du contenu cellulaire.

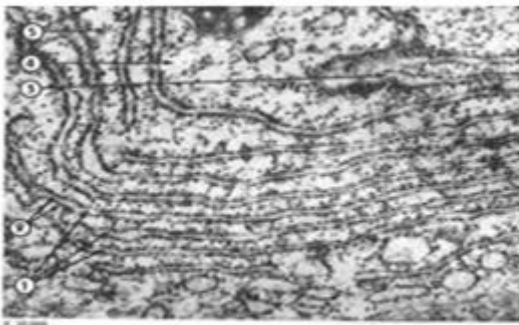
#### b. **Morphoplasme**

Il renferme tous les organites cellulaires.

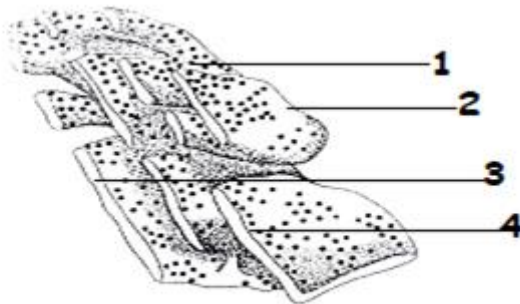
#### b 1. **Réticulum endoplasmique**

C'est un ensemble de saccules et de canaux limités par des membranes et communiquant entre eux. Ils proviennent de certaines invaginations de la membrane cytoplasmique ou de la membrane nucléaire. Il existe deux types de réticulum endoplasmiques :

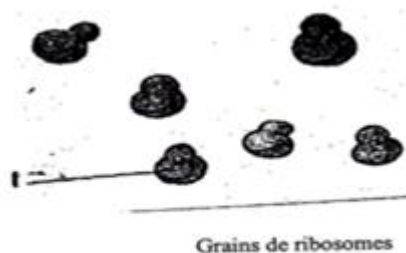
##### ➤ **L'ergastoplasme ou réticulum endoplasmique granuleux ou rugueux (REG)**



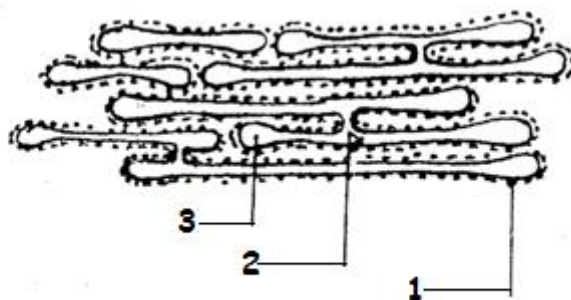
Electronographie de l'ergastoplasme



Titre:



Grains de ribosomes



Titre:

Sa face externe porte des granulations, les ribosome ou grains de Palade.

#### • **Fonction**

Il a pour rôle :

- De synthèse de protéine ;
- De stockage de substances au niveau des saccules ;

De transit de substance à travers le cytoplasme .

➤ **Le réticulum endoplasmique lisse**

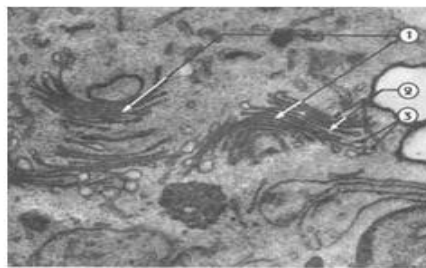
Il a le même aspect que le réticulum endoplasmique granuleux, mais est dépourvu de granulations.

➤ **Rôle**

Ils ont pour rôle de :

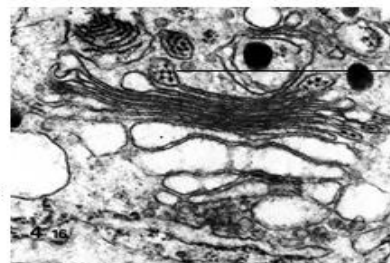
- Synthèse de lipide par le réticulum endoplasmique lisse.
- Excitateur par libération d'ions calciums indispensables à la contraction musculaire.
- Transport et accumulation de substances captées (endocytose) ou élaborées par la cellule (exocytose).

**b.2. Appareil de Golgi**

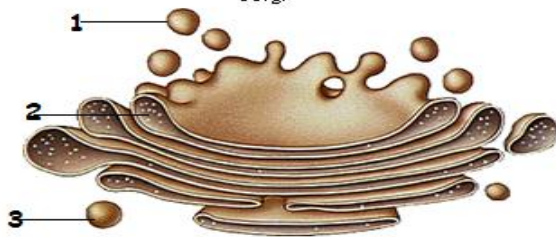


Electronographie de l'appareil de Golgi

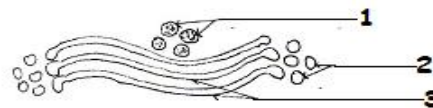
1. Dictyosomes
2. Sacculi golgiens
3. Vésicule golgiennes
4. Vésicules de sécrétion



Electronographie d'un dictyosome



Représentation tridimensionnelle d'un dictyosome



Titre:

Décrit par Camillo Golgi en 1898, l'**appareil de Golgi** est un organe cellulaire constitué d'un ou plusieurs dictyosomes. Chaque dictyosome est constitué d'un empilement de sacculi, ressemblant à une pile d'assiettes. Les sacculi présentent des bords renflés laissant échapper des vésicules appelées vésicules golgiennes.

On le rencontre dans toutes les cellules exceptées les bactéries.

➤ **Rôle**

Il a pour rôle de :

- Stocker les protéines synthétisées au niveau du REG. Ces protéines se retrouvent dans les vésicules de sécrétion ou grains de zymogènes qui migrent dans le hyaloplasme et déversent leur contenu par exocytose dans le sang (cas des hormones et anticorps) ou dans les canaux sécréteurs (cas des enzymes digestives).

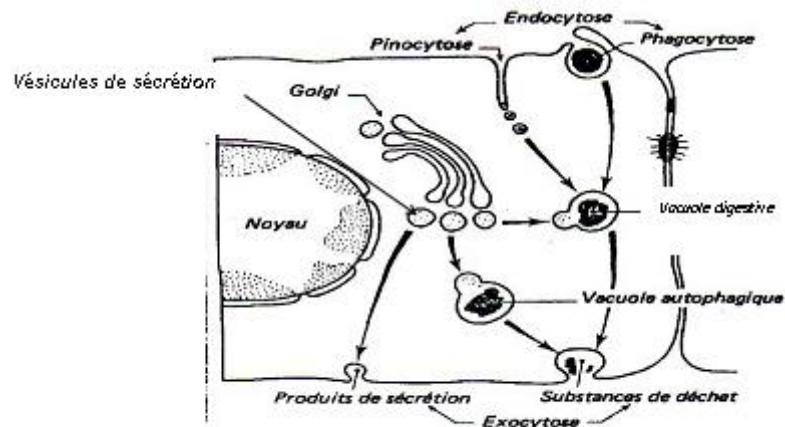
- Synthétiser les polysaccharides et la cellulose nécessaires à la formation de la paroi pectocellulosique.

### b.3. Lysosome

Certaines vésicules de sécrétion de l'appareil de Golgi restent dans la cellule et contiennent des hydrolases (protéines), ce sont des lysosomes.

#### ➤ Rôles

Leurs fonctions est de digérer les organites cellulaires vieillissants ou les particules étrangères capturées par endocytose.



Rôles des lysosomes dans la cellule

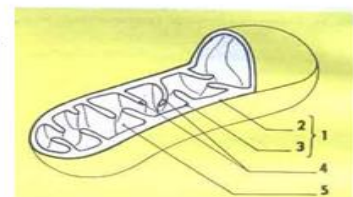
### b.4. Mitochondrie

Elles sont présentes chez toutes les cellules sauf les bactéries anaérobies. Ce sont des organites en forme de bâtonnet d'environ  $1\mu\text{m}$  de long avec des extrémités arrondies. L'ensemble des mitochondries forme le **chondriosome**. On la trouve dans presque toutes les cellules eucaryotes. Le nombre et la taille de mitochondries dépend généralement de l'activité métabolique de la cellule.

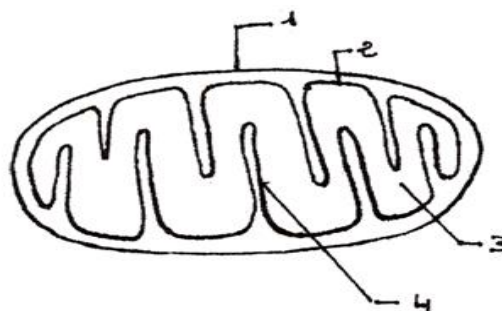
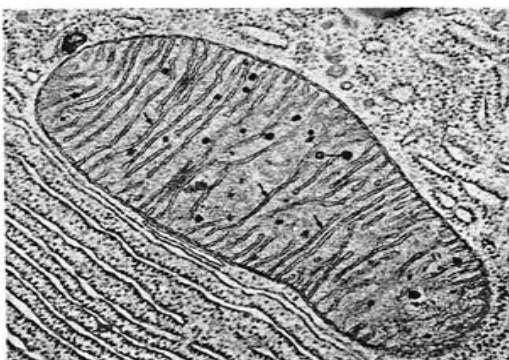


Electronographie de la mitochondrie

1. Membrane
2. Feuillet externe
3. Feuillet interne
4. Crête mitochondriale
5. Matrice



Coupe schématique de la mitochondrie

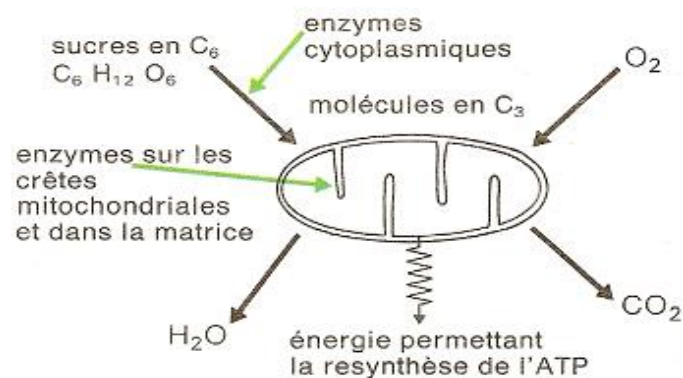


Titre:

La mitochondrie (du grec *mitos* : fil et *chondros* : grain) sont des organites en forme de bâtonnet ou de grain aux bords arrondis (structure ovoïde). Elle possède une double membrane : une membrane externe lisse et une membrane interne repliée sur elle-même formant des crêtes ou tubules. L'intérieur de la membrane interne est rempli d'une substance d'aspect homogène : la *matrice* ou le *stroma*.

#### ➤ Rôles

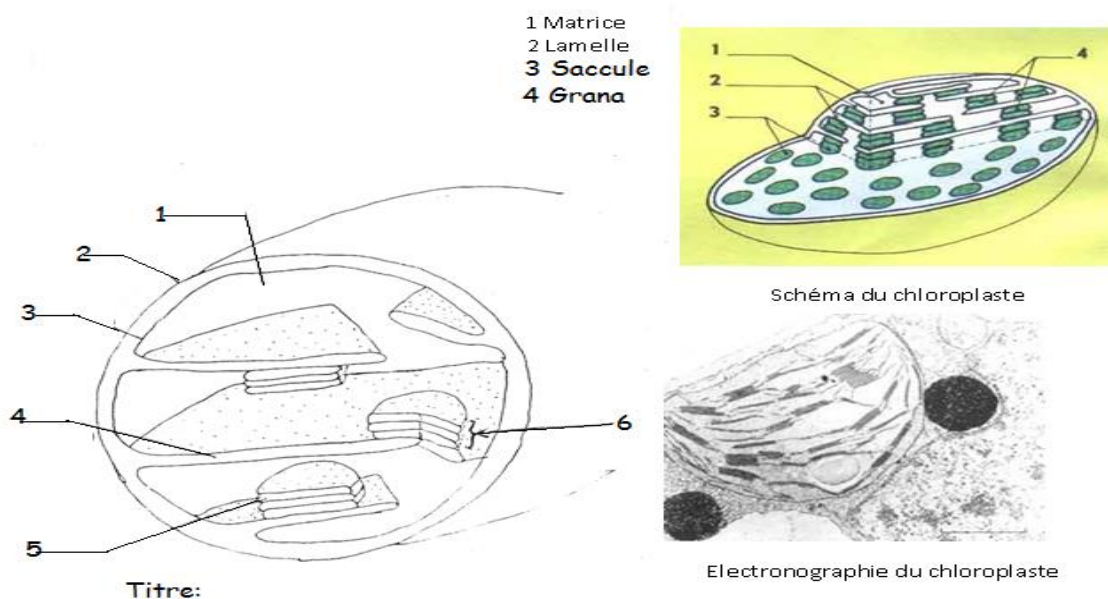
Elle est considérée comme la « *centrale énergétique* » de la cellule, car c'est à ce niveau que se déroulent les dernières étapes du cycle respiratoire qui convertit l'énergie des molécules organiques issues de la digestion (glucose) en énergie directement utilisable par la cellule (ATP). La première étape, la glycolyse, se déroule dans le cytoplasme cellulaire.



**Figure 1 :** Schéma montrant le fonctionnement simplifié de la mitochondrie

#### b.5. Plastides

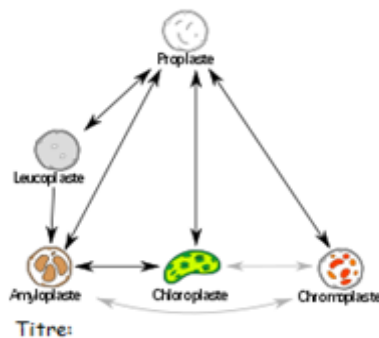
Les plastides ne se trouvent que chez les cellules végétales. Les plus connus sont les chloroplastes qui renferment de la chlorophylle, pigment intervenant dans le processus de la photosynthèse.



Ce sont des organites cellulaires caractéristiques des végétaux exceptés les champignons et les algues bleues (cyanophycées). Ils proviennent des proplastides et se transforment en chromoplastes, leucoplastes et chloroplastes.

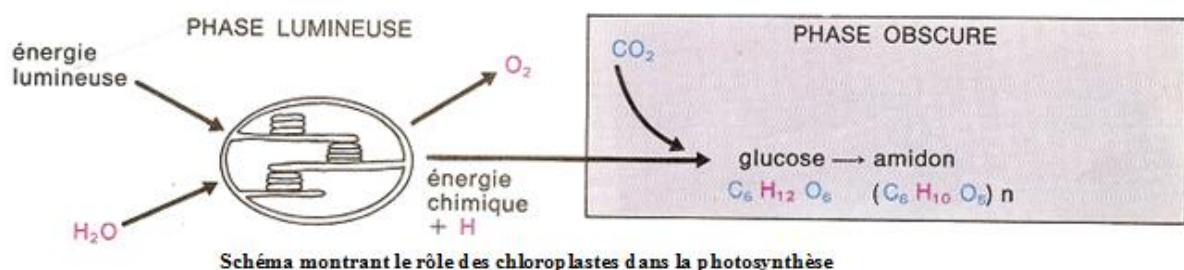
- **les chromoplastes** : on les rencontre dans les feuilles, fleurs et fruits jaunes, rouges et oranges, car ils contiennent des pigments correspondants.
- **Les leucoplastes** : dépourvus de pigments, ils sont aussi appelés plastides incolores. Leur fonction consiste à accumuler des substances de réserves telles que l'amidon, des protéines ou des lipides. On parle respectivement d'amyloplastides, de protéoplastides ou d'oléoplastides.
- **Les chloroplastes** : les plus nombreux des plastides, ils sont caractérisés par la présence d'un pigment vert : la *chlorophylle*. Ils se rencontrent dans les feuilles et organes verts de la plante.

Leur structure rappelle celle de la mitochondrie. Ainsi, au microscope électronique, le chloroplaste présente une double membrane dont celle interne s'invagine en formant des *lamelles* ou *thylakoïdes* orientées suivant le grand diamètre. Entre les *thylakoïdes*, s'interposent des piles de grana renfermant de la chlorophylle.



### ➤ Rôle

Grâce à la chlorophylle qu'ils contiennent, les chloroplastes jouent un rôle déterminant dans la photosynthèse par la fabrication de substances organiques dont les glucides en premier lieu. Il existe une symbiose fonctionnelle entre les chloroplastes et les mitochondries.

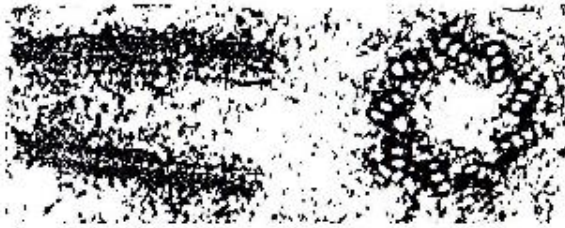


### ➤ Remarque

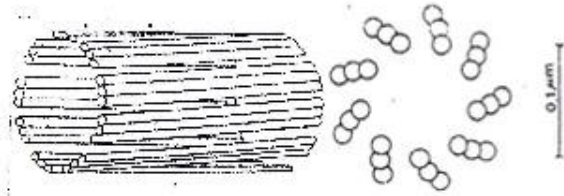
Les chloroplastes, les leucoplastes et les chromoplastes naissent des proplastides présents dans les cellules non spécialisées. Dans certaines conditions, les plastides matures changent d'identité

### b.6. Centrosome

Egalement appelé **diplosome**, le centrosome n'existe que chez la cellule animale excepté certaines cellules végétales telles que les anthérozoïdes ou les oosphères. Il se situe à proximité du noyau entouré par les dictyosomes de l'appareil de Golgi.



Electrographie du centriole



Titre:

Il est constitué de deux sous-unités appelées **centrioles** disposés perpendiculairement. Chaque centriole est constitué de neuf triplets de microtubules.

#### ➤ Rôles

Il présente plusieurs rôles :

- Formation des cils, flagelles et microfilaments.
- Se transforme en aster pour former le fuseau de division lors de la mitose.

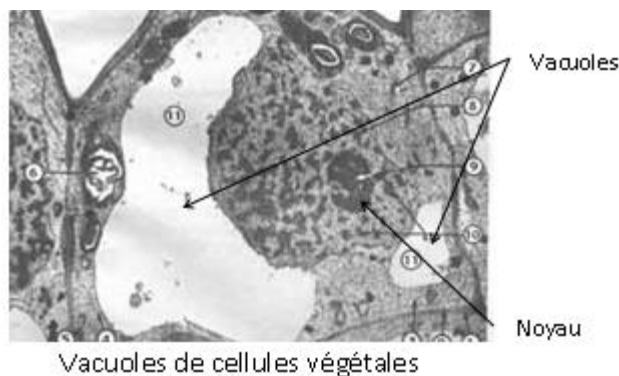
### b.7. Vacuole

Très importantes dans la cellule végétale (où elles peuvent être colorées), très petites ou absentes dans la cellule animale. Elle est un sac intracellulaire entouré d'une simple membrane, le tonoplaste.

#### ➤ Rôles

Elle joue un rôle dans :

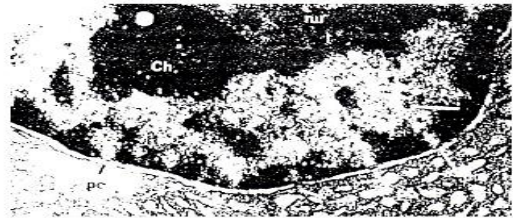
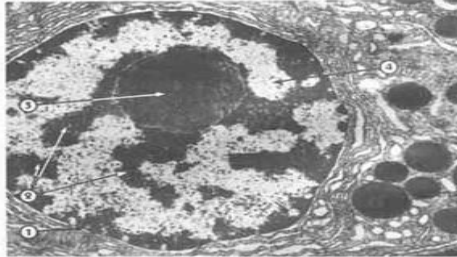
- L'accumulation de diverses substances ;
- La régulation de l'eau pour les cellules végétales ;
- La croissance cellulaire en allongeant la cellule par absorption d'eau.



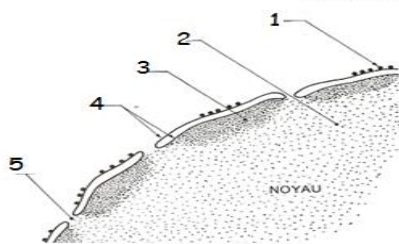
#### 4. Le noyau

De forme variable, une cellule en contient le plus souvent 1 et exceptionnellement plusieurs. Le noyau d'une cellule au repos possède une enveloppe nucléaire qui limite un suc nucléaire ou nucléoplasme contenant 1 ou 2 nucléoles et une substance plus ou moins granuleuse : la chromatine.

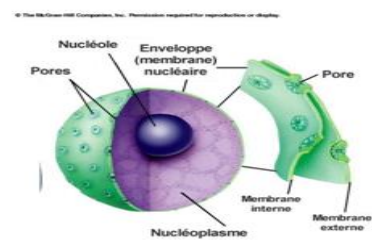
- 1 Enveloppe nucléaire
- 2 Chromatine
- 3 Nucléole
- 4 Nucléoplasme



Electronographie du noyau



Titre:



##### 4.1 L'enveloppe nucléaire

Elle sépare le noyau du cytoplasme et comporte une membrane externe et une membrane interne séparée par un espace périnucléaire. Elle est percée de trous, les pores nucléaires, par lesquels le noyau communique avec le cytoplasme.

##### 4.2 Le nucléoplasme

C'est la substance fondamentale du noyau. Il renferme le ou les nucléoles et la chromatine.

##### 4.3 Le nucléole

C'est un corpuscule compact, de forme généralement arrondie. Une cellule en contient le plus souvent un et exceptionnellement plusieurs. Il est formé d'ARN et de protéines.

##### 4.4 La chromatine

Elle présente un aspect granuleux et est formée surtout d'ADN et de protéines. Elle peut paraître claire (*chromatine active ou euchromatine*) ou sombre (*chromatine de réserve ou hétérochromatine*). Au ME, elle se présente sous forme de fibres très serrées les unes contre les autres à trajectoire spiralee : *les fibres chromatinienne*s.

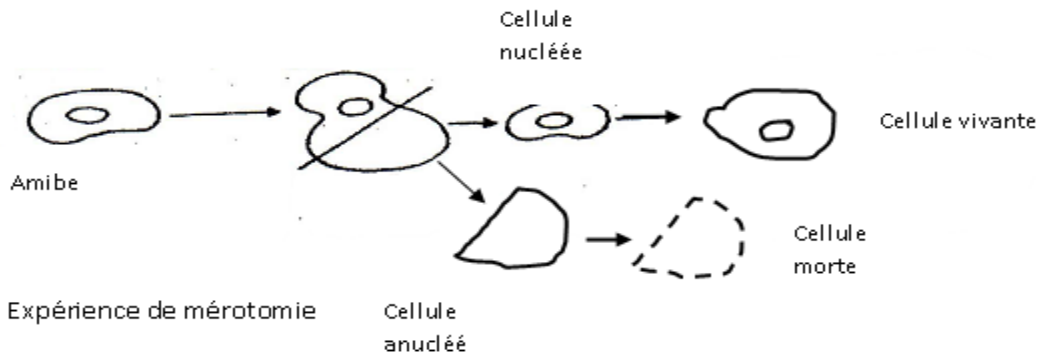
Au début de la division cellulaire, elle se condense pour donner des structures particulières appelées *les chromosomes*.

**NB :** Le noyau permet de classer les êtres vivants en deux groupes : les procaryotes dont le noyau n'est pas clairement délimité et les eucaryotes dont le noyau est délimités par une enveloppe nucléaire.

### ➤ Rôles

#### Expérience de mérotomie :

Elle consiste à diviser par section mécanique une cellule en deux fragments dont l'un est nucléé et l'autre anucléé.



#### Analyse :

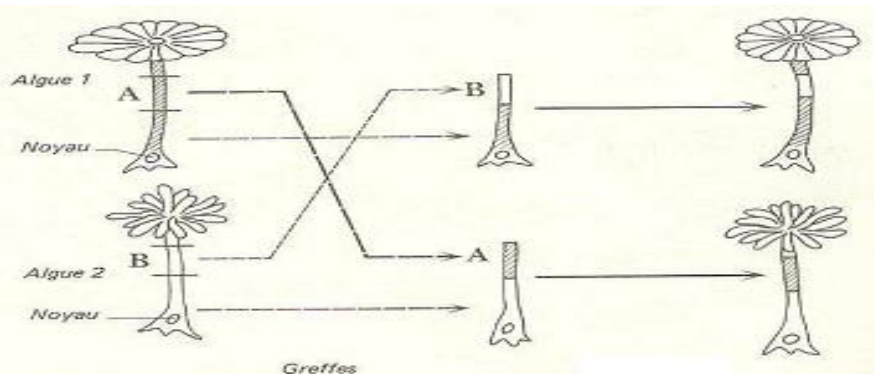
Le fragment nucléé survit et régénère la partie manquante, alors que la partie anucléée dégénère progressivement et finit par mourir. Si quelques instant après on apporte un noyau d'une cellule de la même espèce à la partie anucléée elle revit tandis que la cellule donneuse dégénère et meurt.

#### Interprétation :

La présence du noyau est indispensable à la survie de la cellule. Le noyau joue un rôle trophique.

#### Expérience sur les acétabulaires (algues unicellulaires) :

Chez deux espèces d'acétabulaire à chapeaux différents. Une portion de l'algue A est greffée sur la base de l'algue B et vice versa. Les résultats sont dans le schéma ci-dessous.



Titre:

#### Analyse :

L'analyse d'une expérience de transplantation de cytoplasme montre que sous la greffe de cytoplasme à chapeau lobé un chapeau crénelé est régénéré correspondant au noyau qui est dans la bouture. De même sous la greffe de cytoplasme à chapeau crénelé a régénéré un chapeau lobé correspondant au noyau qui est dans la bouture.

### Interprétation :

**Le noyau possède plusieurs fonctions :**

- Il intervient dans la fabrication de matières ;c'est le rôle trophique.
- Il permet la transmission des caractères héréditaire à travers des générations, c'est le rôle génétique ;
- Il permet la reproduction cellulaire.

### III. Comparaison cellule animale-cellule végétale au microscope électronique

Les cellules animales comme végétales, vues au microscope électronique, présentent de nombreuses structures communes dues à leur caractère eucaryote.

Toutefois, leur organisation est légèrement différente. Ainsi, la paroi squelettique, les grandes vacuoles et les plastes caractérisent la cellule végétale, alors que les petites vacuoles et le centrosome constituent les caractéristiques essentielles de la cellule animale.

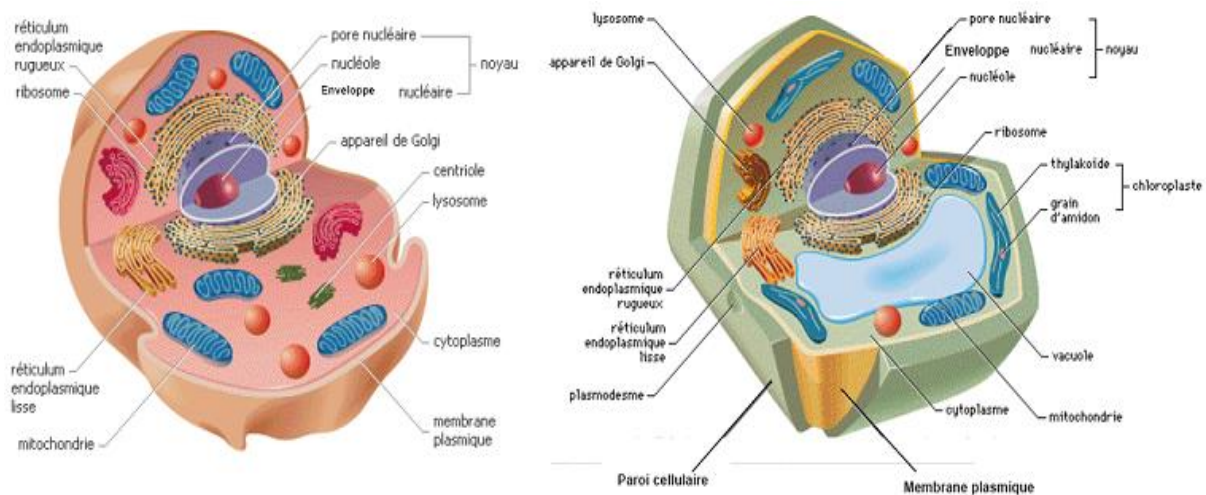
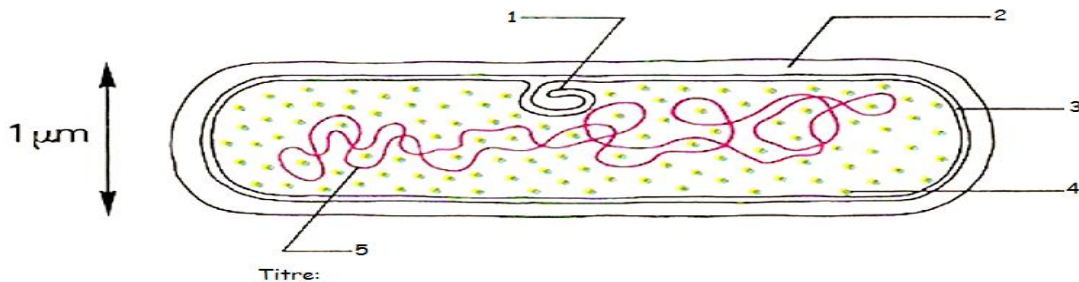


Schéma comparatif de l'ultrastructure des cellules animale et végétale

## Leçon 3. CAS PARTICULIER DES BACTERIES ET DES VIRUS

### I. Les bactéries

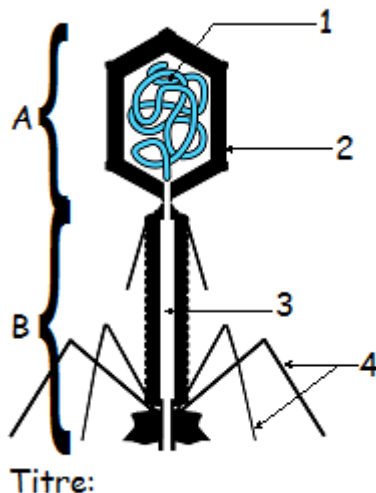
La cellule bactérienne, comme toutes les cellules, est limitée par une membrane plasmique très fine doublée extérieurement d'une membrane inerte plus épaisse : la *paroi bactérienne*. Elle est dépourvue de noyau et d'organites : c'est une *cellule procaryote*. Cependant, elle possède les deux types d'acides nucléiques, l'ADN localisé dans le chromosome circulaire et l'ARN dans les ribosomes.



### II. Les virus

Les virus sont des parasites obligatoires des cellules animales, végétales ou bactériennes.

Les virus qui vivent aux dépens des bactéries sont appelés *bactériophages*. Ils ont une organisation est bien différente de celle des bactéries. En effet, ils comportent une tête renflée, généralement polyédrique, et une tige cylindre. La tête renferme le matériel génétique formé d'une molécule d'ADN ou, plus rarement, d'ARN. Ils sont enfermés dans une enveloppe protectrice de nature protéique, la *capside*.



### Conclusion

Tout organisme est constitué essentiellement de cellules. Ainsi, la cellule est l'unité fondamentale de l'organisme malgré sa diversité de formes et de tailles. Elle est caractérisée par une organisation complexe comportant des organites différenciées et marquées par prédominance de structures lamellaires très développées.

## THEME 2. LA BIOLOGIE CELLULAIRE

### Leçon 4. LES MOUVEMENTS CELLULAIRES

#### Introduction

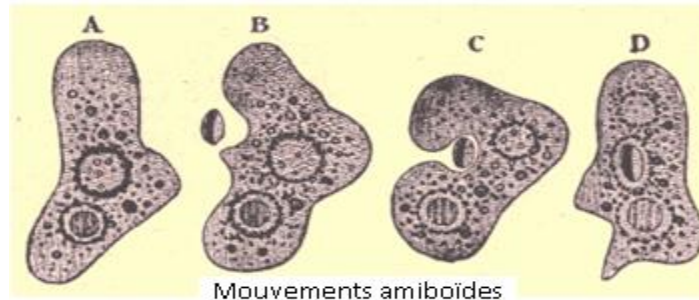
Certaines cellules, comme les protozoaires, sont capables de se déplacer. Il existe, par contre, dans toutes les cellules des mouvements internes caractéristiques de la matière vivante.

#### I. Les mouvements extracellulaires

Les déplacements extracellulaires peuvent se faire grâce à des mouvements amiboïdes, de flagelles ou de cils.

##### a. Les déplacements amiboïdes

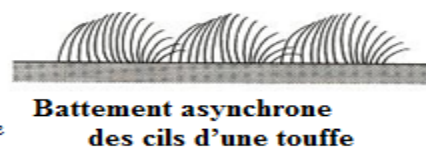
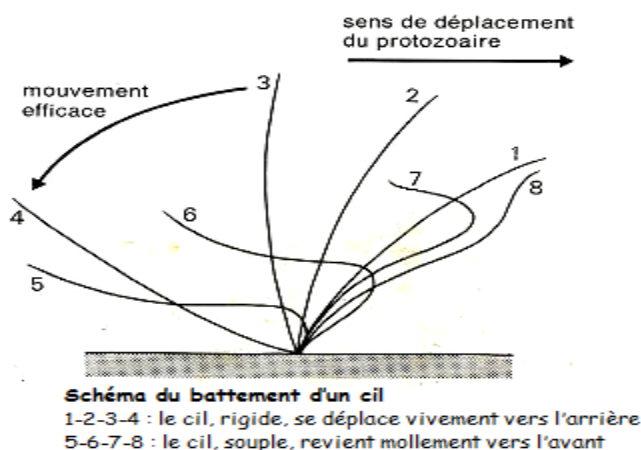
Ce type de déplacement décrit pour la première fois chez l'amibe (protozoaire) porte le nom de déplacement amiboïde. Au cours de ce déplacement, l'amibe déforme sa membrane plasmique donnant des éléments de cytoplasme qui s'allongent et se rétractent appelés *pseudopodes*.



##### b. Les déplacements ciliaires: cas de la paramécie

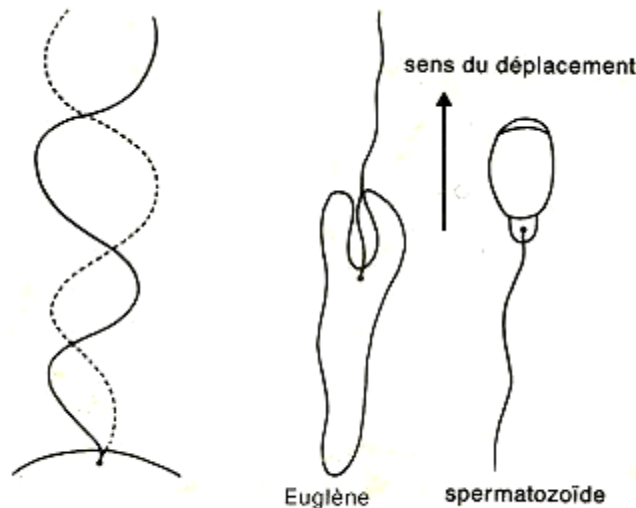
La paramécie est un protozoaire cilié. Tous les cils ne battent pas au même moment. Ils s'inclinent les uns après les autres comme une onde qui se propage. Individuellement, chaque cil effectue un battement en deux temps :

- au cours du premier temps, le cil, plutôt raide, pousse l'eau vers l'arrière, ce qui aide à la propulsion de la cellule vers l'avant ;
- au cours du deuxième temps, le cil revient en place de façon souple, ce qui diminue le freinage



### c. Les déplacements flagellaires

Chez les protistes comme l'euglène, le flagelle, par un mouvement ondulant, fait tirer la cellule vers l'avant, alors que c'est l'inverse pour les spermatozoïdes.

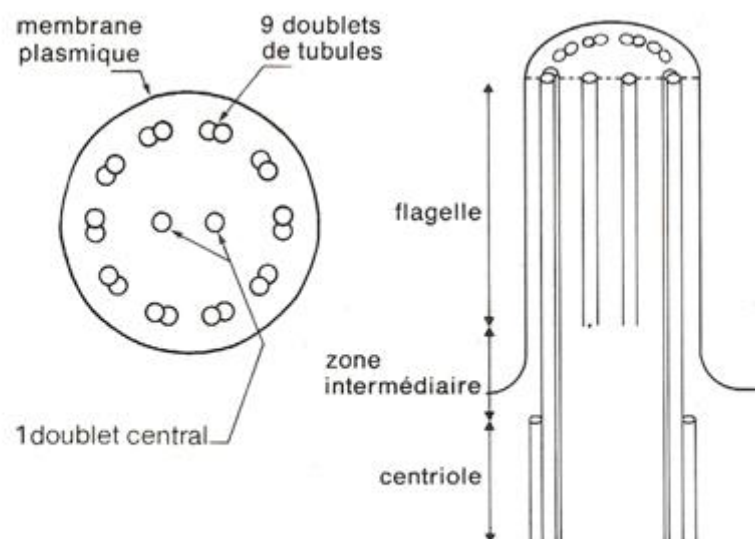


**Schéma du battement du flagelle**

### Interprétation

Le cil et le flagelle sont des structures dérivant du centrosome de la cellule. Au microscope électronique, ils présentent une structure très voisine de celle d'un centriole : 9 doublets de tubules accompagnés d'une paire centrale.

Leur mouvement est dû à un glissement des doublets périphériques les uns par rapport aux autres, ce qui provoque une courbure. Il nécessite de l'énergie libérée par l'hydrolyse de l'ATP

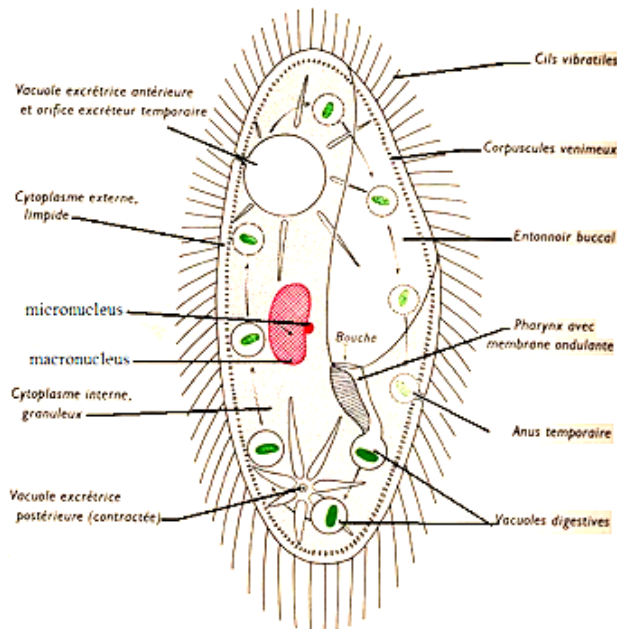


**A gauche, coupe transversale d'un flagelle ;  
à droite, coupe longitudinale et rapport avec le centriole.**

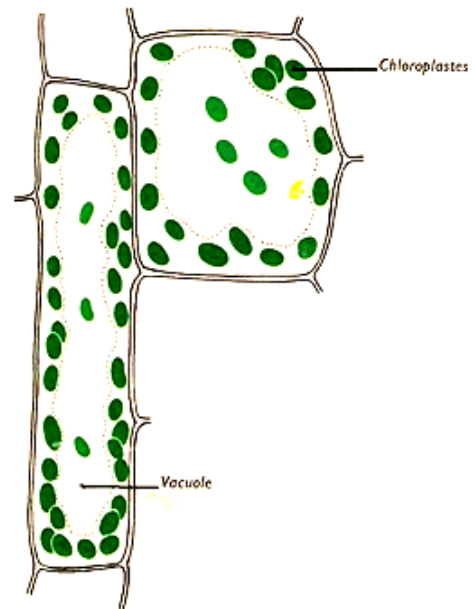
## II. Les mouvements intracellulaires

Ces mouvements sont rendus visibles par les organites en suspension dans le cytoplasme : chloroplastes de l'élodée et vacuoles de la paramécie.

En réalité, ils sont entraînés par les courants cytoplasmiques appelés **la cyclose**. Celle-ci existe dans la plupart des cellules mais elle n'est pas facile à observer.



**Mouvement tournant des vacuoles digestives de la paramécie**



**Mouvement tournant des chloroplastes de l'élodée**

### Interprétation

Ces déplacements sont dus à des courants cytoplasmiques accompagnés parfois de déformation de la cellule.

En réalité, le hyaloplasme contient des microfilaments de protéines contractiles, en particulier **l'actine** : on parle de **cytosquelette**. Si des microfilaments attachés à la membrane se contractent, ils déforment cette dernière ; s'ils sont fixés à des organites, ils les entraînent.

### Conclusion

Les mouvements cellulaires sont variés. Ce sont des phénomènes actifs qui nécessitent de l'énergie de la part de la cellule surtout s'il s'agit de déplacements cellulaires.

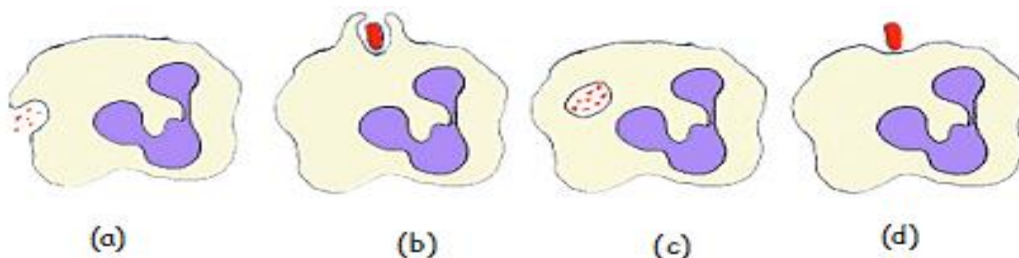
### Exercice 1 :

L'observation au microscope optique d'un élément a été faite avec un grossissement de 600X et l'oculaire utilisé est marqué 15X ?

- 1- Calculer le grossissement de l'objectif.
- 2- Quel serait le grossissement de l'appareil si l'élément était observé à l'objectif X60 ?
- 3- Calculer la taille réelle en cm de l'élément si sa taille apparente (au grossissement de 600X avec le même oculaire de 15X) était de 3 cm ?

### Exercice 2

Dans l'organisme on voit apparaître lors d'une infection le phénomène représenté par le document 1 ci-dessous :



Document 1

Identifiez le phénomène représenté par ces figures du document 1 et donnez sa définition.

- 1- Décrivez les différentes figures et nommez-les.

En utilisant les lettres indiquées, classez dans l'ordre chronologique ces quatre étapes de ce phénomène.

### Exercice n°3

1. L'observation microscopique d'algues vertes(chlorelles) a permis de réaliser le schéma suivant (dessin I).
  - i. Annotez ce document
  - ii. Calculez sa taille réelle.
  - iii. Dans quel règne classez-vous cet être vivant. Avec quel microscope a-t-il été observé? Justifiez vos réponses.
2. L'observationmicroscopique d'un autre être vivant a permis de faire les dessins II et III.

- i. Quelles sont les principales différences entre ces deux dessins II et III.
  - ii. Quelle est la différence essentielle entre cet être vivant et l'algue verte.
3. Pour découvrir certains aspects du mode de vie des chlorelles (algues vertes) on réalise les expériences suivantes :
- a) Des chlorelles ont été placées dans un milieu nutritif préparé avec de l'eau marquée par de l'oxygène radioactif ( $H_2^{18}O$ ).

Lorsqu'elles sont vivement éclairées on constate que :

- + Elles synthétisent des éléments tels que ceux colorés en bleu par l'eau iodée ;
- + Il se produit un dégagement de dioxygène radioactif.

Analysez cette expérience et concluez.

## Leçon N°5 : LES ECHANGES CELLULAIRES

Les cellules vivantes sont généralement en contact d'un milieu aqueux contenant de nombreuses substances dissoutes : sang et lymph pour les animaux, sève pour les végétaux, l'eau marine et l'eau douce pour les unicellulaire. Des échanges d'eau et de substances dissoutes indispensables à la vie cellulaire vont s'établir entre le milieu intracellulaire et extracellulaire.

### I. Les échanges d'eau

#### 1. Chez la cellule végétale

##### a. Protocole expérimental

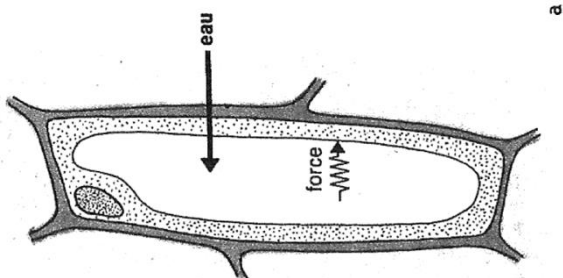
On place trois fragments d'épiderme de bulbe d'oignon colorés au rouge neutre dans trois solutions de saccharose de concentrations croissantes : 50 g/l, 100 g/l, 200 g/l.

##### b. Résultats :

Au bout de quelques temps, on les observe entre lame et lamelle au microscope.

##### **b.1 Isotonie**

###### **Observation**



###### **Analyse**

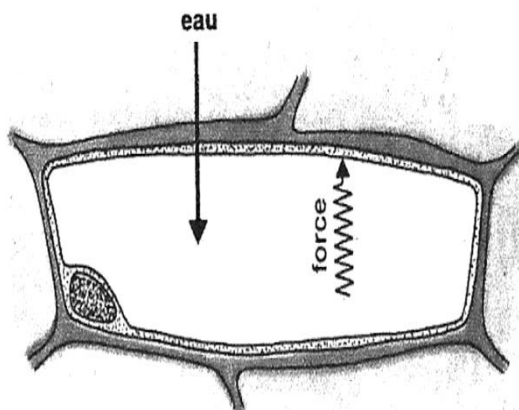
Dans la solution à 100 g/l, les vacuoles des cellules gardent leur taille normale. Il n'y a pas donc d'échanges entre la cellule et la solution on en déduit que la cellule et sa vacuole sont en état d'isotonie avec la solution.

###### **Interprétation**

Le milieu extracellulaire et le milieu intracellulaire présentent des concentrations égales

##### **b.2 Turgescence**

###### **Observation**



## Analyse

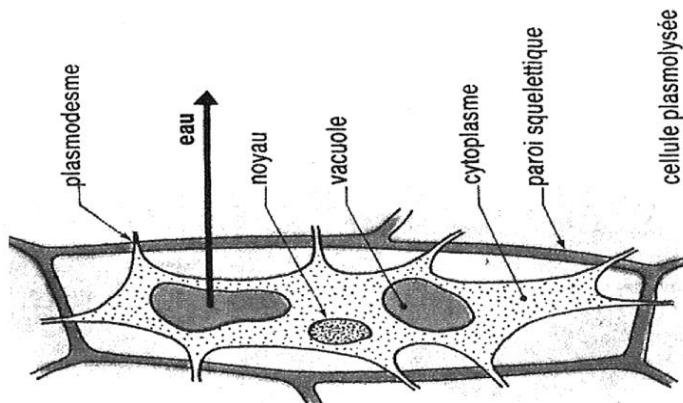
Dans la solution à 50 g/l, les cellules présentent de grandes vacuoles peu colorée en rouge qui plaquent le cytoplasme et la membrane plasmique contre la paroi pectocellulosique. Cette augmentation de la vacuole est sans doute due à l'entrée d'eau dans la cellule. La cellule est dite turgescente et l'état dans lequel elle se trouve est la turgescence.

## Interprétation

Cette augmentation de la vacuole s'explique par un déséquilibre osmotique entre la cellule et son milieu. En effet le milieu extracellulaire hypotonique par rapport au milieu intracellulaire hypertonique. Pour rétablir l'équilibre de concentration, la cellule absorbe de l'eau et devient turgescente.

## b.3 Plasmolyse

### Observation



## Analyse

Dans la solution à 200 g/l, les cellules présentent des vacuoles qui ont diminué de volume, de coloration intense, et un cytoplasme très rétracté qui reste rattaché à la paroi pectocellulosique qu'au niveau des plasmodesmes. De l'eau est donc sortie de la vacuole au profit du milieu extracellulaire. La cellule est dite plasmolysée et l'état dans lequel elle se trouve est la plasmolyse.

## Interprétation

Cette perte d'eau de la cellule s'explique par une différence de concentration entre la cellule et son milieu.

En effet le milieu extracellulaire est hypertonique au milieu intracellulaire hypotonique. Pour corriger ce déséquilibre de part et d'autre de la paroi cellulaire, la cellule perd de l'eau.

## N.B :

Si on replace une cellule plasmolysée dans de l'eau distillée, la vacuole reprend son volume initial et redevient turgescente par pénétration d'eau : on dit qu'il y a déplasmolyse provoquée.

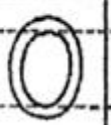
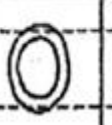
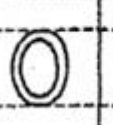
## 2. Chez la cellule animale

### a. Protocole expérimental :

Dans trois tubes à essai contenant chacun 10 ml de solution aqueuse de chlorure de sodium (NaCl), de concentrations croissantes, maintenue à 37°C (voir planche), on ajoute 1 ml de sang défibriné (pour empêcher la coagulation).

### b. Résultats :

Au bout de quelques temps, on observe les hématies au microscope.

| concentration des solutions de NaCl exprimée en g.l <sup>-1</sup> | 3                                                                                 | 4                                                                                 | 7                                                                                  | 9                                                                                   | 23                                                                                  | 46                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| aspect des hématies au microscope                                 |  |  |  |  |  |  |

Aspect des hématies en fonction de la concentration

### Analyse

- Dans le tube à 9 g/l, le liquide est rouge. Au microscope, on voit des hématies qui ont un diamètre correspondant à celui de leur milieu naturel
- Dans les tubes à 23 et 46 g/l, le liquide est rouge opaque. Au microscope, on observe des hématies qui ont une forme étoilée : on dit qu'elles sont crênelées. La perte d'eau des hématies provoque donc leur plasmolyse, celle-ci est d'autant plus accusée que le milieu où elles se trouvent est plus concentré.
- Dans les tubes à 4 et 7 g/l, le liquide est rouge. Au microscope, on voit des hématies augmentant de volume. Cette turgescence est due à la pénétration d'eau dans les hématies, celle-ci est d'autant plus accusée que le milieu où elles se trouvent est moins concentré.
- Dans le tube à 3 g/l, le liquide est rouge transparent. L'observation au microscope montre que des hématies profondément altérées et l'hémoglobine se passe en solution (sang laqué). Cette altération des hématies, appelée hémolyse, ne peut s'expliquer que par un excès de turgescence.

### Interprétation

Dans le tube à 9g/l la concentration de la solution est donc isotonique à celle du plasma sanguin.

Dans les tubes 23 et 46 g/l les hématies ont perdues d'eau car le milieu extracellulaire est hypertonique. Elle présente un aspect crênelé

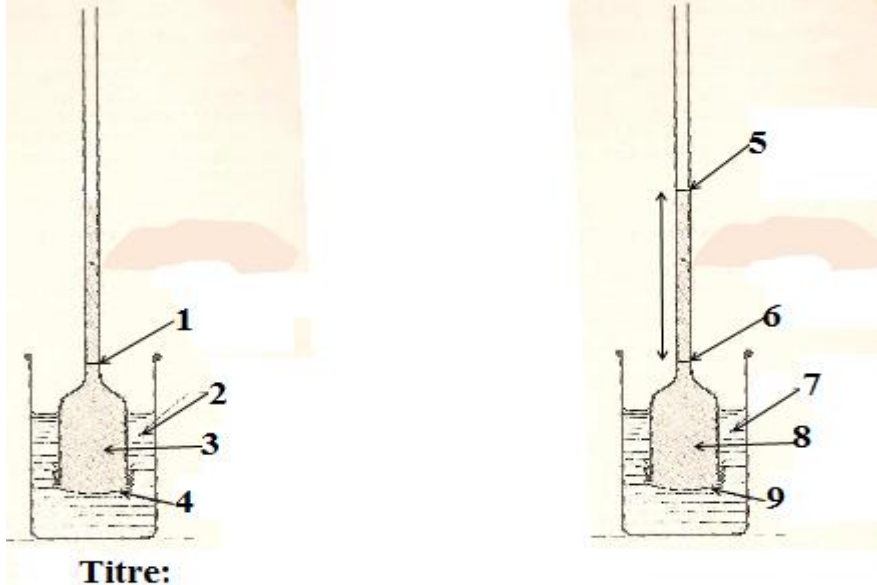
Dans les tubes 4 et 7g/l les hématies ont absorbées de l'eau car le milieu intracellulaire est hypertonique. Cette absorption d'eau peut conduire à l'éclatement de certaines cellules si la concentration du milieu extracellulaire est trop faible par rapport à celle du milieu intracellulaire

### 3. Interprétation des échanges d'eau

#### a. L'osmomètre

Un récipient, ayant la forme d'un entonnoir cylindrique, est prolongé par un long tube en verre et fermé à sa base par une membrane de cellophane : cet appareil est appelé **osmomètre**. Il a été réalisé pour la première fois par Dutrochet en 1827 à l'aide de membrane naturelle (la vessie de porc) d'où le nom **osmomètre de Dutrochet**.

Dans l'osmomètre, on verse une solution de glucose et dans le cristalliseur de l'eau pure. Au début de l'expérience, les niveaux dans les deux récipients coïncident.



- Dans un premier temps, le niveau du liquide s'élève dans le tube en verre et cette élévation peut durer plusieurs jours. Il y a donc passage d'eau à travers la membrane de cellophane qui est perméable : c'est comme si le glucose dissout attire l'eau du cristalliseur, qui va du milieu le moins concentré en substances dissoutes (**milieu hypotonique**) vers le milieu qui en est le plus concentré (**milieu hypertonique**). Ce transfert d'eau à travers la membrane sous l'action d'un gradient de concentration est appelé **osmose**.

La force d'attraction des molécules de glucose sur l'eau constitue la **pression osmotique**.

- Après stabilisation du liquide dans le tube, le niveau du liquide descend jusqu'à l'état initial. A l'équilibre final, on constate que l'eau du cristalliseur prend un goût légèrement sucré et un dosage montre que les concentrations de glucose sont égales de part et d'autre de la membrane. Il y a donc passage du glucose de l'osmomètre vers le cristalliseur (en même temps que l'eau) à travers la membrane. Cette diffusion de substances dissoutes est appelée la **dialyse**.

### **b. Comparaison cellule-osmomètre**

Nous avons mis en évidence des échanges d'eau entre la cellule et le milieu ; le courant d'eau rappelle celui observé dans l'osmomètre. L'ensemble membrane-cytoplasme peut être assimilé à la membrane de cellophane, le suc vacuolaire à la solution de l'osmomètre.

Ainsi, une cellule, placée dans un **milieu hypotonique**, c'est-à-dire moins concentré que son suc vacuolaire, gagne de l'eau et devient turgescente. Dans un **milieu hypertonique**, c'est-à-dire plus concentré que son suc vacuolaire, la cellule perd de l'eau et est plasmolysée. Quand il y a **isotonie**, les échanges sont nuls.

Il est donc possible de calculer la pression osmotique à l'intérieur d'une cellule, en appliquant la formule :

$$\Pi = CRT \text{ avec } C = \frac{\text{concentration massique}}{\text{masse molaire}}$$

$\Pi$  (atm) : pression osmotique ; C : concentration en moles par litre ; R : constante des gaz parfaits = 0,082 ; T : température absolue (°K).

Dans le cas des corps ioniques, la formule devient :  $\Pi = iCRT$ , avec i = indice d'ionisation

**Exemple :** Calculer la pression osmotique d'une solution de glucose de 180g/l à 27°C. Quelle serait la concentration massique d'une solution de NaCl isotonique à cette solution à la même température.

## **II. Les échanges de substances dissoutes**

### **1. Mise en évidence**

#### **Expérience**

On place des cellules végétales dans une solution concentrée de Na Cl, on constate, au microscope, que les cellules se plasmolysent aussitôt. Lorsque le séjour de ces cellules dans la solution est prolongé pendant 2 à 5 minutes, les cellules retrouvent leur aspect normal.

#### **Interprétation**

Le passage de la plasmolyse à l'état normal de la cellule est la déplasmolyse spontanée. Ainsi, les cellules absorbent lentement le NaCl, et cette absorption entraîne le retour dans la vacuole d'une quantité équivalente d'eau : d'où la déplasmolyse constatée.

D'autre part la pénétration du rouge neutre a déjà été observée dans le cas des cellules épidermiques de l'oignon. La substance dissoute s'est accumulée dans la vacuole, ce qui également un échange de substance dissoute entre la cellule et le milieu extracellulaire.

#### **Conclusion1**

La membrane plasmique se laisse traverser par l'eau et des substances dissoutes à faible poids moléculaire, on dit qu'elle est perméable à l'eau et à ces substances.

C'est cette propriété de la membrane qui a rendu possible les échanges cellulaires

## 2. Mécanisme des échanges

### a. le transport passif

-Expérience de Dutrochet (voir pages précédente)

-Interprétation

L'osmose et la diffusion (Dialyse) sont les principaux transports passifs. Ce sont des phénomènes purement physiques liés à la différence de concentration de part et d'autre de la membrane. La plasmolyse et la turgescence sont des conséquences de l'osmose. Et la déplasmolyse spontanée la conséquence de la Dialyse ou Diffusion.

### Remarque

La diffusion présente deux variantes ; la diffusion passive libre et la diffusion facilitée. La vitesse initiale de diffusion des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  à travers la membrane artificielle est d'autant plus importante que la différence de concentration est forte. Une pareille diffusion dont la vitesse est proportionnelle à la différence de concentration est appelée diffusion passive libre. Par contre lorsque des protéines membranaires interviennent et accélèrent la vitesse de diffusion des substances dissoutes ; on parle de diffusion facilitée.

### b. Transport actif

Dans les globules rouges il y a beaucoup d'ions  $\text{K}^+$  et peu d'ions  $\text{Na}^+$  alors que c'est l'inverse dans le plasma. Ces différences de concentration étant permanentes, il y a donc accumulation ionique qui s'oppose à la diffusion.

Ainsi pour comprendre le mécanisme du transport actif, on place des globules rouges dans du plasma avec glucose à 37°C et d'autre part les hématies sont placées dans du plasma sans glucose. Les résultats sont consignés dans les tableaux ci-dessous.

Plasma avec glucose

|         | $\text{Na}^+$ | $\text{K}^+$ |
|---------|---------------|--------------|
| Hématie | 12mMol/l      | 155mMol/l    |
| Plasma  | 145mMol/l     | 5mMol/l      |

Plasma sans glucose

|         | $\text{Na}^+$ | $\text{K}^+$ |
|---------|---------------|--------------|
| Hématie | 78,5mMol/l    | 80mMol/l     |
| Plasma  | 78,5mMol/l    | 80mMol/l     |

**Comparer les résultats puis Analyser et interpréter**

### Interprétation

Si on place des globules rouges dans un plasma sans glucose à 37°C, on observe une sortie du  $\text{K}^+$  et une entrée de  $\text{Na}^+$ , puis finalement une concentration ionique égale dans le plasma et dans l'hématie. Donc cette accumulation ionique exige du

glucose qui sert à fabriquer de l'ATP. L'hématie consomme de l'ATP pour accumuler le  $K^+$  et rejeter le  $Na^+$ . Ce déplacement d'ions du compartiment où leur concentration est faible vers le compartiment où leur concentration est forte et qui nécessite de l'énergie est un transport actif. le transport actif des ions  $Na^+$  et  $K^+$  à travers la membrane exige comme la diffusion facilitée, une protéine membranaire de transport mais en plus nécessite de l'énergie.

### Conclusion

Les phénomènes physiques (diffusion, osmose) n'expliquent pas la pénétration de certaines substances dissoutes dans la cellule. Dans certains cas, cette pénétration s'accomplit même à l'encontre des forces physiques et nécessite de la part de la cellule, une dépense d'énergie.

**Définition :** C'est un phénomène biologique, qui permet l'entrée de molécules de substance dissoute (glucose et urée) dans la cellule contre son gradient de concentration avec une consommation d'énergie.

### c. Les différentes formes de perméabilité

#### ➤ La perméabilité sélective

##### Activité 2

On place des cellules de spirogyres dans une solution contenant du saccharose et des ions  $K^+$ . Au bout de quelques minutes les cellules sont plasmolysées puis deviennent turgescentes. L'analyse chimique du contenu de ces cellules montre exclusivement la présence d'ions  $K^+$ .

Expliquer les résultats

### Interprétation

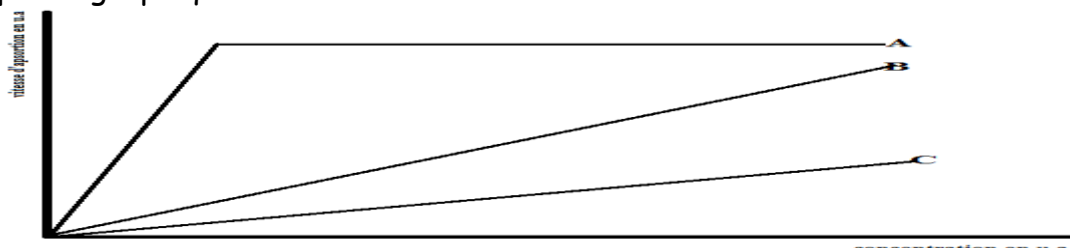
L'analyse chimique du contenu de ces spirogyres montre que le saccharose ne traverse pas la membrane plasmique des cellules. En effet la déplasmolyse constatée est due à une pénétration de  $K^+$  dans la vacuole entraînant également une absorption d'eau. La membrane plasmique de la cellule qui s'oppose au passage du saccharose et qui laisse pénétrer les  $K^+$  présente donc une perméabilité sélective. En d'autre terme la membrane plasmique opère un choix vis-à-vis des substances qui la traverse.

**Définition :** la perméabilité sélective est l'opposition d'une membrane à la pénétration de certaines substances a lorsque d'autres substances la traversent

#### ➤ La perméabilité différentielle

##### Activité :

Soient les vitesses d'absorption de trois solutions par une cellule représentées par le graphique suivant :



## Interprétation

Les résultats montrent que ces trois substances ne sont pas absorbées de la même façon. En effet, l'absorption de B et C est facile et se fait à des vitesses différentes. La vitesse d'absorption de B est plus grande que celle de A. L'absorption de ces deux substances est régit par une différence de concentration de part et d'autre de la membrane.

Cependant l'absorption de A était rapide au départ et devient par la suite constante. L'absorption de cette substance nécessite des protéases qui facilite le passage.

**Définition :** c'est le passage à vitesse différentes de substances à travers la membrane. La vitesse de diffusion est d'autant plus grande que les molécules de la substance en solution sont plus petites

### ➤ La perméabilité orientée

Des cellules végétales placées dans une solution de rouge neutre concentrent le colorant dans leurs vacuoles. Lorsqu'on les place dans de l'eau distillée, on constate que le colorant ne sort pas .

Expliquer les résultats.

## Interprétation

On constate que le rouge neutre est concentré dans les vacuoles et ne sort pas même si les cellules sont placées dans de l'eau distillée. La membrane plasmique présente vis-vis du rouge neutre une perméabilité à sens unique ou perméabilité orienté.

### Remarque :

De nombreux facteurs peuvent modifier la perméabilité cellulaire .l'un des plus remarquable est le pH Ainsi, la pénétration du rouge neutre dans les cellules épidermiques de l'oignon s'accomplit normalement en milieu neutre, mais non en milieu acide

### Définition :

C'est l'aptitude de la membrane plasmique à laisser traverser une substance dans un seul sens.

### ➤ La déplasmolyse spontanée

#### Activité

Trois fragments d'épiderme d'oignon, colorés au rouge neutre, sont placés entre lame et lamelle, dans trois gouttes de solution hypertonique de glucose, d'urée et de saccharose.

#### Résultat :

Dans un premier temps, on observe une rétraction des vacuoles dont la couleur rouge s'intensifie : c'est la plasmolyse. Ensuite, les vacuoles retrouvent leur volume initial dans la solution de glucose et d'urée, respectivement au bout de 10 mn et de 5 mn.

## Interprétation

Les molécules d'urée, plus petites que celles de glucose, ont diffusé plus rapidement et se sont accumulées dans la vacuole, augmentant sa concentration et provoquer ainsi un appel d'eau par osmose : c'est la **déplasmolyse spontanée**

### **III. Les échanges de particules**

#### **1. Observation**

Des substances pénètrent ou sortent de la cellule grâce à des mouvements de déformation de la membrane cytoplasmique qui aboutissent, respectivement, à la formation de vacuoles d'endocytose ou d'exocytose, contenant le matériel à transporter.

##### **a. Endocytose**

Suivant la taille des particules capturées, on distingue deux processus: la phagocytose et la pinocytose.

##### **➤ La phagocytose**

C'est une absorption de particules solides par invagination de la membrane cytoplasmique. En effet, la membrane de certaines cellules (leucocytes par exemple) enveloppe la particule étrangère (bactérie, débris solide) et, après fusion de ses bords, forme une vacuole qui va l'entourer. Cette vacuole s'enfonce ensuite dans le cytoplasme. Enfin, des enzymes sont déversées dans la vacuole et réalisent ainsi la digestion des particules absorbées.

##### **➤ La pinocytose**

Le processus est semblable à celui de la phagocytose. Toutefois, il y a une véritable invagination de la membrane plasmique afin de capturer des particules fluides.

##### **b. Exocytose**

L'exocytose est le mécanisme inverse de l'endocytose. Des vésicules internes viennent s'accoler à la membrane plasmique et par fusion membranaire se vident à l'extérieur de la cellule.

#### **2. Interprétation**

Les différentes études réalisées sur la membrane plasmique, notamment celles de **Singer et Nicholson**, ont permis d'affirmer qu'elle se comporte comme une mosaïque fluide. Cette fluidité lui confère ainsi les moyens de se déformer, de se rétracter et d'envelopper (endocytose) ou de rejeter (exocytose) diverses substances ou particules.

#### **Conclusion**

Les échanges d'eau, de substances dissoutes et de particules (solides ou liquides), entre la cellule et le milieu environnant, sont possibles grâce aux propriétés de la membrane cytoplasmique : **perméabilité, fluidité**

#### **Exercice 1:**

Dix grammes de pomme de terre sont placés dans des tubes  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$ .  $T_1$  contient de l'eau distillée.  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  et  $T_5$  contiennent du saccharose dont les concentrations respectives sont 50g/l, 100g/l, 200g/l et 300g/l. Après une durée de 60 minutes, les pommes de terre sont retirées, essuyées et pesées de nouveau. On obtient les résultats du tableau ci-dessous.

| Tubes                       | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ | $T_5$ |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Concentration (en g/l)      | 0     | 50    | 100   | 200   | 300   |
| Poids initiaux (en grammes) | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    |
| Poids finaux (en grammes)   | 11.5  | 10    | 9.5   | 9     | 8.9   |

- 1- Tracer la courbe de variation des poids en fonction des concentrations molaires.
- 2- Commenter ce graphique.
- 3- Dessiner une cellule provenant des tubes  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ .
- 4- Calculer la pression osmotique du suc vacuolaire à 37°C.
- 5- Des cellules retirées des tubes  $T_4$  sont placées dans du glucose. Elles prennent l'aspect des cellules en  $T_1$  au bout de 15 mn. Par contre celles restées en  $T_4$  conservent toujours leur aspect.
  - a- Expliquez ces résultats.
  - b- Quelles conclusions peut-on déduire de la perméabilité de la membrane vis-à-vis de ces deux solutés ?

Saccharose  $C_{12}H_{22}O_{11}$       $C=12$ ;    $H=1$ ;    $O=16$ .

## **Exercice 2:**

Des fragments d'épiderme d'oignon sont placés dans une série de 10 verres de monte qui contiennent des solutions de saccharose échelonnées de 0.1mol/l à 1mol/l.

On laisse séjourner 15 mn puis on monte ses fragments entre lame et lamelles. La température ambiante est de 17°C. On veut déterminer la pression osmotique d'un échantillon, pour cela on compte dans le champ du microscope le nombre de cellules plasmolysées et non plasmolysées ; le dénombrement se faisant sur un total de 25 cellules. Les résultats sont représentés dans le tableau suivant.

- 1- Construire la courbe exprimant le % de cellules plasmolysées en fonction de la concentration du milieu.

2- On considère que lorsque la solution est isotonique au contenu cellulaire, 50% des cellules sont plasmolysées.

Déterminer graphiquement la concentration isotonique.

3- Calculer la pression osmotique des cellules en Pascal.

4- Quelle solution de chlorure de sodium (NaCl) serait isotonique aux cellules d'oignon.

On suppose que le NaCl est entièrement dissocié.

Saccharose  $C_{12}H_{22}O_{11}$  (neutre en solution)

Na=23

Cl=35

1atm=

$10^5$  Pascals

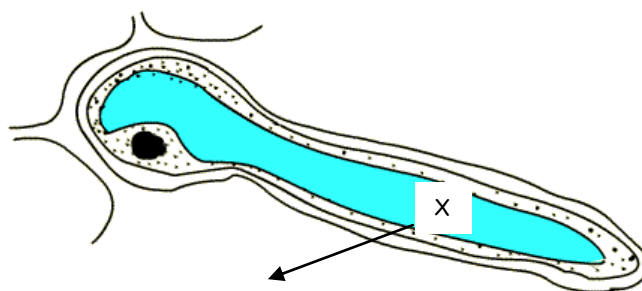
| Nombre de cellules plasmolysées | Concentration en mol/litre |
|---------------------------------|----------------------------|
| 0                               | 0.1                        |
| 0                               | 0.2                        |
| 5                               | 0.3                        |
| 18                              | 0.4                        |
| 25                              | 0.5                        |
| 25                              | 0.6                        |
| 25                              | 1                          |

### Exercice 3 :

On a mis des poils absorbants d'une jeune plante de maïs dans une solution de bleu de crésyl puis on a rincé ces poils à l'eau distillée. Ils ont été ensuite observés au microscope dans certaines conditions expérimentales.

1- Un poil absorbant a été mis entre lame et lamelle dans une goutte d'eau distillée.

L'observation de cette préparation au microscope a permis de schématiser la structure du poil absorbant (figure 5). L'élément X apparaît au microscope avec une coloration bleue.



**Figure 5**

Indiquez le rôle du bleu de crésyl et donnez un autre exemple de solution jouant le même rôle.

2- On a préparé ensuite des solutions de mannitol (substance organique sucrée d'origine végétale) dans de l'eau distillée.

| Numéros des solutions                       | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
|---------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Concentrations.<br>(grammes de mannitol par | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |

|         |  |  |  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|--|--|
| litre). |  |  |  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|--|--|

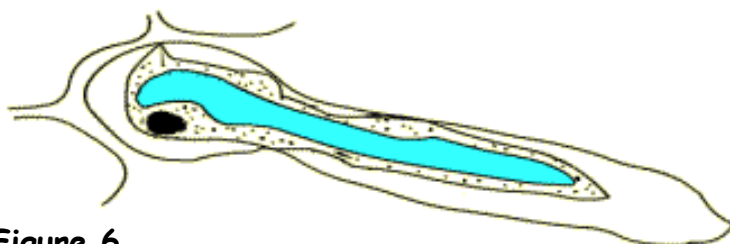
On a monté entre lame et lamelle, dans une goutte de chaque solution, un poil absorbant prélevé sur le même plant de maïs.

L'aspect des cellules (poils absorbants) placées dans les solutions 1, 2, 3 est le même que celui qui est représenté par la figure 5.

A partir de la solution 4, l'aspect des cellules commence à changer mais que ces changements deviennent de plus en plus marqués en passant par les solutions 5, 6 et 7.

La figure 6 représente l'aspect du poil absorbant placé dans la solution 6.

- Précisez l'état des poils absorbants dans les différentes solutions de mannitol.
- Donnez une explication à chaque état que vous venez de préciser.
- Déterminer approximativement, en justifiant la réponse, la concentration en mannitol dans la vacuole du poil absorbant placé dans la solution 6?
- Faites une représentation schématique du poil absorbant à cette concentration déterminée.



**Figure 6**

- On place les cellules du poil absorbant de la solution 6 représentée par la figure 6, dans une autre solution de mannitol à 10 g/l. On obtient un changement de l'aspect des cellules.

- Précisez et expliquez ce phénomène.
- Sachant que les travaux ont été effectués à 27°C, calculez la pression osmotique développée à l'intérieur des cellules de poil absorbant.

Données : Formule du Mannitol  $C_6H_{14}O_6$  avec O= 16g/mol ; H= 1g/mol ; C= 12g/mol.

#### **Exercice n°4**

Une substance A d'origine végétale, dépourvue de saveur est mélangée à de l'eau froide. On chauffe ce mélange et l'on obtient vers 60 à 80 degrés, une solution visqueuse B que l'on refroidit. On ajoute alors de l'eau iodée, la solution prend une teinte bleu-foncé.

- De quelle substance s'agit-il ? Justifier.
- On ajoute à la solution B de la liqueur de Fehling, que se passe-t-il ? Justifier.

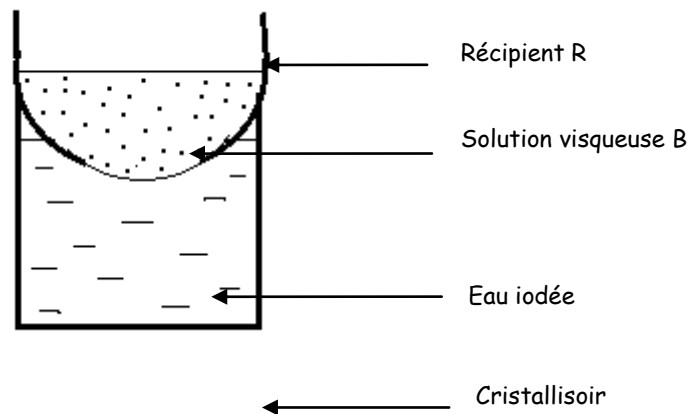
- 3- La solution B additionnée de quelques gouttes d'acide chlorhydrique est portée à ébullition. Après 30 minutes, on constate que la réaction de l'eau iodée sur la solution est négative et que la réaction de Fehling à chaud après neutralisation est positive.

Interpréter ces résultats

- 4- La solution visqueuse B est placée dans un récipient R dont le fond est une membrane cellophane. Ce récipient est partiellement immergé dans un cristalliseur contenant une solution diluée d'eau iodée (voir figure ci-dessous).

On constate que le liquide du cristalliseur reste jaune, tandis que celui du récipient R se colore en bleu.

- a- Expliquer ces observations.  
b- Quel est le phénomène mis en jeu ?



## Leçon 6. LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

Le mot protéine vient de proteos qui veut dire première importance. En effet les protéines, constituants organiques essentiels de tous les êtres vivants sont des macromolécules variées et d'une grande importance. Leur synthèse s'effectue en grande partie dans le REG à partir des acides aminés du milieu par l'intermédiaire des acides nucléiques.

### I. La structure des acides nucléiques (ADN et ARN)

Les acides nucléiques sont des macromolécules relativement complexes qui jouent un rôle fondamental dans la cellule

Il existe deux types d'acides nucléiques :

ADN : acide désoxyribonucléique et l'ARN acide ribonucléique. Selon son rôle on distingue

l'ARN<sub>messager</sub> (ARN<sub>m</sub>)

l'ARN<sub>ribosomal</sub> (ARN<sub>r</sub>)

l'ARN<sub>de transfert</sub> (ARN<sub>t</sub>)

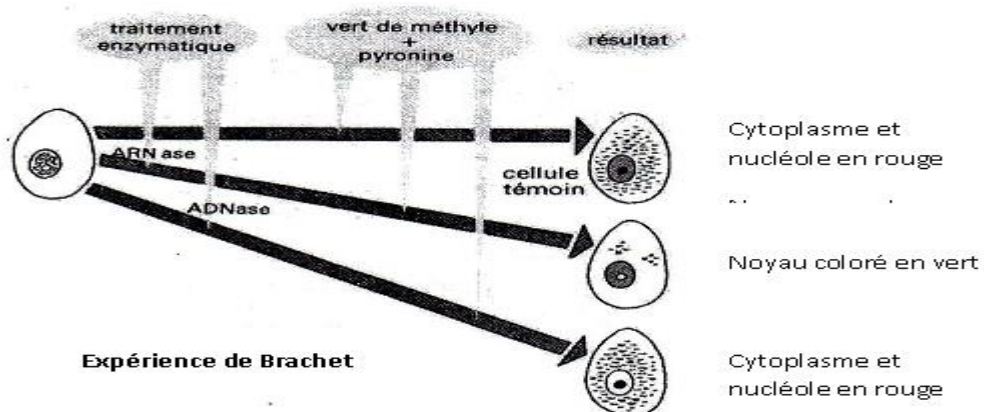
#### 1. Localisation des acides nucléiques

##### a. Technique de mise en évidence de la localisation l'ADN et l'ARN

##### ➤ **Expérience de Brachet**

**Brachet** colore des cellules avec du vert de méthyle et de la pyronine, puis il les traite avec des enzymes : l'**ADNase** qui détruit l'ADN et l'**ARNase** qui détruit l'ARN.

##### ➤ **Résultats**



##### ➤ **Interprétation**

- L'ADN se trouve dans le noyau.
- L'ARN se trouve dans le nucléole et le cytoplasme.

Remarque :

On trouve aussi un peu d'ADN dans les mitochondries et les chloroplastes

## 2. Structure des acides nucléiques

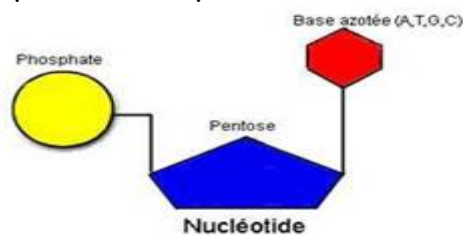
### a. Constituants des acides nucléiques

L'hydrolyse totale de l'ADN et de l'ARN donne les éléments du tableau ci-dessous :

| Composition \ Acides nucléiques | Sucres                             | Bases azotées | Acides                              |
|---------------------------------|------------------------------------|---------------|-------------------------------------|
| ADN                             | Désoxyribose<br>( $C_5H_{10}O_4$ ) | A, T, C, G    | Acide phosphorique<br>( $H_3PO_4$ ) |
| ARN                             | Ribose ( $C_5H_{10}O_5$ )          | A, U, C, G    | Acide phosphorique<br>( $H_3PO_4$ ) |

#### Remarque :

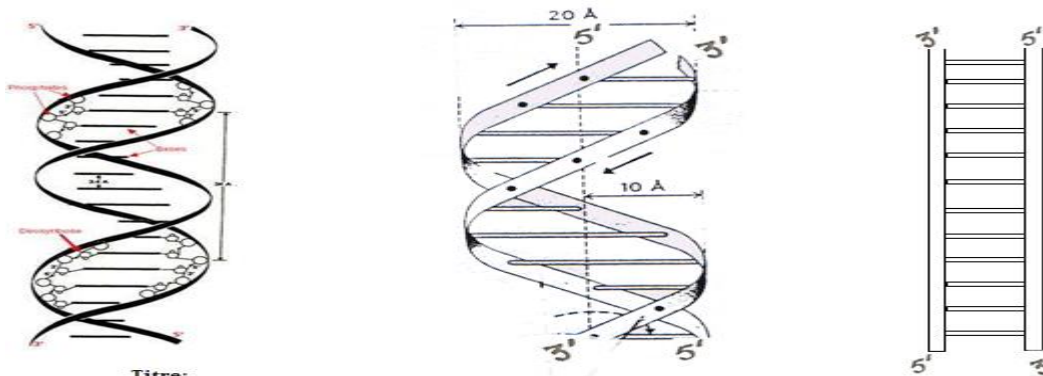
- L'ensemble constitué par un sucre, une base azotée et un acide phosphorique forme un **nucléotide**, qui est l'**unité de base** des acides nucléiques.
- **A** : Adénine ; **T** : thymine ; **C** : Cytosine ; **G** : Guanine ; **U** : Uracile.



### b. Structure de l'ADN

La structure en double hélices de l'ADN a été décrite par **Watson et Crick** en **1953**. Cette double hélices est constituée de deux **brins antiparallèles**, c'est-à-dire ces brins sont parallèles en plus un brin est orienté dans le sens **5'-3'** et l'autre **3'-5'**.

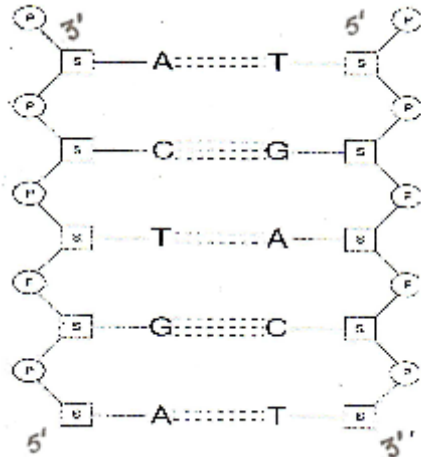
Déplié, l'**ADN** se présente comme une échelle dont les deux montants sont constitués de **désoxyriboses** et d'**acides phosphoriques**. Les barreaux sont constitués de **bases azotées** des deux brins qui sont reliés par des **liaisons hydrogènes**.



**Chargafe** trouve que dans une molécule d'ADN, la quantité de **Thymine** est égale à celle d'**Adénine** et la quantité de **Cytosine** est égale à celle de **Guanine**. Il a tiré cette conclusion à partir de relation suivante :

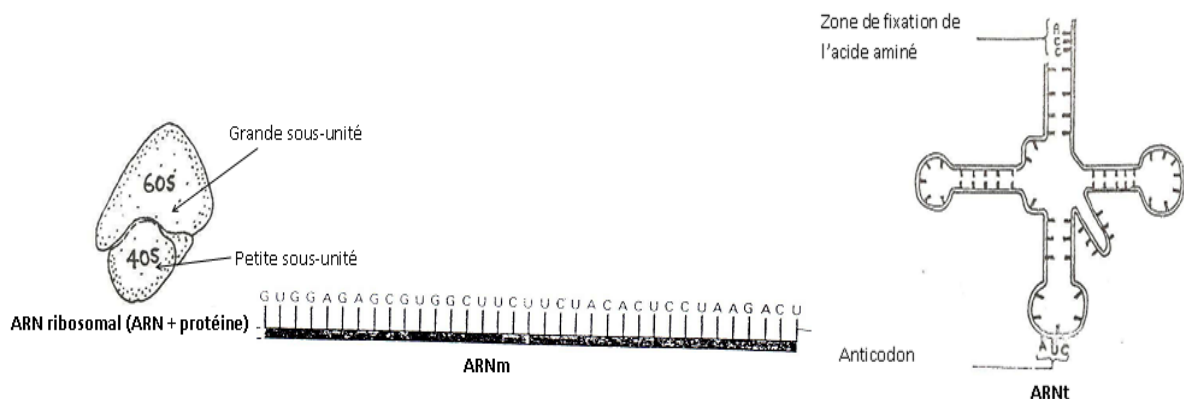
$$A/T = C/G = 1$$

Donc l'**adénine** est reliée à la **thymine** (par deux liaisons hydrogènes) et la **cytosine** à la **guanine** (par trois liaisons hydrogènes).



### c. Structure l'ARN

L'ARN est constitué d'un seul brin plus petit que l'ADN. Il existe trois types d'ARN :



- L'ARN de transfert (**ARNt**) replié sur lui-même et en forme de feuille de trèfle, présente deux sites essentiels : le site de fixation de l'**acide aminé** et le site de reconnaissance appelé **anticodon**.
- L'ARN ribosomal (**ARNr**) constitué de protéines et d'ARN, présente une grande sous-unité et une petite sous-unité séparables.
- ARN messager (**ARNm**) qui est filiforme.

## II. La réplication de l'ADN

Pendant la vie cellulaire la quantité d'ADN se dédouble avant chaque division cellulaire, c'est la **réplication**. Cette autoreproduction ou dédoublement démarre toujours à partir d'une structure appelée œil de réplication. Sur chaque base

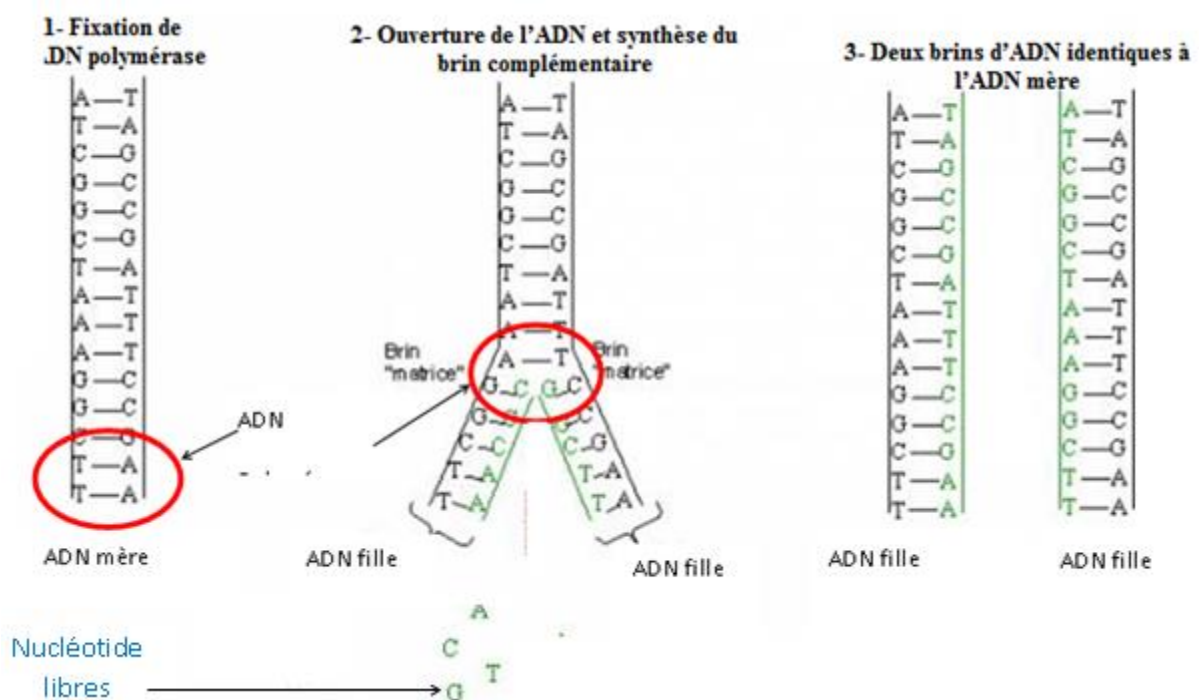
libérée se fixe une base libre qui lui est complémentaire et ceci grâce à l'**ADN polymérase** (enzyme). Elle se poursuit au niveau des fourches de réplication qui progresse en sens inverse. Le mécanisme de la réplication se fait comme suite :

- ✓ Les deux chaînes de nucléotides de la molécule d'ADN s'écartent par rupture des liaisons entre les bases.
- ✓ Face à chaque nucléotide ainsi libéré à sa base, un nouveau nucléotide mais complémentaire incorpore.

Ainsi un brin nouveau de la chaîne nucléotidique est synthétisé.

La chaîne de nucléotides néoformée est identique à la moitié perdue et chaque molécule fille est une réplique parfaite de la molécule mère. Le mécanisme de la réplication se fait selon un mode semi conservatif dans chaque molécule fille, i e en conservant dans chaque molécule une des deux chaînes de nucléotides de la molécule mère.

Ces réactions biochimiques (ouverture de la molécule, incorporation de nucléotides nouveaux) se font grâce à des enzymes spécifiques (hélicases, ligases).

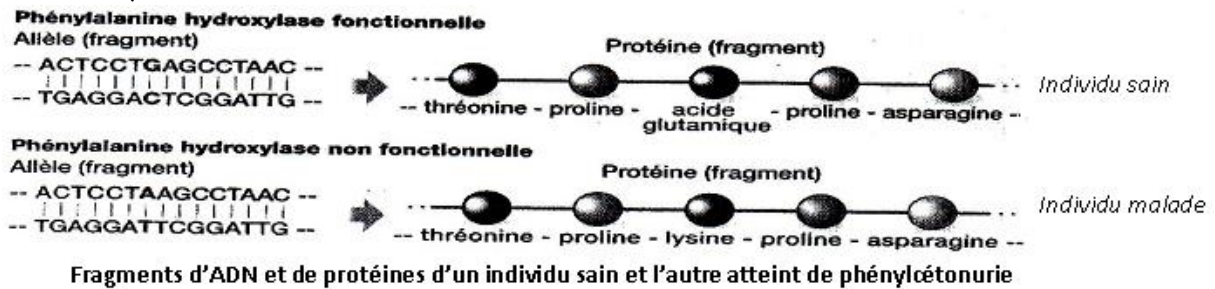


### III. La synthèse des protéines

#### 1. Existe-t-il une relation entre l'ADN et la protéine ?

La **phénylcétonurie** est une maladie héréditaire qui se traduit par des retards dans le développement du cerveau et un retard mental important irréversible. Elle est due à l'effet toxique d'un acide aminé, la **phénylalanine**, qui se trouve à des concentrations sanguines supérieures à la normale.

Le document ci-dessous montre des fragments d'ADN et de protéines de deux individus, l'un sain et l'autre malade.



### ➤ Interprétation

Le changement noté au niveau de la protéine est lié au changement observé au niveau de l'ADN. Donc la synthèse des protéines est faite à partir de l'ADN.

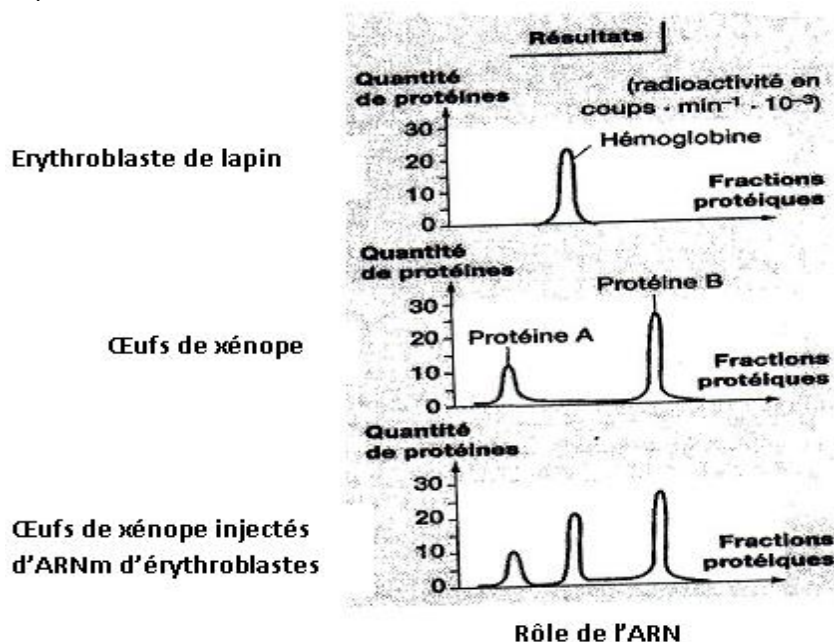
## 2. Comment passe-t-on de l'ADN aux protéines ?

### ➤ Expérience

Mettons à incuber différents types de cellules dans un milieu riche en **acides aminés radioactifs** :

- Des **érythroblastes** de lapin, synthétisant de l'**hémoglobine**.
- Des œufs de **xénope** (amphibien).
- Des œufs de xénope injectés de l'**ARNm** extrait d'**érythroblastes** de lapin.

Les protéines synthétisées par ces cellules sont ensuite séparées par une technique qui permet de connaître leur concentration.



### ➤ Analyse

Les **érythroblastes** de lapin sont capables de synthétiser une protéine, l'**hémoglobine**, alors que les œufs de **xénope** ne sont pas capables d'en synthétiser, mais synthétisent des **protéines A et B**. Cependant, des œufs de **xénope** injectés d'**ARNm** d'érythroblastes en phase de synthèse d'hémoglobine, se mettent à synthétiser en plus de leurs protéines de l'**hémoglobine**.

### ➤ Interprétation

La présence de l'**ARNm** d'érythroblastes de lapin en phase de synthèse d'**hémoglobine**, a permis aux œufs de **xénope** de synthétiser de l'hémoglobine (protéine). Donc l'**ARNm** est nécessaire à la synthèse des protéines.

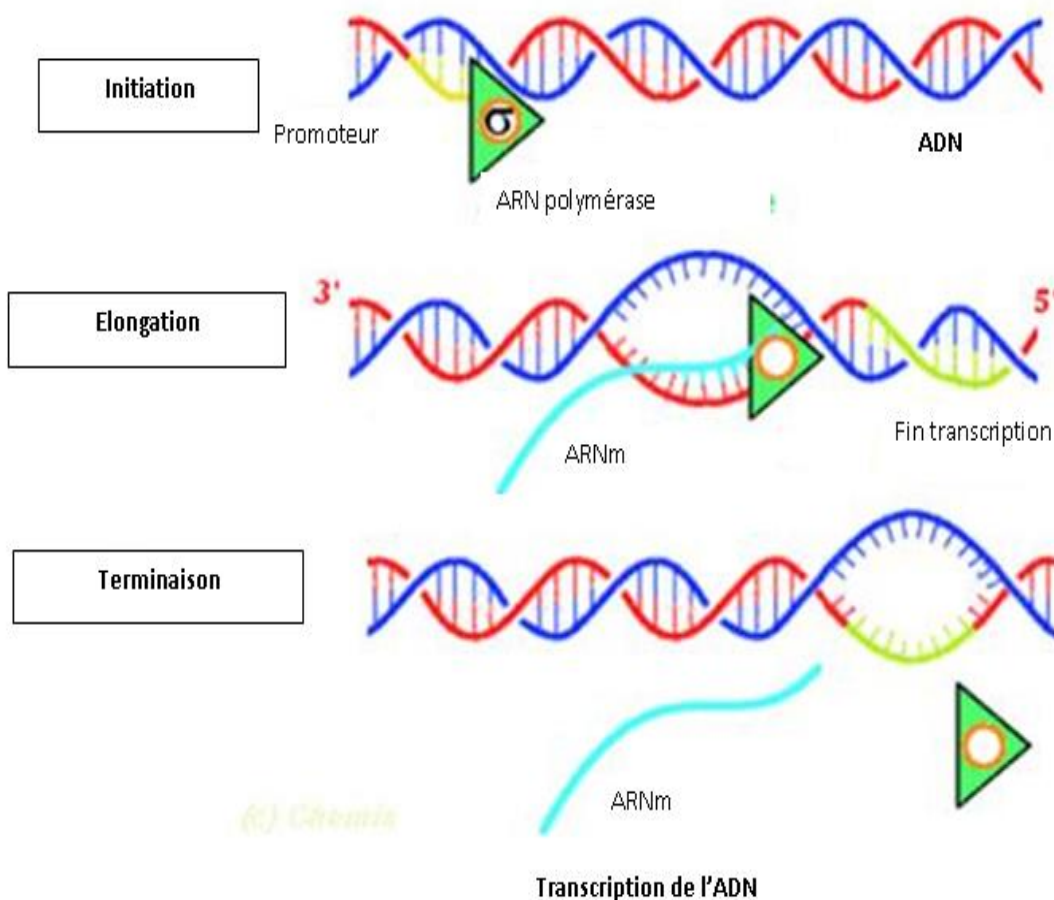
### ➤ Conclusion

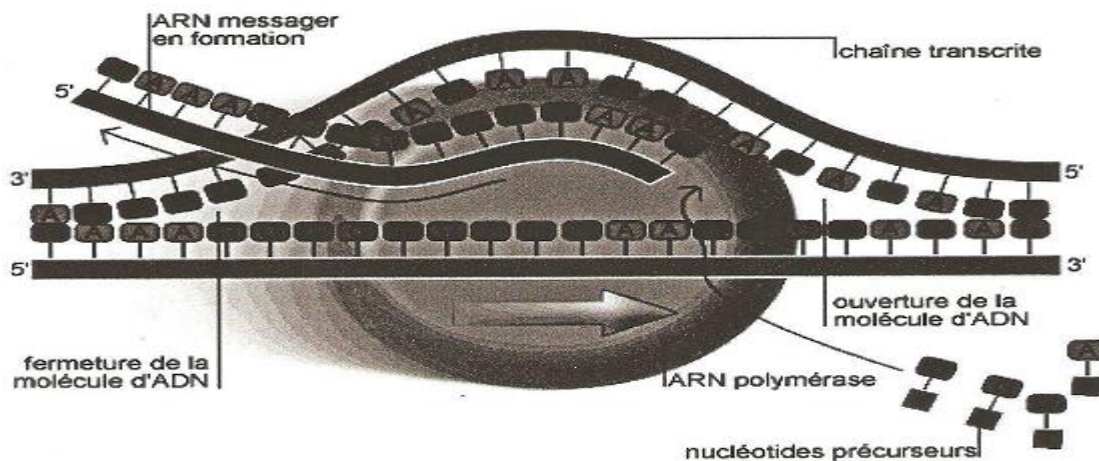
Pour synthétiser des protéines il faut de l'**ADN** et de l'**ARN**. L'**ADN** sera **transcrit** en **ARN** (**ARNm** en particulier), qui sera à son tour **traduit** suivant un **code génétique**, pour donner des **protéines**.

### 3. Transcription

La transcription est la synthèse d'**ARNm** à partir d'**ADN**. Elle est réalisée grâce à l'**ARN polymérase** (enzyme). Cette enzyme ouvre la molécule d'**ADN** au niveau d'un point précis, le **promoteur**, progresse le long du brin d'**ADN** à transcrire et assure la liaison des nucléotides pour donner l'**ARNm**. Les deux brins d'**ADN** se referment au fur et à mesure que l'**ARN polymérase** avance. Arrivé au niveau à la fin de la transcription l'**ARN polymérase** se détache et l'**ARNm** est libéré.

L'**ARNm** ainsi obtenu migre du noyau vers le cytoplasme en passant par les pores nucléaires. Il est complémentaire au brin d'**ADN** transcrit et un seul brin d'**ADN** est transcrit.





Résumé des étapes de la transcription

#### 4. Code génétique

Le code génétique permet de connaître la correspondance entre la séquence (succession des bases azotées) de l'ARNm et les **20 acides aminés**. Les nucléotides de l'ARNm sont organisés en triplets, chaque triplet est un **codon** correspondant à un **acide aminé**, mais certains triplets n'ont pas d'acide aminé correspondant, ce sont des **codons stop** ou **codons non-sens** : **UAA, UAG, UGA**. Le code génétique est **redondant**, car plusieurs **codons** peuvent coder pour un même **acide aminé**. Cependant, deux acides aminés ne peuvent pas correspondre à un codon.

Le code génétique est **universel**, par ce qu'il est le même pour tous les êtres vivants.

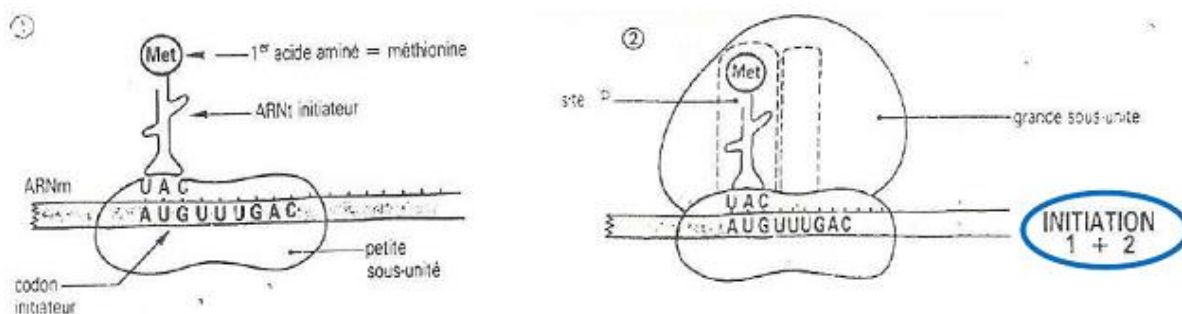
|                  |   | Deuxième lettre |                |     |           |     |            |     |             |   |
|------------------|---|-----------------|----------------|-----|-----------|-----|------------|-----|-------------|---|
|                  |   | U               |                | C   |           | A   |            | G   |             |   |
| Première lettre  | U | UUU             | Phénil-alanine | UCU | sérine    | UAU | tyrosine   | UGU | cystéine    | U |
|                  |   | UUC             |                | UCC |           | UAC |            | UGC |             | C |
|                  |   | UUA             | leucine        | UCA |           | UAA | codons     | UGA | codon stop  | A |
|                  |   | UUG             |                | UCG |           | UAG | stop       | UGG | tryptophane | G |
|                  | C | CUU             | leucine        | CCU | proline   | CAU | histidine  | CGU | arginine    | U |
|                  |   | CUC             |                | CCC |           | CAC |            | CGC |             | C |
|                  |   | CUA             |                | CCA |           | CAA | glutamine  | CGA |             | A |
|                  |   | CUG             |                | CCG |           | CAG |            | CGG |             | G |
|                  | A | AUU             | isoleucine     | ACU | thréonine | AAU | asparagine | AGU | sérine      | U |
|                  |   | AUC             |                | ACC |           | AAC |            | AGC |             | C |
|                  |   | AUA             |                | ACA |           | AAA | lysine     | AGA | arginine    | A |
|                  |   | AUG             | méthionine     | ACG |           | AAG |            | AGG |             | G |
|                  | G | GUU             | valine         | GCU | alanine   | GAU | acide      | GGU | glycine     | U |
|                  |   | GUC             |                | GCC |           | GAC | aspartique | GGC |             | C |
|                  |   | GUA             |                | GCA |           | GAA | acide      | GGA |             | A |
|                  |   | GUG             |                | GCG |           | GAG | glutamique | GGG |             | G |
| Troisième lettre |   |                 |                |     |           |     |            |     |             |   |

## 5. Traduction

La traduction se fait en trois phases : l'initiation, l'élongation et la terminaison

### a. Initiation

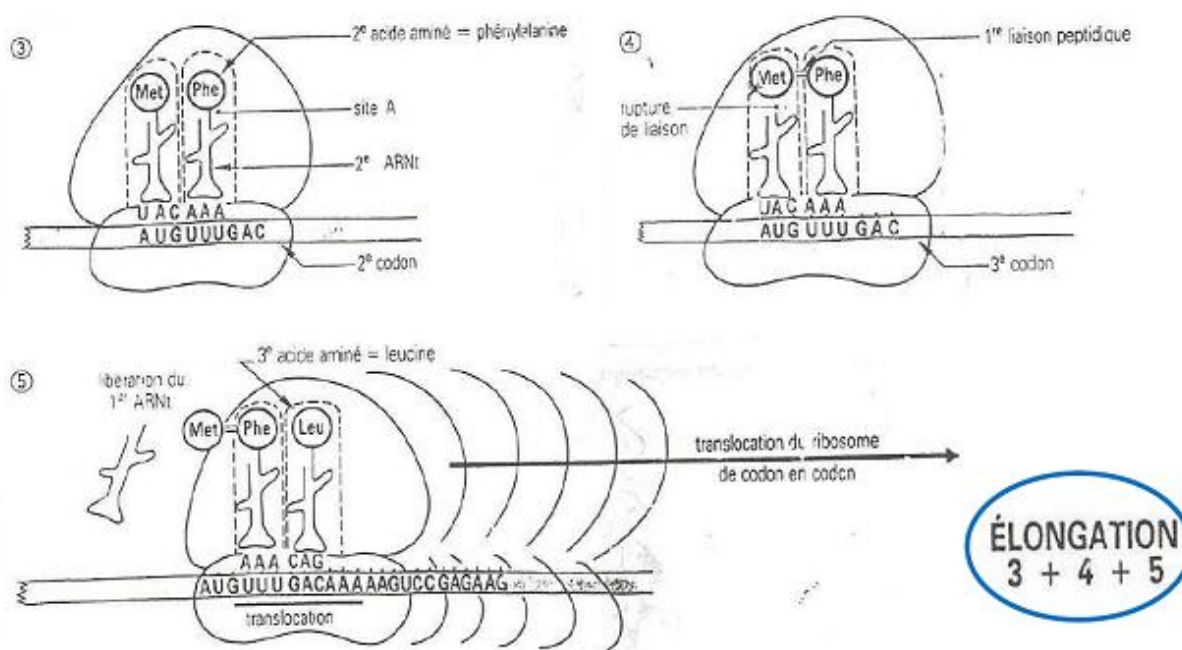
La traduction débute toujours au niveau du **codon initiateur AUG** de l'ARNm. La petite sous-unité ribosomale se fixe sur l'ARNm, l'**ARNt** portant comme acide aminé la **méthionine** et dont l'anticodon UAC est complémentaire au codon initiateur AUG, vient s'y fixer. La grande sous-unité se fixe ensuite sur ce complexe et le premier **ARNt** occupe le **site P**. Le ribosome complet est prêt à fonctionner.



### b. Elongation

Un deuxième **ARNt** dont l'anticodon correspond au deuxième codon de l'ARNm vient occuper le **site A**. Il se forme une liaison peptidique entre le premier acide aminé et le second, également on note une rupture de liaison entre le premier acide aminé et son **ARNt**.

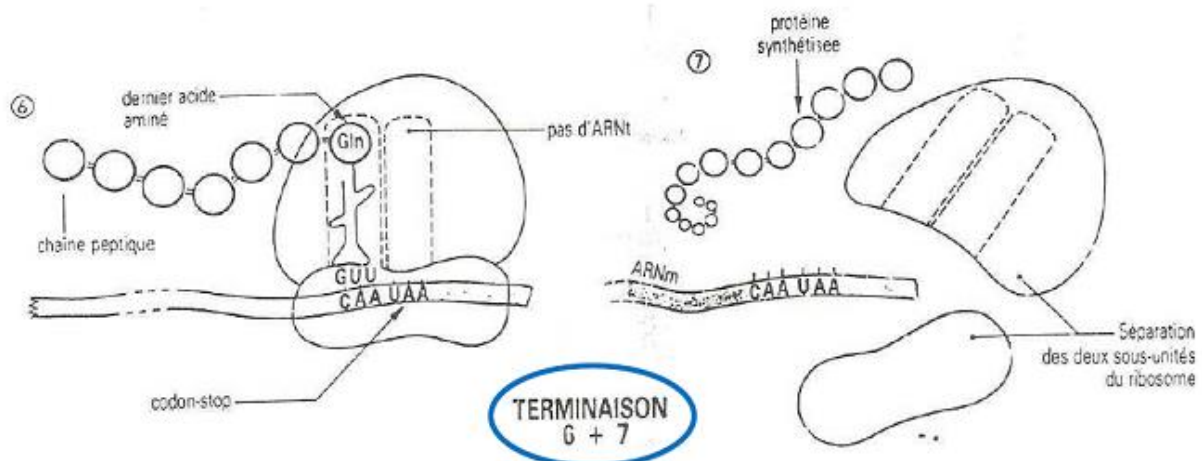
Le ribosome se déplace ensuite d'un codon libérant ainsi le **site A** au niveau duquel le troisième **ARNt** se fixera. C'est l'élongation de la molécule de protéine qui est entrain de se réaliser.



### c. Terminaison

Elle se produit quand le **site A** du ribosome arrive au niveau d'un codon **stop** (**UAA, UAG, UGA**) qui ne correspond à aucun acide aminé. A ce moment précis il se produit deux phénomènes :

- Les sous-unités du ribosome se détachent.
- La **molécule de protéine** est libérée et la **méthionine** est coupée.



## IV. LES MUTATIONS

Toute modification de la succession de nucléotides d'un acide aminé est appelée mutation. Cette mutation peut être une substitution, une insertion ou une délétion.

### 1. Substitution

Elle est un remplacement d'une base d'un brin d'ADN par une autre base. Elle peut entraîner :

- Un remplacement d'un codon sens correspondant à un acide aminé par un autre correspondant à un acide aminé différent. Donc la séquence des acides aminés change, c'est une **mutation faux-sens**.
- Un remplacement d'un codon sens par un autre sans provoquer de changement d'acide aminé, c'est une **mutation silencieuse**.
- Un remplacement d'un codon sens correspondant à un acide aminé par un codon stop, c'est une **mutation non-sens**.

### 2. Insertion et délétion

L'insertion est une addition de nucléotides, alors que la délétion est une suppression de nucléotides.

Elles ont pour conséquences de changer la séquence des acides aminés ou l'apparition d'un codon stop.

## CONCLUSION

On peut résumer la synthèse des protéines ainsi : l'ADN fait l'ARNm et l'ARNm fait la protéine dans le respect du code génétique.

### Exercice 1 :

A partir de bactéries (des colibacilles), on prépare des extraits cellulaires contenant tous les éléments cytoplasmiques mais dépourvus d'ADN et d'ARN. In vitro, on ajoute à ces extraits des acides aminés. Par ailleurs, on prépare des ARN solubles obtenus à partir du cytoplasme cellulaire.

Aux temps  $t = 0$  et  $t = 30$  min, on ajoute aux extraits cellulaires une même quantité d'ARN. On suit alors en fonction du temps la quantité d'ARN présent dans le milieu d'une part, la quantité d'acides aminés incorporés dans les protéines d'autre part (figure 1).

- 1- Analyser ce graphique.
- 2- Interpréter les différentes variations enregistrées au cours de l'expérience.
- 3- Quelles propriétés des ARN injectés sont ici mises en évidence ?

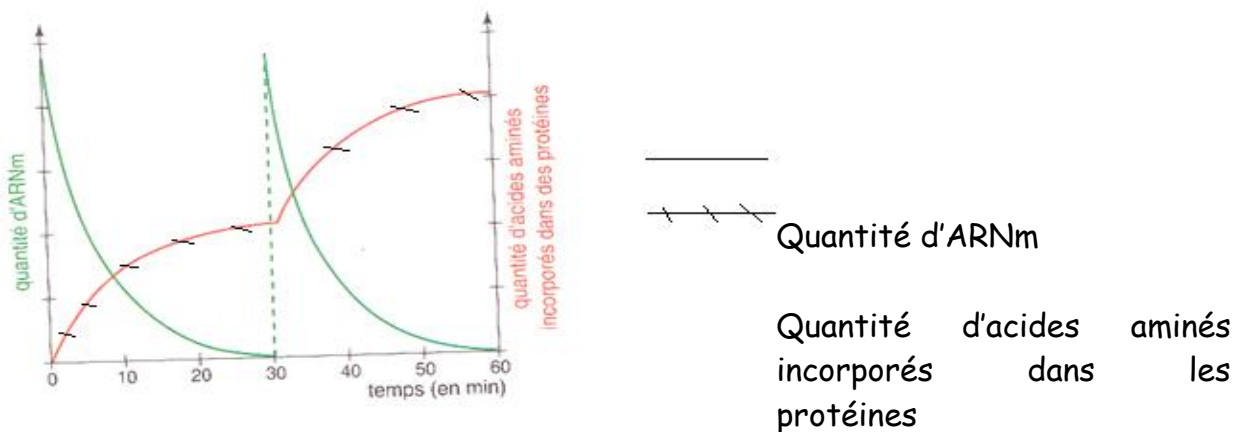


Figure 1

### Exercice 2 :

La séquence de nucléotides ci-dessous intervient dans la mise en place des derniers acides aminés d'une des deux chaînes polypeptidiques qui associées, forment l'insuline humaine.

ARN messenger : GU GGA GAG CGU GGC UUC UUC UAC ACU CCU AAG ACU

- 1- Reconstituer la séquence des huit derniers acides aminés de cette chaîne polypeptidique (voir code génétique).
- 2- Représenter la portion de gène (le brin d'ADN) contenant l'information nécessaire à la synthèse de cette chaîne de huit acides aminés.

### Exercice 3 :

Soit une protéine humaine composée de 302 acides aminés. On a isolé un fragment d'ADN contenant le début de la phase codante du gène correspondant :

Brin 1 : GGT ATG ATC CAG CAA ACC AAA CGA TGT AAC AAC TCG GCA GCT

Brin 2 : CCA TAC TAG GTC GTT TGG TTT GCT ACA TTG TTG AGC CGT CGA TCC

- 1- Identifier le début de la séquence de nucléotides du gène exprimé dans la protéine.
- 2- Ecrire la séquence nucléotidique du fragment d'ARN messenger codant le début de la protéine.
- 3- Déduire grâce au code génétique le début de la séquence de la protéine.

#### **Exercice 4 :**

La séquence 1 présente la succession des nucléotides le long d'un fragment de brin transcrit d'ADN. Les séquences 2, 3 et 4 présentent des mutations de la séquence initiale 1.

Codon n°1     $\xrightarrow{\text{sens de la transcription}}$

Séquence 1 : TAC CAT TAT TAC GAT ATT AGC C

Séquence 2 : TAC CAT TAT AAC GAT ATT AGC C

Séquence 3 : TAC ATT ATT ACG ATA TTA GCC

Séquence 4 : TAC CAT TAT GTA CGA TAT TAG CCC

1. Quels types de mutations ont été réalisés dans les séquences 2, 3 et 4 ?
2. Etablir la séquence polypeptidique codée par la séquence 1.
3. Quelles sont les conséquences résultant des mutations dans la séquence 4 ?

| 1 <sup>ère</sup> lettre | 2 <sup>ème</sup> lettre |           |            |           | 3 <sup>ème</sup> lettre |
|-------------------------|-------------------------|-----------|------------|-----------|-------------------------|
|                         | U                       | C         | A          | G         |                         |
| <b>U</b>                | UUU } Phe               | UCU } Ser | UAU } Tyr  | UGU } Cys | <b>U</b>                |
|                         | UUC }                   | UCC }     | UAC }      | UGC }     | <b>C</b>                |
|                         | UUA } Leu               | UCA }     | UAA } stop | UGA stop  | <b>A</b>                |
|                         | UUG }                   | UCG }     | UAG }      | UGG Trp   | <b>G</b>                |
| <b>C</b>                | CUU } Leu               | CCU } Pro | CAU } His  | CGU } Arg | <b>U</b>                |
|                         | CUC }                   | CCC }     | CAC }      | CGC }     | <b>C</b>                |
|                         | CUA }                   | CCA }     | CAA } Gln  | CGA }     | <b>A</b>                |
|                         | CUG }                   | CCG }     | CAG }      | CGG }     | <b>G</b>                |
| <b>A</b>                | AUU } Ile               | ACU } Thr | AAU } Asn  | AGU } Ser | <b>U</b>                |
|                         | AUC }                   | ACC }     | AAC }      | AGC }     | <b>C</b>                |
|                         | AUA }                   | ACA }     | AAA } Lys  | AGA } Arg | <b>A</b>                |
|                         | AUG Met                 | ACG }     | AAG }      | AGG }     | <b>G</b>                |
| <b>G</b>                | GUU } Val               | GCU } Ala | GAU } Asp  | GGU } Gly | <b>U</b>                |
|                         | GUC }                   | GCC }     | GAC }      | GGC }     | <b>C</b>                |
|                         | GUA }                   | GCA }     | GAA } Glu  | GGA }     | <b>A</b>                |
|                         | GUG }                   | GCG }     | GAG }      | GGG }     | <b>G</b>                |

## **Leçon 7. LA DIVISION CELLULAIRE**

Toute cellule provient d'une cellule. A cet effet, la reproduction des êtres unicellulaires et l'édification d'organisme pluricellulaire laissent pressentir l'importance de la division cellulaire.

Ce phénomène s'effectue selon deux modalités : l'une, très rare, est la division directe et bourgeonnement ; l'autre, quasi générale dans les deux règnes, animal et végétal, est la division indirecte ou mitose

### **I. Les étapes de la mitose**

La mitose est un phénomène continu. On subdivise le phénomène en 1 phase préparatoire - qui est aussi une phase de repos -, invisible en microscopie optique, d'une durée variant entre 10 et 20 heures, l'interphase et 4 phases fonctionnelles et visibles en microscopie optique : la prophase, la métaphase, l'anaphase et la télophase d'une durée approximative de 1 heure. L'interphase est formée de la phase G1 (ou les chromosomes sont monochromatidiens), la phase S (ou on note une duplication de l'ADN) et la phase G2 (chromosome monochromatidiens). Durant l'interphase les chromosomes sont des nucléofilaments.

Durant ce phénomène, noyau et cytoplasme seront divisés, on parlera respectivement de caryocinèse et de cytocinèse. L'essentiel de l'étude de la mitose porte sur la caryocinèse et, de là, sur les modifications que subiront les chromosomes. Elle se déclenche dès que la cellule a acquis la compétence mitotique.

#### **1. Chez une cellule végétale**

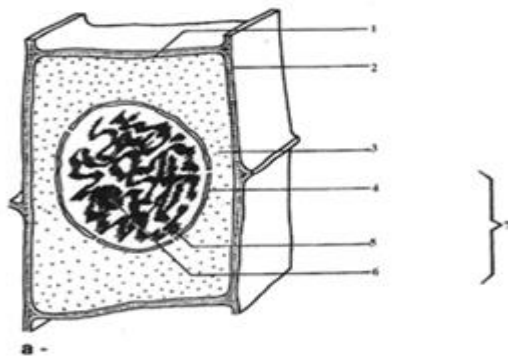
L'examen au microscope d'une racine d'ail montre qu'elle est constituée de cellules disposées en fils longitudinaux. Toutes ces cellules proviennent d'une cellule initiale par des mitoses successives. Elles présentent différentes phases de la mitose.

##### **a. La prophase**

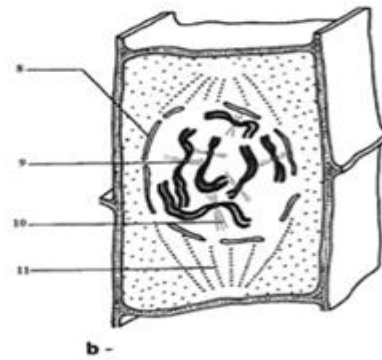
Phase la plus longue, elle est caractérisée par une individualisation progressive des chromosomes à partir de la condensation de la chromatine. Ainsi, les filaments chromosomiques longs et fins deviennent de plus en plus courts et épais, donnant des chromosomes. Chaque chromosome est ensuite fissuré longitudinalement en deux filaments : les chromatides. Celles-ci sont unies en un seul point non colorable appelé le centromère.

Par ailleurs, disparaissent l'enveloppe nucléaire et le nucléole.

Il se forme enfin un fuseau de division à partir des calottes polaires, provenant de la condensation cytoplasmique. Ses fibres n'étant pas colorables par les réactifs de la chromatine, le fuseau est dit achromatique.



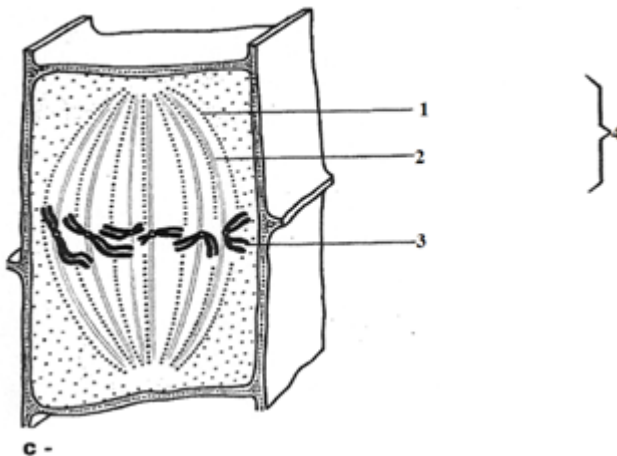
Dessin a:



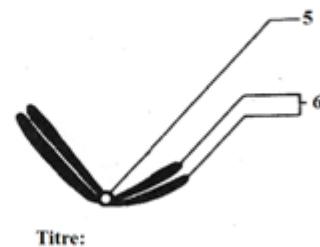
Dessin b:

### b. La métaphase

Elle suit immédiatement à la prophase. Elle est caractérisée par le regroupement des chromosomes dans le plan équatorial du fuseau de division, formant une figure dite plaque équatoriale.



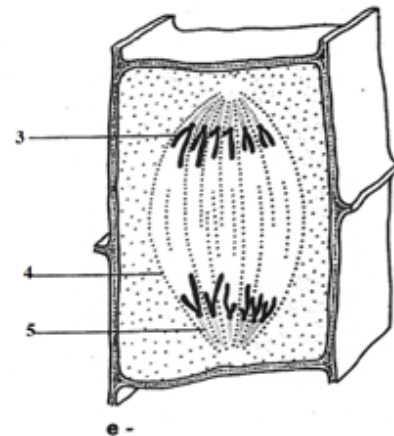
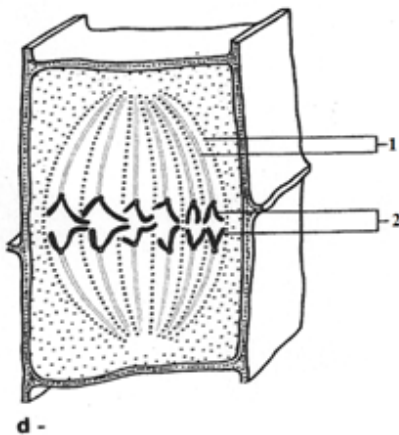
Dessin c:



### c. L'anaphase

Au cours de cette phase, chaque centromère se divise longitudinalement et libère les deux "chromatides-sœurs". Chacune devient, dès cet instant, un chromosome à part entière. On obtient alors deux "chromosomes-fils", strictement identiques, qui s'écartent l'un de l'autre en direction des pôles du fuseau par contraction des filaments fusoriaux : c'est l'ascension polaire. L'anaphase se caractérise donc par l'ascension polaire des deux lots de chromosomes.

En fin d'anaphase, les deux pôles possèdent deux lots équivalents de chromosomes ; la télophase commence.



**Dessin d:**

**Dessin e:**

### d. La télophase

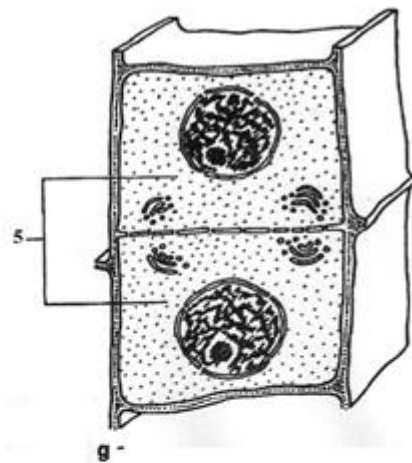
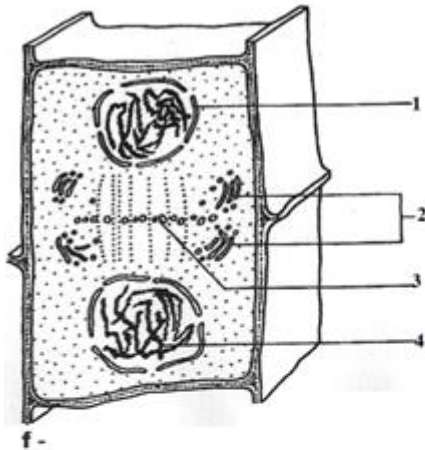
De durée sensiblement égale à la prophase, on y observe les phénomènes inverses de ceux de la première phase.

- ⇒ le fuseau de division disparaît ;
- ⇒ les chromosomes se despiralisent pour redonner une masse diffuse : la chromatine ;
- ⇒ l'enveloppe nucléaire (à partir du réticulum endoplasmique) et le nucléole (au niveau de certains chromosomes) réapparaissent ;

La caryocinèse est terminée. La formation de deux cellules filles est assurée par une division du cytoplasme (cytocinèse) qui résulte de la formation d'une nouvelle

paroi pectocellulosique à partir du phragmoplaste, à l'équateur de la cellule mère. Son élaboration commence par le centre puis évolue progressivement vers la périphérie : on parle de division centrifuge. Elle se fait par confluence de nombreuses vésicules golgiennes qui apportent les éléments nécessaires à son édification.

A la fin de la télophase, les deux cellules filles sont séparées et ont hérité chacune d'une quantité égale de cytoplasme.



Dessin f:

Dessin g:

## 2. Particularités de la cellule animale

L'observation de coupes transversales d'oviducte d'*Ascaris* permet d'observer les différentes phases du développement des œufs. Les phénomènes chromosomiques y sont rigoureusement identiques à ceux décrits pour la cellule végétale. Les seules différences se trouvent dans l'origine des fibres du fuseau de division et la division du cytoplasme.

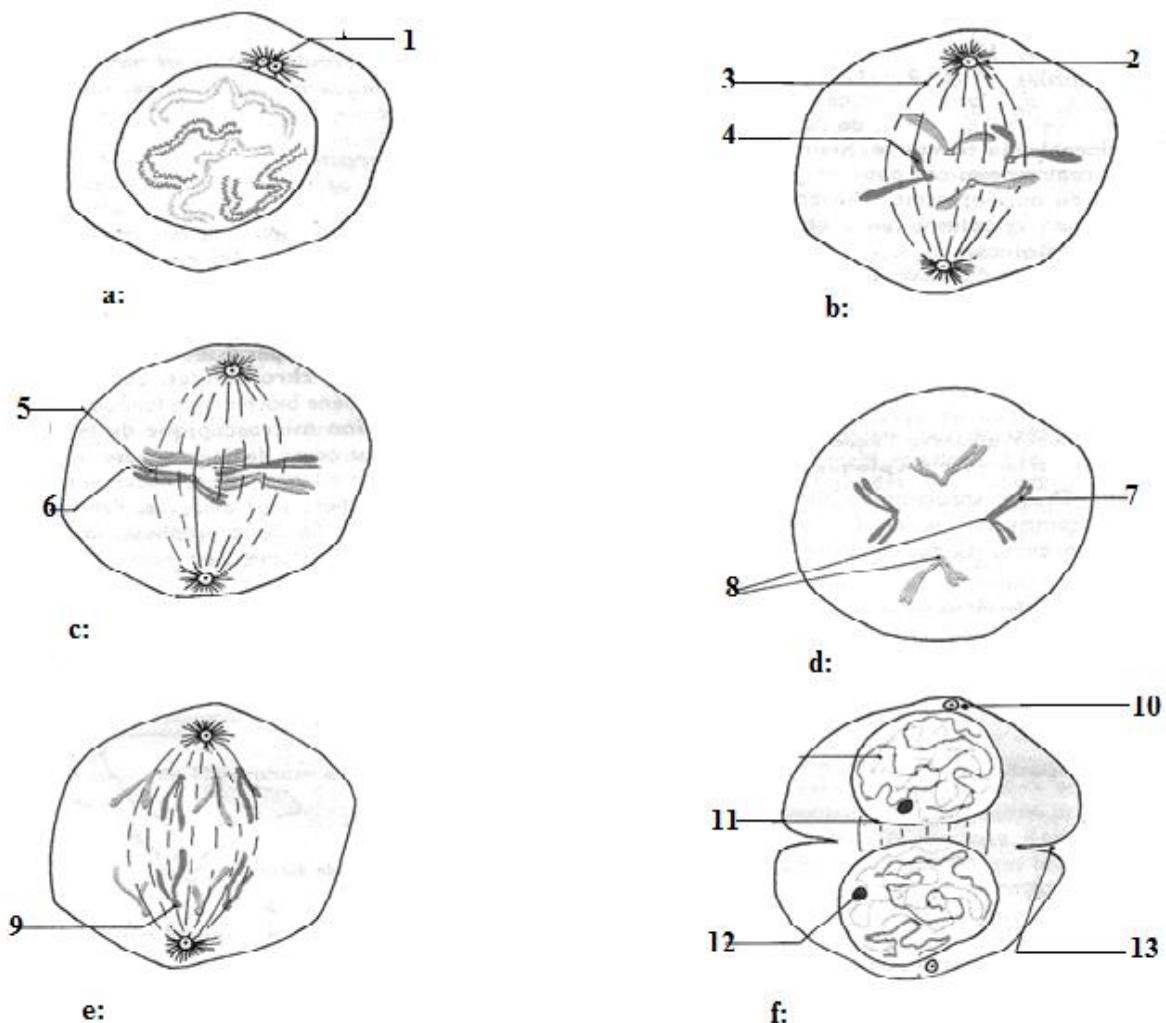
- Les fibres du fuseau de division se forment à partir du centrosome. A la prophase, cet organite se dédouble en deux " centrosomes-fils" qui migrent vers les deux pôles opposés de la cellule. Chacun s'entoure de fibres rayonnantes et forme une structure appelée aster. Les fibres issues de ces asters se joignent et constituent le fuseau de division. A la fin de la division, les asters redonnent de nouveaux centrosomes.

- La division du cytoplasme débute avec l'apparition du sillon de division, une invagination de la membrane cytoplasmique à l'endroit occupé précédemment par la plaque équatoriale : on parle de division centripète. La cellule semble donc subir un étranglement à partir duquel naîtront deux cellules filles identiques.

Pour les cellules animales, comme pour les cellules végétales, la mitose assure la production de deux « cellules-filles » ayant le même nombre de chromosomes que la cellule mère.

La division cellulaire est donc le processus par lequel une cellule donne naissance à deux « cellules-filles » ayant le même nombre de chromosomes, permettant ainsi la multiplication cellulaire.

Toutefois, le pouvoir de se diviser est réservé aux cellules embryonnaires. Cependant, chez les animaux adultes, la mitose est présente mais essentiellement destinée au remplacement des cellules usées (exemple : les cellules de la peau, des ongles) ; alors que chez les végétaux supérieurs, elle assure une croissance indéfinie.



Titre:

### Remarque

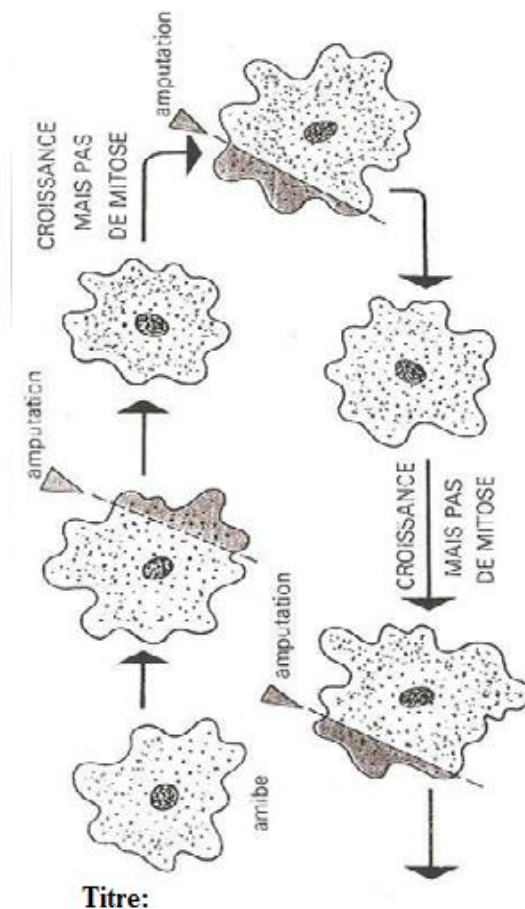
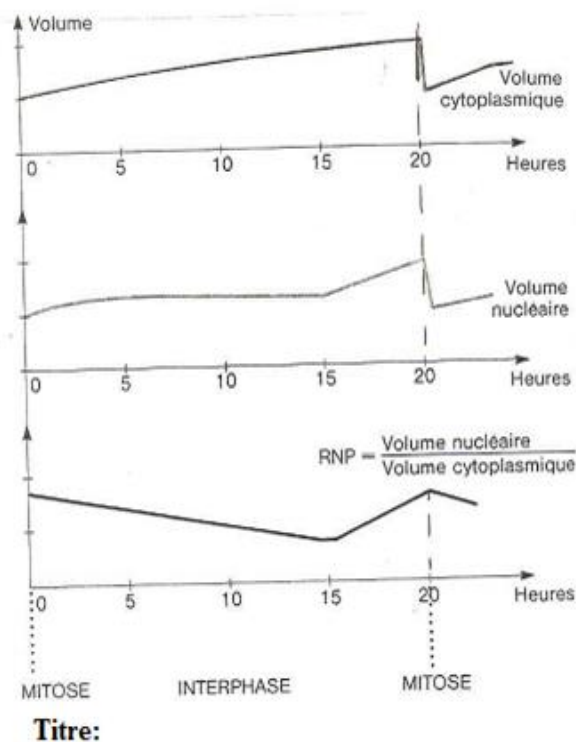
Les cellules nerveuses et musculaires ne se divisent jamais, ce qui signifie que toute perte est irréversible. Les hématies, aussi, ne se divisent pas.

### 3. Les facteurs déclenchant la mitose

#### a. Rapport nucléocytoplasmique

#### Expérience :

On prend une amibe qui se divise en deux cellules filles. Sur l'une des cellules on ampute régulièrement une partie du cytoplasme. On constate qu'elle croît mais ne se divise pas. Sur l'autre amibe qui se divise, on étudie l'évolution du volume cytoplasmique, nucléaire et du rapport nucléocytoplasmique. On obtient :



#### Analyse et interprétation :

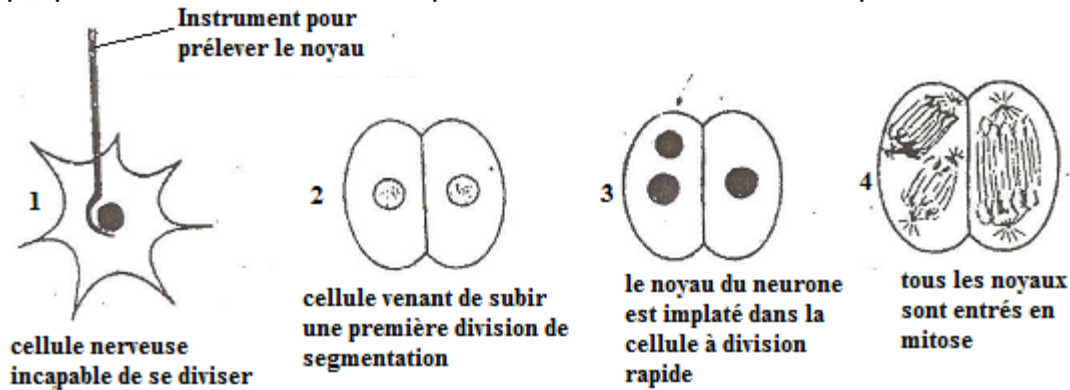
Pendant l'interphase on constate que la croissance du cytoplasme est plus rapide que celle du noyau, ce qui entraîne une baisse du rapport nucléocytoplasmique. Lorsque ce rapport atteint un seuil critique on constate une augmentation très rapide du volume nucléaire. Ainsi l'accroissement du volume du noyau tend à rétablir le rapport nucléocytoplasmique, c'est ce qui **déclenche la mitose**.

Donc il y'a un rapport idéal entre le volume du cytoplasme et celui du noyau, c'est ce qui explique que l'amibe régulièrement amputée ne se divise pas.

## b. Les signaux cytoplasmiques

### ➤ Expérience

Réalisons une expérience de transplantation nucléaire qui consiste à transférer le noyau d'un neurone (cellule nerveuse incapable de se diviser) dans le cytoplasme d'une cellule embryonnaire (cellule à division rapide).



### ➤ Analyse et interprétation

On constate que le noyau de la cellule nerveuse qui ne se divisait pas entre en division en même temps que le noyau de la cellule embryonnaire.

Donc l'entrée en mitose noyau de la cellule nerveuse s'explique par l'existence de **signaux cytoplasmiques** qui sont déclencheraient la mitose et qui n'existent pas chez la cellule nerveuse.

### Remarque :

Il existe des inhibiteurs de la mitose. Le 5-bromodésoxyuridine empêche la duplication de l'ADN, la podophylline empêche la formation de fuseau achromatique et la cystéamine empêche la division du cytoplasme.

Cependant des substances comme la colchicine double le nombre de chromosome de la cellule.

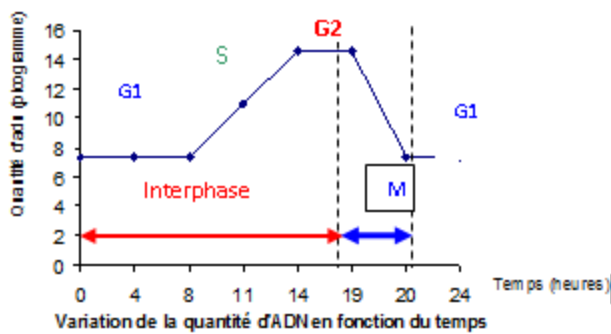
## II. Le cycle cellulaire

Le cycle cellulaire est l'ensemble des événements successifs qui partant d'un état de la cellule ramènent au même état dans la génération suivante. Sa durée est caractéristique des espèces et des types de cellules.

### 1. Evolution de la quantité d'ADN

Un dosage de la quantité d'ADN d'une cellule humaine au cours d'un cycle cellulaire a permis d'obtenir les résultats suivants

| Temps (heures)              | 0   | 4   | 8   | 11 | 14   | 19   | 20  | 24  |
|-----------------------------|-----|-----|-----|----|------|------|-----|-----|
| Quantité d'ADN (picogramme) | 7.3 | 7.3 | 7.3 | 11 | 14.6 | 14.6 | 7.3 | 7.3 |



## Analyse

Cette courbe peut être divisée en quatre phases :

- une première partie qui va de 0 à 8h pendant la quelle la quantité d'ADN reste constante à 7,3 picogramme ;
- une deuxième partie qui va de 8h à 14h durant la quelle la quantité d'ADN double en passant de 7,3 à 14,6 picogramme ;
- une troisième partie allant de 14h à 19h au cours de laquelle la quantité d'ADN est maintenue à 14,6 picogramme ;
- une quatrième partie allant de 19h à 20h pendant laquelle la quantité d'ADN est réduite de moitié pour retourner à sa quantité initiale.

## Interprétation

- la première partie correspond à la phase de croissance de la cellule (**G1**, c'est-à-dire **Gap 1** ou **Growth 1**) au cours de laquelle la cellule augmente son volume alors que sa quantité d'ADN reste constante.
- la deuxième partie correspond au dédoublement de la quantité d'ADN qui est la **réplication** de l'ADN, c'est la phase de **S (synthèse)**.
- La troisième partie **G2**, correspond également à la croissance cellulaire qui avait déjà débuté en **G1**. La cellule a une quantité d'ADN doublée.
- La quatrième partie correspond à la **mitose (M)** au cours de laquelle la quantité d'ADN est réduite de moitié.

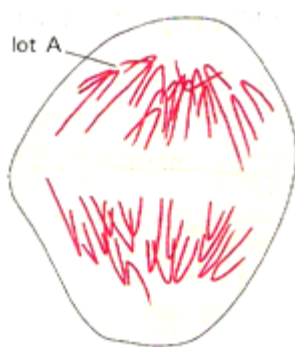
## Conclusion

La mitose permet la multiplication cellulaire, d'une part et d'autre part, la répartition de la quantité d'ADN dans les deux « cellules-filles ». Chacune d'elles possède des chromosomes en nombre égal et est constituée par la même quantité d'ADN que la cellule mère, d'où le nom de mitose équationnelle qu'on lui donne.

### Exercice 1 :

La figure 1 présente l'observation microscopique d'une cellule de racine d'oignon en division dont les chromosomes ont été représentés. Ce végétal possède 8 paires de chromosomes ( $2n = 16$ ).

- 1- A quel moment de la division se situe cette observation ?
- 2- Schématiser cette phase de la division en limitant le nombre de chromosome à  $2n = 6$ .
- 3- Quand on observe une coupe d'extrémité de racine d'oignon, on voit de nombreuses cellules en interphase ou en prophase ; en revanche, les figures de métaphase sont nettement plus rares. Comment peut-on expliquer cette observation ?



**Figure 1** : schéma d'une cellule de racine d'oignon en division

### Exercice 2 :

Le dosage de la quantité d'ADN contenue dans le noyau puis dans chacun des lots de chromosomes présents dans une cellule en division (cellule de l'extrémité d'une racine de pois) a donné les résultats consignés dans le tableau ci-dessous.

- 1- Tracer la courbe d'évolution du taux d'ADN en fonction du temps.
- 2- Sachant que, pour ces cellules, la mitose dure environ une heure, que la prophase et la métaphase représentent 75 % du temps de la division, indiquer sur le graphe le début et la fin d'une mitose.
- 3- Evaluer la durée d'un cycle cellulaire.
- 4- Interpréter les variations de taux observées entre la 2<sup>ème</sup> et la 14<sup>ème</sup> heure.

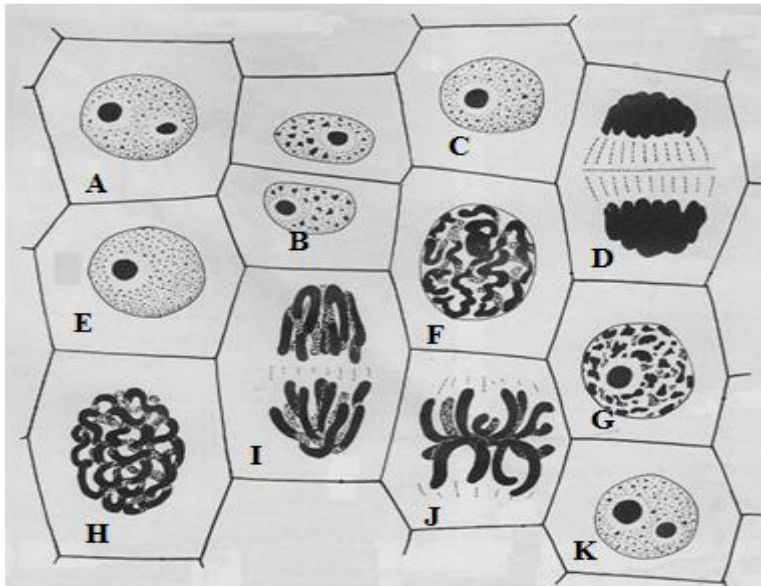
**Tableau :**

| Temps           | 0 | 1 | 1h 45 | 1h 50 | 3h | 5h 30 | 7h | 9h | 10h | 12h | 13h 45 | 13h 50 | 15h |
|-----------------|---|---|-------|-------|----|-------|----|----|-----|-----|--------|--------|-----|
| Quantité d'ADN? | 8 | 8 | 8     | 4     | 4  | 4     | 5  | 7  | 8   | 8   | 8      | 4      | 4   |

\*Unités arbitraires

### Exercice 1 :

Les schémas ci- dessous représentent l'évolution d'une cellule à différents moments.

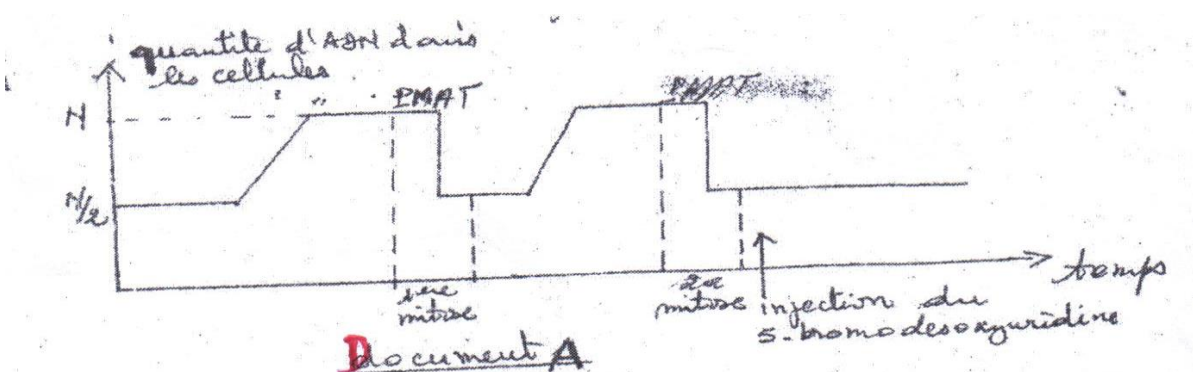


- 1°) Nommez ces différentes phases et Classez les dans l'ordre chronologique.
- 2°) Donnez la nature de la cellule en se basant sur la mitose.
- 3°) Schématisez la figure c en prenant  $2n = 6$ .

### Exercice 3

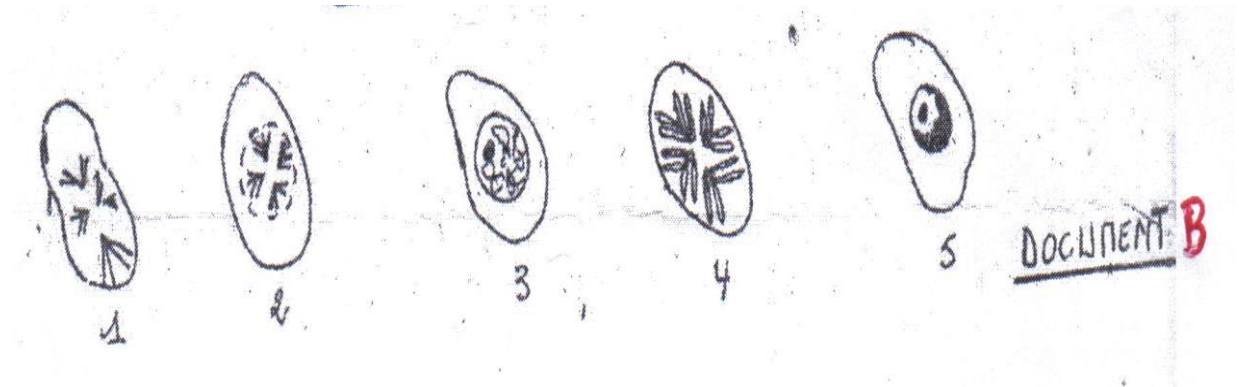
On étudie l'action de trois inhibiteurs de la mitose : la **bromodésoxyuridine**, la **podophylline** et la **cystéamine**.

- 1- On dose l'ADN présent dans les cellules au cours de plusieurs divisions successives. Après la 2<sup>ème</sup> division, on injecte du **5-bromodésoxyuridine**, on obtient le **document 1**.



### DOCUMENT 1 :

- 1-1 Expliquer les courbes obtenues lors des 2 premières mitoses.
- 1-2 Comment agit la bromodésoxyuridine. Avancez une hypothèse permettant d'expliquer son mode d'action.
- 2- On traite la cellule en division avec la **podophylline**. On observe au microscope optique les étapes de la division cellulaire présentées sur le **document 2** dans l'ordre chronologique ( $2n = 4$ ).



### DOCUMENT 2:

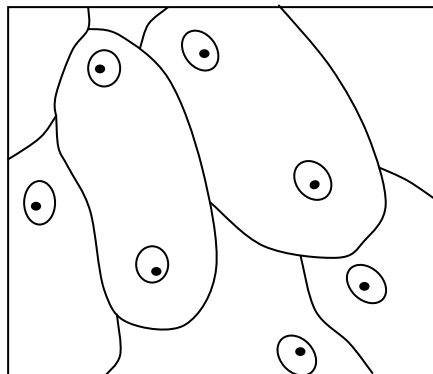
2-1 Classer ces étapes dans l'ordre chronologique.

2-2 Quelle est l'action de la podophylline ? Avancez une hypothèse permettant d'expliquer son mode d'action.

2-3 Quels sont les caractères du noyau de la cellule 4 ?

3-On traite des cellules en division avec la cystéamine. Le document 3 montre l'aspect des cellules observées.

Quelle est l'action de la cystéamine ?



DOCUMENT C :

## **Leçon 8. LES CHROMOSOMES**

Au cours de la vie cellulaire, la chromatine se différencie et change d'aspect. En effet, pendant l'interphase, elle est formée de filaments très fins enchevêtrés ; au début de la mitose, elle se condense pour former des chromosomes. Ces derniers sont donc des structures nucléaires permanentes dans les cellules. Le nombre de chromosomes est parfois élevé dans une cellule si bien que les étudier devient difficile.

Quelle est donc la méthode d'étude des chromosomes ? Quelles sont leur composition et leur structure ? Que nous rapporte l'étude des chromosomes ?

### **I. Méthodes et techniques d'études des chromosomes**

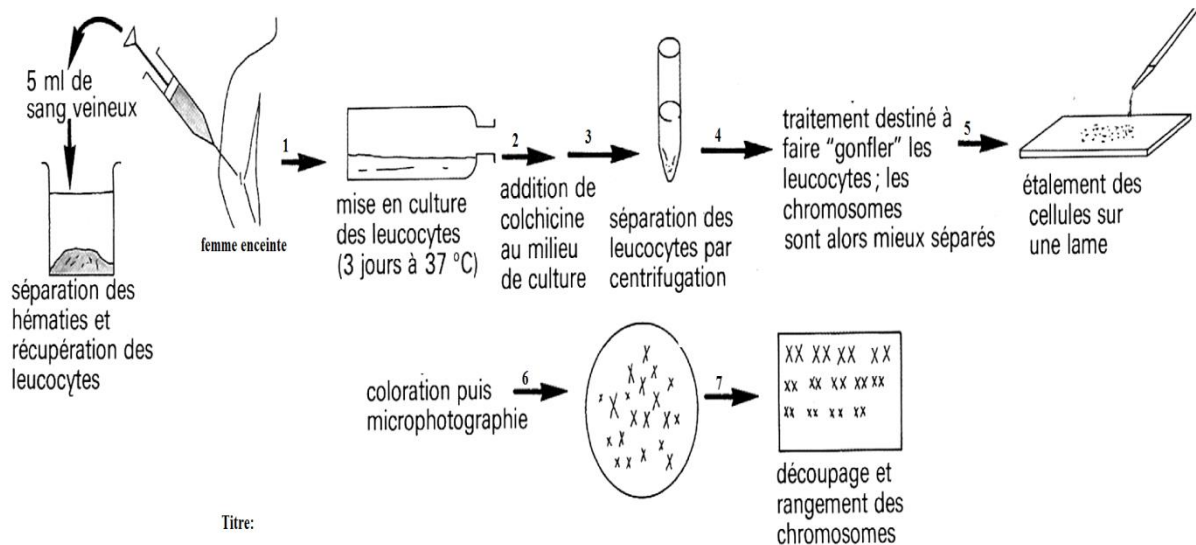
#### **1. Méthode d'étude des chromosomes**

Pour étudier les chromosomes, on peut utiliser des cellules en mitose spontanées ou des cellules en culture. Dans le deuxième cas, la technique peut se résumer en quelques étapes:

- **Prélèvement des cellules** : Des cellules sont prélevées soit de la peau, soit du sang (globules blancs), soit du liquide amniotique...
- **Mise en culture** : les cellules prélevées sont placées dans un milieu contenant des substances comme la phytohémagglutinine qui stimulent la mitose.
- **Blocage des mitoses** : Pour bloquer des cellules en mitose, on peut ajouter des substances comme la colchicine dans le milieu de culture. Ces substances inhibent la formation des fibres du fuseau achromatique, arrêtant ainsi la mitose en métaphase. A ce stade, les chromosomes sont plus nets.
- **Éclatement des cellules** : Les cellules sont placées dans un milieu hypotonique. Elles se gorgent d'eau et éclatent sous l'effet de la turgescence. Les chromosomes métaphasiques se dispersent et s'étalent. On parle de choc hypotonique.
- **Fixation et coloration des chromosomes** : Les chromosomes sont fixés par des mélanges d'alcool, de chloroforme et d'acide acétique. Ces

chromosomes fixés sont ensuite colorés par des substances appropriées qui permettent d'obtenir des bandes sombres séparées de zones claires

- **Observation et microphotographie** : Une observation microscopique permet de voir les chromosomes qui sont ensuite microphotographiés puis agrandis.



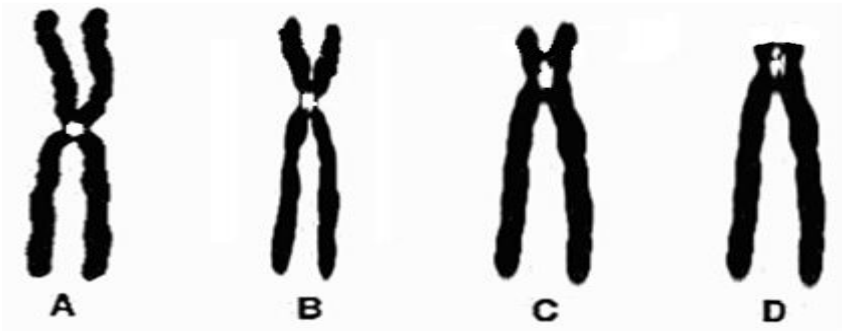
## 2. Forme des chromosomes

A la métaphase, chaque chromosome apparaît formé de deux chromatides identiques reliées entre elles par le centromère. Chaque chromatide est composée de deux bras : un bras court « p » (au dessus par convention) et d'un bras long « q » (en dessous) situés de part et d'autre du centromère. En fonction de la position du centromère, on peut distinguer plusieurs types de chromosomes :

- les **chromosomes métacentriques** (médio-centriques) : le centromère occupe une position centrale (position médiane) avec deux bras de longueur à peu près égale pour chaque chromatide.
- les **chromosomes submétacentriques** : le centromère divise la chromatide en 2 bras inégaux : un bras court p, un bras long q.

-les chromosomes **acrocentriques** : le centromère est près de l'extrémité du chromosome (il est terminal) avec un bras très court et un bras très long.

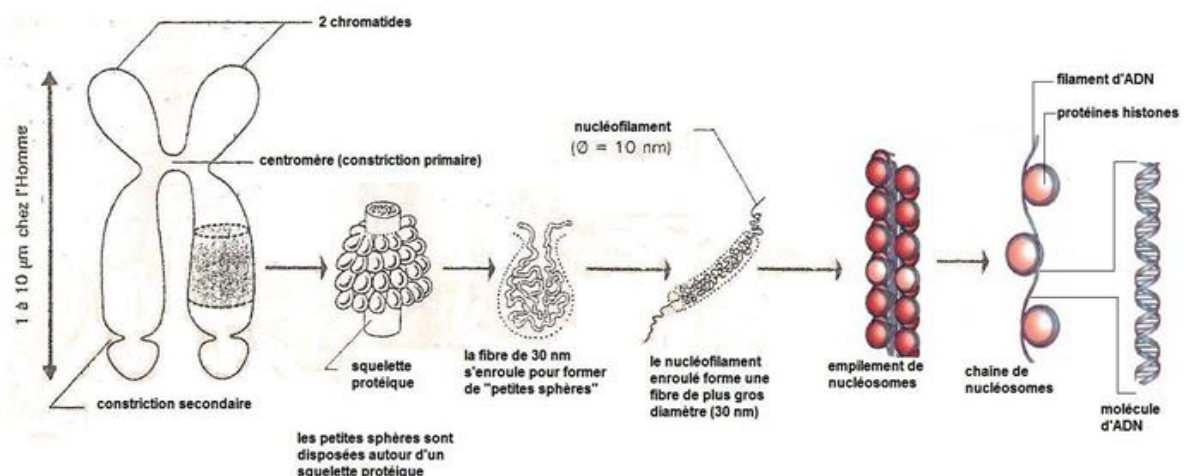
-les chromosomes **télocentriques** : le centromère est tout à fait au bout d'une extrémité (proche des télomères).



**Titre:**

### 3. Structure des chromosomes

L'analyse des chromosomes montre que chaque chromatide est constituée d'une seule chaîne de nucléosome c'est-à-dire un filament d'ADN qui s'enroule autour de protéines spéciales appelées histones. L'assemblage en nucléosome forme un filament cylindrique (de 10 nm de diamètre) appelé nucléofilament. L'empilement du nucléofilament (enroulé en un fil de 30 nm de diamètre) donne la fibre de chromatine qui se condense en des boucles disposées autour d'un squelette protéique (non histones) formant ainsi le bras d'une chromatide.



**Titre:**

**Remarque :** Les chromosomes visibles pendant les périodes de division cellulaire semblent disparaître pendant l'interphase. Or les colorants utilisés pour mettre

en évidence la chromatine interphasique sont les mêmes que ceux qui colorient les chromosomes mitotiques. Donc chromatine et chromosomes ont la même structure dont l'ossature de base est la chaîne nucléosomique.

A l'interphase, les filaments de chromatine sont légèrement condensés donc très fins. Au cours de la mitose, l'apparition des chromosomes correspond à une condensation par spiralisation des nucléofilaments.

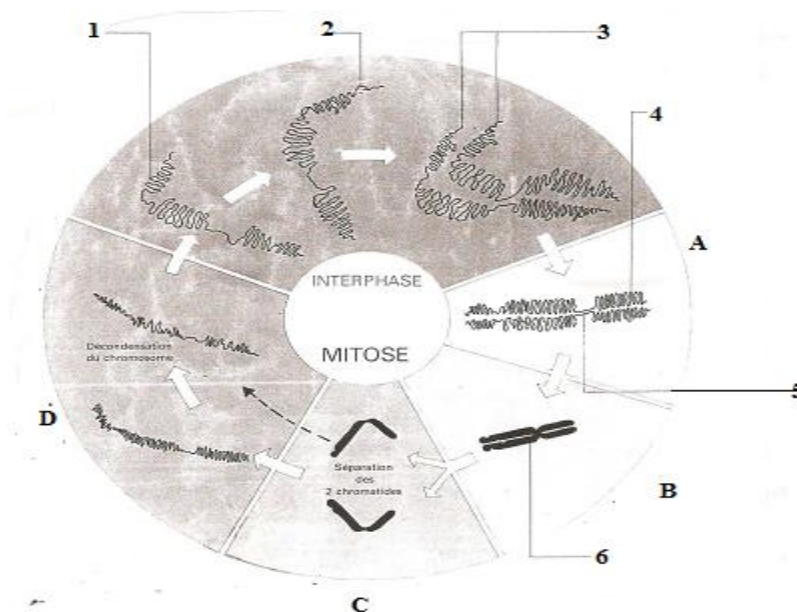
#### 4. Le cycle des chromosomes

Pendant l'interphase la chromatine s'organise en chromatides déroulées et invisibles. Chaque chromatides se duplique et donne deux chromatides invisibles. En début de la prophase on observe un enroulement des chromatides qui aboutit en fin de prophase à la formation de chromosomes individualisés et visibles.

En métaphase les chromosomes s'enroulent d'avantage et deviennent plus courts et plus nets.

En anaphase le clivage du centromère du chromosome aboutit à la séparation des deux chromatides.

A la télophase les chromatides se déroulent pour donner la chromatine de départ.



## **II. Formule chromosomique d'une espèce**

### **1. Formule chromosomique**

Elle s'obtient en comptant le nombre de chromosomes. Ce décompte montre que les chromosomes d'une espèce sont généralement en nombre paire et identiques 2 à 2.

Dans l'espèce humaine, on dénombre normalement 46 chromosomes identiques deux à deux.

La formule chromosomique est exprimée conventionnellement par  $2n$  chromosomes,  $n$  étant le nombre de paires. Soit  $2n=46$  chromosomes pour l'espèce humaine.

Au sein d'une même espèce, quelle que soit l'appartenance et l'origine des individus, ils présentent toujours le même nombre de chromosomes qui caractérise cette espèce.

Par contre, le nombre de chromosomes varie d'une espèce à l'autre.

Exemple :  $2n=40$  pour la souris ;  $2n=48$  pour la pomme de terre et  $2n=46$  pour l'oignon.

Ainsi, le nombre de chromosomes caractéristique d'une espèce ne dépend ni de la taille, ni du degré d'évolution des espèces.

Exemple : la paramécie présente plusieurs centaines de chromosomes, alors que l'homme n'a que 46 chromosomes.

### **2. Caryotype**

#### **a. Notion de caryotype**

Le caryotype est l'arrangement de l'ensemble des chromosomes d'une cellule, classés par paires suivant leur ordre de taille décroissante, la position du centromère et les bandes de coloration.

Le caryotype permet de détecter les aberrations chromosomiques ou d'identifier le sexe de l'individu.

#### **b. Caryotypes Normaux**

Si on compare les caryotypes de l'homme et de la femme, on constate qu'il y a une légère différence. Ainsi, dans les sexes il existe 22 paires de chromosomes rigoureusement identiques (les autosomes), la 23ème paire (les chromosomes sexuels ou gonosomes ou hétérochromosomes) est différente. Chez la femme, cette 23ème paire est formée de deux chromosomes identiques (XX) ; chez l'homme, l'un d'eux est un grand chromosome identique aux gonosomes de la femme (X) et le second est beaucoup plus petit (Y).

En effet, le caryotype de l'homme est  $44 \text{ autosomes} + XY$  et celui de la femme est  $44 \text{ autosomes} + XX$ .

#### **Remarque**

La femme est dite homogamétique car ses deux gonosomes X sont identiques, alors que l'homme est dit hétérogamétique car ses deux gonosomes X et Y sont différents.

### c. Caryotypes anormaux

Les anomalies chromosomiques provoquent des maladies graves chez l'homme. Elles peuvent porter aussi bien sur la structure que sur le nombre de chromosomes.

## III. Les anomalies chromosomiques

Ces anomalies peuvent conserver les autosomes comme les gonosomes.

### a) La trisomie 21 ou syndrome de Down ou mongolisme

La trisomie 21 est due à l'existence d'un troisième chromosome surnuméraire au niveau de la 21<sup>e</sup> paire, d'où son nom.

Les sujets atteints ont un âge mental ne dépassant pas 6 ou 7 ans et présentent un retard de croissance accompagné de traits physiques particuliers : mains courtes à paumes présentant un pli unique transversal, yeux obliques vers le bas.

### Remarque

La plupart des trisomies ne sont pas viables et conduisent à des avortements précoces spontanés. Cependant, quelques unes sont tolérées jusqu'au terme de la grossesse.

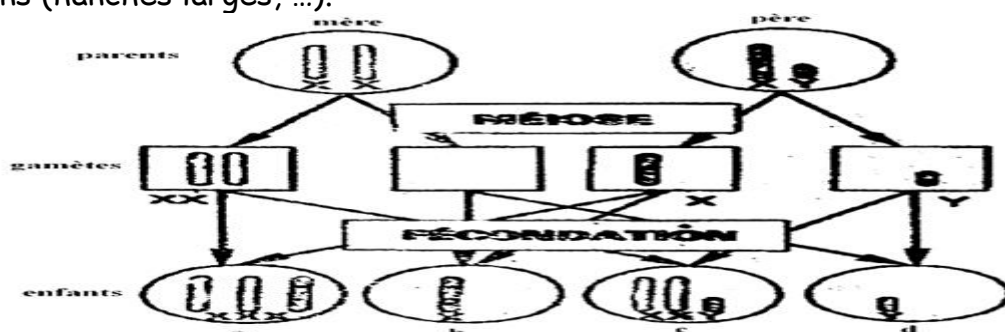
Certaines, comme la trisomie 13 et 18, entraînent rapidement la mort de l'enfant. D'autres, comme la trisomie 8, n'entraînant que des handicaps plus légers, sont compatibles avec la vie.

### b) Le syndrome de Turner ou monosomie X

Le syndrome de Turner se caractérise par la présence d'un seul gonosome X, au lieu de deux, au niveau de la 23<sup>e</sup> paire. Par conséquent, il n'affecte que des sujets féminins. Ces derniers sont de petites tailles, stériles et leurs caractères sexuels secondaires ne se développent pas ou peu.

### c) Le syndrome de Klinefelter

Le syndrome de Klinefelter affecte des sujets masculins et est dû à la présence d'un chromosome surnuméraire X. Leur caryotype s'écrit alors 44 autosomes + XXY. Les sujets atteints sont stériles et présentent à la fois des caractères sexuels masculins (grande taille, épaules larges, ...) et des caractères sexuels féminins (hanches larges, ...).



### 3.3.1 Anomalies liées à la structure des chromosomes

#### a) La délétion

La délétion est la perte d'un fragment de chromosome. Elle se traduit de façon différente selon le chromosome qui est affecté.

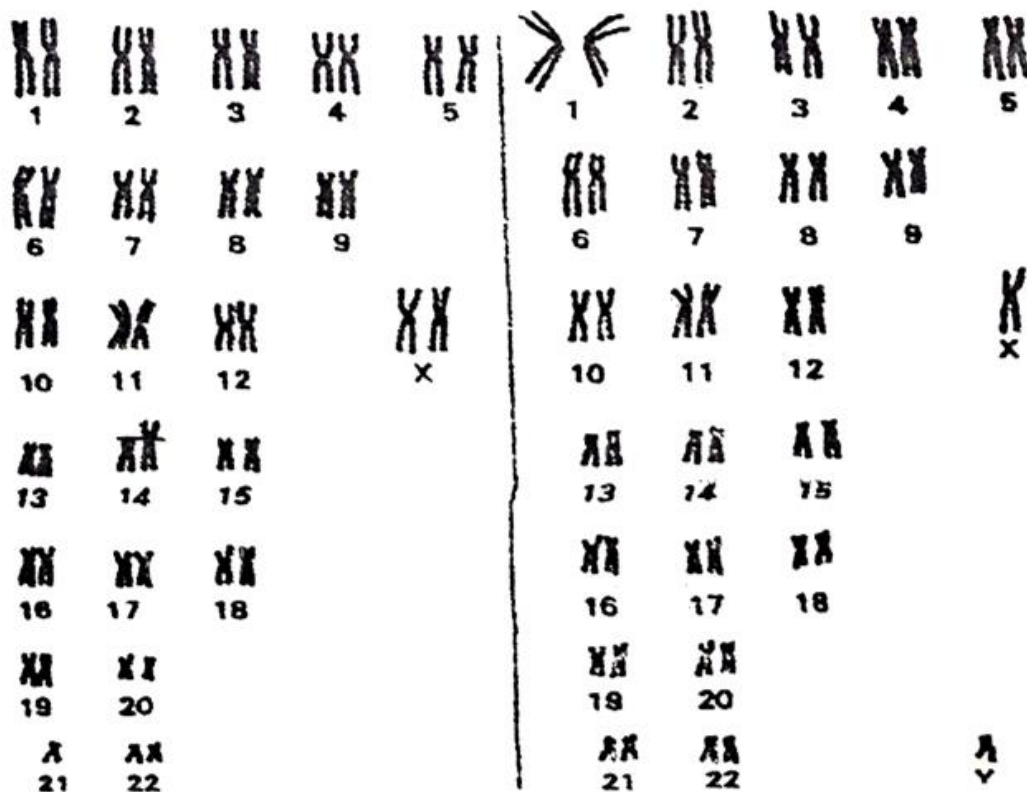
Par exemple, la délétion du bras court du chromosome de la 5<sup>e</sup> paire entraîne, entre autres, une débilité mentale importante et une maladie appelée « maladie du cri du chat » car le sujet atteint émet des sortes de miaulements. Par contre, la délétion du bras court du chromosome de la 18<sup>e</sup> paire entraîne des anomalies oculaires, des malformations du visage et un retard mental.

#### b) La translocation

La translocation est un remaniement structural inhabituel qui résulte d'un transfert de fragment ou de chromosome entier sur un autre chromosome.

Il existe deux types de translocation : la translocation réciproque et la translocation Robertsonienne.

Dans les deux cas, le sujet atteint est normal car son caryotype est complet, seuls les chromosomes sont réorganisés.



Caryotype d'une femme normale avec translocation 14-21 .

Caryotype d'un homme normal

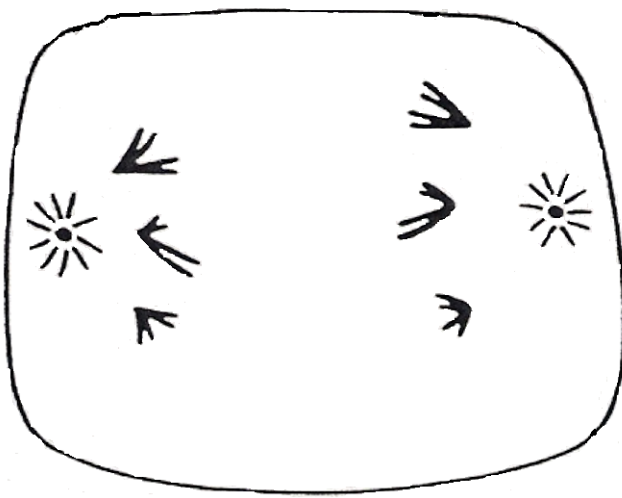
| Anomalie chromosomique                   | Fréquence moyenne | Conséquences au niveau de l'organisme                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Trisomie 21                              | 1/700             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Repli vertical de la paupière près du nez.</li> <li>- Handicap mental plus ou moins important.</li> <li>- malformation des organes internes notamment du coeur.</li> </ul> |
| Trisomie 18                              | 1/3500            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Affecte l'ensemble des organes</li> <li>-Les enfants n'atteignent pas l'âge de un an</li> </ul>                                                                            |
| Trisomie 13                              | 1/5000            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- malformations des yeux, du cerveau, du système vasculaire...</li> <li>- Espérance de vie : 130 jours en moyenne.</li> </ul>                                                |
| Syndrome de Turner (1 seul chromosome X) | 1/5000            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Femme de petite taille (moins de 1,50 m) et stérile (pas de caractères sexuels secondaires, pas de règles)</li> <li>- Intelligence normale</li> </ul>                      |
| Syndrome de Klinefelter (XXY)            | 1/800             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Homme stérile (organes génitaux atrophiés)</li> <li>- Intelligence inférieure à la moyenne</li> </ul>                                                                      |

### Conclusion

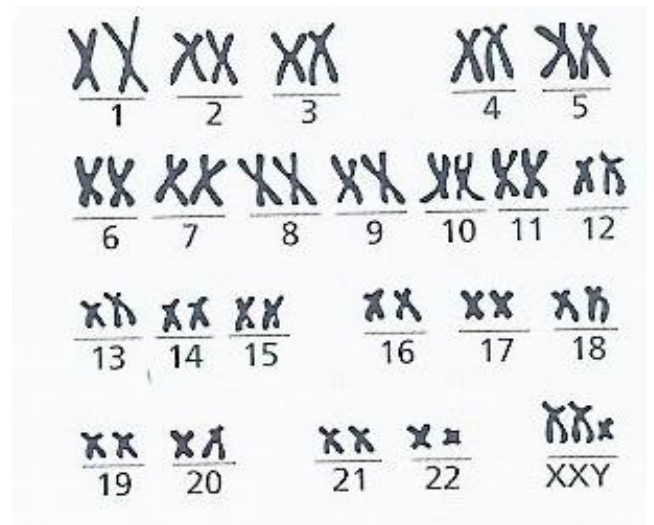
Les chromosomes sont des structures complexes. Ils assurent la transmission de l'information génétique et permettent de déterminer le caryotype d'une espèce, de déceler certaines maladies dues à des anomalies chromosomiques.

### Exercice 2 : (2 points)

Une amniocentèse a permis d'établir le caryotype d'un fœtus présenté dans le document 2. Ce caryotype présente une anomalie, préciser la nature et donner un autre exemple de nature différente.



Document 1



Document 2