

COMPLEXE

SCOLAIRE

NANDABA

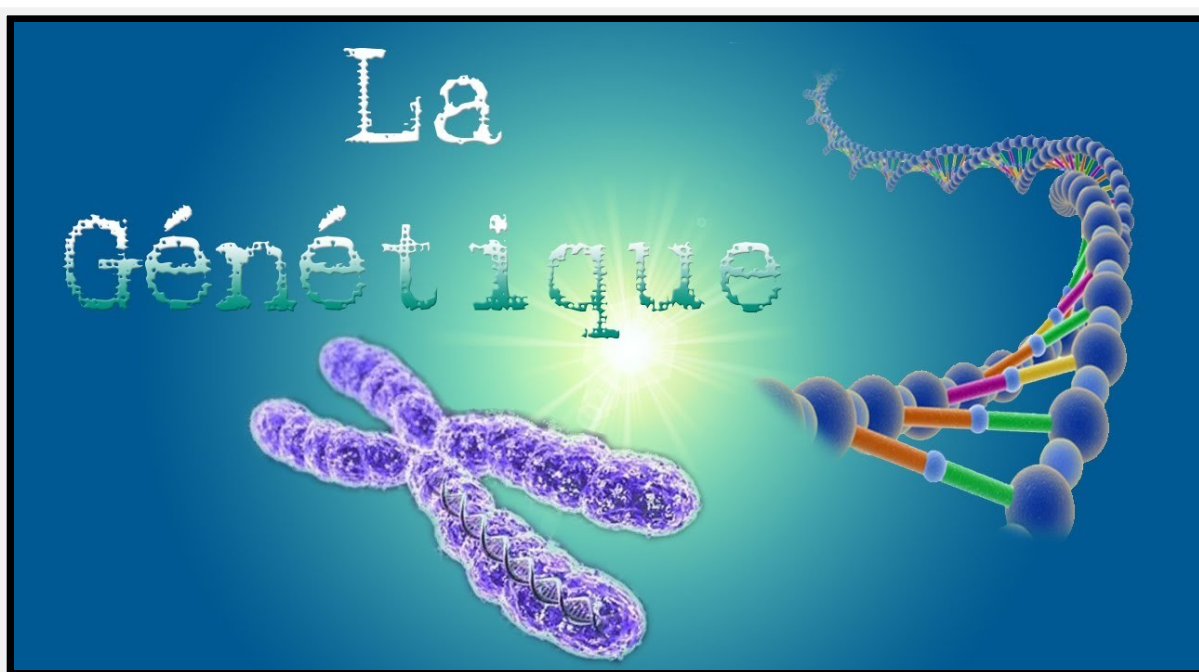
Faire de l'apprenant un génie

Sciences de la Vie et de la Terre

Tle D

KABOUMBA Lin – Enni M. / 98 27 01 8

09/11/2020



Nom de l'apprenant:

Prénoms de l'apprenant:

Classe:

Nom de l'apprenant :

Prénoms de l'apprenant :



PROGRAMME DES S.V.T

Classe : TD

Durée : 6h/semaine.

I- La cellule et quelques aspects de la biologie cellulaire

1- Organisation de la cellule.....	3
2- Biologie cellulaire.....	25
3- Les divisions cellulaires (mitose et méiose).	37

II- Reproduction des êtres vivants.

1- Gamétogenèse et fécondation.	54
2- Reproduction chez les mammifères.	66
3- Reproduction chez les spermaphytes.	93

III- Génétique.

1- Introduction à la génétique.	107
2- Les lois de la transmission des caractères héréditaires.	109
3- L'hérédité humaine.	122
4- Les étapes récentes de la génétique.	

IV- Physiologie.

1- Organisation générale du système nerveux des mammifères.	142
2- Tissu nerveux et ses propriétés.	146
3- Rôle du système nerveux dans le comportement moteur d'un animal.	162
4- Le muscle strié squelettique.	170
5- L'activité cardiaque.	183
6- L'œil et la vision.	195
7- Les relations hormonales.	212
8- Le sang et le milieu intérieur.	221

ORGANISATION GENERALE DE LA CELLULE

Les objectifs pédagogiques

L'élève doit être capable de :

- 1- Définir une cellule.
- 2- Comparer un microscope optique et un microscope électronique.
- 3- Identifier les organites cellulaires, réaliser le schéma de leur ultrastructure et dire leurs rôles.
- 4- Comparer une cellule animale et une cellule végétale vues aux microscopes optiques et électroniques.
- 5- Localiser les acides nucléiques dans la cellule.
- 6- Comparer l'ADN et l'ARN.
- 7- Décrire le mécanisme de la protéosynthèse.
- 8- Réaliser une corrélation fonctionnelle entre les organites cellulaires.

Introduction

Tout être vivant est constitué de cellules. La cellule est la plus petite partie de la matière vivante capable d'accomplir toutes les fonctions liées à la vie (les fonctions vitales) telles que la respiration, la digestion, la reproduction, l'excrétion

C'est l'unité structurale et fonctionnelle des êtres vivants.

Il existe des êtres vivants unicellulaires et êtres vivants pluricellulaires.

La cytologie est la science qui étudie les cellules. Cette étude nécessite des techniques et des appareils grossissants.

I- Les appareils d'étude de la cellule. (Fig. 1 et 2 P4)

Les microscopes sont des appareils qui permettent d'avoir une image agrandie d'un objet invisible à l'œil nu. Il existe deux types de microscope :

- Le microscope optique ou photonique ou ordinaire.
- Le microscope électronique.

Microscope Caractéristique	Photonique	Electronique
Faisceau	Lumineux	D'électrons
Lentilles	Optique	électrique
Pouvoir séparateur	0,1 μ m ou 10 ⁻⁴ m	0,001 μ m ou 10 ⁻⁶ m
Grossissement maximal	25 à 1500 fois	500.000 à 1.000.000 fois
Milieu de montage	Un liquide	Objet placé sous vide et déshydraté
Observation vitale	Possible	Impossible
Image	Observable directement ou sur plaque photographique	Observable indirectement ou sur écran fluorescent ou plaque photographique.

Tableau comparatif d'un microscope optique et d'un microscope électronique

II- Méthodes d'études de la cellule. (Fig.4 et 5 P4)

Pour étudier les cellules, on utilise quatre méthodes : la coloration, la fixation l'autoradiographie et le fractionnement cellulaire.

1- La coloration.

La coloration a pour but de faire apparaître d'éventuelles structures ou organites qui ne seraient pas visible sans cette opération. Les colorants vitaux sont des substances qui ne tuent pas les cellules. Les plus utilisés sont :

- **bleu de méthylène** : il colore le noyau en bleu.
- **Le rouge neutre** : c'est un colorant de la vacuole. Il colore la vacuole en rouge.
- **Le vert de méthyle et la pyronine** : le vert de méthyle colore le nucléoplasme en vert. La pyronine colore le cytoplasme et le nucléole en rouge.

2- La fixation.

Les fixateurs sont des substances qui tuent les cellules. Les plus utilisés sont : l'eau iodée, le formol, le tétroxyde d'osmium et l'acide acétique.

3- L'autoradiographie.

Elle consiste à traiter un tissu avec une substance marquée par un élément radioactif et à suivre l'évolution de la radioactivité dans ce tissu en faisant des microphotographies. La substance radioactive émet des rayonnements β capable d'impressionner une émulsion photographique en ne laissant des taches noires après fixation.

4- Le fractionnement cellulaire.

Il consiste à broyer les cellules et à soumettre le broyat à une ultracentrifugation différentielle ; ce qui permet de séparer les constituants cellulaires en catégories par catégories et de les utiliser.

III- Observation des cellules au microscope optique.

Cette observation s'effectue aussi bien sur les cellules animales que sur les cellules végétales.

A- Observation des cellules végétales.

1°) Les cellules épidermiques d'un bulbe d'oignon. (Fig. 6 P5)

On détache des fragments d'épiderme d'un bulbe d'oignon sur la face interne d'une écaille. Chaque fragment est monté entre lame et lamelle dans une solution après coloration ou non.

- Au faible grossissement dans une solution de Ringer et sans coloration, on observe au microscope, de petites cellules polyédriques, plus longues que larges et accolées les unes aux autres. A l'intérieur de chaque cellule, on trouve une zone réfringente : c'est le noyau (fig.a).
- Au fort grossissement sans coloration et dans une solution de Ringer, chaque cellule est entourée par une paroi pecto-cellulosique. Cette paroi délimite un cytoplasme. Le noyau est délimité par une membrane nucléaire et contient un ou des nucléoles (fig.b).
- Au fort grossissement après coloration au rouge neutre, on observe au centre de chaque cellule, de grosses vacuoles colorées en rouge. Le cytoplasme périphérique contient de nombreuses granulations (fig c).
- Au fort grossissement après coloration à l'eau iodée, on observe dans le cytoplasme de chaque cellule des mitochondries et des gouttelettes d'huile (fig d).
- Au fort grossissement et après séjour dans une solution hypertonique (solution de saccharose à 40%) et dans une solution de rouge neutre, les vacuoles des cellules se rétrécissent ce qui provoque le décollement de la membrane plasmique de la paroi (fig.e).

2°) les cellules d'une jeune feuille d'élodée. Fig.7 P6

On monte un fragment d'une jeune feuille d'élodée entre lame et lamelle dans une solution de rouge neutre. Au microscope, on observe dans le cytoplasme des cellules, des corpuscules ovoïdes colorés en vert : ce sont des chloroplastes. Ces derniers sont animés d'un mouvement de cyclose dans le cytoplasme.

3°) Les cellules de la pulpe de banane mure. Fig.7 P6

Un fragment de pulpe de banane mure est monté entre lame et lamelle dans une goutte d'eau iodée. Au microscope, on observe dans les cellules de gros grains allongés colorés en bleu violet : ce sont des amyloplastes contenant des grains d'amidon.

4°) Les cellules de la pulpe de tomate. Fig.7 P6

Un fragment de pulpe de tomate mure est monté entre lame et lamelle au microscope dans une goutte d'eau. On observe dans le cytoplasme des cellules, de petites sphères incolores : ce sont des chromoplastes. Chaque chromoplaste renferme des aiguilles rouges de lycopène. Chloroplaste, amyloplaste et chromoplaste sont des plastes qui sont spécifiques aux cellules végétales.

Remarque : chloroplaste, amyloplaste et chromoplaste sont généralement appelés des plastes qui sont spécifiques aux cellules végétales.

5°) Observation de chlamydomonas. Fig.1 P7

Chlamydomonas est une algue verte unicellulaire qui vit dans les eaux douces où il nage grâce à ces flagelles. Son observation au microscope montre : une paroi délimitant un cytoplasme dans lequel on trouve des chloroplastes, un cinétosome, les vacuoles digestives et pulsatiles, des dictyosomes. Le noyau contient un ou des nucléoles. La membrane plasmique porte des flagelles qui permettent à l'algue de se déplacer

NB : Le chlamydomonas appartient à la fois au règne animale (à cause de ses flagelles élaborés à base des centrioles) et au règne végétal (à cause de la paroi et du chloroplaste).

B : Observation des cellules animales.

1°) les cellules de l'épithélium buccale. Fig. 8 et 9 P6

On racle doucement la face interne de la joue avec de l'ongle propre. Le produit obtenu est monté entre lame et lamelle dans une goutte d'eau au microscope.

- Sans coloration, on observe des éléments incolores, isolés ou groupés. Chaque élément est une cellule renfermant une membrane plasmique, un cytoplasme et un noyau.

- Après coloration au bleu de méthylène, on distingue dans le noyau un ou des nucléoles et le cytoplasme contient de nombreuses granulations

2°) Les cellules sanguines. Fig.10 P6

Pour observer les cellules du sang, on réalise un frottis sanguin.

a- Réalisation d'un frottis sanguin.

Pour réaliser un frottis sanguin, on dépose une goutte de sang sur une lame puis on l'étale à l'aide d'une lamelle et enfin on la laisse sécher.

b- Observation du frottis sanguin d'un mammifère.

Après avoir traité le frottis sanguin par un mélange de fixateur et colorant (bleu de méthylène), son observation au microscope montre :

- Des hématies ou globules rouges : ce sont des cellules biconcaves, anucléées et à cytoplasme imprégné d'hémoglobine.

Les hématies assurent le transport des gaz respiratoires.

- Les leucocytes ou globules blancs : ce sont des cellules claires, peu nombreuses et comprenant :

- Les lymphocytes : ils ont un noyau arrondi et un cytoplasme réduit.

- Les monocytes : ils ont un noyau incurvé et un cytoplasme clair.

- Les polynucléaires : ils ont un noyau lobé et un cytoplasme granuleux. Il existe trois types de polynucléaires : les polynucléaires neutrophiles, éosinophiles et basophiles.

Les leucocytes interviennent dans la défense de l'organisme contre la pénétration des microbes.

- Les plaquettes sanguines ou globulins : ce sont des cellules anucléées, très petites et souvent rassemblées en amas.

Les globulins interviennent dans la coagulation du sang.

Remarque : L'observation du sang des batraciens montre les mêmes cellules sanguines que celle des mammifères sauf que les hématies des batraciens sont nucléées.

3°) Observation d'une unicellulaire animale : La paramécie. Fig.11 P7

On dépose une goutte d'eau d'infusion de débris végétaux entre lame et lamelle qu'on monte au microscope.

- Sans coloration, on observe des cellules ovoïdes qui se déplacent dans le milieu. Chaque cellule est une paramécie. Au fort grossissement, chaque paramécie comporte une membrane plasmique qui présente une dépression latérale appelée entonnoir buccal. Cette membrane délimite un cytoplasme renfermant des types de Chloroplastes de l'Elodea et des Amyloplastes de la Batumelle. Les Chromoplastes de la Tomate.

- Après coloration au rouge neutre, les vacuoles digestives se colorent en rouge et sont animés d'un mouvement de cyclose.

Les vacuoles digestives assurent la digestion tandis que les vacuoles pulsatiles jouent un rôle osmorégulateur.

- Après coloration à l'eau iodée, on observe des cils vibratiles au tour de la membrane plasmique et des réserves de glycogène colorées en brun acajou dans le cytoplasme.

- Après coloration au vert de méthyle acétique, on observe deux noyaux colorés en vert : un plus petit appelé micronucleus et l'autre plus gros appelé macronucléus.

4°) Autres constituants cellulaires.

Des techniques particulières ont permis d'observer dans les cellules animales d'autres constituants tels que : les mitochondries, le centrosome (spécifique aux cellules animales) et les dictyosomes.

C : Comparaison entre cellule animale et végétale vues au microscope optique.

Cette comparaison est contenue dans le tableau suivant :

		Cellule animale	Cellule végétale
Points communs		Membrane plasmique, cytoplasme, mitochondries, noyau	
Particularités	Paroi	Absente	Présente
	Vacuoles	Petites et nombreuses	Grosses et peu nombreuses
	Plastes	Absentes	présentes
	Inclusions	Lipides – glycogène	Huile-essences
	Centrosome	Présente	Absente

Tableau comparatif entre l'ADN et l'ARN

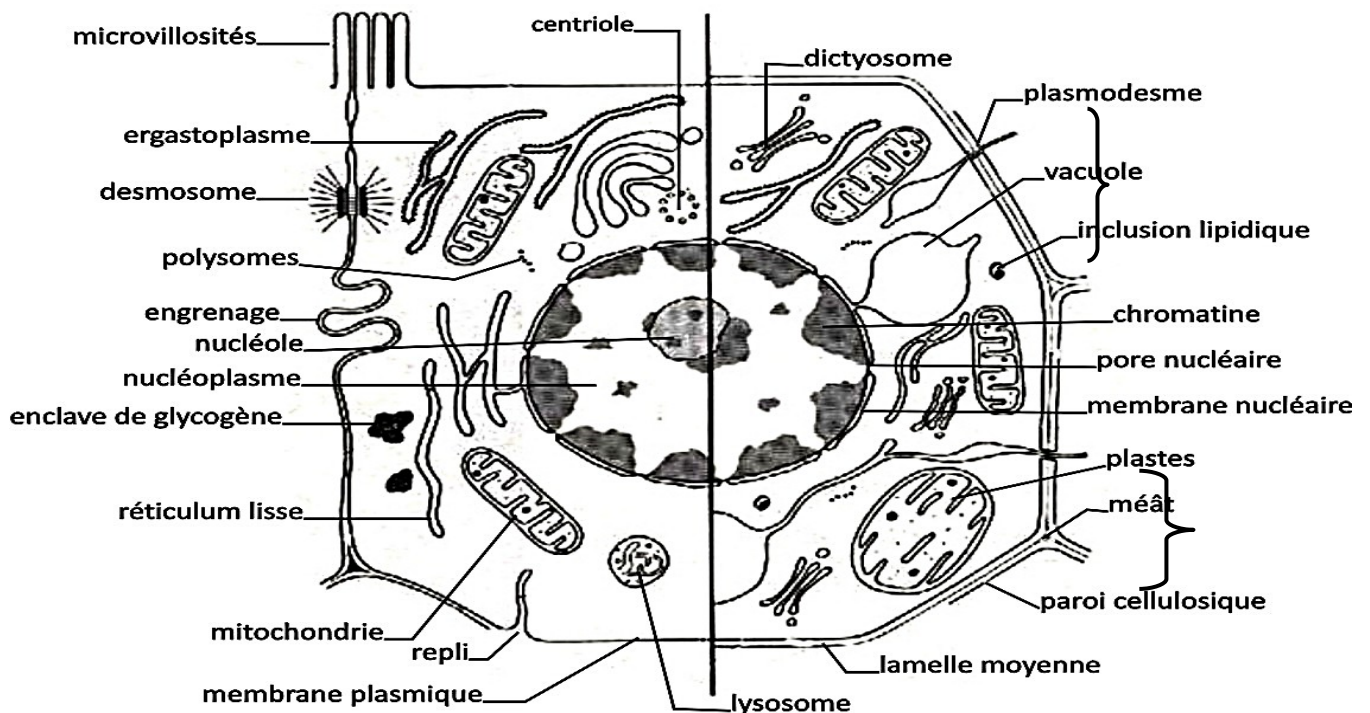


Fig.7 : Schéma général de la structure cellulaire : cellule animale à gauche, cellule végétale à droite.

III- Observation des cellules au microscope électronique.

Le microscope électronique donne une structure détaillée des cellules et de ces constituants. Cette structure détaillée obtenue est appelée une ultrastructure. L'image obtenue à l'aide d'un microscope électronique s'appelle une électronographie.

En plus des constituants révélés par le microscope optique, s'ajoutent deux autres : les ribosomes et les réticulums qui ne sont visibles qu'au microscope électronique

A- Ultrastructure et rôle des constituants cellulaires.

1°) La membrane plasmique. Fig . 25, 27, 28, 29, 30 P12

a- Ultrastructure.

La membrane plasmique apparaît au microscope électronique constituée de trois couches : deux couches sombres séparées par une couche claire. Il existe deux structures d'interprétation de la membrane plasmique : la structure lamellaire et la structure en mosaïque fluide.

a₁- La structure lamellaire.

Elle est proposée par Davson et Danielli. Selon ces auteurs, la membrane plasmique est de nature lipoprotéique. Les lipides de la membrane plasmique sont des phospholipides dont chacun a deux pôles : un pôle hydrophile (qui a de l'affinité pour l'eau) et un pôle hydrophobe (qui n'a pas de l'affinité pour l'eau). Ces phospholipides sont disposés en deux couches. Les pôles hydrophiles forment avec les protéines les deux couches sombres et les pôles hydrophobes forment la couche claire.

Cette structure n'est pas en accord avec le rôle de la membrane plasmique.

a₂- Structure en mosaïque fluide.

Elle est l'œuvre de Singer et Nicolson. Selon ces auteurs, la membrane plasmique est constituée de lipoprotéines dont les phospholipides sont disposés en deux couches. Ces molécules (lipide, protéine) peuvent diffuser dans le plan membranaire d'où appellation de mosaïque fluide. Cette fluidité confère à la membrane plasmique la capacité de se déformer, de se rétracter d'envelopper, de faire entrer (endocytose) ou de rejeter (exocytose) diverse substance ou particule. Elle comporte dans sa partie externe des polysaccharides glycolipide glycoprotéine qui baignent dans le milieu extra cellulaire en formant un revêtement fibreux appelé glycocalyx.

Les protéines de la membrane plasmique sont des glycoprotéines qui sont soit intégrées, soit situées à la périphérie de la double couche lipidique. Les molécules de protéine globulaire sont de 2 types:

- Les unes intégrées disposées dans l'épaisseur de la membrane formée de phospholipide.
- Les autres protéines superficielles occupant la face interne et externe de la membrane.

b- Rôle de la membrane plasmique.

Le rôle essentiel de la membrane plasmique est le contrôle des échanges cellulaires. Elle intervient aussi dans l'élaboration du sillon de division lors des divisions cellulaires chez les cellules animales. Elle participe aux liaisons intercellulaires et à l'élaboration de réticulum endoplasmique. Elle entoure le cytoplasme et joue aussi le rôle de protection.

c- Les différenciations de la membrane plasmique. Fig . 26 P12

On distingue :

- **Les engrenages** : ce sont des replis sinueux de la membrane plasmique.
- **Les desmosomes** : ce sont des épaissements des membranes émettant des faisceaux de tonofibrilles.
- **Jonctions serrées** : interruption de la lame intermédiaire entre deux membranes plasmiques de deux cellules voisines.
- **Microvillosités** : replis de la membrane plasmique à un pôle de la cellule en vue d'augmenter l'étendue de la surface d'échanges.
- **Espace intermembranaire** : présence de la lame intermédiaire.
- **Les cils, les flagelles, la phagocytose et la pinocytose** sont aussi des différenciations de la membrane Plasmique

2°) La paroi pecto-cellulosique. Fig .31 P13

a- Ultrastructure.

Elle est spécifique aux cellules végétales et est constituée de pectine et de cellulose d'où le nom pecto-cellulosique. Cette paroi est percée de fins canaux nommés plasmodesmes par lesquels deux cellules voisines sont en continuité.

b- Rôle.

La paroi protège les cellules végétales contre l'éclatement. Elle assure la liaison entre deux cellules voisines. Elle intervient dans l'élaboration du phragmoplaste lors de la division cellulaire.

3°) Le cytoplasme.

Il est formé d'une substance fondamentale appelée hyaloplasme dans lequel baignent les organites cellulaires. Cytoplasme = hyaloplasme + organite cellulaires.

Le hyaloplasme est la substance fondamentale du cytoplasme optiquement vide dans lequel baignent les organites cellulaires. Le hyaloplasme est le lieu des réactions chimiques de la cellule.

a- Les réticulum endoplasmiques. Fig .37 P13

a₁- Ultrastructure.

Ils sont formés de saccules qui communiquent entre eux (saccules anastomosés). Certains saccules peuvent être isolés. Il existe deux sortes de réticulum endoplasmiques :

- Le réticulum endoplasmique granuleux ou réticulum endoplasmique rugueux ou ergastoplasme : Il porte des ribosomes ou grain de Palade à la surface des saccules. Il est souvent en relation avec la membrane nucléaire.
- Le réticulum endoplasmique lisse ou réticulum endoplasmique agranulaire : il ne porte pas de ribosomes à la surface des saccules.

a₂- Rôle.

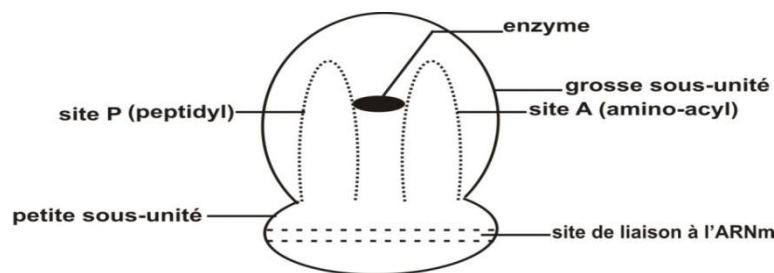
L'ergastoplasme est le siège de la synthèse des protéines et de leur transport.

Le réticulum endoplasmique lisse participe à la synthèse des stérols et du glycogène. Il assure également la synthèse des vésicules de transport par bourgeonnement de sa membrane plasmique.

b- Les ribosomes. Fig .37 P13

b₁- Ultrastructure.

Ce sont des granules denses constituées d'ARN ribosomal et de protéines. Un ribosome est formé de deux sous-unités : une petite sous-unité et une grosse sous-unité. La petite sous-unité comporte un site de liaison à l'ARNm. La grosse sous-unité comporte deux sites de fixation des ARNt : un site P et un site A.



Ultrastructure d'un ribosome

b₂- Rôle.

Les ribosomes assurent la protéosynthèse.

En effet, c'est au niveau des ribosomes que se fait l'enchaînement des acides aminés. Les ribosomes libres fabriquent les protéines intracellulaires (qui restent dans la cellule).

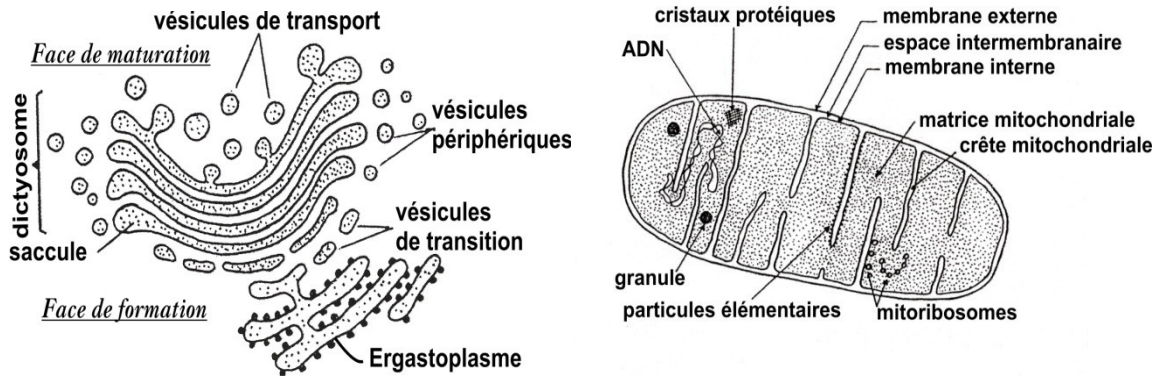
c- L'appareil de Golgi. Fig . 34 et 35 P13

c₁ : Ultrastructure.

C'est l'ensemble des dictyosomes d'une cellule. Un dictyosome est un empilement de saccules lisses à bords épais. Ces bords bourgeonnent des vésicules de sécrétions ou grains de zymogène.

c₂ : Rôle.

L'appareil de Golgi est le lieu de stockage, d'emballage et de transport des produits de synthèse.



Dictyosome et Ergastoplasme Ultrastructure d'une mitochondrie.

d- Les mitochondries. Fig . 32 P13

d₁ : Ultrastructure.

Une mitochondrie est un organite sphérique entouré de deux membranes : une membrane externe et une membrane interne. La membrane interne émet des crêtes qui sont plus ou moins perpendiculaires au grand axe de l'organite. L'intérieur de la mitochondrie encore appelé matrice mitochondriale contient un fragment d'ADN, des cristaux protéiques, des mitoribosomes et des granules interstitiels.

d₂ : Rôle.

Les mitochondries sont le siège des oxydations cellulaires. Elles fournissent de l'énergie à la cellule sous forme d'ATP.

e- Les plastes. Fig .33 P13

e₁ : Ultrastructure.

Ce sont des organites spécifiques aux cellules végétales. Parmi les plastes on note les chloroplastes. Les chloroplastes sont des organites sphériques entourés de deux membranes : une membrane interne et une membrane externe. La membrane interne délimite un stroma dans lequel on trouve des lamelles ou thylacoïdes qui sont plus ou moins parallèles au grand axe de l'organite. Entre deux lamelles consécutives, on trouve un empilement de saccules formant un granum. Le stroma renferme également des ribosomes, l'ADN chloroplastique et des grains d'amidon.

e₂ : Rôle.

Les chloroplastes assurent la photosynthèse.

f- Le centrosome. Fig .37 P13

f₁ : Ultrastructure.

Il est spécifique aux cellules animales et aux végétaux inférieurs. Il est constitué de deux centrioles disposés perpendiculairement entre eux. Chaque centriole est un cylindre formé de neuf microtubules triples. Les cils et les flagelles ont une structure comparable à celle des centrioles mais ils ont neuf microtubules doubles auxquelles s'ajoutent deux microtubules centraux.

f₂ : Rôle.

Les centrioles forment les asters au cours des divisions cellulaires. Ils sont également à l'origine des cils et des flagelles qui assurent la locomotion des cellules.

g- Les vacuoles.

Ce sont des poches délimitées par une membrane simple et contenant de l'eau et des substances dissoutes. Elles proviennent de la dilatation des réticulum lisses.

Rôle : Les vacuoles sont responsables de la turgescence et de la plasmolyse cellulaire.

h- Les lysosomes.

Ce sont des vacuoles renfermant des enzymes et des substances à digérer.

Rôle : Les lysosomes assurent la digestion des substances ingérées par phagocytose, par pinocytose de même que les organites usés.

Fig . 13 et 14 P28

4°) Le noyau.

a- Ultrastructure.

Le noyau est entouré par une membrane nucléaire qui est interrompue à des endroits par des pores nucléaires. Cette membrane est formée de deux feuillets : le feuillet interne et le feuillet externe. Le feuillet externe est souvent en relation avec l'ergastoplasme. Le feuillet interne délimite un nucléoplasme contenant de la chromatine et du (ou des) nucléole (s).

Fig . 40 et 41 P14

Ultrastructure du noyau en relation avec l'ergastoplasme

b- Rôle du noyau.

Le noyau assure la transmission des caractères héréditaires (rôle morphogénétique) et joue aussi un rôle trophique.

Le nucléole élabore les ARN.

b₁ : Rôle trophique du noyau.

- Expérience de mérotomie et de transplantation.

On sectionne une amibe en deux portions : une portion nucléée et une portion anucléée. La portion nucléée survie et est capable de régénérer la partie manquante. La portion anucléée dégénère.

Lorsqu'on introduit dans la portion anucléée le noyau d'une autre amibe, cette portion régénère aussi une autre amibe.

- Interprétation : La régénération de la partie manquante est due à la synthèse des substances indispensables à l'élaboration de la partie manquante grâce au noyau.

- Conclusion : Le noyau joue donc un rôle trophique.

b₂ : Rôle morphogénétique du noyau.

- Expérience sur les acétabulaires.

Les acétabulaires sont des algues marines unicellulaires. Il existe deux espèces d'acétabulaires : acétabulariaméditerranéa qui a un chapeau lisse et acétabulariacrénulata qui a un chapeau crénelé.

• On sectionne le pédicelle de chaque type d'acétabulaire. On obtient ainsi deux portions : une portion nucléée (les pieds), et une portion anucléée. On constate que les portions nucléées régénèrent les chapeaux correspondants. Les portions anucléées dégénèrent. Ceci confirme encore le rôle trophique du noyau

Fig .43 44 P15

Expérience sur les acétabulaires

• On transfère le noyau d'un pied méditerranéa dans un pied crénulata. De même, le noyau du pied crénulata est transféré dans un pied méditerranéa. On constate que le pied méditerranéa contenant un noyau crénulata élabore un chapeau crénulata. De même, le pied crénulata contenant un noyau méditerranéa élabore un chapeau méditerranéa. L'information nécessaire à l'élaboration du chapeau est contenue dans le noyau. Le noyau détient donc des informations indispensables à l'élaboration du chapeau : il joue ainsi un rôle morphogénétique.

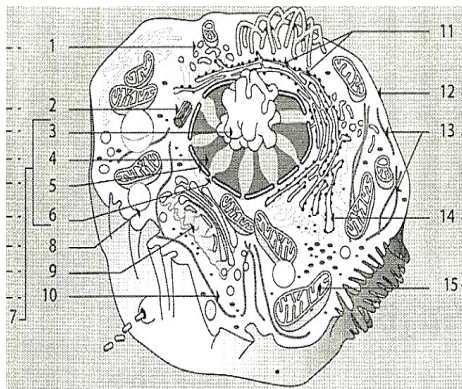
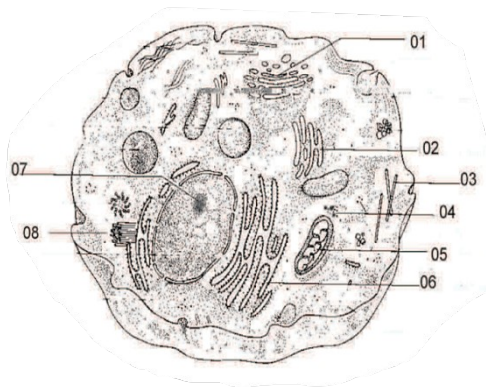
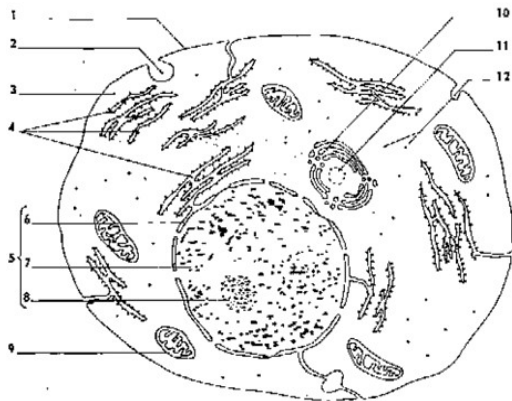
Remarque : Dans certains cas, la portion anucléée est capable de régénérer un chapeau. Ceci s'explique par le fait que l'information nécessaire à la synthèse du chapeau (ARNm) est déjà élaborée par le noyau (transcription) et disponible dans le cytoplasme de la cellule avant la section. Cet ARNm sera traduit en protéine dans le cytoplasme.

Fig .18 19 P9

Fig .20 21 22 P10 et 11

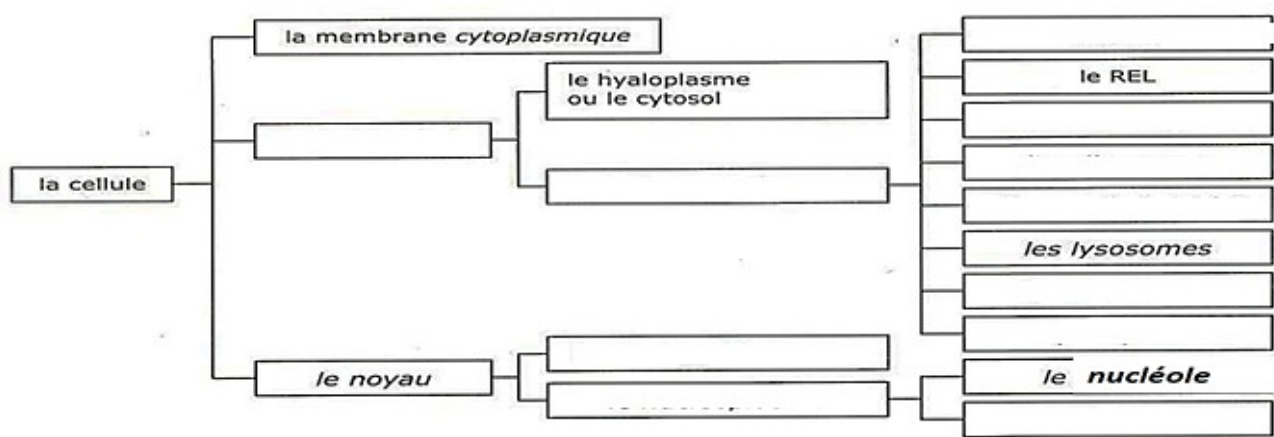
Exercice

Annoter ces documents



Exercice

Compléter l'organigramme représentant l'organisation générale d'une cellule animale.



Exercice

la chromatine	1	a	il assure les échanges entre le nucléoplasme et le cytoplasme
le nucléole	2	b	il est le principal site de production des ARN des ribosomes
l'enveloppe nucléaire	3	c	il est le siège de la synthèse des protéines et autres peptides
le pore	4	d	elle est le support de l'information génétique
		e	elle isole le contenu du noyau

B- Etude de la cellule du point de vue biochimique. Fig .45 46 P15 16

La cellule renferme des constituants importants appelés des nucléoprotéines. Ces derniers sont formés d'acides nucléiques associés aux protéines.

- Il existe deux types d'acides nucléiques :
- L'ADN : Acide Désoxyribonucléique.
 - L'ARN : Acide Ribonucléique

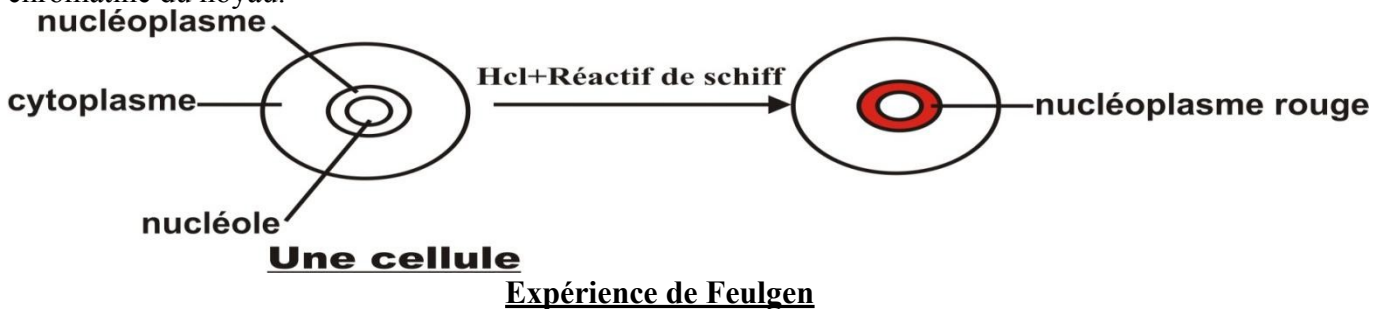
1°) Localisation des acides nucléiques.

Pour localiser les acides nucléiques dans une cellule, on utilise deux techniques de coloration : la technique de Feulgen et la technique de Brachet.

a- La technique de Feulgen.

Elle permet de localiser l'ADN seul dans la cellule.

Elle consiste à hydrolyser partiellement la molécule d'ADN d'une cellule en traitant cette dernière avec de l'acide chlorhydrique dilué. La cellule ainsi traitée est placée dans le réactif de schiff (fusine décolorée par le dioxyde de soufre). On constate que le nucléoplasme de la cellule se colore en rouge. Comme le réactif de schiff se colore en rouge en présence des fonctions aldéhydiques d'un désoxyribose, alors on conclut que l'ADN est localisé dans le nucléoplasme plus précisément dans la chromatine du noyau.

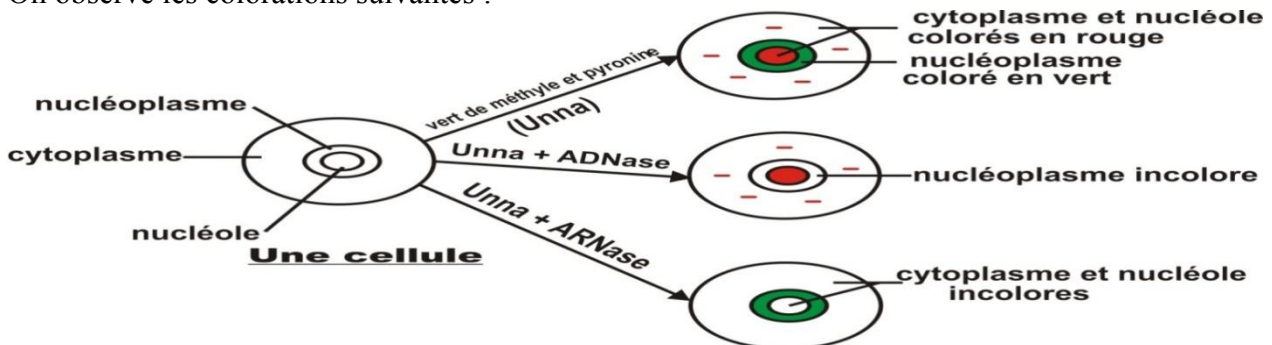


b- La technique de Brachet.

Elle permet de localiser l'ADN et l'ARN dans une cellule.

Elle consiste à traiter un tissu avec un mélange de deux colorants : le vert de méthyle et la pyronine. Ce mélange de colorant est encore appelé colorant de unna pappenhein. Deux autres tissus de la même espèce sont préalablement traités l'un à l'ADN ase (enzyme qui hydrolyse l'ADN) et l'autre à la RNA ase (enzyme qui hydrolyse l'ARN) avant d'être soumis à l'action du mélange de deux colorants.

On observe les colorations suivantes :



Sachant que le vert de méthyle colore l'ADN en vert et que la pyronine colore l'ARN en rouge, alors on conclut que : l'ADN est localisée dans la chromatine et que l'ARN est localisé dans le cytoplasme et dans le nucléole.

2°) Composition chimique des acides nucléiques. **Fig . 50 P17**

a- L'ADN.

Les constituants chimiques d'une molécule d'ADN sont :

- L'acide phosphorique (H_3PO_4).
- Le désoxyribose qui est un pentose ($C_5H_{10}O_4$).
- Les bases azotées qui sont de deux types :
 - Les bases puriques : Adénine (A) et Guanine (G).

- Les bases pyrimidiques : Thymine (T) et Cytosine (C).

b- L'ARN.

Les constituants d'une molécule d'ARN sont :

Remarque : La thymine est une base azotée spécifique à l'ADN alors que l'uracile est spécifique à l'ARN.

L'ensemble formé par une base azotée et un sucre s'appelle un nucléoside.

Exemple : A + sucre = adénosine ; guanosine ; cytidine ; uridine ; thymidine.

A + sucre + acide phosphorique = adénosine monophosphate.

A + sucre + 3 acides phosphoriques = adénosine triphosphate (ATP).

L'ensemble formé par une base azotée, un sucre et l'acide phosphorique s'appelle un nucléotide.

- L'acide phosphorique (H_3PO_4).
- Le ribose qui est un pentose ($C_5H_{10}O_5$).
- Les bases azotées qui sont de deux types :
 - Les bases puriques : Adénine (A) et Guanine (G).
 - Les bases pyrimidiques : Uracile (U) et Cytosine (C).

3°) Structure des acides nucléiques.

a- Structure de l'ADN.

La molécule d'ADN est formée de deux chaînes : c'est une molécule bicaténaire. Elle a une structure en hélice double. Chaque chaîne est formée d'une suite ordonnée de nucléotides. Les deux chaînes sont reliées entre elles par les liaisons hydrogènes qui s'effectuent entre les bases azotées des deux chaînes. Ces liaisons hydrogènes s'établissent entre des bases azotées qui sont complémentaires entre elles.

Ainsi, dans une molécule d'ADN, la thymine est toujours liée à l'adénine par une double liaison hydrogène ; de même, la guanine est toujours liée à la cytosine par une triple liaison hydrogène. Cette complémentarité entre les bases permet de déduire la relation de Chargaff : $\frac{A}{T} = \frac{G}{C} = \frac{A+G}{T+C} = 1$. De cette complémentarité on déduit que : l'ADN est une molécule bicaténaire et qu'il existe une

complémentarité entre les bases azotées deux à deux. Par contre, la relation $\frac{A+T}{G+C} \neq 1$ (indice de spécificité) varie selon les espèces.

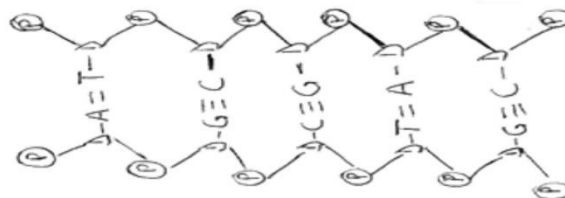
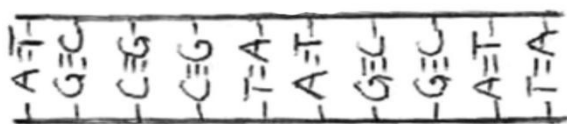


Schéma de l'ADN

b- Structure de l'ARN.

La molécule d'ARN est formée d'une seule chaîne : c'est une molécule monocaténaire. Elle a une structure en hélice simple.

L'ARN se forme à partir de la transcription du brin codant de l'ADN.

c- Les types d'ARN.

Il existe cinq types d'ARN :

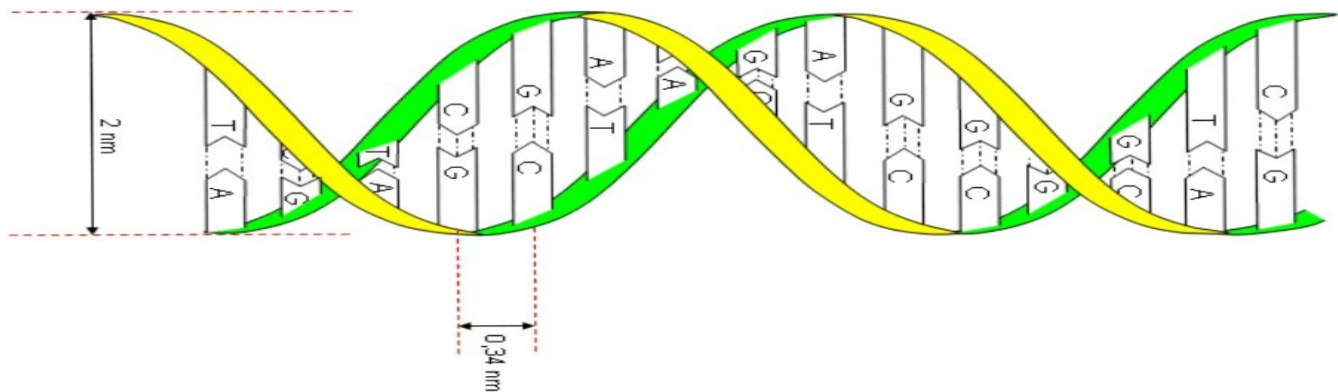
- **L'ARNr (ARN ribosomal)** qui forme avec les protéines les ribosomes. Il joue un rôle essentiel dans la fonction de production des chaînes de protéines.
- **L'ARNm (ARN messager)** qui apporte l'information génétique nécessaire à la synthèse de la protéine dans le cytoplasme.
- **L'ARNt (ARN de transfert)** qui transporte et positionne les acides aminés au moment de la traduction. Il porte par ailleurs une petite séquence de trois bases nucléiques, appelée anti-codon, complémentaire d'un codon sur l'ARNm.
- **L'ARNi (ARN interférent)** : c'est un petit ARN double brin capable d'inactiver certains gènes en s'associant à des portions de l'ADN correspondant à des éléments de régulation des gènes.

L'ARN viral : Il existe chez les virus dit à ARN c'est-à-dire des virus dont le matériel génétique est constitué d'ARN. L'ARN forme dans ce cas un « chromosome » particulier, qui peut être constitué d'un ou de deux brins.

4°) Comparaison entre l'ADN et l'ARN.

	Composition chimique			Mise en évidence	Structure	Localisation	Rôles
	Acide	Sucres	Bases azotées				
ADN	Phosphorique	Désoxyribose	A T G C	Techniques de Feulgen et de Brachet	Hélice double	Chromatine	Transmission des caractères héréditaires.
ARN		Ribose	A U G C	Technique de Brachet	Hélice simple	Nucléole et cytoplasme	Synthèse des protéines

Tableau comparatif entre l'ADN et l'ARN.



Structure de l'ADN en double hélice

5°) Rôle des acides nucléiques : La protéosynthèse.

Pour effectuer la protéosynthèse, la cellule utilise un langage génétique appelé code génétique.

a- Le code génétique. **Fig . 55 P18**

Le code génétique est un mécanisme par lequel l'information génétique contenue dans l'ADN des chromosomes est transcrite sur l'ARN, puis en protéines. C'est aussi un système de correspondance entre la séquence de l'ARNm et les acides aminés.

L'ARNm est constitué de quatre nucléotides. Il existe au total vingt acides aminés. Pour obtenir ces vingt acides aminés à partir des quatre nucléotides de l'ARN, il faut regrouper ces quatre nucléotides trois par trois c'est-à-dire $4^3 = 64$. Chaque triplet de nucléotide s'appelle un codon. Parmi les 64 codons, 61 désignent les vingt acides aminés. Les trois codons restant ne désignent aucun acide aminé et sont appelés des codons stop ou des codons non sens : UAA ; UAG ; UGA. Parmi les 61 codons qui désignent les acides aminés, plusieurs codons peuvent désigner un même acide aminé : on dit que le code génétique est redondant. Exemples : CCU ; CCA ; CCG et CCC désignent tous l'arginine. GUA ; GUG ; GUC ; GUU désignent tous la valine.

Le code génétique est le même chez tous les êtres vivants : on dit que le code génétique est universel. Mais il existe des exceptions notamment chez les bactéries.

PREMIERE POSITION	DEUXIEME POSITION				TROISIEME POSITION
	T	C	A	G	
T	Phe	Ser	Tyr	Cys	T
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	CODON STOP	CODON STOP	A
	Leu	Ser	CODON STOP	Trp	G
C	Leu	Pro	His	Arg	T
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gln	Arg	A
	Leu	Pro	Gln	Arg	G
A	Ile	Thr	Asn	Ser	T
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	Met	Thr	Lys	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gly	T
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G

Le code génétique

1 ^e	2 ^e								3 ^e
	U		C		A		G		
U	Phe	F	Ser	S	Tyr	Y	Cys	C	U
	Phe	F	Ser	S	Tyr	Y	Cys	C	C
	Leu	L	Ser	S	stop		stop		A
	Leu	L	Ser	S	stop		Trp	W	G
C	Leu	L	Pro	P	His	H	Arg	R	U
	Leu	L	Pro	P	His	H	Arg	R	C
	Leu	L	Pro	P	Gln	Q	Arg	R	A
	Leu	L	Pro	P	Gln	Q	Arg	R	G
A	Ile	I	Thr	T	Asn	N	Ser	S	U
	Ile	I	Thr	T	Asn	N	Ser	S	C
	Ile	I	Thr	T	Lys	K	Arg	R	A
	Met	M	Thr	T	Lys	K	Arg	R	G
G	Val	V	Ala	A	Asp	D	Gly	G	U
	Val	V	Ala	A	Asp	D	Gly	G	C
	Val	V	Ala	A	Glu	E	Gly	G	A
	Val	V	Ala	A	Glu	E	Gly	G	G

signification des abréviations		
phénylalanine	Phe	F
leucine	Leu	L
isoleucine	Ile	I
méthionine	Met	M
valine	Val	V
sérine	Ser	S
proline	Pro	P
thréonine	Thr	T
alanine	Ala	A
tyrosine	Tyr	Y
histidine	His	H
glutamine	Gln	Q
asparagine	Asn	N
lysine	Lys	K
acide aspartique	Asp	D
acide glutamique	Glu	E
cystéine	Cys	C
tryptophane	Trp	W
arginine	Arg	R
glycine	Gly	G

Code génétique (deuxième présentation)

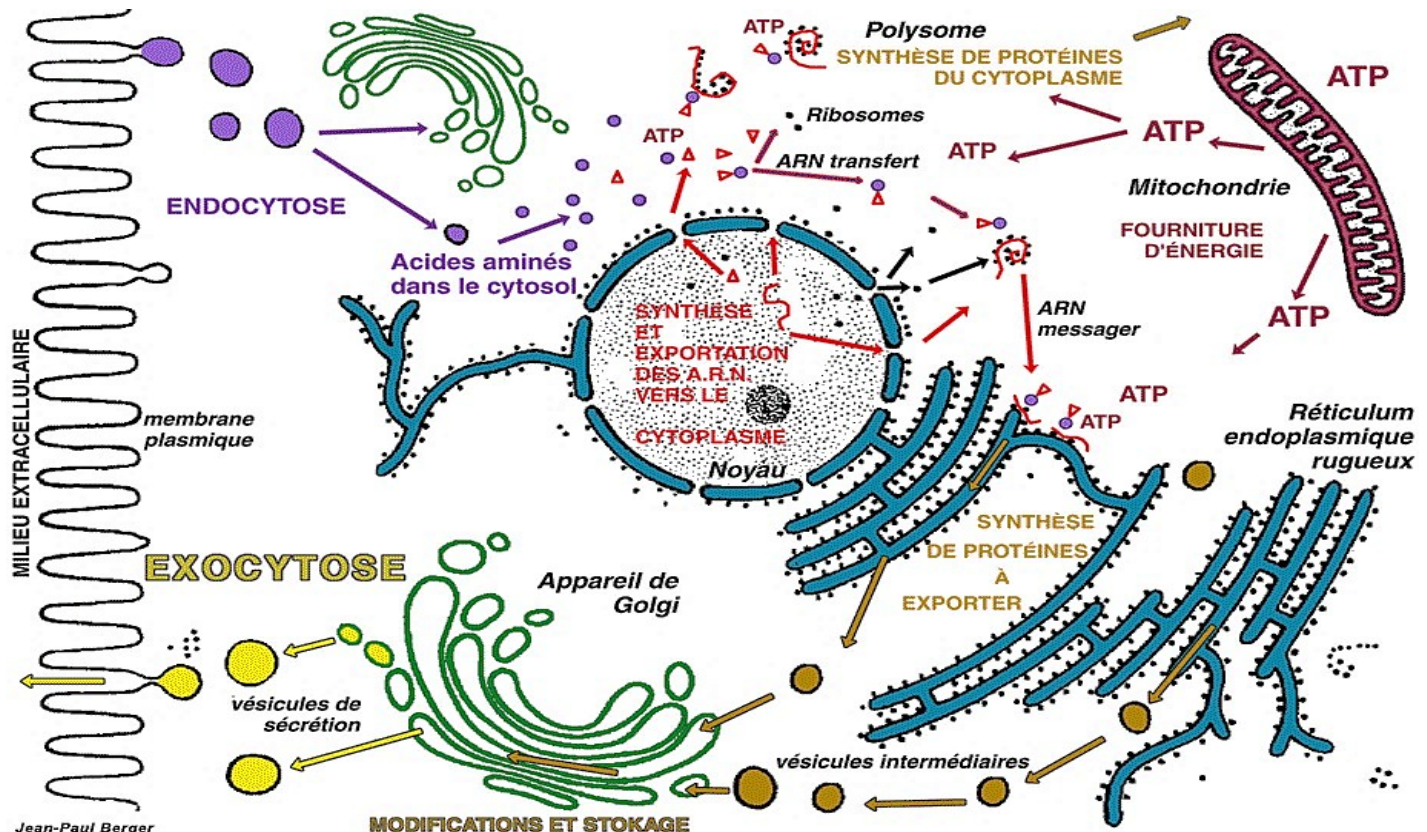
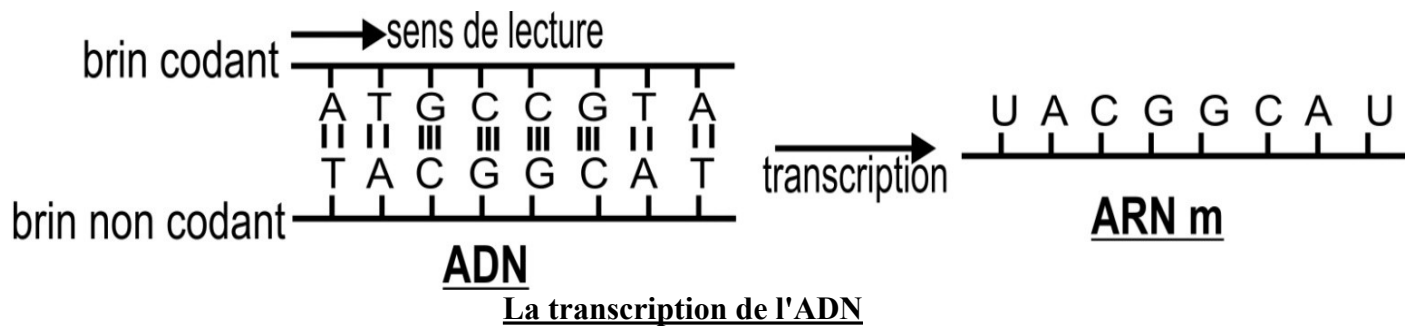
b- Les étapes de la protéosynthèse. Fig . P19 20 21 22

La protéosynthèse se déroule en deux phases : la transcription et la traduction.

b₁- La transcription.

La transcription est l'élaboration de l'ARNm à partir du brin codant (brin transcrit ou brin informatif) de l'ADN. Elle a lieu dans le noyau.

La transcription débute par une ouverture de la double chaîne d'ADN par rupture des liaisons hydrogènes. Les nucléotides libres et complémentaires se positionnent en face des nucléotides du brin codant d'ADN. Une enzyme, l'ARN polymérase assemble ces nucléotides libres en une chaîne d'ARNm.



b₂ : La traduction.

La traduction est l'élaboration d'une chaîne polypeptidique à partir de l'ARNm. Elle a lieu dans le cytoplasme. La traduction se déroule en trois étapes : **l'initiation, l'élongation et la terminaison**.

α- L'initiation.

C'est le début de l'élaboration de la chaîne polypeptidique.

L'initiation débute par une fixation de la petite sous-unité ribosomale sur l'ARNm et le positionnement du premier ARNt portant le premier acide aminé (la méthionine) en face du premier codon de l'ARNm appelé **codon initiateur (AUG)**.

La fin de l'initiation est marquée par la fixation de la grosse sous-unité ribosomale sur le complexe formé de telle sorte que le premier ARNt soit dans le site P de la grosse sous-unité ribosomale et que le site A soit libre.

β- L'élongation.

C'est l'allongement de la chaîne polypeptidique.

Un deuxième ARNt portant le deuxième acide aminé, se positionne dans le site A de la grosse sous-unité ribosomale. Il s'établit une liaison peptidique entre le premier acide aminé et le deuxième grâce à une enzyme **peptide synthétase**. Le ribosome glisse d'un pas appelé **translocation**, ce qui entraîne la sortie du premier ARNt. Dès lors, le deuxième ARNt portant le dipeptide, se retrouve dans le site P et le site A redevient à nouveau libre. Un troisième ARNt portant le troisième acide aminé se positionne dans le site A et ainsi de suite jusqu'à la synthèse de polypeptide.

γ- La terminaison.

C'est la fin de la synthèse du polypeptide.

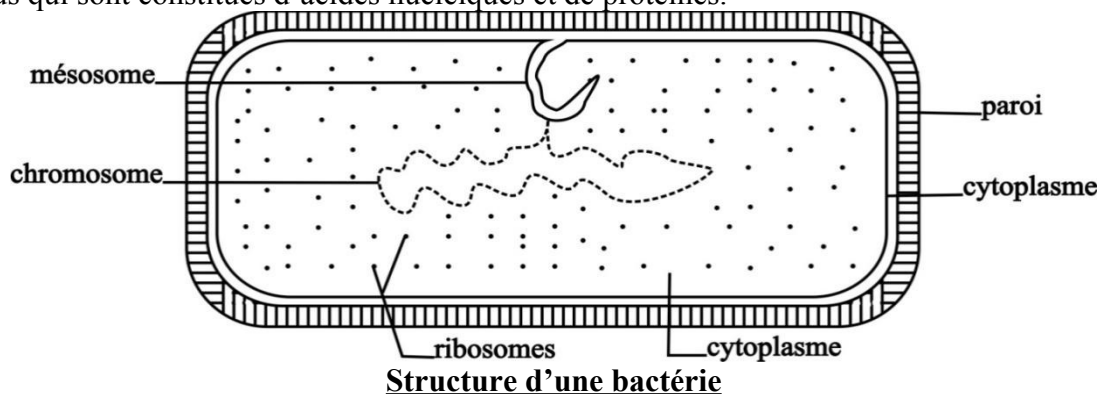
Elle survient lorsque le ribosome rencontre un codon stop. Ceci provoque la dissociation du complexe ARNm-polypeptide- ARNt-ribosome et c'est la fin de la synthèse.

IV- Unité d'organisation cellulaire : la théorie cellulaire. Fig . P20 21

Enoncé : tous les êtres vivants animaux et végétaux sont constitués de cellules.

Toutes les cellules présentent un même plan d'organisation à savoir : une membrane plasmique délimitant un cytoplasme dans lequel on trouve des organites cellulaires et un noyau. Il existe donc une unité de plan d'organisation de la cellule. Néanmoins, il existe des exceptions comme : Les procaryotes qui n'ont pas une membrane nucléaire. L'appareil nucléaire est résumé à un filament d'ADN accroché à la membrane plasmique. C'est le cas des bactéries.

Les virus qui sont constitués d'acides nucléiques et de protéines.



V-

VI- Comparaison d'une cellule à une usine.

Une usine est une structure permettant la transformation des matières premières en produits finis. Le travail y est parfaitement programmé. La synthèse protéique illustre la notion d'usine. L'ordre de la synthèse protéique est donné par le noyau sous forme d'ARNm. Les matières premières (acides aminés) sont apportées par le sang. Les ARNt transportent les acides aminés et les positionnent au moment de la synthèse protéique. Les ribosomes assemblent ces acides aminés pour former la protéine. La protéine élaborée est injectée dans le réticulum et transportée dans le golgi là où s'effectue sa maturation, son étiquetage et son exportation sous forme de grains de sécrétion. L'énergie nécessaire à ces opérations est fournie par les mitochondries. L'activité d'une cellule est donc comparable à celle d'une usine dont le fonctionnement est parfaitement régulé.

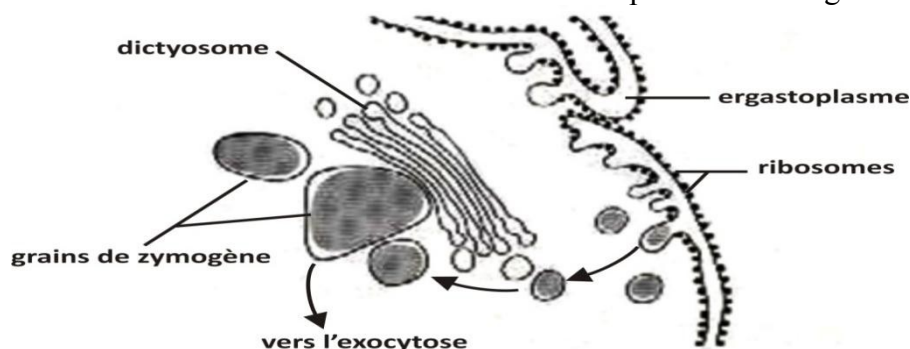


Schéma montrant les relations fonctionnelles entre les organites

V – importante extension des surfaces dans la structure cellulaire

Chaque constituant de la cellule apparaît finement structuré et limiter par une ou deux membrane en feuillet. Il en résulte une importante extension des surfaces actives de la vie cellulaire (exemple : mitochondrie, plaste, ensemble réticulum endoplasmique et membrane nucléaire).

TRAVAUX DIRIGES

Exercice 1

I- Feulgen, en étudiant les constituants cellulaires, a mis en évidence une substance indispensable contenu dans un organe. 1. De quelle substance s'agit-il ? 2. Dans quel organe est-il localisé ?

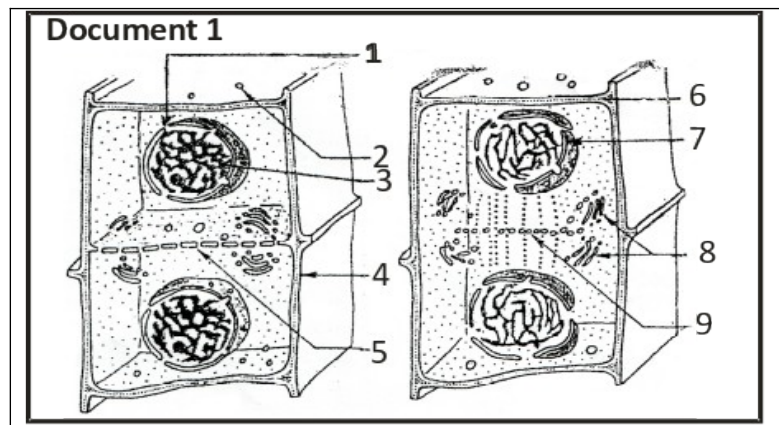
3. Comment Feulgen a-t-il procédé ?

II- Au niveau des méristèmes racinaires, on observe un phénomène important représenté par les schémas du document 1.

1. A l'aide des chiffres, annotez les schémas du document 1.

2. de quel phénomène s'agit-il ?

3. Ce phénomène est-il observé : a/ Chez les hématies humaines ? Justifiez. b/ Chez le neurone ? Justifiez. c/ Comment qualifie-t-on alors les hématies et le neurone ?



Exercice 2

Les figures B₂ et B₃ ci-contre représentent les détails des cellules du pancréas.

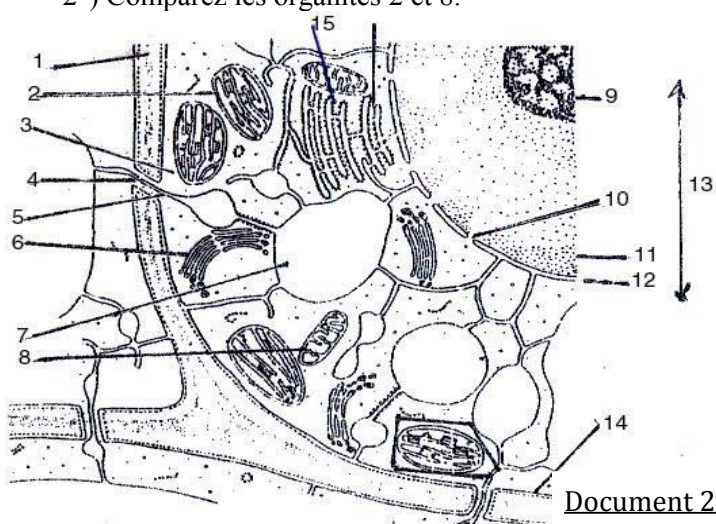
1°) Annoter ces figures à l'aide des lettres et des chiffres. 2°) Quel est le rôle des constituants 6, 5 et 2 ?

3°) Réaliser un schéma annoté de l'ultrastructure de l'organe 6.

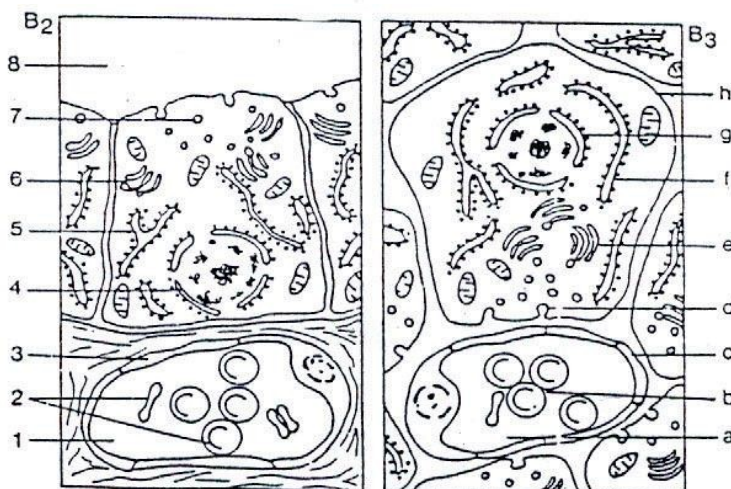
Exercice 3

1°) Donnez une légende et un titre au document 2 sans le reproduire.

2°) Comparez les organites 2 et 8.



Document 2



Exercice 4 :

Dans un fragment d'ADN, on a dénombré 440 bases azotées dont 123 guanines. La transcription complète d'un des brins transcrits de cet ADN donne un ARNm qui renferme 38 Adénines et 72 Cytosines. A partir de vos

connaissances sur les acides nucléiques, indiquer dans chaque case du tableau ci-après le nombre de chaque type de base azotée correspondant.

	A	C	U	G	T
ADN total (fragment bicaténaire)				123	
Bin d'ADN transcrit (brin codant)					
Bin d'ADN non transcrit (brin non codant)					
ARNm obtenu	38	72			

Exercice 5

Un homogénat de cellules fraîches de foie est séparé en quatre(04) fractions par centrifugation différentielle et les résultats d'analyses quantitatives sont représentés dans le tableau suivant :

Fractions	Concentration en protéines	ADN	ARN	Consommation d'oxygène	Production d'ATP	Synthèse de protéines
Homogénat	100	100	100	100	100	100
Fraction I (600g*)	10	98	10	0	0	0
Fraction II (15000g*)	25	2	5	96	96	3
Fraction III (100000g*)	20	0	84	3	0	97
Surnageant final	45	0	1	1	4	0

(g* : vitesse de la centrifugation)

- 1) Quel nom donne-t-on à la méthode qui a permis d'obtenir ces résultats ? (0,5pt)
- 2) En exploitant avec précision les résultats de ce tableau et en vous servant de vos connaissances, déterminez la nature des différents organites dans chaque fraction. (0,75pt)
- 3) Précisez la fonction de chaque organite dans la vie des cellules du foie. (1,5pt)
- 4) Faites le schéma annoté des organites contenus dans les fractions II et III. (1,75pts)

Exercice 6

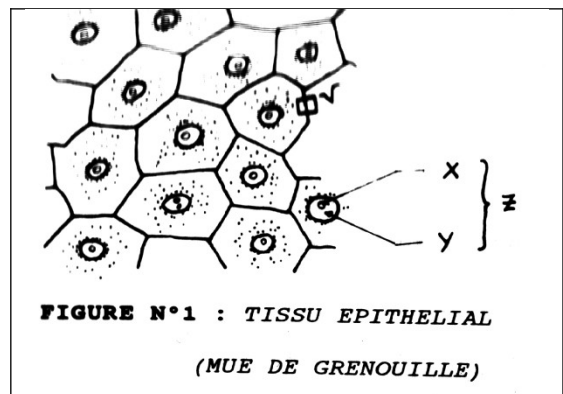
- Un fragment de mue de Grenouille (= couche superficielle de la peau qui s'est desquamée et flotte dans l'eau de l'aquarium où l'on conserve des Grenouilles) est monté entre lame et lamelle dans une goutte de glycérine.

L'observation microscopique de cette préparation est traduite par la figure n°1.

1°) - Quels sont les principaux constituants chimiques des parties x et y de l'élément Z ? Rappelez brièvement leur structure moléculaire. Cela vous suggère-t-il une technique particuliers vous permettant de différencier x et y au microscope ordinaire ? Laquelle ?

2°) - A partir de deux exemples, précisez l'importance de z dans la vie cellulaire.

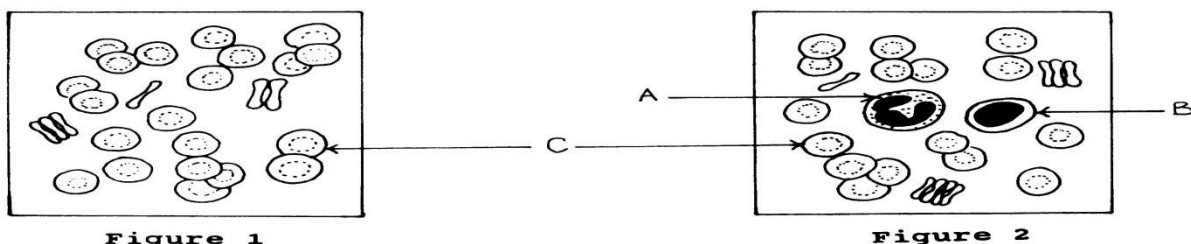
Par un schéma clair et bien annoté vous représenterez l'aspect de la région V si elle était observée au fort grossissement du microscope électronique. Quel est le rôle de l'élément ainsi observé ? 4*) Comment définirez-vous un tissu à partir de l'observation de la figure n°1



Exercice 7

I/ 1°) La figure représente un frottis sanguin non coloré; après coloration par des colorants basiques on observe des organites A et B colorés en bleu violacé et les organites qui sont teintés en rose (figure 2).

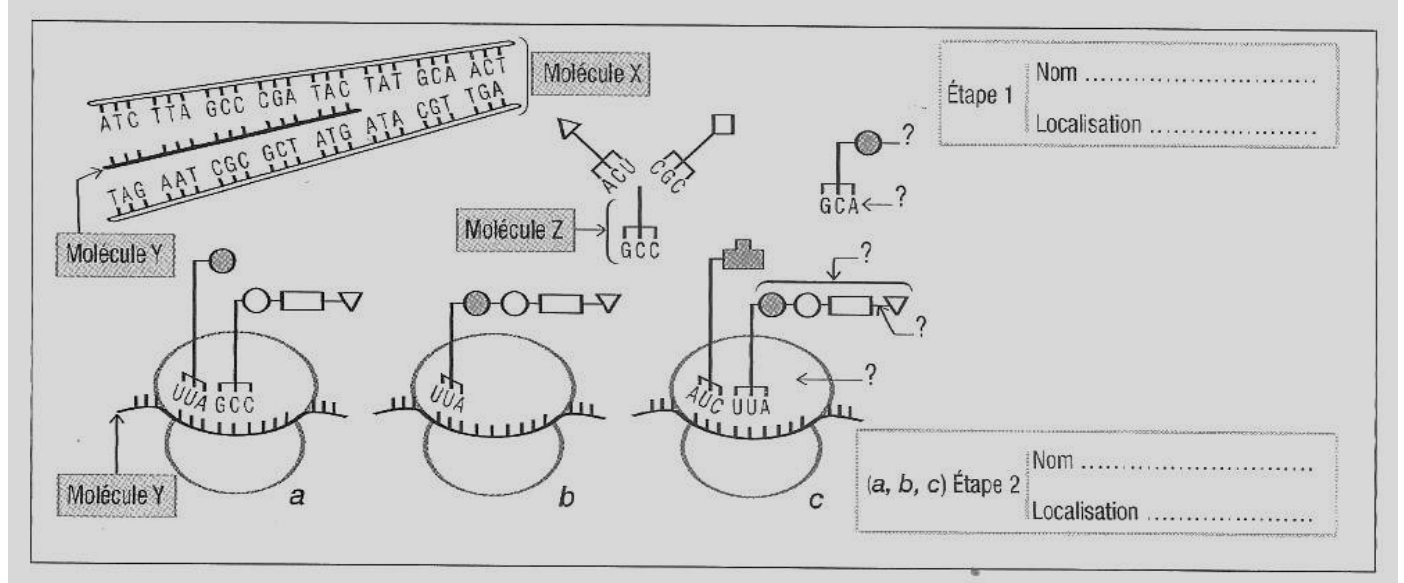
Décrivez, nommez et comparez A, B et C.



Exercice 8

Le document ci-contre (document 2) présente trois moments du mécanisme de la synthèse des protides.

- 1) -Nommer les molécules X, Y, Z, le nom des étapes 1 et 2 et leur localisation cellulaire. (1,75pts)
- 2) a- Compléter le schéma de la molécule Y dans l'étape 1 en considérant que tout le brin matrice ou brin non informatif ou brin transcrit a été utilisé lors de la synthèse de la molécule Y. (0,50pt)
b)-Elaborer la chaîne peptidique correspondante à la molécule Y si possible, si non expliquer. Utilisez le document4 (0,50pt)
- 3)-Indiquer le nom de chaque élément désigné par une flèche surmontée d'un point d'interrogation dans l'ordre du haut vers le bas comme suit par les lettres P, Q, R, S et T (1pt)



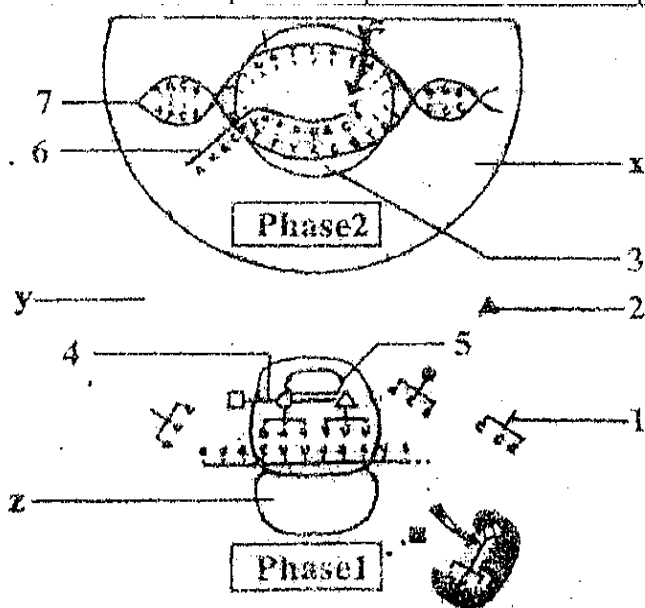
Exercice 9

Le document 2 représente un schéma fonctionnel d'une cellule.

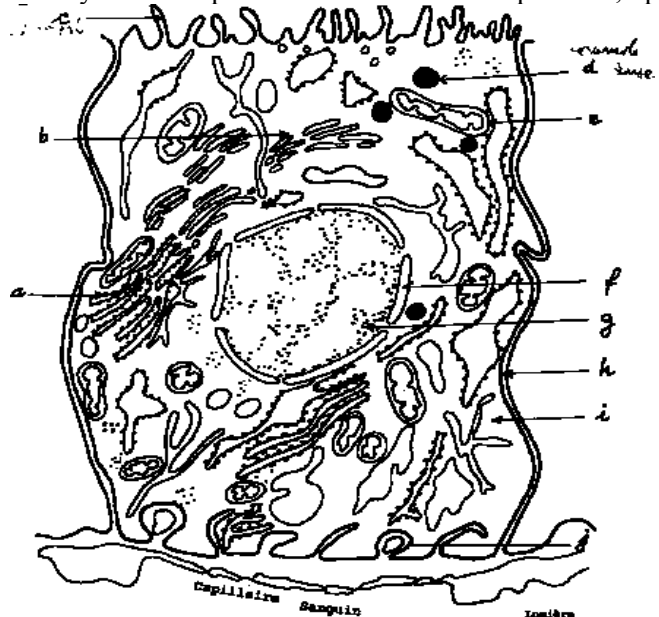
- 1- Donnez un titre à ce document. Justifiez ce titre. 0.5pt
- 2- Que représentent les phases 1et 2 ? 1pt
- 3- Identifiez X, Y et Z 0.75pts
- 4- Indiquez le nom de chaque élément désigné par les chiffres 1 à 7.1pt
- 5- Le tableau suivant donne dans l'ordre les anticodons d'ARNt intervenant successivement dans la traduction d'une portion d'un gène.

N° d'ordre	1	2	3	4	5	6	7
Anticodons	GAU	CGU	GUG	CCC	UGC	CUA	AUG

- a- Que représentent les lettres A, U, C et G du tableau ? 0.5pt
- b- Quel rôle joue les ARNt dans la traduction? 0.5pt
- c- Reproduire la portion d'ADN codant pour cette synthèse en précisant la nature de chaque brin ; 1pt



Le document 2



Document 1

Exercice 10

I/ La thyroïde est une petite glande pesant 30 g, située à la base du cou sous le larynx. Le fonctionnement entraîne des dérèglements organiques graves.

Elle est constituée de vésicules thyroïdiennes sphériques de 50 à 200 µm de diamètre enveloppées par un stroma conjonctif riche en vaisseaux sanguins.

Le document 1 est l'électronographie d'une cellule de vésicule thyroïdienne.

1°) Annotez-la sans la reproduire en utilisant les lettres affectées aux différentes parties.

Les figures A, B, C du document représentent la structure des vésicules thyroïdiennes à différents stades de leurs activités tandis que les figures D et E représentent des observations microscopiques de quelques cellules des vésicules A et C.

a) Identifiez chacun des 3 états A, B et en vous aidant du document 2 expliquez comment on peut passer de A à B, de B à C et de C à A.

Exercice 11

- 1) Un cytologiste a utilisé pour ces recherches au laboratoire des colorants et obtenu des réactions caractéristiques de certains organites ou constituants. Complétez le tableau suivant qui résumant les conclusions du chercheur.

Colorants utilisés	Vert de Janus	Eau iodée	Vert méthyle	1	2
Organite ou constituant mis en évidence	3	4	5	Vacuole	6
Coloration obtenue	7	Brun-acajou	8	9	Rouge
Rôle de l'élément mis en évidence	10	11	12	13	Synthèse protéique

2)Le tableau ci-après indique les proportions relatives des bases puriques (Adénine, Guanine) et des bases pyrimidiques (Thymine, Cytosine) dans différents ADN. On a pris en référence l'Adénine à laquelle on a donné arbitrairement la valeur 10 (les mesures sont données avec une précision de ±0,2).

Provenance de l'ADN	Adénine	Guanine	Cytosine	Thymine
Homme	10	7,2	7	10,1
Porc	10	6,8	6,9	9,6
Oursin	10	5,4	5,4	9,7
Blé	10	8,9	8,7	10,2

a) Calculez les rapports $\frac{A+T}{G+C}$, $\frac{A+G}{T+C}$ et expliquez les différences dans les variations des deux rapports.

b) Quelle relation simple existe-t-il entre les différents nombres de cet tableau ?

c)Quelle hypothèse concernant la structure de l'ADN peut-on déduire de cette relation ?

Exercice 12

On utilise des précurseurs pour étudier le fonctionnement de cellules sécrétrices. Voici deux cellules semblables A et B (**Document 1**)

La cellule A provient d'un animal à qui l'on fournit de l'uridine tritiée (nucléotide précurseur de l'uracile, comportant du tritium). La radioactivité se manifeste au moment de la fixation du tissu au niveau de l'organite 4. La cellule B provient de la même espèce que celle de la cellule A. Cet animal a reçu une nourriture contenant un acide aminé marqué. En fonction du temps, on détecte la radioactivité au niveau des organites 4, 7 et 8.

1) Annotez les schémas A et B en reportant les numéros.

2) Dans les deux expériences on a détecté la radioactivité au niveau de l'organite 4. Expliquez ce fait.

3)Si l'observation de la cellule A, dans la première expérience, avait été réalisée plus tôt, à quel niveau de cette cellule aurait-t-on pu trouver la radioactivité ? Pourquoi ?

4)En considérant les trois organites où on a retrouvé la radioactivité, montrez qu'il existe une corrélation fonctionnelle entre les différents organites cellulaires.

Exercice 13

« Les formes et les fonctions des cellules constituant la vie elle-même... Quel que soient sa forme, son comportement, la cellule est l'unité fondamentale de toute matière...La microscopie a révélé l'étonnante diversité de la structure et des fonctions de la cellule. Malgré cela, un plan de base gouverne à cette diversité conférant à toutes les cellules certaines caractéristiques identiques ; celles vraisemblablement indispensables à la vie... »
(D'après JOHN Pfeiffer « Le monde des Sciences »)

1-Les électronographies (fig 3 et 4) correspondent à deux cellules. Mettez une légende précise pour chaque figure puis indiquez les caractères permettant de distinguer ces deux cellules.

On vous signale que :

-L'élément 3 se colore en brun-acajou en présence du lugol et l'élément H en présence du même réactif se colore en bleu intense.

-Les éléments H et 12 se colorent en rouge en présence du Soudan III.

2-« Nous avons étudié jusqu'ici la cellule vivante comme si elle était unique, isolée, tout ce qui l'entoure étant désigné d'un terme laissé dans le vague : le milieu extérieur. En réalité, se reposent les questions de plan général, d'interrelations et d'équilibre entre les parties que nous avons déjà envisagées pour la cellule » (D'après Henri Firket la cellule vivante).

a) Quels sont les éléments visibles sur les fig 3 et 4 qui peuvent vous montrer

-les communications intercellulaires

-les communications intracellulaires

b) Comme nous le précise le texte, la cellule, élément vivant, présente des modifications au niveau des organites et en rapport avec des conditions variables du milieu extérieur.

Premier exemple :

Quand on observe des cellules en anaérobie (milieu pauvre en O_2) puis en aérobie (milieu bien oxygéné), certains organites deviennent plus nombreux et leur ultrastructure se modifie (fig 5).

b1) Que pouvez-vous supposer en ce qui concerne le rôle de ces organites ?

Si on utilise le cyanure capable de bloquer la respiration cellulaire, certaines réactions cellulaires sont stoppées, certains échanges avec le milieu extérieur sont bloqués.

b2) Que vous précise cette dernière expérience ?

Deuxième exemple

Certaines cellules de jeunes végétaux, en cours de différenciation, montrent une évolution d'autres organites variant avec les conditions de luminosité (fig 6)

b3) Quelles différences pouvez-vous constater selon les conditions ?

Ces organites ont pu être isolés de la cellule, grâce à des techniques appropriées et sont alors capables quand ils sont éclairés de dégager de l'oxygène.

b4) De quelle fonction ces organites sont le siège ?

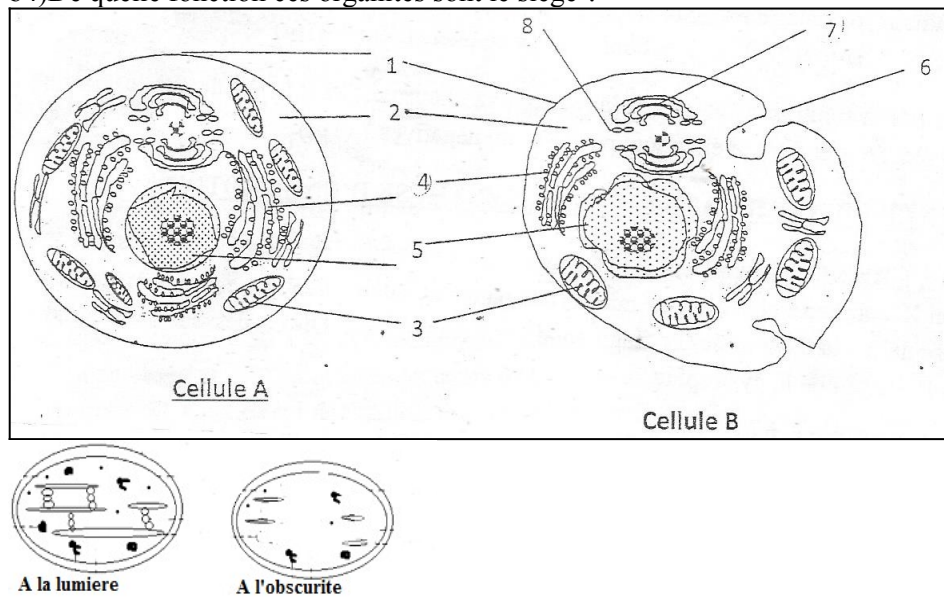
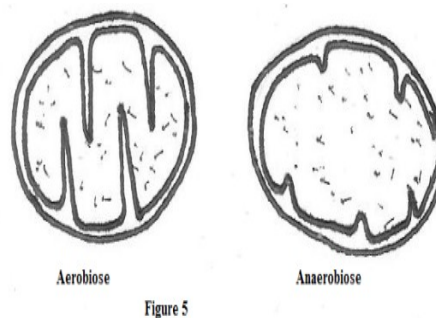
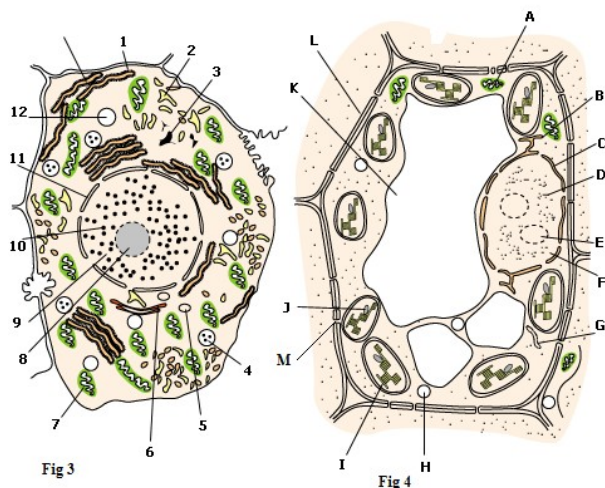


Figure 6



Exercice 14

Construisez un des modèles théoriques possibles d'un fragment d'ADN qui renfermerait 24 bases azotées et dont le rapport $\frac{A+T}{G+C}$ serait de 1,4.

Exercice 15

Afin d'étudier la synthèse protéique, plusieurs essais de synthèse protéique in vitro ont été réalisés.

Expérience 1 : dans une région touchée par la famine, les habitants perdaient leurs cheveux. Afin de remédier à cet état de chose, des chercheurs introduisent dans les cellules de ces habitants en culture, le gène codant pour la protéine responsable du développement des cheveux afin que celles-ci synthétisent cette protéine et éviter toute autre perte de cheveux. Ils ont eu la surprise que les cellules traitées ne synthétisent jamais la protéine complète attendue mais seulement des fragments :

Ser-Pro-Ala-Cys; Gly-Asn-Asn et Gln-His-Gln

Pour comprendre ce mystère, les chercheurs font l'analyse de ce gène dont voici le fragment :

AGG GGA CGA ACA AAA TTT CCA TTA ACC GTT GTA GTC

On rappelle que ce fragment ne comportant aucun intron, n'a subi aucune mutation dans les cellules en culture.

- 1) Définir les termes suivants : Gène, codon, cellule, intron, mutation, protéine.
- 2) En utilisant le tableau du code génétique, dites pourquoi les cellules ayant reçu les gènes n'ont pas pu synthétiser la molécule entière attendue.
- 3) Quelle solution pourriez-vous proposer pour corriger cette chute de cheveux.

Expérience 2 : Dans un milieu de culture contenant des ribosomes libres, acides aminés marqués par un isotope radioactif, on introduit un fragment d'ARNm. Au bout d'un certain temps, on mesure la radioactivité. On constate qu'aucune protéine n'a été synthétisée. Seuls les acides aminés restent marqués.

- 4) A l'aide d'un raisonnement cohérent, dites pourquoi il n'y a pas eu de synthèse de protéine ?
- 5) Que se serait-il passé si au lieu d'introduire un fragment d'ARNm, on avait plutôt introduit un fragment d'ADN ?
- 6) Au vue de tout ce qui précède, proposez un schéma complet du mécanisme de la biosynthèse. (il est souhaitable d'utiliser seulement des schémas)

B- Soit la séquence de nucléotides d'un gène représenté ci-dessous :

Sens de lecture $\longrightarrow$

T A C G A C C A C C T C T C C A C G G A C **brin d'ADN informatif.**
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21

- 1°) De quelle molécule polypeptidique ce gène gouverne – t- il la synthèse ?
- 2°) Quelle conséquence aurait sur la structure de ce polypeptide la substitution sur le brin d'ADN transcrit du nucléotide de la position de la position 4 par un nucléotide à adénine ? Quelle particularité de l'information génétique ce résultat met-il en évidence ?
- 3°) Quelle conséquence aurait sur ce polypeptide l'incorporation sur le brin d'ADN transcrit d'un nucléotide à thymine entre 6 et 7 et la disparition de nucléotide à cytosine en position 21 ?

4°) Dans un gène codant la synthèse d'une enzyme interviennent deux mutations ponctuelles : addition d'un nucléotide et la perte d'un nucléotide. La séquence d'acides aminés sur une portion de la protéine enzymatique qui initialement était :

.....Lys-Trp-Glu-Ile-Val-Lys.....

devient Lys-Val-Gly-Asn-Cys-Lys....

a- Quelle est le nucléotide ajouté? le nucléotide perdu ? Où se situent ces mutations sur le brin d'ADN transcrit ?

b- Quelles conséquences peuvent avoir ces mutations sur le produit synthétisé ?

C- Récemment, des chercheurs ont isolé des gènes codant pour la synthèse des protéines de la membrane cytoplasmique de la paramécie, puis les ont introduits dans les cellules du lapin afin que celle-ci synthétise les protéines de la paramécie.

Ils ont eu la surprise de constater que les cellules du lapin ne synthétisent jamais la protéine entière attendue mais seulement des fragments. Pour élucider ce mystère, ils font l'analyse du gène don voici un fragment :

AGCACGTGCTTACTCGCCGTACCTCTTTAT



Sens de lecture

1°) En utilisant le code génétique, dire pourquoi les lapins sont incapables de synthétiser la protéine entière attendue.

2°) Emettez une hypothèse pouvant expliquer que la paramécie, à partir du même gène, pourra faire la synthèse d'un seul polypeptide.

3°) Les chercheurs ont en outre remarqué que l'hydrolyse de la protéine synthétisée par la paramécie fournit un nombre plus important de molécules de glutamine que celle pratiquée sur les fragments protéiques synthétisés par les cellules de lapin.

a- Utilisez cette nouvelle information pour préciser l'hypothèse formulée précédemment.

b- Quelle idée fondamentale, généralement admise, a été remise partiellement en cause à la suite de ces travaux ?

Exercice 16

Répondez par vrai ou faux à chaque affirmation tout en justifiant.

a- La fonction d'une protéine dépend étroitement de la séquence de ces acides aminés ;

b- La synthèse d'une protéine nécessite toujours une traduction de l'ADN en ARN messager.

c- Les différents codons du code génétique sont écrits avec la première lettre du nom des quatre bases de l'ADN (A, T, C, G).

d- L'ARNm est détruit dès qu'il a guidé la synthèse de 10 à 20 chaînes polypeptiques identiques.

e- La synthèse protéique s'effectue au niveau des polysomes et non au niveau des ribosomes isolés.

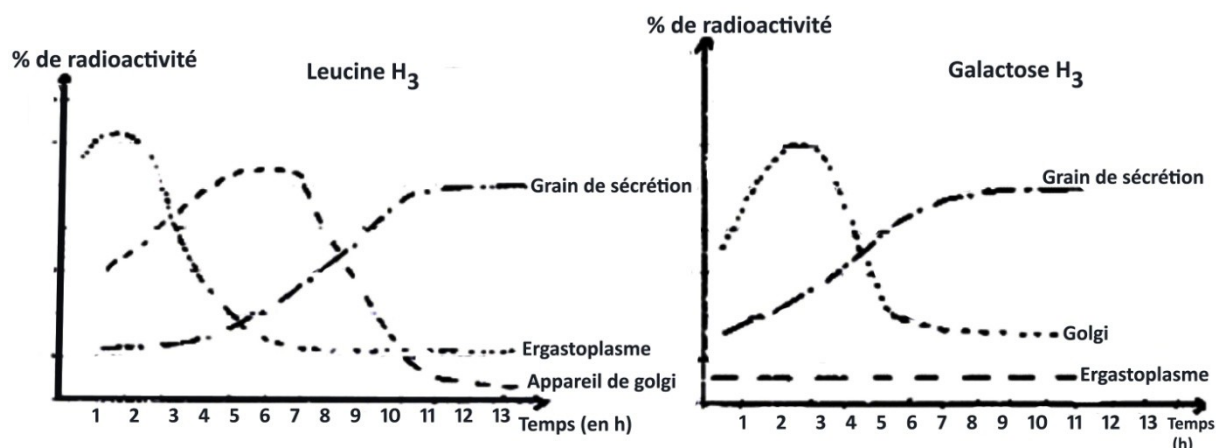
f- L'assemblage d'une chaîne polypeptidique débute toujours par la mise en place de l'acide aminé méthionine.

Exercice 17

L'autoradiographie est une méthode d'étude cytologique qui permet de localiser les structures sur lesquelles sont incorporés les précurseurs radioactifs (sites de synthèse) et de suivre, par exemple le déroulement d'un processus métabolique ou encore les déplacements dans la cellule d'un composé marqué.

On étudie les cellules épithéliales de l'intestin dont le produit de sécrétion est de nature mucopolysaccharidique (glycoprotéine) par la méthode de l'autoradiographie. Les traceurs utilisés la leucine tritiée (leucine H₃), le galactose tritié (galactose H₃).

L'examen des différents échantillons examinés à des temps successifs après la fourniture du traceur permet d'établir les courbes des documents 1 et 2.



BIOLOGIE

CELLULAIRE

Introduction

La biologie cellulaire s'étudie selon trois aspects : les mouvements cellulaires, les échanges

Les objectifs pédagogiques

L'élève doit être capable de :

- 1- Connaître les principes de l'osmose et de la dialyse.**
- 2- Faire la différence entre l'osmose et la dialyse.**
- 3- Connaître les différents types de perméabilités.**
- 4- Connaître les principes de plasmolyse et de déplasmolyse.**
- 5- Dégager les types de transport de l'eau et des solutés.**
- 6- Connaître le mécanisme des métabolismes cellulaires.**

cellulaires et le métabolisme cellulaire.

I- Les mouvements cellulaires.

Ils regroupent :

Les mouvements ciliaires : ce sont les déplacements effectués à base des cils. Exemple : la paramécie.

- Les mouvements amiboïdes : ce sont des déplacements à l'aide des prolongements cytoplasmiques appelés pseudopodes. Exemples : amibes, les leucocytes.

- Mouvements ondulatoires : ce sont des déplacements à l'aide des flagelles. Exemples : Les spermatozoïdes, chlamydomonas.
- La cyclose : c'est un déplacement passif et orienté des organites cellulaires grâce aux courants cytoplasmiques.

La cytose : c'est une déformation de la membrane plasmique et du cytoplasme cellulaire soit pour faire rentrer (endocytose) les substances dans la cellule, soit pour les faire ressortir de la cellule (exocytose).

II- Les échanges cellulaires.

Un échange cellulaire est le passage de l'eau (osmose) et des substances dissoutes (dialyse) à travers une membrane plasmique. L'endocytose et l'exocytose sont aussi des formes d'échanges cellulaires.

A- Les échanges d'eau : l'osmose.

1°) Expérience de Dutrochet. Fig . P25

La montée du niveau du liquide dans l'osmomètre est due à l'entrée d'eau dans l'osmomètre : c'est l'endosmose. La baisse du niveau du liquide dans l'osmomètre est due à deux phénomènes successifs : sortie du soluté (glucose) de l'osmomètre appelée dialyse, suivie d'une sortie d'eau de l'osmomètre appelée l'exosmose. La stabilisation du niveau du liquide dans l'osmomètre est due à une égale pression osmotique des deux solutions contenues de part et d'autre de la membrane perméable : c'est l'isotonie.

Dispositif de mise en évidence de l'osmose

Le phénomène osmotique est dû à une pression osmotique. Cette dernière est due à l'attraction du solvant par les solutés. La pression est déterminée en utilisant une membrane semi-perméable. Elle est donnée par la relation suivante :

$$P_o = \Pi = i R n T \text{ ou } P_o = \Pi = i R \frac{C}{M} T$$

$P_o = \Pi$: pression osmotique en Atm.

i = coefficient d'ionisation du soluté.

n = osmolarité (en osmol /l).

Exemples : si le soluté est un composé organique (glucides, lipides, protides), $i = 1$.

Si le soluté est du NaCl : $i = 2$.

Si le soluté est CaCl_2 : $i = 3$.

R = constante de proportionnalité : $R = 0,082$.

n = concentration molaire du soluté : en mol/l.

C = concentration massique du soluté : en g/l. ou en ‰

M = masse molaire du soluté : en g/mol.

T = température absolue : en °K (°C + 273).

Détermination de la concentration à l'isotonie :

Soit C_1 la concentration du milieu 1 ; C_2 concentration du milieu 2

V_1 : volume du milieu 1 ; V_2 : volume du milieu 2

C_i : concentration à l'isotonie

$$C_i = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

2°) Echange d'eau chez les végétaux. Fig . P25

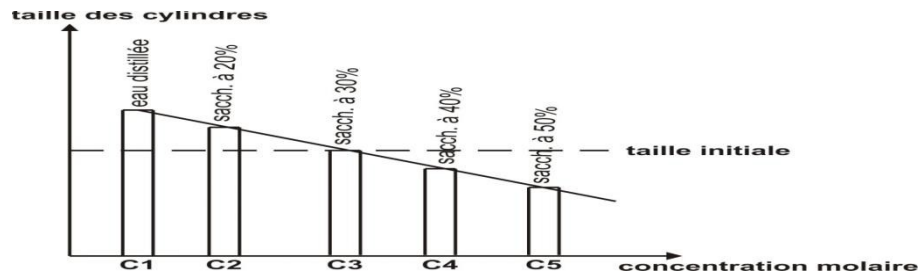
a- Observation à l'œil nu.

- Expériences :

On découpe dans une pomme de terre cinq cylindres c_1 , c_2 , c_3 , c_4 et c_5 de mêmes tailles qu'on immerge respectivement dans : de l'eau distillée, une solution de saccharose à 10%, une solution de saccharose à 20%, une solution de saccharose à 30% et une solution de saccharose à 40%. Après quelques heures de séjour dans les solutions, on mesure la taille de chaque cylindre.

- Observations :

Les résultats de mesures permettent de construire l'histogramme ci- après :



Histogramme de la taille des cylindres en fonction de la concentration externe.

- Le cylindre placé dans l'eau distillée de même que celle placée dans la solution de saccharose à 10% ont augmenté de taille.
- Le cylindre placé dans la solution de saccharose à 20% n'a pas changé de taille.
- Les cylindres placés dans les solutions de saccharose à 30 et à 40% ont diminué de taille.

- Interprétation :

- L'augmentation de la taille des cylindres est due à l'absorption d'eau par les cellules de pomme de terre : c'est la turgescence. L'eau ainsi que la solution de saccharose à 10% sont des solutions hypotoniques par rapport au contenu des cellules.
- Le cylindre placé dans la solution de saccharose à 20% n'a pas changé de taille car les cellules n'ont ni absorbé ni gagné de l'eau : c'est l'isotonie. La solution de saccharose à 20% est donc isotonique au contenu des cellules.
- La diminution de la taille des cylindres dans les solutions de saccharose à 30 et 40% est due à une perte d'eau par les cellules : c'est la plasmolyse. Ces solutions sont donc hypertoniques par rapport au contenu des cellules.

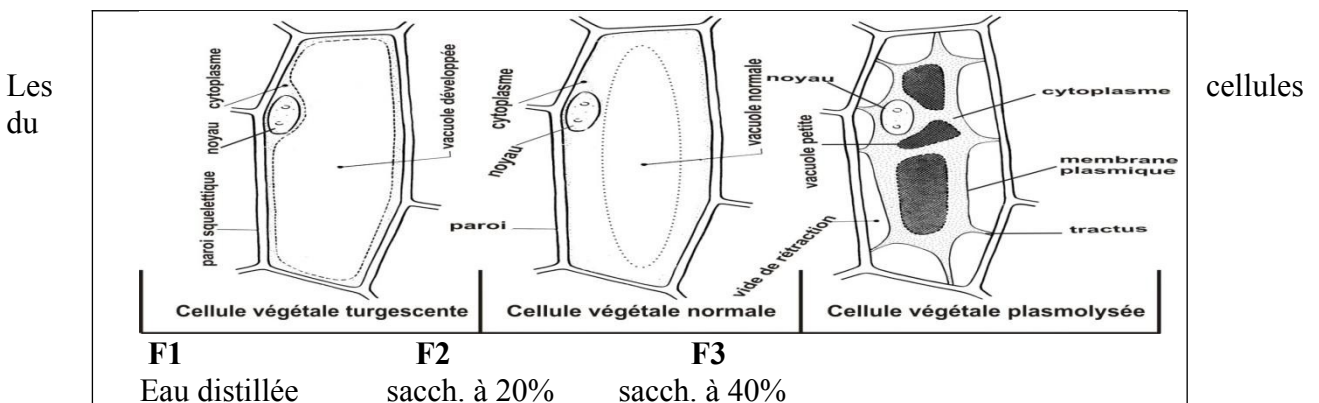
- Conclusion : Les cellules végétales échangent de l'eau avec leur milieu extérieur.

b- Observation au microscope.

- Expérience :

On dispose de trois fragments de choux rouge (F₁, F₂ et F₃) qu'on place respectivement dans l'eau distillée, une solution de saccharose à 20% et une solution de saccharose à 40%. Ces trois fragments sont ensuite montés entre lame et lamelle au microscope.

- Observations :



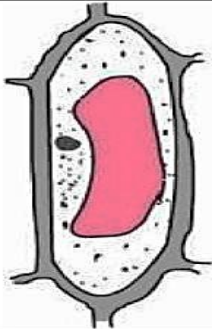
fragment placé dans l'eau distillée montrent de grosses vacuoles. Les cellules du fragment placé dans la solution de saccharose à 20% présentent des vacuoles normales. Celles du fragment placé dans la solution de saccharose à 40% ont des vacuoles petites et fortement colorées.

- Interprétation :

Les cellules du fragment placé dans l'eau distillée ont absorbé de l'eau et sont turgescentes. Les cellules du fragment placé dans la solution de saccharose à 20% n'ont ni absorbé ni gagné de l'eau : c'est l'isotonie. Les cellules du fragment placé dans la solution de saccharose à 40% ont perdu de l'eau et sont donc plasmolysées.

c- Notions de plasmolyse et de déplasmolyse.

Si on place des cellules normales dans un milieu hypertonique, elles se plasmolysent.

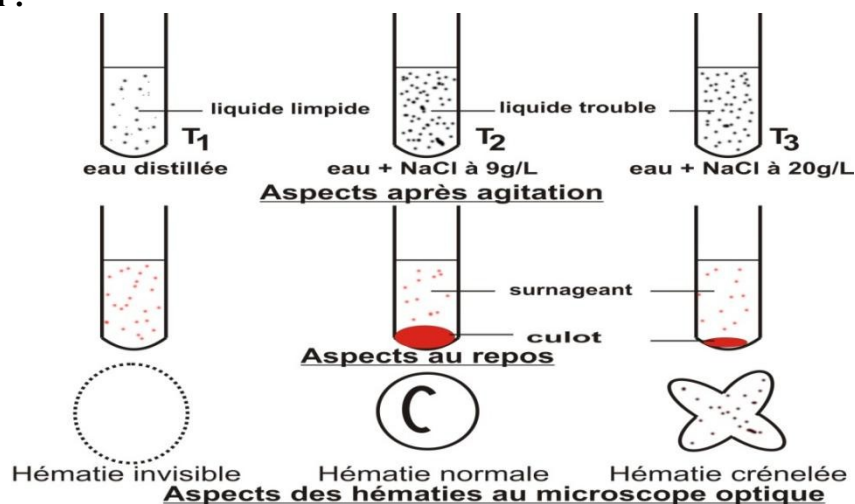
9‰		<i>vacuole</i> <i>un cytoplasme</i> <i>et une membrane cytoplasmique</i>	<i>Le mouvement d'eau</i> <i>Le milieu extérieur et le milieu intracellulaire sont...</i> <i>Les cellules sont</i>
12‰		<i>vacuole</i> <i>un cytoplasme</i> <i>et une membrane cytoplasmique</i>	<i>Le mouvement d'eau</i> <i>Le milieu extérieur est</i> <i>Le milieu intracellulaire est</i> <i>La cellule est dite</i>

- 4 -

- **Expérience :**

On dispose de trois tubes à essais T1, T2 et T3 contenant respectivement de l'eau distillée, une solution de NaCl à 9g/l et une solution de NaCl à 15g/l. On ajoute au contenu de chaque tube, une goutte de sang oxalaté de mammifère (pour empêcher la coagulation du sang).

- **Observation :**



- **Interprétation :** les hématies contenues dans l'eau distillée sont invisibles car elles ont absorbé de l'eau jusqu'à s'éclater en libérant leur hémoglobine : c'est l'hémolyse. Les hématies contenues dans la solution de NaCl à 9g/l ont un aspect normal car elles n'ont ni absorbé ni gagné de l'eau. Cette solution est donc isotonique au contenu des hématies : c'est l'isotonie. Les hématies placées dans la solution de NaCl à 15g/l ont un aspect crénelé car elles ont perdu de l'eau : c'est la plasmolyse. La solution de NaCl à 15g/l est hypertonique par rapport au contenu des hématies.

- **Conclusion :** Les cellules animales échangent de l'eau avec leur milieu extérieur.

B- Echange de substances dissoutes : la dialyse. Fig . P27

La dialyse est le passage des solutés à travers une membrane perméable.

1°) Les perméabilités.

Il existe quatre types de perméabilités : perméabilités orientée, sélective, différentielle et l'hémi-perméabilité.

a- La perméabilité orientée ou perméabilité à sens unique.

Elle est encore appelée perméabilité à sens unique. C'est le passage d'un soluté à travers une membrane plasmique dans un seul sens.

Exemple : On monte un fragment d'épiderme d'oignon dans une solution de rouge neutre à 0,5g/l. les vacuoles des cellules se colorent en rouge. Lorsqu'on transfère ce fragment dans un milieu ne contenant pas du rouge neutre, on constate que les vacuoles des cellules ne se décolorent jamais. Donc le rouge neutre rentre dans la cellule et ne ressort plus : c'est une perméabilité orientée.

b- La perméabilité différentielle.

C'est le passage de plusieurs solutés de même masse molaire à travers une membrane perméable à des vitesses différentes.

Exemple : Lorsqu'on place des cellules dans une solution formée de glucose et de fructose, on constate que le glucose entre dans la cellule plus vite que le fructose pourtant les deux solutés ont la même masse molaire.

c- La perméabilité sélective.

C'est le passage de certains solutés à travers une membrane plasmique et l'impossibilité d'autres solutés à traverser la même membrane.

Exemple : Lorsqu'on place des cellules dans une solution formée de glucose et de saccharose, on constate que seul le glucose traverse la membrane perméable pour rentrer dans la cellule.

d- L'hémi-perméabilité ou perméabilité à l'eau.

C'est le passage de l'eau seule à travers une membrane semi-perméable.

2°) Les modes de transports de solutés.

Le transport des solutés à travers la membrane plasmique s'effectue selon cinq modes : Le transport passif, le transport facilité et le transport actif, l'endocytose et l'exocytose.

a- Le transport passif.

C'est un transport de soluté d'un milieu hypertonique vers un milieu hypotonique. Ce transport s'effectue donc suivant le sens normal du gradient de concentration. Il ne nécessite ni de dépenses en énergie ni de transporteurs.

b- Le transport facilité.

C'est un transport qui s'effectue dans le sens normal du gradient de concentration mais le soluté se fixe sur un transporteur membranaire appelé perméase. Ce transport ne nécessite aucune dépense en énergie.

c- Le transport actif.

C'est un transport qui s'effectue dans le sens contraire du gradient de concentration c'est-à-dire le soluté est transporté d'un milieu hypotonique vers un milieu hypertonique. Ce transport nécessite un transporteur et une dépense en énergie sous forme d'ATP.

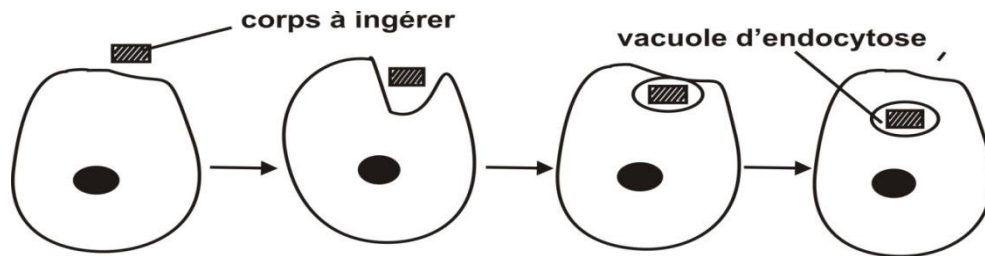
Le transport actif permet aux cellules de s'adapter à leur milieu de vie et de d'absorber des substances indispensables à leur métabolisme ou d'accumuler des substances de réserve dans les organes.

d- L'endocytose. Fig .P28

C'est la déformation de la membrane plasmique et du cytoplasme cellulaire pour faire rentrer une substance dans la cellule. Selon le type de substance ingérée, on distingue deux types d'endocytose :

- la phagocytose : la substance à ingérer est solide.
- la pinocytose : la substance à ingérer est un liquide.

L'endocytose débute par une invagination de la membrane plasmique et se termine par la formation d'une vacuole d'endocytose.

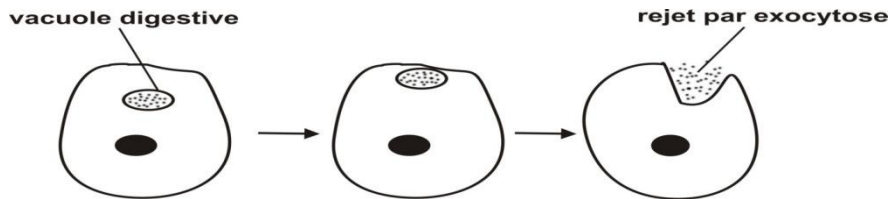


Les étapes d'endocytose

e- L'exocytose.

C'est la déformation de la membrane plasmique et du cytoplasme cellulaire pour faire ressortir une substance de la cellule.

La substance contenue dans une vacuole se positionne contre la membrane cellulaire. On assiste ensuite à une fusion de la vacuole avec la membrane plasmique et un rejet de la substance en dehors de la cellule.



Les étapes d'exocytose

III- Le métabolisme cellulaire.

Le métabolisme est l'ensemble des transformations dont un organisme est le siège. Le métabolisme regroupe deux réactions : le catabolisme et l'anabolisme.

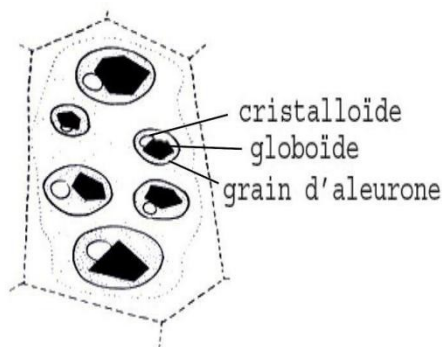
1°) Le catabolisme.

C'est l'ensemble des réactions de dégradation. Il regroupe : les oxydations respiratoires, les réactions d'hydrolyse. Ces réactions sont exothermiques.

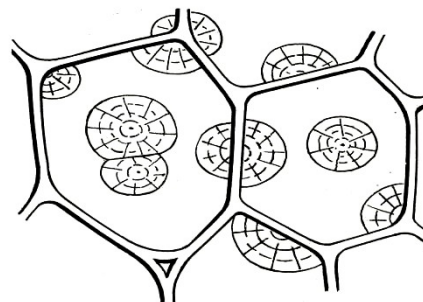
2°) L'anabolisme.

C'est l'ensemble des réactions de synthèse. Ce sont des réactions endothermiques comme la photosynthèse. Au cours de l'anabolisme, les substances élaborées sont mises en réserve dans les cellules sous formes de :

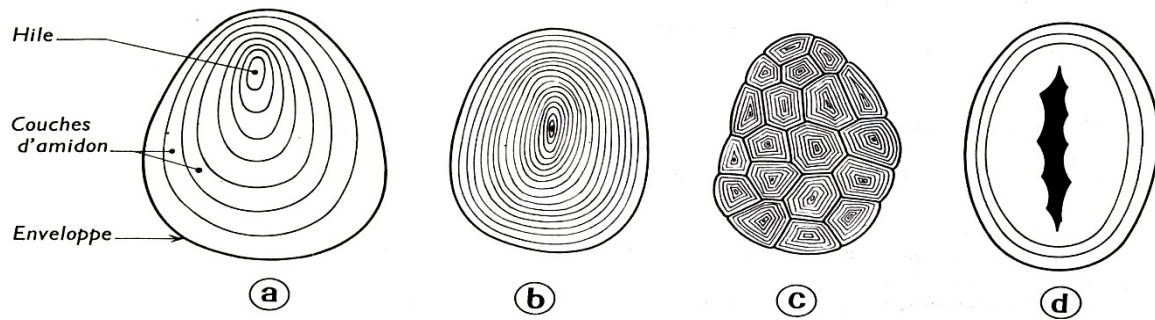
- L'amidon : c'est un glucide spécifique aux végétaux. Il se colore en bleu par le lugol. Il est mis en réserve dans les amyloplastes.
- Le glycogène : c'est un glucide spécifique aux animaux. Il se colore en brun acajou par le lugol.
- Les lipides : ils se colorent en rouge par le rouge Soudan et en noir par le tétroxyde d'osmium.
- Les protides : ils sont mis en évidence grâce aux réactions xanthoprotéique et de Biuret. Ils sont mis en réserve sous forme de grains d'aleurone dans les graines de ricin. Ces grains d'aleurone sont des vacuoles déshydratées et chacun comporte un cristalloïde et un globoïde.



Cellules de l'albumen de la graine de ricin.



Sphéro-cristaux d'inuline dans les cellules de la racine de chicorée



Grains d'amidon. a : Pomme de terre. b : Blé. c : Riz. d : Haricot

TRAVAUX DIRIGES

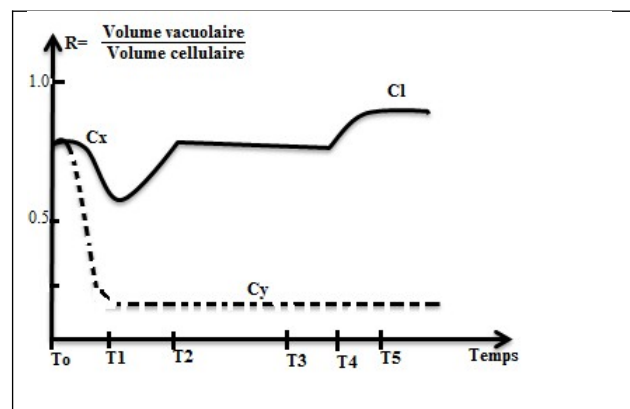
Exercice 1

Résumé de cours-Biologie cellulaire

1. Citez quelques mouvements cellulaires en expliquant en quoi consiste chacun d'eux.
- 2.a) Définir pression osmotique puis établir la formule permettant de la calculer.
b) Différentes formes de concentrations
3. Définir les termes et expressions suivants: plasmolyse, déplasmolyse, déplasmolyse provoquée, déplasmolyse spontanée.
4. En quoi consiste:
 - a) La perméabilité orientée
 - b) Perméabilité différentielle
 - c) Perméabilité sélective.
5. Parlez des différents types de transport des solutés en les caractérisant
6. Réalisez un schéma illustrant le phénomène de phagocytose

Exercice 2

A/ Deux fragments d'épiderme de pétale sont montés dans deux solutions aqueuses différentes, l'une contenant une substance X, l'autre contenant une substance Y. On évalue, à température constante, le rapport $\frac{\text{volume vacuolaire}}{\text{volume cellulaire}}$ en fonction du temps. Les résultats obtenus permettent de construire des courbes Cx et Cy du document ci-après.



- 1) Interprétez et expliquez ces courbes dans l'intervalle de temps t_0-t_3
- 2) Quel est le caractère de la perméabilité cellulaire ainsi mis en évidence?
- 3) Après avoir remplacé, à l'instant t_4 , la solution contenant la substance x par un liquide L, on a construit la portion de courbe C_L .
Interprétez cette portion de courbe dans l'intervalle $t_4 - t_5$

B/ 2°) Un même volume V des éléments C du sang est placé dans des solutions salines de concentrations différentes. Après agitation et centrifugation des tubes, on note pour chaque tube : la couleur du liquide surnageant: la couleur et le volume du culot de centrifugation qui renferme les éléments C, l'aspect des éléments examinés au microscope.

Les résultats sont consignés dans le tableau 3 ; V1 V2, V3, V4 représentent le volume du culot de centrifugation c'est à dire du dépôt des éléments C après centrifugation.

N° du tube	1	2	3	4
Concentration de la solution de NaCl en g/l	15 g/l	9 g/l	4,5 g/l	3 g/l
Couleur du liquide surnageant	incolore	incolore	Jaune - rose	rouge
Couleur du culot de centrifugation	rouge	rouge	rouge	Rose très pâle
Volume du culot de centrifugation	$V_1 < V$	$V_2 = V$	$V_3 > V$	$V_4 < V$

Observation microscopique des éléments c (vus de face)				
--	--	--	--	--

Complétez la dernière ligne du tableau par des schémas représentant pour chaque tube un élément C vu de face, et interprétez ces résultats expérimentaux. (A ne pas reproduire le tableau) (1,5pt)

Exercice 3

A) Pour étudier des échanges cellulaires on monte entre lame et lamelle des cellules de pétale d'Hibiscus naturellement colorées en rose dans des solutions d'urée de concentrations différentes et on les observe immédiatement au microscope.

Le document F représente l'aspect des cellules dans les différents milieux de montage.

Le schéma a correspond au milieu (A) = solution d'urée à

Le schéma b correspond au milieu (b) = solution d'urée à 0,9 %

Le schéma c correspond au milieu (c) = solution d'urée à 3 %.

1°/ Annotez et commentez les schémas a, b, c.

2°/ Sachant que l'expérience se déroule à une température ambiante

de 20°C, calculez la pression osmotique du contenu vacuolaire de la

cellule représentée par le schéma b.

On rappelle que l'urée est une solution aqueuse non électrolyte et que

la pression osmotique se calcule par la formule = αTn dans laquelle $\alpha = 0,082$.

3°/ Au bout de 20 minutes on constate que la majorité des cellules des trois montages réalisés dans l'urée (a, b et c) présente le même aspect que celles placées dans le milieu a.

Quelle conclusion pouvez-vous en tirer ?

B) Une deuxième expérience est conduite avec une solution de saccharose à 5,13 %

1°/ Quel aspect présenteront d'après vous les cellules observées au microscope ? Justifiez votre réponse.

2°/ Contrairement à ce qui se passe avec l'urée, les cellules montées dans la solution de saccharose conservent le même aspect quelques soit le temps d'expérience.

Quelle conclusion pouvez-vous en tirer.

C) Une troisième expérience est conduite avec une solution d'acétamide à 59 %. Dans la première minute d'observation on constate que les cellules passent de l'état du schéma (a) à celui du schéma (c) puis qu'elles reviennent à leur état initial.

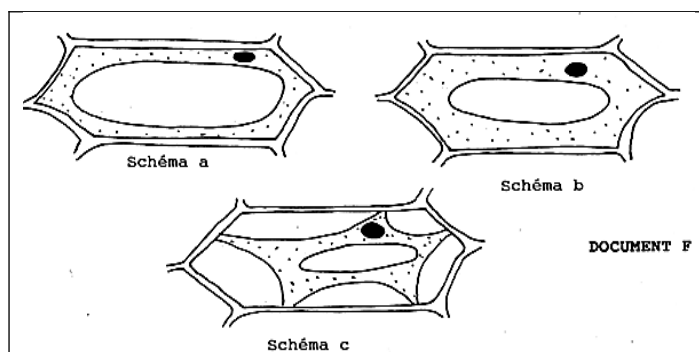
Sachant que des 3 corps étudiés (urée, saccharose, acétamide) seule l'acétamide possède un radical CH_3 très lipophile.

1°/ Quelle hypothèse pouvez-vous formuler pour la rapidité du phénomène observé avec cette molécule ?

(acétamide : $\text{CH}_3\text{-CO-NH}_2$)

2°/ Concluez en indiquant très brièvement les différents aspects de la perméabilité cellulaire mis en évidence par l'ensemble des observations précédentes.

On rappelle que $O = 16$; $C = 12$; $H = 1$; $N = 14$ et que la formule de l'urée = $\text{C}(\text{NH}_2)_2$ et celle du saccharose interpréter $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.



Exercice 4

A- On veut calculer la pression osmotique des cellules épidermiques de feuilles de tradescantia. On plonge des morceaux d'épiderme dans des solutions de saccharose de concentrations connues. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Concentration des solutions (mol/l)	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Nombre de cellules plasmolysées (pour 100 cellules observées)	8	75	95	100	100

1°) Représenter et annoter une cellule végétale plasmolysée.

2°) Construire le graphe représentant le nombre de cellules plasmolysées en fonction de la solution de saccharose.

3°) Interpréter ce graphe. Pourquoi les cellules de cet échantillon ne se plasmolysent-elles pas simultanément pour une concentration donnée ?

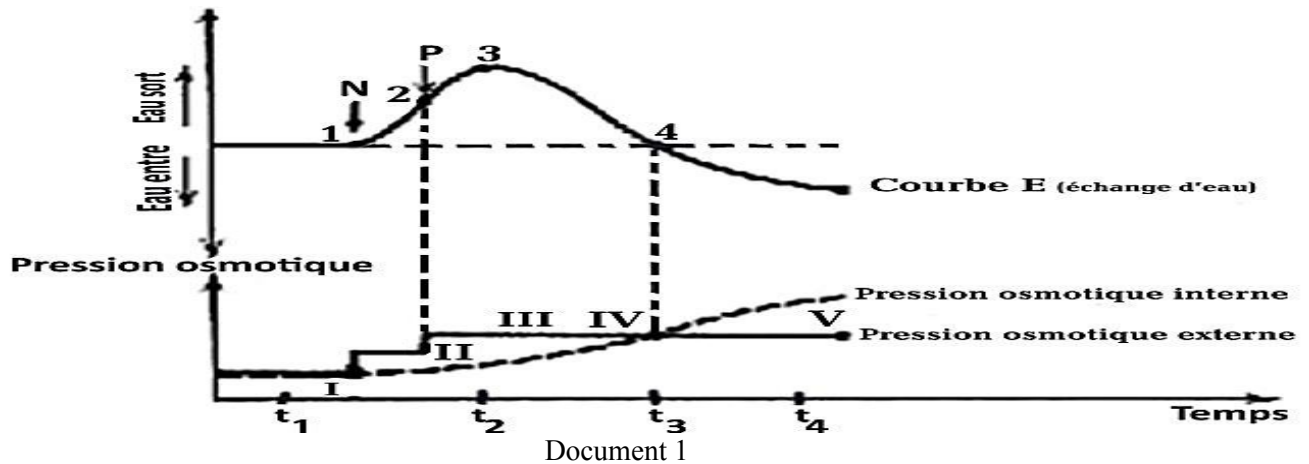
4°) Calculer la pression osmotique moyenne des cellules de l'échantillon en considérant qu'il ya équilibre isotonique.

B- On place des cellules végétales de type épidermique dans une solution isotonique au contenu cellulaire. Après quelques minutes, on ajoute au milieu une substance N qui ne pénètre pas dans les cellules mais qui augmentent la pression osmotique externe.

Quelques minutes plus tard, on ajoute une autre substance P qui pénètre dans les cellules. On obtient le graphique du document 1.

1°) Expliquer les phénomènes observés en commentant les trois courbes.

2°) A l'aide de schémas annotés, représenter les différents états des cellules aux moments t_1 , t_2 , t_3 et t_4 .



Exercice 5

A) Chez les plantes à fleur, les grains de pollen interviennent dans la reproduction.

1) Par des schémas soignés et annotés, retracez sans entrer dans les détails, le mécanisme de leur formation.

2) Faites le schéma d'un grain de pollen en coupe.

B) Dans le processus de la double fécondation, le grain de pollen doit germer pour permettre aux gamètes de se rencontrer.

Pour comprendre le mécanisme de cette germination, on réalise les expériences suivantes en utilisant divers milieux de culture géloses :

1) première expérience

a) Les grains de pollen sont placés sur un milieu X dont la composition est la suivante :

- eau distillée 500 g
- saccharose 75 g
- nitrate de calcium 0,05 g
- acide borique 0,05 g
- des acides aminés 0,25 g

On observe une germination normale.

b) Si les grains de pollen sont placés sur un milieu qui diffère du précédent par l'absence du saccharose ils éclatent.

c) Si l'on ajoute au milieu 250 g de saccharose, les grains de pollen prennent un aspect ratatiné et ne germent pas. Après avoir analysé les résultats de cette première expérience, expliquez ce qui permet la germination.

2) deuxième expérience :

a) On reprend le milieu de culture X mais le saccharose est marqué au ^{14}C .

Après une heure, on trouve de la radioactivité au niveau des divers constituants du tube pollinique et dans le gaz carbonique rejeté.

b) Dans le même milieu X, on remplace le saccharose par la même quantité de lactose marqué au ^{14}C .

La germination se fait normalement mais on ne décale aucune radioactivité dans le tube.

Que peut-on en déduire quant au rôle du saccharose et du lactose dans la germination ?

3) troisième expérience :

a) Le milieu contient uniquement 500 g d'eau et 75 g de saccharose. Les grains de pollen germent mais les tubes restent courts.

b) Les grains de pollen germent naturellement sur le stigmate de l'ovaire des plantes à fleurs.

On incorpore au style un glucide marqué au ^{14}C , avant la pollinisation et on retrouve la radioactivité dans les parois du tube germé. D'après les résultats des expériences 2 et 3, expliquez comment se produit la croissance du tube dans le milieu expérimental et dans l'organe femelle.

Exercice 6

On monte entre lame et lamelle des cellules d'épiderme coloré d'oignon, dans deux solutions, l'une d'une substance A et l'autre d'une substance B. Puis on mesure au cours du temps le rapport :

$\frac{\text{taille de vacuole}}{\text{taille de cellule}}$ dans chaque solution

Le tableau suivant est alors obtenu :

Temps en mn	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	1	2	3	4
Rapport dans solution A	0,8	0,6	0,4	0,2	0,4	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9
Rapport dans solution B	0,8	0,79	0,77	0,75	0,74	0,70	0,64	0,5	0,5	0,5

1°) Construire sur le même graphe les courbes exprimant le rapport : $\frac{\text{taille de vacuole}}{\text{taille de cellule}}$ en fonction du temps dans

A et dans B.

2°) Interprétez.

3°) Schématisez une cellule dans la solution B au temps 3 minutes.

Exercice 7

La paramécie est un animal unicellulaire possédant deux vacuoles pulsations. ces vacuoles se dilatent et se contractent rythmiquement.

1°) On prive une paramécie placée dans son milieu naturel de vacuoles pulsatiles, on constate qu'elle augmente considérablement de volume.

a) A quoi est due cette augmentation de volume ?

b) Quel est alors le rôle des vacuoles ?

2°) Lorsqu'on ajoute du saccharose au milieu de vie de telle sorte que la pression osmotique soit voisine de 1 atmosphère, l'animal se dégonfle jusqu'à retrouver son aspect normal.

Maintenu dans ce milieu, il continue de vivre et peut même se diviser. Si on le replace dans son milieu de vie, il augmente de volume jusqu'à éclatement.

a) Analysez et interprétez ces expériences.

b) Ces expériences confirment-elles votre réponse au 2-b ?

Exercice 8

A partir de cellules prélevées sur les pétales non colorées des plantes précédentes, on se propose d'étudier divers aspects des échanges cellulaires.

1°) On dispose d'eau, de rouge neutre concentré et de chlorure de sodium en solution.

a) - Comment pourrait-on procéder pour réaliser, en un seul montage, la mise en évidence d'un organe cellulaire en même temps qu'un aspect remarquable des échanges cellulaires ?

b) - Schématisez l'aspect des cellules après ce traitement

2°) - Les cellules sont plongées dans des solutions d'alcool de masses molaires différentes, mais de même concentration 0,25 mole par litre. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Alcools utilisés	Masse molaire	Resultants
Alcool éthylique	42	Pénètre très vite dans la cellule
Glycérol	92	Pénètre moins vite
Erythrol	122	Pénètre lentement
Mannitol	182	Ne pénètre pas

Quelle loi tirez-vous de ces résultats en ce qui concerne la perméabilité cellulaire aux corps dissous ?

3°) - On plonge maintenant des cellules identiques dans une solution de saccharose (masse molaire 342) de concentration égale à 0,60 mole par litre. On observe alors au niveau de chaque cellule, les phénomènes successifs suivants : dans un premier temps il se produit une contraction de la vacuole puis dans un second temps la vacuole reprend son volume initial.

a) - Expliquez la succession de ces phénomènes.

b) - Dites en quoi ces derniers résultats vous permettent de corriger la loi précédemment établie.

Exercice 9

La pression osmotique des eaux douces est de 0,2 atmosphère. La vie n'est alors possible que pour des organismes possédant un mécanisme d'osmorégulation, en particulier, chez la Paramécie. Elle possède deux vacuoles pulsatiles qui, alternativement, se remplissent de liquide et se contractent en chassant le contenu dans le milieu extérieur.

On réalise sur des Paramécies les expériences suivantes :

1°) On détruit leurs vacuoles pulsatiles, à l'aide de rayons ultra-violets.

On constate que les Paramécies se gonflent ; on les partage alors en deux lots.

2°) Le lot (a) comprend des Paramécies placées dans l'eau douce ; on constate qu'elles continuent à se gonfler et

qu'elles éclatent.

3°) Le lot (b) comprend des paramécies placées dans l'eau douce additionnée de saccharose de telle sorte que la pression osmotique de cette solution soit voisine de 1 atmosphère. On constate que les paramécies se dégonflent, et retrouvent leur forme et leur taille normales.

si on les laisse dans ce milieu, elles vivent normalement et ne même se diviser.

Si on les replace dans l'eau douce, elles gonflent et éclatent.

Expliquez le comportement des Paramécies dans ces différents milieux.

En déduire le rôle des vacuoles.

LES DIVISIONS CELLULAIRES

Les objectifs pédagogiques

L'élève doit être capable de :

- 1- Définir les deux types de division (mitose et méiose).**
- 2- Connaître les différentes phases des divisions cellulaires.**
- 3- Décrire les caractéristiques de chaque phase des divisions cellulaires.**
- 4- Décrire le mécanisme de la réplication de l'ADN.**
- 5- Construire, analyser et interpréter les graphes d'évolution de la quantité d'ADN au cours du temps pour chaque type de division.**
- 6- Définir et analyser un caryotype.**
- 7- Comparer la mitose et la méiose.**
- 8- Connaître l'importance de chaque division cellulaire.**
- 9- Connaître les types de mutations et leurs conséquences**

Introduction

Une division cellulaire est un processus par lequel on obtient des cellules filles à partir d'une cellule mère. Il existe deux sortes de divisions cellulaires : la mitose et la méiose.

I- La mitose. Fig.1 P30

La mitose est une division cellulaire au cours de laquelle une cellule mère se divise pour donner deux cellules filles ayant chacune le même nombre de chromosome que la cellule mère.

A- Etude microscopique de la mitose.

Pour observer la mitose au microscope, on utilise comme matériels biologiques les cellules œufs (mitose animale) ou les méristèmes ou les extrémités des racines ou des bourgeons (mitose végétale). L'observation de l'un de ces matériels biologiques au microscope montre des cellules dont les noyaux présentent deux aspects :

- Certains noyaux sont moins volumineux et sphériques : ce sont des noyaux au repos ou noyaux quiescents.
- D'autres noyaux sont plus volumineux et montrent des filaments enchevêtrés dans leur nucléoplasme : ces noyaux sont en division.

A- Les phases de la mitose. Fig.1, 2, 3, 4, 5, 6 P30

La mitose se déroule en quatre phases : la prophase, la métaphase, l'anaphase et la télophase.

1°) La prophase.

Au début de la prophase, on observe le gonflement du noyau de la cellule, la disparition des nucléoles, le dédoublement des centrioles (s'il s'agit d'une mitose animale) et surtout la condensation des nucléofilaments pour donner des chromosomes à deux chromatides. A la fin de la prophase, on note l'apparition des asters formés à partir des centrioles de même que la formation d'un fuseau de division. S'il s'agit d'une cellule végétale, à la place des asters, on a des calottes polaires. Chaque chromosome se fixe sur un filament du fuseau par l'intermédiaire de son centromère et les chromosomes sont disposés en désordre dans le fuseau de division.

2°) La métaphase.

Les chromosomes se positionnent dans le plan équatorial du fuseau avec leurs centromères alignés dans ce plan équatorial. Cette disposition des chromosomes à l'équateur s'appelle une plaque équatoriale en vue de profil ou une couronne équatoriale en vue face.

NB : c'est à cette phase que les chromosomes sont bien visibles, bien fissurés et facile à compter et à décrire.

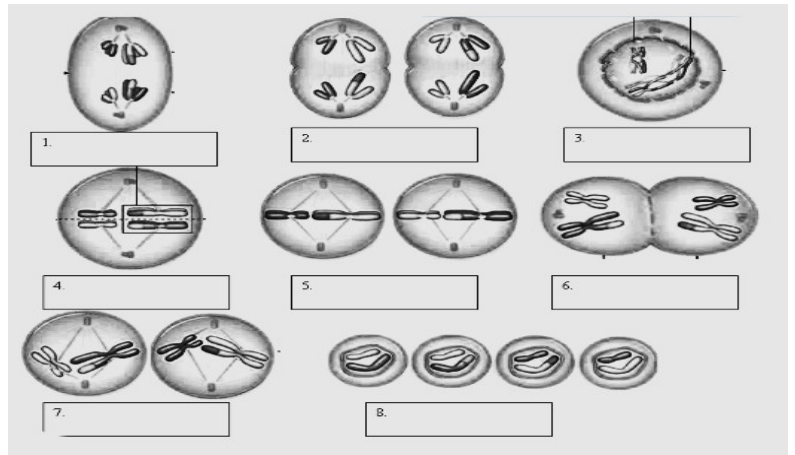
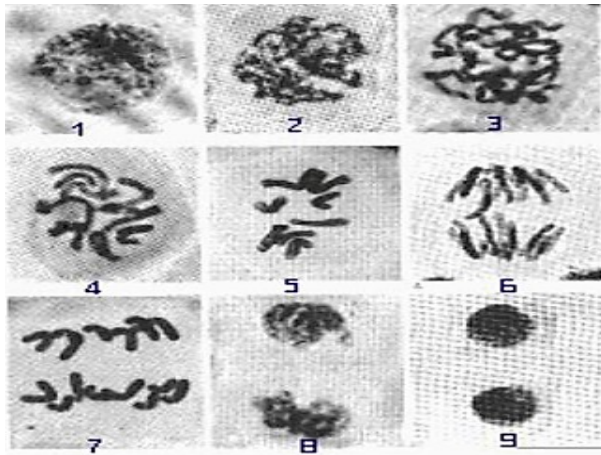
3°) L'anaphase.

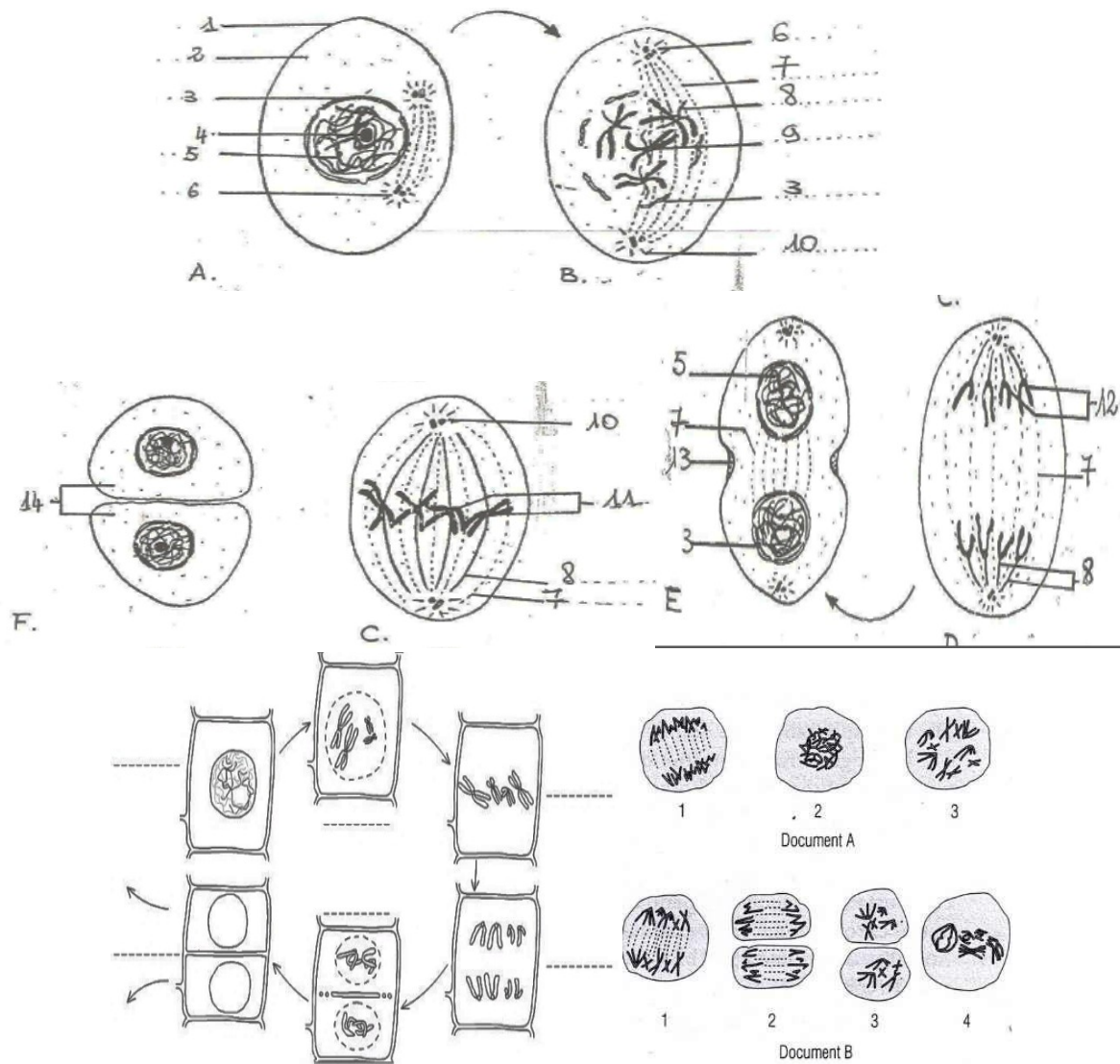
C'est la troisième phase de la division cellulaire au cours de laquelle il y a clivage de centromères et migration des chromatides ou chromosomes à une chromatide vers les pôles du fuseau. Cette migration des chromosomes est encore appelée une ascension polaire des chromosomes.

4°) La télophase.

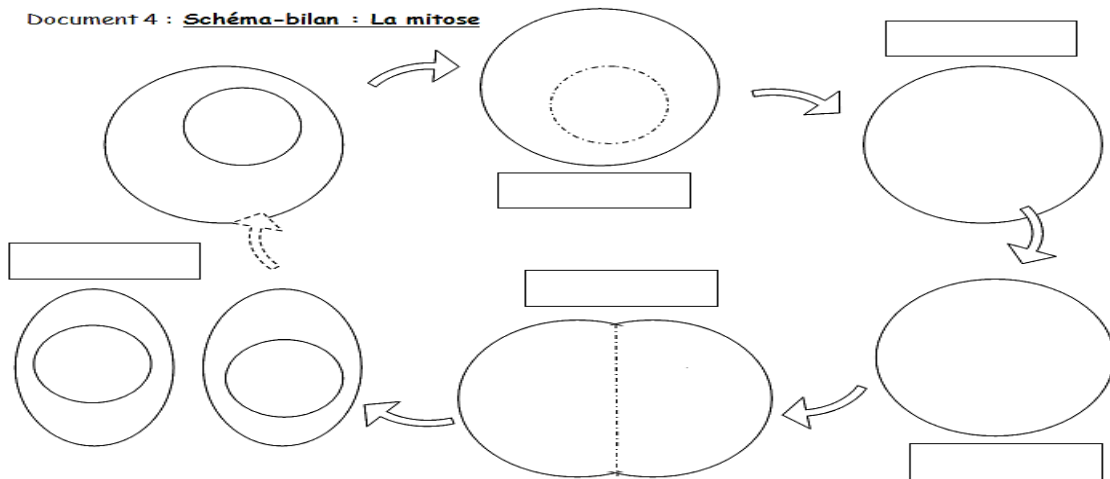
C'est la dernière phase de la division cellulaire au cours de laquelle on obtient deux cellules filles ayant des noyaux habituels. Il y a une décondensation des chromosomes pour former les nucléofilaments, reconstitution de la membrane nucléaire, réapparition des nucléoles. Enfin on assiste à une division du cytoplasme de la cellule en deux : c'est la cytodierèse. Cette cytodierèse s'effectue grâce au sillon de division (ou étranglement) chez les cellules animales ou grâce à un phragmoplaste (proparoi) chez les cellules végétales. Le phragmoplaste est élaboré à partir des vésicules golgiennes et des microtubules.

Exercice





Document 4 : Schéma-bilan : La mitose



B- Etude des chromosomes. Fig.P 38

Les chromosomes sont des éléments du noyau constitués d'une chaîne d'ADN associée aux protéines basiques (histones).

1°) Obtention des chromosomes.

Pour obtenir les chromosomes, on ajoute sur un tissu en activité intense, de la colchicine qui bloque la mitose à la métaphase en empêchant la formation du fuseau de division et le clivage de

centromère. Ce tissu ainsi traité est placé dans un milieu hypotonique. Les cellules de ce tissu gonflent et leur écrasement provoque la libération des chromosomes.

2°) Nombre de chromosomes.

L'ensemble des chromosomes d'une cellule constitue la garniture de cette cellule et par conséquent la garniture chromosomique de l'espèce à la quelle la cellule est issue. Certaines cellules ont des nombres paires de chromosome et que ces chromosomes sont identiques deux à deux de point de vue forme et taille : ces cellules sont appelées des cellules à $2n$ chromosomes ou des cellules diploïdes. 2 désigne la parité et n désigne le nombre de paire de chromosomes. Exemples : Homme : $2n = 46$ chr ; chien : $2n = 78$ Chr ; drosophile : $2n = 8$ Chr.

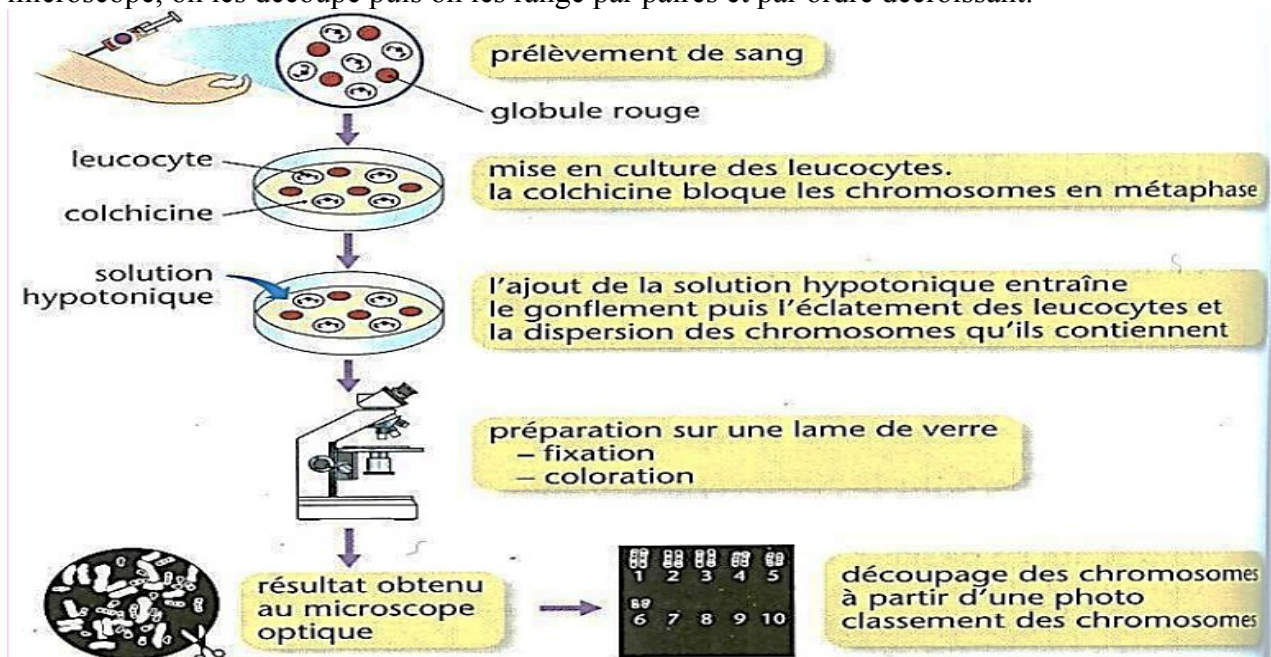
D'autres cellules par contre ont des chromosomes qui ne sont pas identiques deux à deux : ceux sont des cellules à n chromosomes ou des cellules haploïdes. Exemples : spermatozoïdes : $n = 23$ chromosomes, ovule : $n = 23$ Chr.

3°) Notion de caryotype. Fig.14 P37

Le caryotype est le nombre de chromosomes d'une cellule regroupé par paire et par ordre décroissant.

a- Réalisation d'un caryotype.

On traite un tissu animal ou végétal en activité intense à l'aide de la colchicine et le tissu est transféré dans un milieu hypotonique puis écrasé. Après coloration il est monté au microscope. Pour passer de l'observation à l'obtention du caryotype, on photographie les chromosomes dans le champ du microscope, on les découpe puis on les range par paires et par ordre décroissant.



RÉALISATION D'UN CARYOTYPE

- Culture cellulaire présentant des cellules en division ou mitose
- Synchronisation et blocage des mitoses en métaphase par le colchicine permet de visualiser les chromosomes
- Dispersion des chromosomes par éclatement des cellules soumises à une solution isotonique
- Fixation et coloration des chromosomes
- Observation et classification des chromosomes par paire en fonction de leur taille et de leurs bandes.

b- Analyse d'un caryotype.

L'aspect d'un caryotype tient compte : du nombre de chromosomes dans la cellule le nombre de paires de chromosomes homologues ou autosomes et le nombre de chromosomes non homologues ou hétérochromosomes ou chromosomes sexuels.

Par exemples :

- Le caryotype d'un homme montre 46 chromosomes dont 22 paires d'autosomes et une paire de gonosomes notée XY. Homme : $44 + XY$.

- Le caryotype d'une femme montre 46 chromosomes dont 23 paires d'autosomes car la dernière paire est aussi constituée de chromosomes homologues et est notée XX. Femme : 44 + XX.

- **CARYOTYPE HUMAIN NORMAL :**

o **Cellules somatiques** diploïdes : 46 chromosomes soit 23 paires : 22 paires d'autosomes + 1 paire de Chr sexuels ou gonosomes

Formule chromosomique d'un homme = 46, XY

Formule chromosomique d'une femme = 46, XX

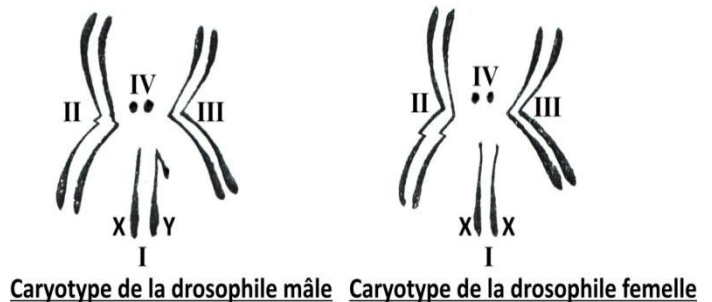
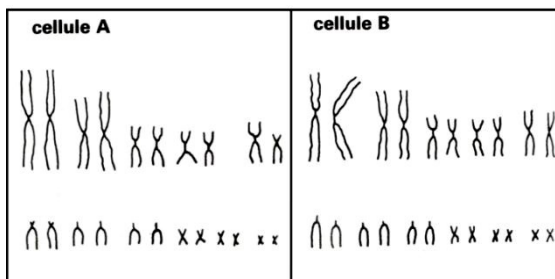
o **Cellules germinales** (spermatozoïdes ou ovocytes) haploïdes : 23 chromosomes.

Formule chromosomique d'un gamète masculin = 23, X ou 23, Y

Formule chromosomique d'un gamète féminin = 23, X

- Le caryotype d'une drosophile mâle montre 8 chromosomes dont 3 paires d'autosomes et une paire de gonosomes.

- Le caryotype d'une drosophile femelle montre 8 chromosomes dont toutes les quatre paires sont des autosomes.



4°) Description d'un chromosome. Fig. P38

Un chromosome est constitué de deux chromatides unies au niveau d'un centromère. Ou bien un chromosome est constitué de deux bras unis au niveau d'un centromère.

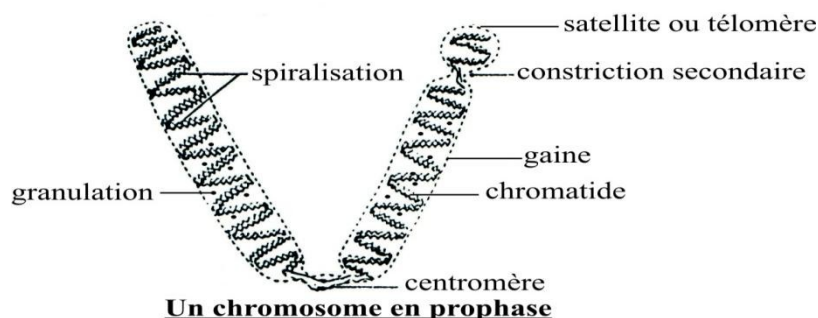
5°) Les formes des chromosomes.

Selon la position du centromère, on distingue trois types de chromosomes : les chromosomes en bâtonnet, les chromosomes en V et les chromosomes punctiformes.



6°) Ultrastructure d'un chromosome.

Un chromosome est un filament spiralé, le chromonéma enveloppé d'une gaine ou matrix et porteur de granulations ou chromomères. La structure du chromosome varie selon le moment du cycle cellulaire. Ainsi, on distingue des chromosomes à une chromatide et des chromosomes à deux chromatides.



7°) Composition chimique des chromosomes. Fig. P38

Une chromatide d'un chromosome contient un filament d'ADN (fragment bicaténaire) replié sur lui-même et associé aux protéines basiques ou histones et aux protéines non basiques.

C- Notion de cycle cellulaire. Fig.8 et 9, 11 P33 Fig. 47 , 48 P16

1°) Définition.

Un cycle cellulaire est un ensemble de phénomènes comportant une interphase et une mitose suivante.

2°) L'interphase.

C'est une phase qui sépare deux divisions successives. C'est aussi une phase qui précède une division cellulaire.

L'interphase comporte trois phases :

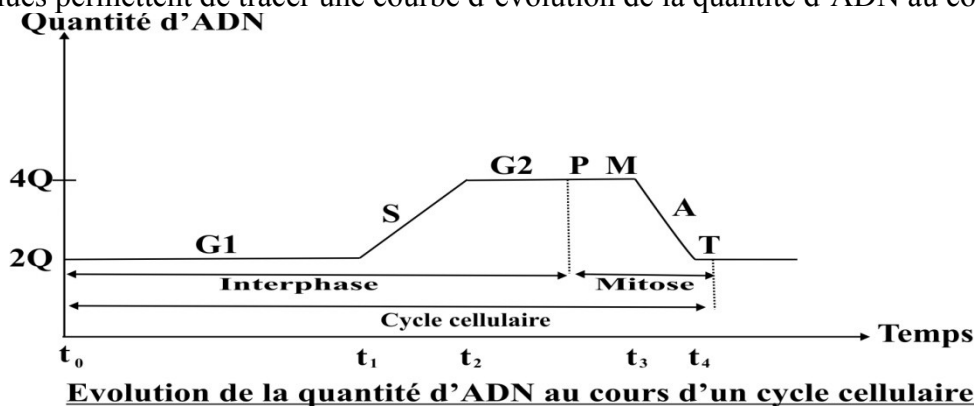
La phase G1 (vient du mot Gap qui signifie lacune): c'est une phase au cours de laquelle la cellule élabore ses composés cytoplasmiques.

La phase S : c'est la phase de synthèse d'ADN encore appelée réplication de l'ADN. A la fin de cette phase, la quantité d'ADN double : c'est la duplication.

La phase G2 : c'est une nouvelle phase de synthèse des composés cytoplasmiques.

3°) Evolution de la quantité d'ADN au cours d'un cycle cellulaire.

Considérons une cellule diploïde dont la quantité d'ADN initiale dans son noyau est de $2Q$. On suit l'évolution de cette quantité d'ADN dans la cellule au cours du temps et lors d'un cycle cellulaire. Les données obtenues permettent de tracer une courbe d'évolution de la quantité d'ADN au cours du temps.



a- Analyse de la courbe.

A $t = 0$, la quantité d'ADN initiale est égale $2Q$.

Entre t_0 et t_1 , cette quantité d'ADN reste constante et égale à $2Q$.

Entre t_1 et t_2 , cette quantité d'ADN double en passant de $2Q$ à $4Q$.

Entre t_2 et t_3 , la quantité d'ADN reste constante et égale à $4Q$.

Entre t_3 et t_4 , la quantité d'ADN diminue de moitié en passant de $4Q$ à $2Q$.

Au delà de t_4 , cette quantité d'ADN reste constante et égale à $2Q$.

b- Interprétation.

- A t_0 , la quantité d'ADN $2Q$ correspond à la quantité d'ADN initiale.

- Entre t_0 et t_1 , cette quantité d'ADN correspond à la phase G1 qui est la phase de synthèse des composés cytoplasmiques. La cellule est à $2n$ chromosome à raison d'une chromatide par chromosome.

- Entre t_1 et t_2 , on a la phase S qui est la phase de synthèse d'ADN. Pendant cette phase, chaque chromatide élabore son homologue et à la fin chaque chromosome est à deux chromatides mais la cellule est toujours à $2n$ chromosome.

- Entre t_2 et t_3 , on a les phases : G2, phase de synthèse des composés cytoplasmiques ; la prophase et la métaphase de la mitose. Durant ces trois phases, la cellule est toujours à $2n$ chromosomes à raison de deux chromatides par chromosome.

Entre t_3 et t_4 , on a l'anaphase. La cellule est à $2 \times 2n$ chromosomes à raison d'une chromatide par chromosome.

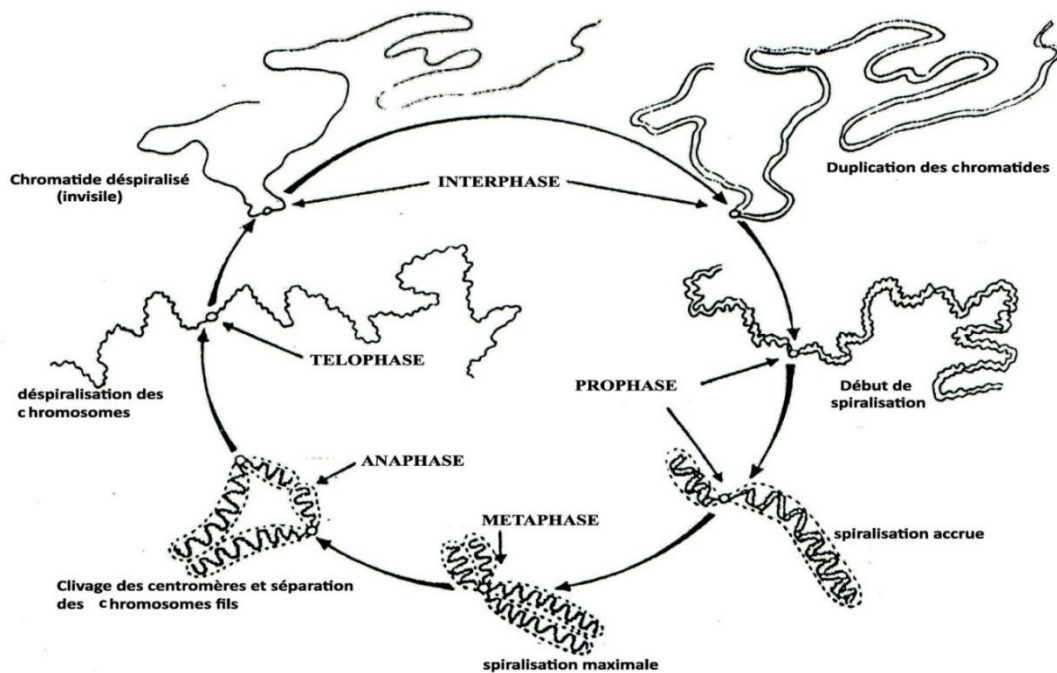
- A t4, correspond la télophase. Chaque cellule fille est à 2n chromosomes à raison d'une chromatide par chromosome.

4- Comportement des chromosomes au cours du cycle cellulaire.

La structure du chromosome varie selon que la cellule est en division (mitose) ou non (interphase) chaque chromosome est constitué d'ADN et de protéine basique (histone). Pendant l'interphase, on assiste à une réplication semi conservatrice de l'ADN : la double hélice rigoureusement identique correspondant au 2 chromatides unis par le centromère.

Pendant la prophase et la métaphase, les nucléo filaments d'ADN s'enroulent sur eux même, on dit qu'ils sont condensés. Ils deviennent visibles au microscope comme des bâtonnets courts massifs qu'on appelle chromosome à deux chromatides. Pendant l'anaphase, les chromosomes sont à une chromatide et à la télophase, ils deviennent invisibles.

Les chromosomes sont donc des structures permanentes de la cellule car ils ne font que changer de formes lors du cycle cellulaire.



Comportement des chromosomes au cours d'un cycle cellulaire

5°) Régulation d'un cycle cellulaire.

Le cycle cellulaire est influencé par plusieurs facteurs aussi bien internes qu'externes.

a- Les facteurs internes.

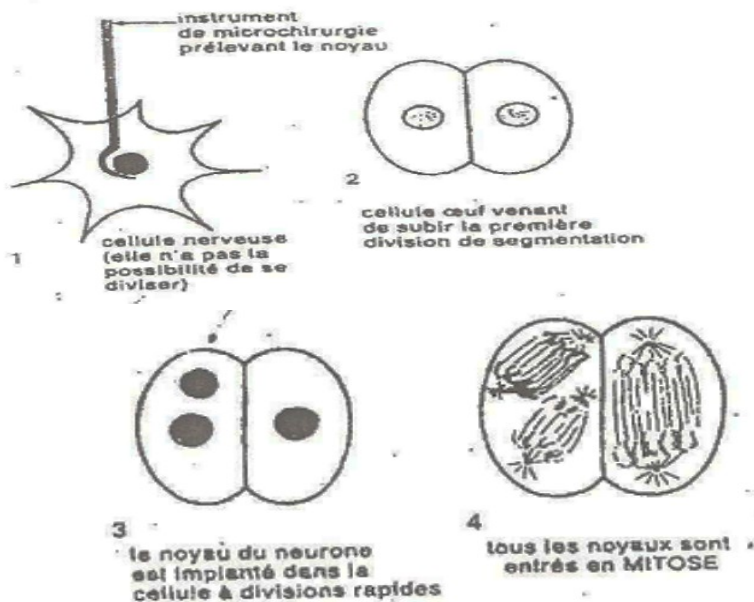
- Les types de cellules : certaines cellules spécialisées, n'entre plus en division et elles sont appelées des cellules spécialisées. C'est le cas de : spermatozoïdes, ovule, cellules nerveuses, hématies etc. Par contre, d'autres cellules ont un pouvoir de division élevé. C'est le cas des cellules méristématiques, des cellules œufs.

- Le rapport nucléo plasmatique (RNP) : c'est le volume du noyau par rapport au volume du cytoplasme.

$$RNP = \frac{\text{Volume du noyau}}{\text{Volume du cytoplasme}}$$

En effet, une cellule qui est régulièrement amputée de son cytoplasme ne se met jamais en division. Lorsque RNP augmente, la cellule se met en division.

- Les facteurs cytoplasmiques : Il existe certains facteurs cytoplasmiques qui seraient à l'origine du déclenchement de la division cellulaire. En effet, si on fusionne deux cellules dont les durées de cycle cellulaire sont différentes, c'est la cellule à cycle court qui impose son rythme de division c'est-à-dire que lorsque la cellule à cycle court se met en division, la deuxième cellule à cycle long entre aussi en division au même moment.



b- Les facteurs externes.

- Les substances inhibitrices de la division cellulaire : c'est le cas de la colchicine qui bloque la mitose à la métaphase en inhibant la formation du fuseau de division et le clivage des centromères. La mitomycine elle autre inhibe la réplication de l'ADN à la phase S.
- Les substances activatrices de la mitose : c'est le cas des hormones sexuelles qui activent la réplication des l'ADN.

D- La réplication de l'ADN.

La réplication de l'ADN est l'ensemble de mécanisme aboutissant à la synthèse des molécules d'ADN identiques à la molécule parentale.

La molécule d'ADN a deux propriétés : l'autoreproduction et le support du matériel génétique. L'autoreproduction ou la réplication de l'ADN a été mise en évidence grâce aux travaux de Taylor, de Méselson et Stahl.

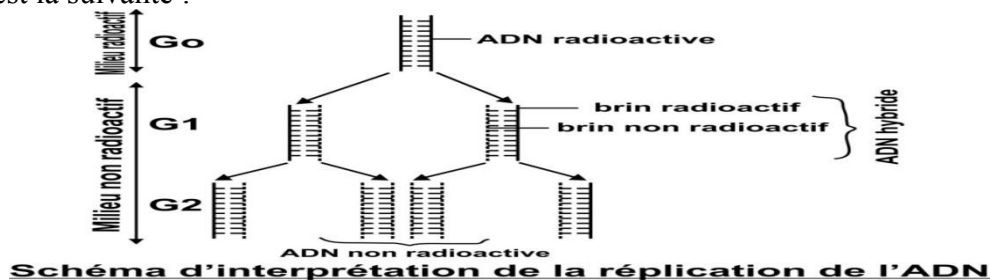
1°) Expérience de Méselson et Stahl. Fig.51 P17

- **Expérience** : On cultive des bactéries dans un milieu nutritif contenant de la thymidine radioactive, c'est-à-dire de la thymidine renfermant de l'hydrogène radioactif pendant un temps suffisant pour sa pénétration dans le cytoplasme. On transfère ces bactéries dans un milieu non radioactif c'est-à-dire un milieu contenant de la thymidine non radioactive. On détermine la proportion des bactéries radioactives ou non dans les générations successives.

La génération G_0 donne par division, sur ce milieu, une génération G_1 dont tous les individus sont radioactifs.

La génération G_1 donne, par une nouvelle division, une génération G_2 pour moitié de bactéries radioactives et pour moitié de bactéries non radioactives.

- **Interprétation** : la thymidine est un nucléotide spécifique à l'ADN. L'obtention des molécules d'ADN non radioactives montre qu'il y a synthèse d'ADN. Cette synthèse se fait en conservant un brin d'ADN mère dans chaque molécule d'ADN fille : on dit alors que la réplication de l'ADN se fait selon un mode semi conservatif. Le schéma d'interprétation moléculaire du phénomène de la réplication est la suivante :



2°) Mécanisme de la réplication de l'ADN . Fig. 51, 53 ,54, P17, 18

La réplication de l'ADN débute par l'ouverture de la double chaîne d'ADN grâce à la rupture des liaisons hydrogènes. Chaque brin synthétise son homologue par incorporation des nucléotides libres du noyau et sous l'action de l'ADN polymérase et en présence des ions Mg^{2+} . A la fin de la réplication de l'ADN, on obtient deux molécules d'ADN filles semblables entre elles et identiques à la molécule mère.

3°) quelques problèmes liés à la réplication de l'ADN.

Au cours de la réplication de l'ADN, il peut se une modification d'un ou des nucléotides de l'ADN. Cette modification qui ne touche qu'au plus un codon est appelée une mutation. Il existe plusieurs sortes de mutations parmi lesquelles on a :

- Les mutations faux-sens : ce sont des mutations qui échangent un codon spécifiant un acide aminé contre un codon spécifiant un autre acide aminé.
- Les mutations ponctuelles : ce sont des mutations portant sur un seul nucléotide. Il existe quatre types de mutations ponctuelles :
 - **La substitution** : c'est le remplacement d'un nucléotide par un autre.
 - **L'insertion** : c'est l'introduction d'un nucléotide supplémentaire.
 - **La délétion** : c'est la perte d'un nucléotide.
 - **L'inversion** : c'est le retournement d'un triplet de nucléotide.

Type de mutation	ARNm correspondant au gène normal + protéine synthétisée	ARNm correspondant au gène muté + protéine synthétisée
Substitution (remplacement d'un couple de nucléotides par un autre)	CCA - GAG - ACU ↓ Pro - Glu - Thr	CCA - GUG - ACU ↓ Pro - Val - Thr
Inversion (retournement d'un triplet)	UUC - UGG - GCU ↓ Phé - Try - Ala	UUC - GGU - GCU ↓ Phé - Gly - Ala
Délétion (perte d'un couple de nucléotides)	UAC - ACC - ACG - A ↓ Tyr - Thr - Thr	UAC - CCA - CGA ↓ Tyr - Pro - Arg
Insertion (introduction d'un couple supplémentaire de nucléotides)	UAC - ACC - ACG ↓ Tyr - Thr - Thr	UAC - GAC - CAC - G ↓ Tyr - Asp - His

Les mutations ponctuelles

E- Importance de la mitose.

La mitose assure :

- La multiplication des cellules chez les organismes pluricellulaires.
- La reproduction conforme des cellules.
- Le maintien de la garniture chromosomique des espèces.
- La croissance des organismes pluricellulaires.
- La pérennité des espèces.
-

F- Quelques cas particuliers de divisions cellulaires.

On distingue : les mitoses anormales et les multiplications végétatives.

1°) Les mitoses anormales.

Ces sont des divisions cellulaires qui affectent soit le nombre de chromosomes soit la qualité des chromosomes soit la forme des chromosomes. Les plus courants de ces mitoses anormales sont : la polygénie et la polyploïdie.

a- La polyploïdie.

C'est une quantité excessive de chromosomes dans le noyau d'une cellule. Elle est due soit à la non séparation des cellules filles à la télophase, soit au non disparition de la membrane nucléaire à la prophase. Les cellules polyploïdes renferment soit $4n$, $8n$ chromosomes etc....

b- La poly génie.

C'est une quantité excessive de chromatides des chromosomes d'une cellule. Elle est due à l'absence du clivage de centromère à l'anaphase. Les chromosomes polygéniques sont encore appelés des chromosomes géants. C'est le cas des chromosomes contenus dans les glandes salivaires des drosophiles.

2°) Les multiplications végétatives.

La multiplication végétative ou l'amitose est une division directe de la masse cellulaire en deux cellules filles semblables sans phénomènes chromosomiques préalables. Cette division s'effectue d'une façon transversale chez la paramécie. Lors de cette division, les noyaux de la paramécie s'étirent, les vacuoles digestives disparaissent, une nouvelle vacuole pulsatile se forme de même qu'un nouvel entonnoir buccal. Il apparaît alors un étranglement médian qui sépare la paramécie en deux cellules filles.

L'amitose s'effectue chez d'autres cellules comme : les hématies des batraciens, les cellules du placenta, les levures.

II- La méiose.

La méiose est une division cellulaire au cours de la quelle une cellule diploïde se divise pour donner quatre cellules filles haploïdes ou cellules sexuelles.

A- Les étapes de la méiose. Fig. 12, 13, 15, 16 P35

La méiose comporte deux types de divisions : la division réductionnelle et la division équationnelle. Comme pour la mitose, la méiose est aussi précédée d'une interphase.

1°) La division réductionnelle.

Elle se déroule en quatre phases qui sont : la prophase I, la métaphase I, l'anaphase I et la télophase I. c'est au cours de cette division qu'il y a réduction de moitié du nombre de chromosomes.

a- La prophase I.

Au début de la prophase I, il y a gonflement du noyau, disparition des nucléoles, dédoublement des centrioles et surtout appariement des chromosomes homologues pour former des tétrades de chromatides.

A la fin de la prophase I, on note la disparition de la membrane nucléaire, la formation du fuseau de division et la disposition des tétrades au hasard dans le fuseau.

b- La métaphase I.

Les tétrades se disposent dans le plan équatorial du fuseau avec leur centromère disposé de part et d'autre du plan équatorial du fuseau.

c- L'anaphase I.

Elle est caractérisée par une ascension polaire des chromosomes à deux chromatides vers les pôles du fuseau. Le nombre de chromosomes $2n$ de la cellule mère se divise ainsi en deux lots identiques de n chromosomes par lot.

d- La télophase I.

Elle est caractérisée par la division du cytoplasme pour donner deux cellules filles à n chromosomes chacune.

2°) la division équationnelle.

Il s'agit d'une mitose normale sauf qu'on part des cellules à n chromosomes. Elle se déroule aussi en quatre phases : la prophase II, la métaphase II, l'anaphase II et la télophase II.

a- La prophase II.

Elle est confondue à la télophase I car il y a pas d'interphase entre les deux divisions de la méiose. A cette phase, on assiste à une disposition des chromosomes au hasard dans le fuseau à raison d'un chromosome par fibre du fuseau.

b- La métaphase II.

Les chromosomes se disposent dans le plan équatorial du fuseau avec leur centromère aligné dans ce plan.

c- L'anaphase II.

On note un clivage des centromères et une migration des chromosomes à une chromatide vers les pôles du fuseau.

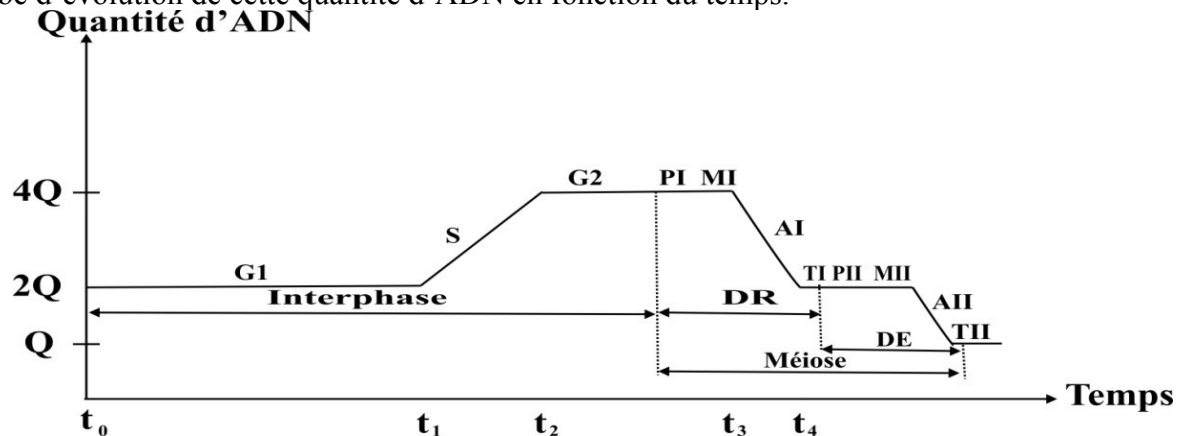
d- La télophase II.

Il y a division du cytoplasme et reconstitution des noyaux cellulaires.

Remarque : à la fin des deux divisions, on obtient quatre cellules à n chromosomes chacune à partir d'une cellule mère à $2n$ chromosomes.

B- Variation de la quantité d'ADN au cours de la méiose. Fig. 17 P37

Considérons une cellule mère dont la quantité d'ADN initiale est égale à $2Q$ par noyau. On suit l'évolution de cette quantité d'ADN au cours de la méiose. Les résultats permettent de tracer la courbe d'évolution de cette quantité d'ADN en fonction du temps.



Evolution de la quantité d'ADN au cours de la méiose

Interprétation du graphe.

- A t_0 , la quantité d'ADN est égale à $2Q$, ce qui correspond à la quantité d'ADN initiale dans la cellule mère.
- Entre t_0 et t_1 , cette quantité d'ADN reste constante et égale à $2Q$, c'est la phase G1 de l'interphase qui est la phase de synthèse des composés cytoplasmiques.
- Entre t_1 et t_2 , la quantité d'ADN double en passant de $2Q$ à $4Q$, ce qui correspond à la phase S qui est la phase de synthèse d'ADN.
- Entre t_2 et t_3 , la quantité d'ADN reste constante et égale à $4Q$, ce qui correspond aux phases G_2 , à la prophase I et la métaphase I.
- Entre t_3 et t_4 , la quantité d'ADN diminue de moitié en passant de $4Q$ à $2Q$: cela correspond à l'anaphase I et à la télophase I.
- Entre t_4 et t_5 , la quantité d'ADN reste constante et égale à $2Q$, ce qui exprime la prophase II et la métaphase II.
- Entre t_5 et t_6 , la quantité d'ADN diminue encore de moitié en passant de $2Q$ à Q , ce qui correspond à l'anaphase II et à la télophase II.

C- Importance de la méiose.

La méiose permet la réduction de moitié du nombre de chromosomes dans les cellules filles. Elle assure un brassage chromosomique (inter et intra chromosomique).

TRAVAUX DIRIGES

Exercice 1

Au cours d'une expérience, plusieurs cellules animales contenant chacune dix unités arbitraires ($10 UA$) d'ADN sont placées dans un milieu de culture adapté où elles se divisent normalement par des mitoses successives.

Vingt heures après le début de l'expérience, une substance S est ajoutée dans le milieu de culture. On se

propose alors d'étudier l'évolution de la quantité d'ADN dans le milieu. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Quantité d'ADN (10 ³ UA)	3	3	6	6	6	6	12	12	12	12	12	12	12	12
Temps (h)														

1°) Tracez la courbe de variation de la quantité d'ADN en fonction du temps.

2°) Déterminez la durée du cycle cellulaire de ces cellules animales.

3°) Analysez et interprétez les variations de la quantité d'ADN observées dans le milieu de culture.

4°) Calculez le nombre de cellules contenu dans le milieu de culture 5h après le début de l'expérience et à la fin. Justifiez.

5°) Comment expliquez-vous la variation du nombre de cellules dans le milieu de culture entre l'addition de la substance S et la fin de l'expérience ? Que pouvez-vous déduire de l'action de la substance S ?

Exercice 2

1°) Le document 1 représente des cellules à différentes étapes de la division cellulaire ou mitose.

a- Nommez, en justifiant votre réponse, les étapes de la division cellulaire représentées par les lettres A, B, C et D.

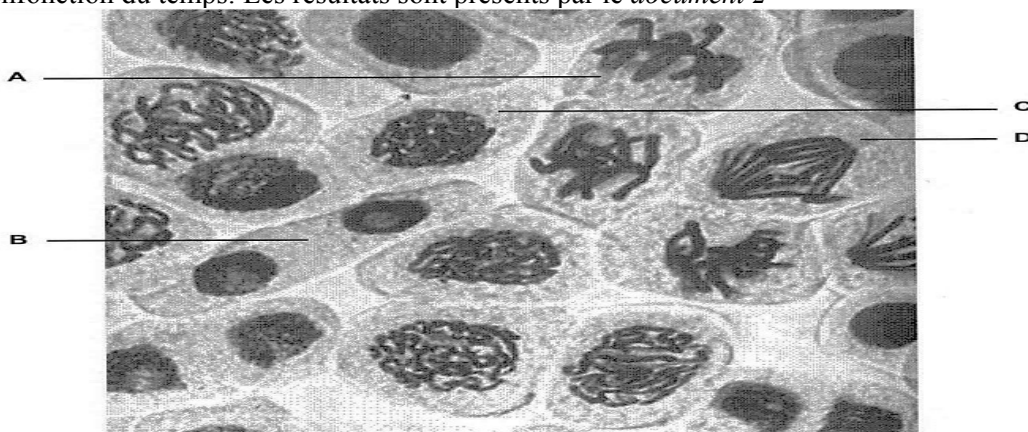
b- La division cellulaire nécessite au préalable une duplication du matériel génétique :

▲ ☐ Schématisez le mécanisme de réplication de l'ADN.

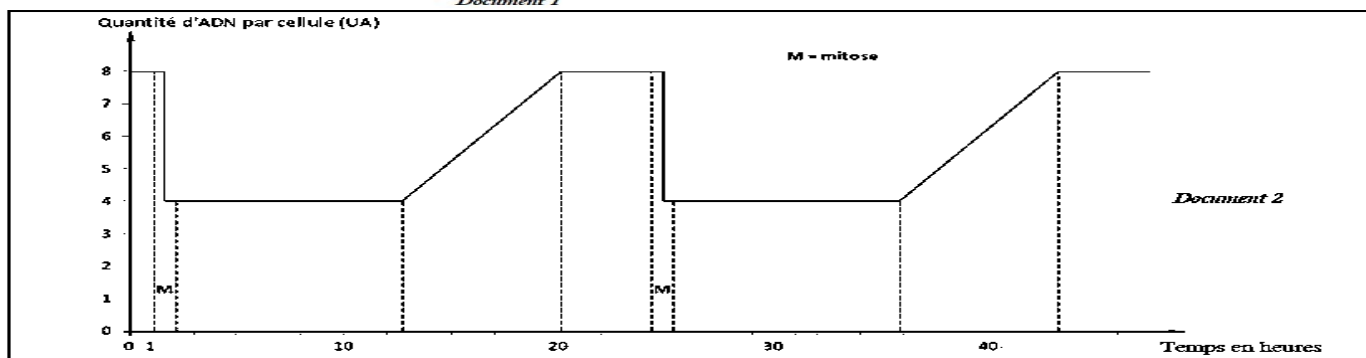
Donnez le nom de l'étape du cycle cellulaire durant laquelle la réplication se produit.

▲ ☐ Expliquez pourquoi la réplication est dite « semi-conservative ».

2°) A partir d'une culture de cellules synchronisées, on réalise le dosage de la quantité d'ADN par cellule en fonction du temps. Les résultats sont présents par le document 2



Document 1



a- Délimitez, sur le document 2, un cycle cellulaire et calculez sa durée.

b- A partir de l'analyse du document 2 et des connaissances, repérez puis placez sur ce graphe les phases S, G₂, G₁.

Exercice 3

A- Une coupe dans un œuf de poisson en segmentation est réalisée au cours d'une série d'expériences. Son observation au microscope optique a permis d'établir le document 1.

1°) Rappelez le nom du matériel biologique du document 1 ? Justifiez votre réponse.

2°) En vous basant sur un raisonnement logique, classez dans l'ordre chronologique les cellules présentées dans le document 1.

3°) Pour chaque stade mis en évidence, faites un schéma soigneusement légendé en considérant pour chaque cellule $2n = 4$ chromosomes.

B- Le *document 2* et le *document 3* correspondent à des cellules de cet œuf de poisson en segmentation observées au microscope électronique.

1°) Légendez et titrez chacun de ces documents.

2°) Comparez les observations réalisées au microscope optique avec celles faites au microscope électronique.

C- La *cystéamine*, la *podophylline* et le *5-bromodésoxyuridine* constituent différents inhibiteurs de la mitose. On cherche à comprendre leurs modes d'action à travers différentes expériences.

▲ □ **Expérience 1** : Un lot de cellules en division est traité avec de la *podophylline*. Le *document 4* est le résultat de

l'observation des cellules en fin de l'expérience. On précise que les cellules du *document 4* sont rangées dans l'ordre chronologique en rapport avec les phases de la mitose et que par souci de clarté, le nombre de chromosomes de la cellule initiale a été ramené à $2n = 4$.

1°) A partir de l'exploitation du *document 4*, précisez le mode d'action de la *podophylline* ?

▲ □ **Expérience 2** : Un lot de cellules en division est traité avec à la *cystéamine*. Les résultats sont présentés par le *document 5*.

2°) Déduisez de l'analyse du *document 5*, le mode d'action de la *cystéamine* ?

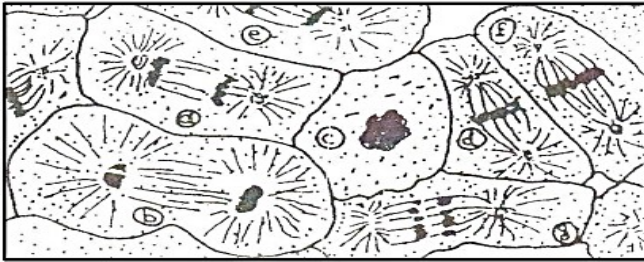
▲ □ **Expérience 3** : Dans un milieu de culture approprié, on a dosé la quantité d'ADN d'un lot de cellules au cours de plusieurs divisions successives. Après la deuxième division, on a ajouté au milieu de culture le *5-bromodésoxyuridine*.

Les résultats du dosage sont présentés par le *document 6*.

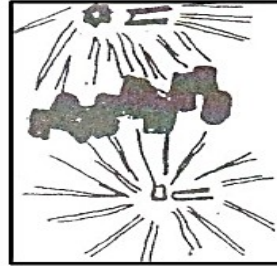
3°) Analysez le *document 6*. Expliquez les variations de la quantité d'ADN lors des deux premiers cycles cellulaires.

4°) Remplacez sur ces courbes, les différents phases de la division cellulaires.

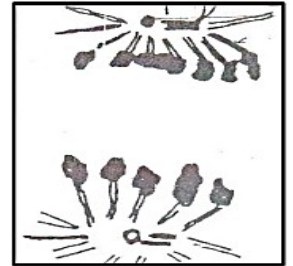
5°) Formulez une ou deux hypothèses sur le mode d'action du *5-bromodésoxyuridine* ?



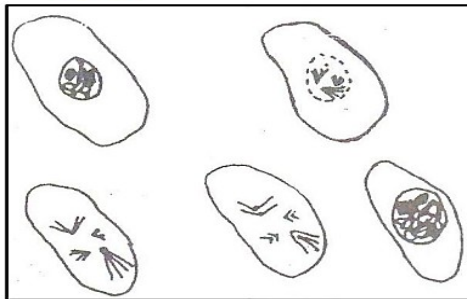
Document 1



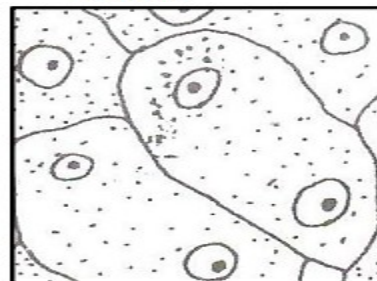
Document 2



Document 3



Document 4



Document 5

Exercice 4

On veut établir le caryotype d'une espèce d'insecte. Chez l'espèce choisie, les sexes sont séparés et on dispose de cellules somatiques provenant d'un mâle et d'une femelle. Une méthode de coloration classique de l'ADN permet d'obtenir les photographies du *document ci-dessous*. Il est bien précisé que ces photographies sont normales chez cette espèce.

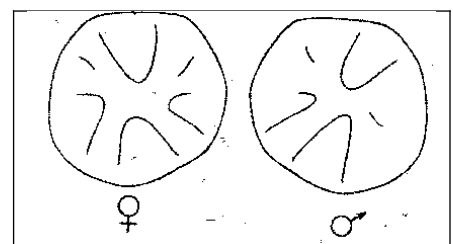
1°) Après avoir défini le caryotype, citez les différentes étapes de sa réalisation.

2°) Etablissez les caryotypes des deux individus. Résumez-les par des formules.

3°) Comparez le déterminisme du sexe chromosomique de cet insecte à celui de l'homme.

4°) Combien de molécules d'ADN (*une ou deux molécules*) renferme chaque chromosome de ces photographies ? Justifiez.

5°) Calculez le nombre de molécules d'ADN dans chaque cellule.



Exercice 5

Les caryotypes A, B et C ci-dessous ont été réalisés chez trois personnes différentes.

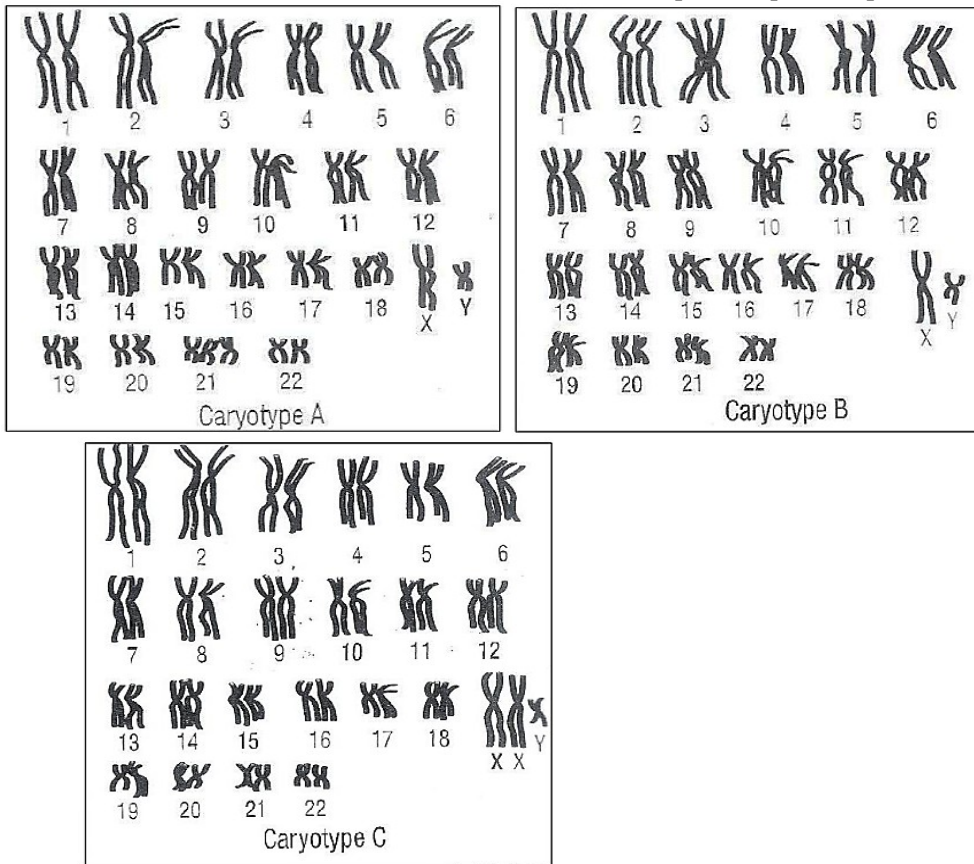
Document 6

1°) Définissez le caryotype.

2°) Rappelez les étapes de la réalisation d'un caryotype.

3°) Donnez la formule pour chacun des trois caryotypes A, B et C en précisant le sexe pour chacune des trois personnes.

4°) Deux des trois caryotypes sont anormaux. Indiquez lesquels en précisant le nom de l'anomalie.



Exercice 6

I₁

1) Les figures 1, 2 et 3 représentent quelques stades de division d'une cellule animale.

Classez ces différentes figures suivant l'ordre de déroulement du phénomène en justifiant votre réponse.

2) Il manque certains stades de la division cellulaire représentée par les figures 1, 2 et 3.

Citez et représentez-les clairement en supposant $2n = 8$.

3) Pour déterminer le caryotype de l'homme on utilise les globules blancs du sang sur lesquels on fait agir successivement :

- de la phytohémagglutinine qui provoque la multiplication des cellules.
- de la colchicine qui bloque la mitose précisément en métaphase.

Les cellules sont ensuite placées dans une solution très diluée par rapport au plasma sanguin. Elles sont ensuite fixées, étalées, colorées. L'observation au microscope permet l'étude des chromosomes qui seront photographiés et classés deux à deux par tailles décroissantes.

a) Précisez les raisons qui justifient l'utilisation :

- de la phytohémagglutinine
- de la colchicine
- de la solution très diluée

b) Pourquoi les chromosomes ont-ils été groupés deux à deux?

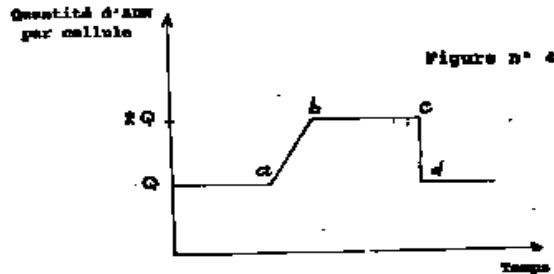


Figure n°1

Figure N°2

Figure n°3

Graphe 4

I₂

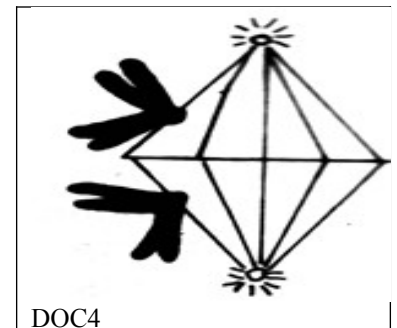
Le graphique n°4 représente l'évolution de la quantité d'ADN par cellule pendant le cycle cellulaire.

- 1°) comment expliquez-vous la variation de la quantité d'ADN le long du segment ab ? Illustrez vos explications. .
- 2°) Reproduisez le graphe et délimitez les différentes phases du cycle cellulaire.
- 3°) Quelles conclusions peut-on tirer de l'analyse de cette courbe ?

E

Considérez la figure de division représentée par le document 4 et sur laquelle deux chromosomes homologues sont représentés.

- 1°) De quel stade de division s'agit-il ? Justifiez votre réponse.
- 2°) S'agit-il d'une figure de méiose ou de mitose banale ? Pourquoi ?
- 3°) Représentez la figure du stade suivant.



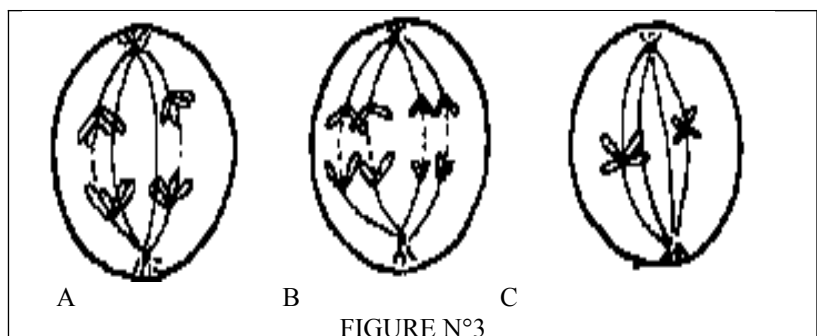
Exercice 7

Au cours d' une étude cytologique d' un Ascaris mâle , on a prélevé des cellules dans différents organes de cet animal .

Les prélèvements sont ensuite fixés , colorés et puis observés au microscope .

Les schémas A, B, C de la figure n° 3 représentent les images des cellules observées sur un même prélèvement dans un même organe.

- 1°) Nommez les phénomènes cytologiques auxquels se rapportent ces schémas.
- 2°) Identifiez les différentes phases représentées et classez ces schémas suivant un ordre chronologique.
- 3°) A quel phénomène important de la vie de l'Ascaris appartiennent ces schémas ? Quelle est son importance
- 4°) Après avoir nommé les stades du phénomène ainsi représenté, vous indiquerez les stades manquants que vous décrierez brièvement.



- 5°) A l'aide d'un schéma clair et bien annoté, représentez la structure de l'élément final obtenu.

- 6°) En colorant les chromosomes d'après leur origine, vous représenterez par une suite de schémas simples, les différents types d'éléments finaux obtenus. La garniture chromosomique de l'espèce est celle indiquée par les schémas de la figure N°3

Exercice 8

Les figures de la planche I, placées en désordre, illustrent un phénomène important lors de la formation des spermatozoïdes chez l'Ascaris du cheval.

1) De quel phénomène s'agit-il ?

Quel est l'ordre du déroulement du phénomène en le justifiant rapidement et en précisant le nom de chaque stade ?

2) Reproduisez et annotez la figure n° 8 de la planche I

3) Comment appelle-t-on les cellules correspondant au stade final figuré sur la planche I ?

Quelle différence d'ordre chromosomique présentent-elles par rapport aux cellules initiales ?

Comment appelle-t-on des cellules qui ont une telle garniture chromosomique?

4) Au cours de la formation de ces spermatozoïdes on a dosé la quantité d'ADN par noyau. Les résultats obtenus en fonction du temps ont donné le graphe de la figure f₂.

On indique que le segment AB correspond à la fin de l'interphase des cellules mères des spermatozoïdes.

Interprétez ces résultats en précisant quels sont les stades correspondant à chaque portion du graphe (AB, BC, CD ...).

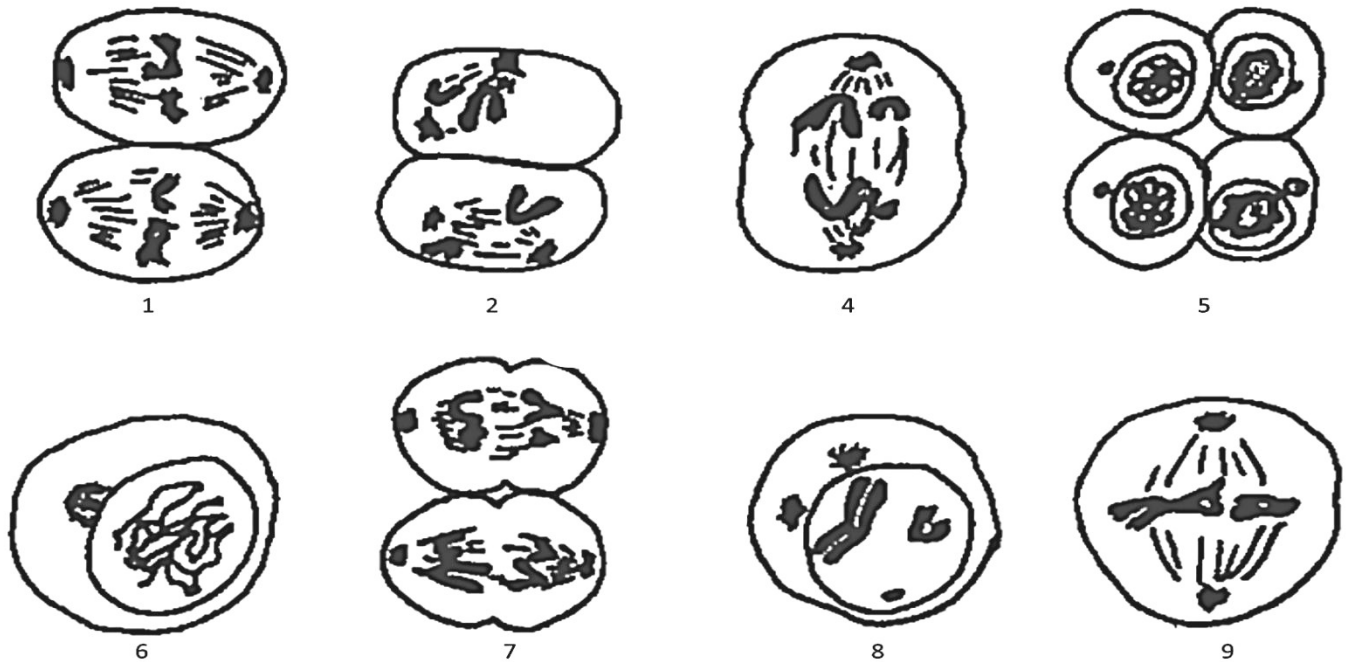
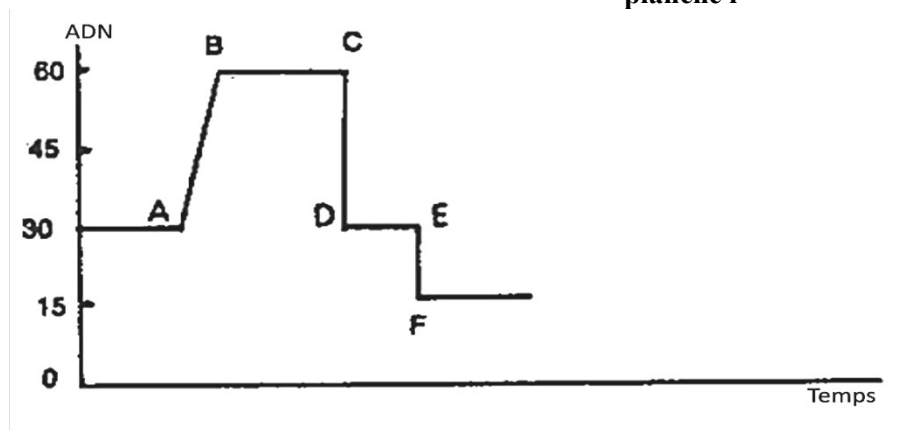


planche I



Q = quantité d'ADN

Exercice 9

On effectue le dosage, au cours du cycle cellulaire, de la quantité d'ADN contenue dans le noyau d'une cellule. Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau 1.

Temps en heure	0	1	2	6	10	11	13	16	18	21	22	24	29
ADN en unité arbitraire	6,6	6,6	3,2	3,3	3,3	4	5,1	6,5	6,6	6,6	3,2	3,2	3,2

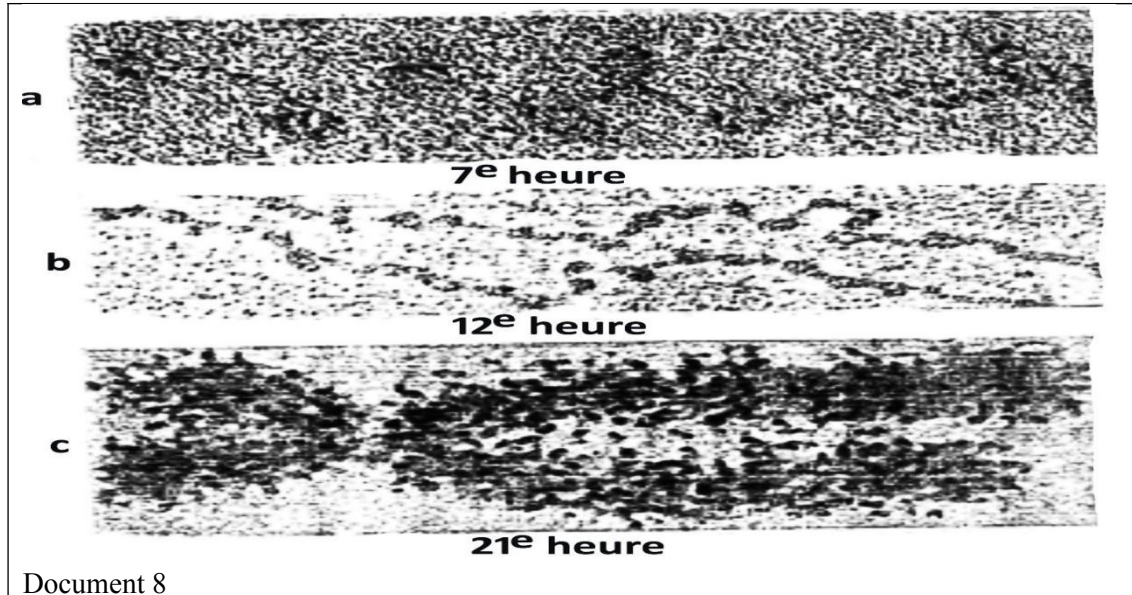
Tableau 1

1. Représentez ces résultats sous forme de graphique. Donnez-lui un titre. (1pt)

Parallèlement à ce dosage, des observations des structures nucléaires sont réalisées au microscope électronique à transmission et sont représentées par le document 8 (a, b et c).

2. a/ Déterminez la durée du cycle cellulaire. (1 pt)

- b/ Précisez avec les intervalles de temps, les étapes caractéristiques de ce denier. (1pt)
3. a/ Dites avec précision ce que représente les éléments a, b et c du document 8. (0,5 pt)
- b/ Toujours en utilisant le document 8 et le graphe construit, expliquez les modifications dans la structure des éléments nucléaires observés au microscope électronique à transmission, de la 7^e à la 21^e heure. (1 pt)
4. Est-il exact de dire ou d'affirmer que les chromosomes sont des structures constamment présentes dans la cellule ?
- Justifiez la réponse. (0,5 pt)

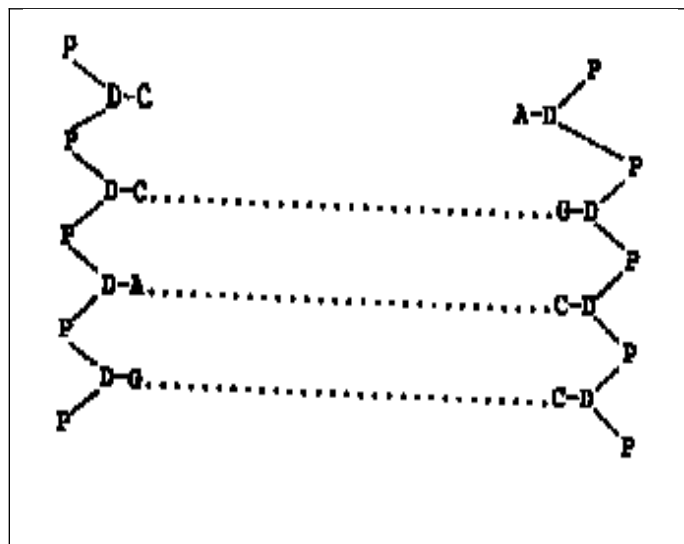


Exercice 10

Par des techniques appropriées on peut suivre et doser les quantités d'ADN par noyau des cellules du Lapin. Sur une série de cellules toutes prélevées sur un Lapin au niveau d'un même organe, on applique les opérations de dosage d'ADN. Les résultats ont permis de tracer le graphe A

- 1°) Comment varient les quantités d'ADN le long du graphe?
- 2°) Achevez alors l'analyse de la courbe en précisant ce que représente chacun de ses segments. Concluez en indiquant le phénomène que retrace le graphe et le type d'organe auquel appartiennent les cellules traitées.
- 3°) En utilisant des couleurs et en supposant que $2n = 6$, représentez par des schémas clairs les différents aspects du noyau le long de la portion ABCDE.
- 4°) L'analyse biochimique d'une portion de molécule d'ADN a permis de la représenter comme ci-dessous :

- a) Cette figure est-elle exacte ou inexacte ? La reprendre en la corrigeant si nécessaire.
- b) Expliquez brièvement le mécanisme de la variation du taux de cet acide nucléique le long de AB



GAMETOGENESE ET LA FECONDATION

Les objectifs pédagogiques.

L'élève doit être capable de :

- 1- Identifier les gamètes mâles et les gamètes femelles.**
- 2- Citer les caractères des gamètes et dire leurs rôles.**
- 3- Réaliser les schémas des différents gamètes.**
- 4- Décrire le mécanisme de la formation des gamètes.**
- 5- Identifier les différentes phases de la fécondation.**
- 6- Réaliser les cycles de reproduction et les qualifier.**
- 7- Dire l'importance de la gamétogenèse et de la fécondation.**

Introduction

La gamétogenèse est un processus au cours duquel les gamètes ou cellules reproductrices sont élaborés.

La fécondation est l'union entre un gamète mâle et un gamète femelle pour donner un œuf ou zygote.

I- Les gamètes.

Les gamètes sont encore appelées les cellules reproductrices et sont de deux sortes : les gamètes mâles et les gamètes femelles. Ces deux types de gamètes existent aussi bien chez les animaux que chez les végétaux.

A- Les gamètes chez les animaux.

1°) Les gamètes mâles. Fig.2 P49

Les gamètes mâles des animaux sont appelés les spermatozoïdes

a- Observation des spermatozoïdes.

L'observation d'une goutte de sperme au microscope optique montre des éléments en forme de têtards : ce sont les spermatozoïdes.

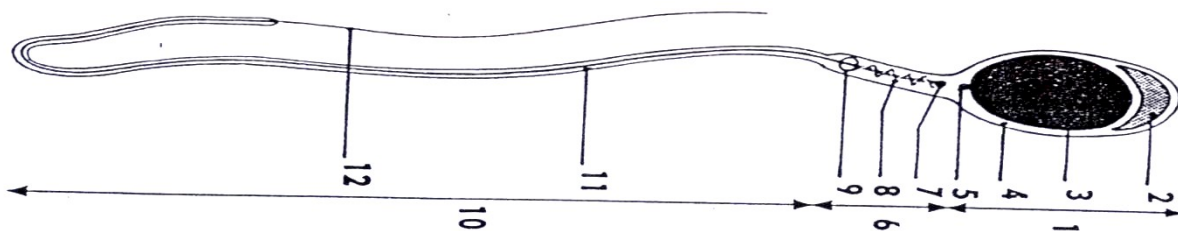
b- Ultrastructure d'un spermatozoïde.

L'observation d'un spermatozoïde au microscope électronique montre qu'il est constitué de trois parties essentielles: la tête, la pièce intermédiaire et la queue.

- **La tête:** Elle comprend vers l'avant une coiffe appelée l'acrosome en arrière duquel on trouve un noyau dense et un centriole proximal. L'acrosome contient une enzyme appelée l'acrosime qui digère la membrane ovulaire lors de la fécondation.

- **La pièce intermédiaire :** Elle débute par le centriole distal et se termine par un anneau. Entre le centriole distal et l'anneau, on trouve une hélice de mitochondries.

- **La queue:** Elle est constituée par un flagelle qui assure la locomotion des spermatozoïdes. Elle contient beaucoup de réserves nutritives.



Structure d'un spermatozoïde : 1 : tête 2 : acrosome 3 : noyau 4 : cytoplasme 5 : centriole proximal 6 : pièce intermédiaire 7 : centriole distal 8 : mitochondrie 9 : anneau 10 : flagelle 11 : partie principale 12 : partie terminale.

2°) Les gamètes femelles. Fig.1 P49

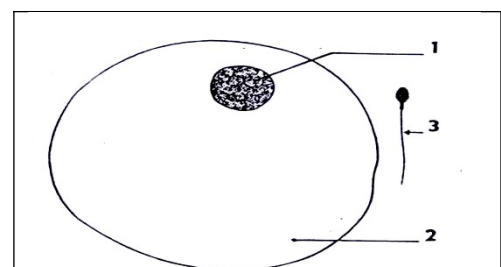
Les gamètes femelles sont communément appelés les ovules.

a- L'observation des ovules de l'oursin.

L'observation au microscope d'une gelée orange provenant de l'ovaire d'un oursin, montre des cellules arrondies de 100µm de diamètre : ce sont les ovules.

b- Ultrastructure des ovules.

Un ovule est une cellule arrondie entourée par une membrane plasmique et dont le cytoplasme est rempli de réserves nutritives ou vitellus.



Ovule et spermatozoïde

d'oursin : 1 : noyau de l'ovule 2 : cytoplasme, 3 : spermatozoïde

Chez la femme, le gamète femelle est un ovocyte II c'est-à-dire un ovocyte qui est bloqué à la métaphase II.

B- Les gamètes chez les végétaux.

Les gamètes mâles des végétaux sont appelés des anthérozoïdes ou spermatozoïdes. Ils sont produits soit par les gamétocytes, soit par les gamétophytes.

Les gamètes femelles des végétaux sont appelés oosphères et sont produits par les gamétophytes ou les gamétocystes.

II- La gamétogenèse. Fig.4, 5 P49

C'est un processus par lequel les gamètes sont élaborés.

La gamétogenèse regroupe : la spermatogenèse et l'ovogenèse.

A- La spermatogenèse.

C'est la formation des gamètes mâles. Elle a lieu dans les tubes séminifères des testicules. Elle se déroule en quatre phases : les phases de multiplication, d'accroissement, de maturation et de différenciation.

1°) La phase de multiplication.

C'est une phase au cours de laquelle les cellules souches ou gonocytes à $2n$ chromosomes se multiplient par mitose pour donner des spermatogonies à $2n$ chromosomes. Le phénomène essentiel qui a lieu à cette phase est la mitose.

2°) La phase d'accroissement.

Chaque spermatogonie à $2n$ chromosomes accumule des réserves nutritives, augmente de taille et devient un spermatocyte I ou spermatocyte de premier ordre à $2n$ chromosomes. Le phénomène essentiel qui a lieu à cette phase est l'augmentation de tailles.

3°) La phase de maturation.

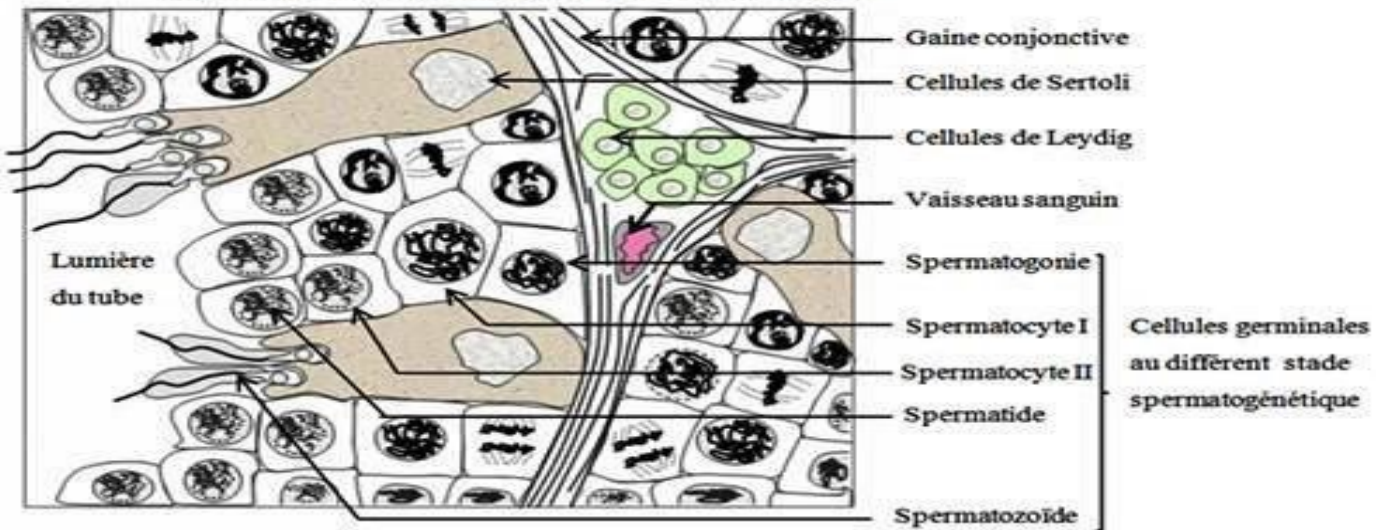
Chaque spermatocyte I subit une division réductionnelle pour donner deux spermatocytes II à n chromosomes chacun. Chaque spermatocyte II subit une division équationnelle pour donner deux spermatides haploïdes. Le phénomène essentiel qui a lieu à cette phase est la méiose.

4°) La phase de différenciation.

C'est une phase au cours de laquelle les spermatides subissent une transformation morphologique pour devenir les spermatozoïdes : c'est la spermiogenèse. Elle est caractérisée par :

- La formation de l'acrosome à partir de la fusion des vésicules golgiennes.
 - La condensation du noyau ;
 - Le regroupement des mitochondries en hélice pour former la pièce intermédiaire.
 - La séparation des centrioles du centrosome pour former un centriole proximal et un centriole distal.
 - La formation du flagelle à partir du centriole distal.
 - L'élimination d'une bonne partie du cytoplasme de la cellule pour former le spermatozoïde.
- Le phénomène essentiel qui a lieu à cette phase est la spermiogenèse.

Détail d'une coupe de testicule : spermatogenèse centripète dans la paroi d'un tube séminifère



Coupe transversale de trois tubes séminifères

B- L'ovogenèse.

C'est la formation des gamètes femelles. Elle a lieu dans les ovaires et se déroule en quatre phases comme la spermatogenèse.

1°) La phase de multiplication.

Les cellules mères des ovules appelées les ovogonies ou gonocytes à $2n$ chromosomes se multiplient par mitose pour donner d'autres ovogonies à $2n$ chromosomes. Le phénomène essentiel qui a lieu à cette phase est la mitose.

2°) La phase d'accroissement.

Chaque ovogonie à $2n$ chromosomes accumule de réserves, augmente de taille et devient un spermatocyte I à $2n$ chromosomes. Le phénomène essentiel qui a lieu à cette phase est l'augmentation de taille.

3°) La phase de maturation.

Chaque ovocyte I subit une division réductionnelle pour donner deux cellules filles de taille inégale : une grosse cellule qui est l'ovocyte II à n chromosomes et une cellule de petite taille appelées premier globule polaire (GP_1) aussi à n chromosomes. Cette différence de taille est due à une inégale répartition du cytoplasme entre les deux cellules filles et à un fuseau de division excentrique.

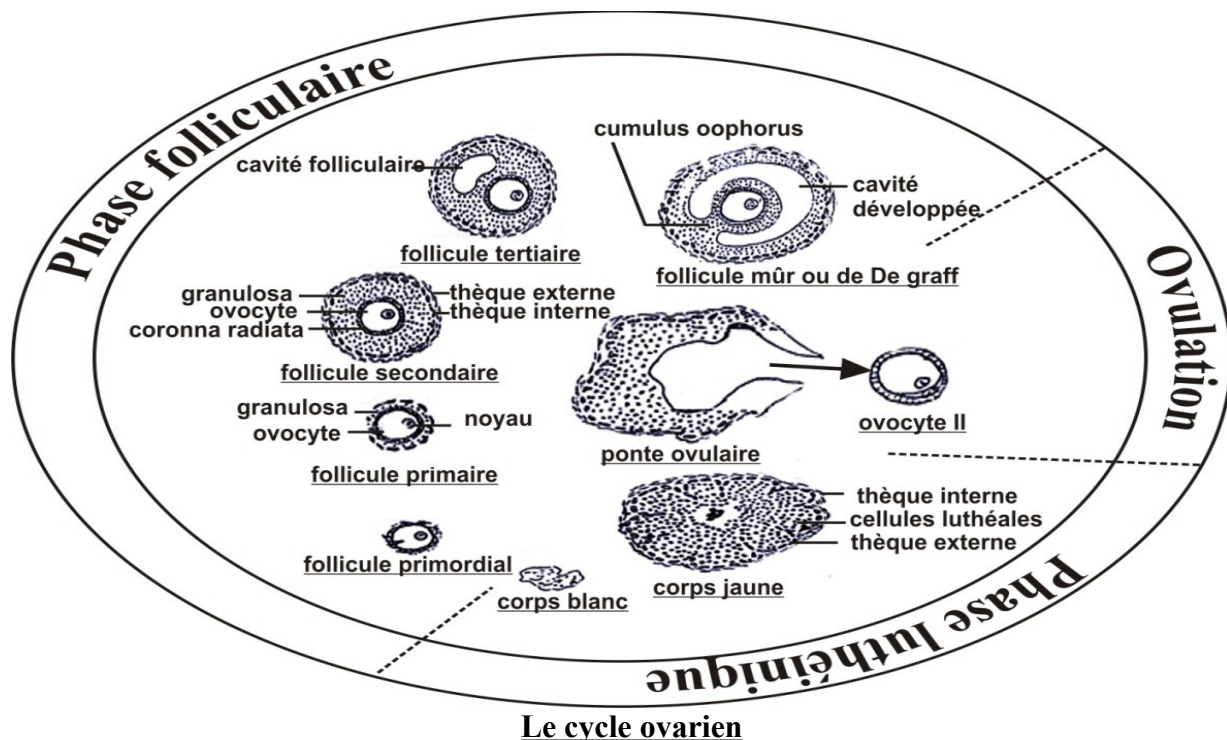
L'ovocyte II subit une division équationnelle pour un ovotide et un deuxième globule polaire (GP_2).

Le phénomène essentiel qui a lieu à cette phase est la méiose.

NB : Chez la femme, l'ovocyte II entre en division équationnelle mais reste bloqué à la métaphase II, jusqu'à la ponte : c'est pourquoi le gamète de la femme est l'ovocyte II.

4°) La phase de différenciation.

Elle est caractérisée par la transformation de l'ovotide en ovule. Cette phase est inexistante chez la femme.

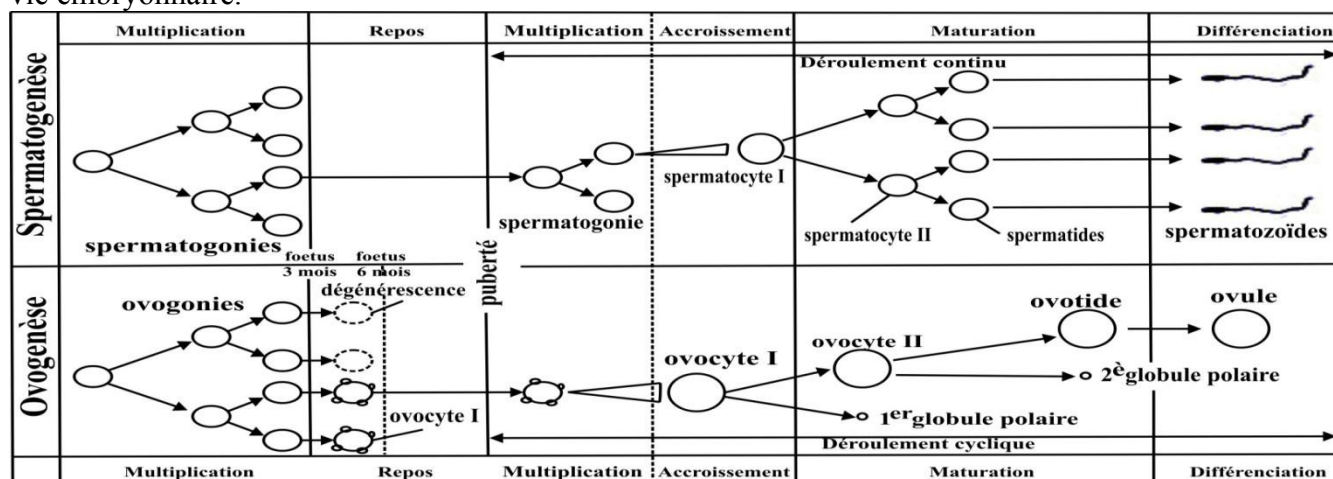


Le cycle ovarien

C- Comparaison entre la spermatogénèse et l'ovogénèse.

Points communs : Les deux phénomènes se déroulent dans les gonades en quatre phases. Ils conduisent tous à la formation des gamètes haploïdes.

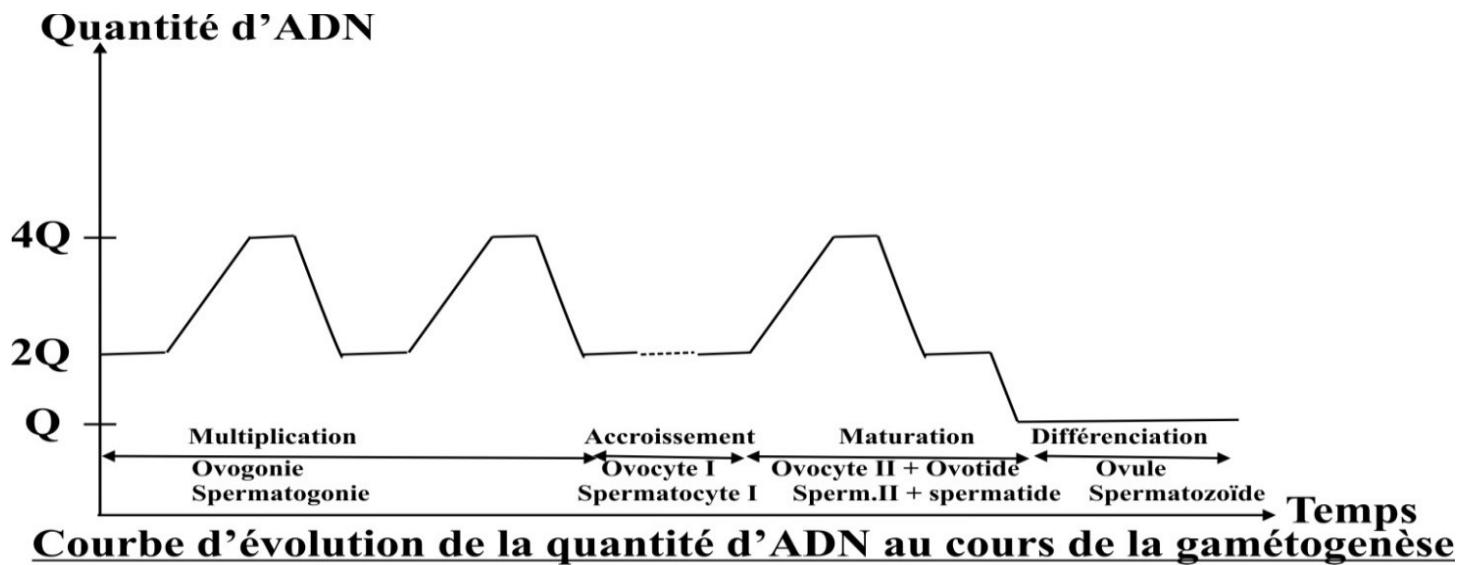
Différences : la spermatogénèse conduit à la formation de quatre spermatozoïdes à partir d'une spermatogonie alors que l'ovogénèse conduit à la formation d'un ovule à partir d'une ovogonie. Lors de l'ovogénèse, il y a formation des globules polaires, ce qui n'est pas le cas en spermatogénèse. La spermatogénèse est un phénomène continu alors que l'ovogénèse est un phénomène discontinu. La spermatogénèse débute dès la puberté alors que l'ovogénèse débute dès la vie embryonnaire.



Schémas comparatifs entre spermatogénèse et ovogénèse

D- Evolution de la quantité d'ADN au cours de la gamétogénèse.

On considère une cellule mère des gamètes dont la quantité d'ADN initiale est égale à $2Q$. On suit l'évolution de cette quantité d'ADN au cours temps et lors de la gamétogénèse. On obtient le graphe suivant:



III- La fécondation.

La fécondation est l'union entre un gamète mâle et un gamète femelle pour donner un œuf ou zygote. La fécondation peut-être interne ou externe.

A- Les étapes de la fécondation. **Fig. 25, 27 P55**

La fécondation se déroule en six phases : phases d'attraction, de la danse des gamètes, de pénétration et d'activation de l'ovule, de formation des pronucléus, de rapprochement des pronucléus et de caryogamie.

1°) La phase d'attraction des spermatozoïdes par l'ovule.

L'ovule élabore une substance appelée fertilisine ou gamone qui attire les spermatozoïdes dans leur déplacement : on parle d'un chimiotactisme positif.

2°) Phase de la danse des gamètes.

Les spermatozoïdes arrivent au contact de l'ovule et tourbillonnent au tour de ce dernier : c'est la danse des gamètes.

3°) Phases de pénétration d'un spermatozoïde dans l'ovule et d'activation de l'ovule.

Le cytoplasme ovulaire se soulève en un point pour former un cône d'attraction ou cône de fécondation. L'acrosome du spermatozoïde s'ouvre et libère son enzyme qui digère la membrane de l'ovule.

Il ya fusion entre la membrane du spermatozoïde et celle de l'ovule pour former un tube de pénétration. Le noyau du spermatozoïde ainsi que son centriole proximal passe à travers ce tube et tombe dans le cytoplasme de l'ovule.

Cette pénétration d'un spermatozoïde dans l'ovule entraine une activation de cette dernière caractérisée par :

- Une formation de la membrane de fécondation ;
- Formation d'un liquide péri ovulaire ou périvitellin entre les deux membranes. Ce liquide ainsi que la membrane de fécondation permet d'empêcher une pénétration ultérieure d'autres spermatozoïdes dans l'ovule fécondé.
- Augmentation de l'intensité respiratoire.

NB : Au cours de la fécondation, un seul spermatozoïde rentre dans l'ovule : c'est la monospermie.

4°) Phase de formation des pronucléus.

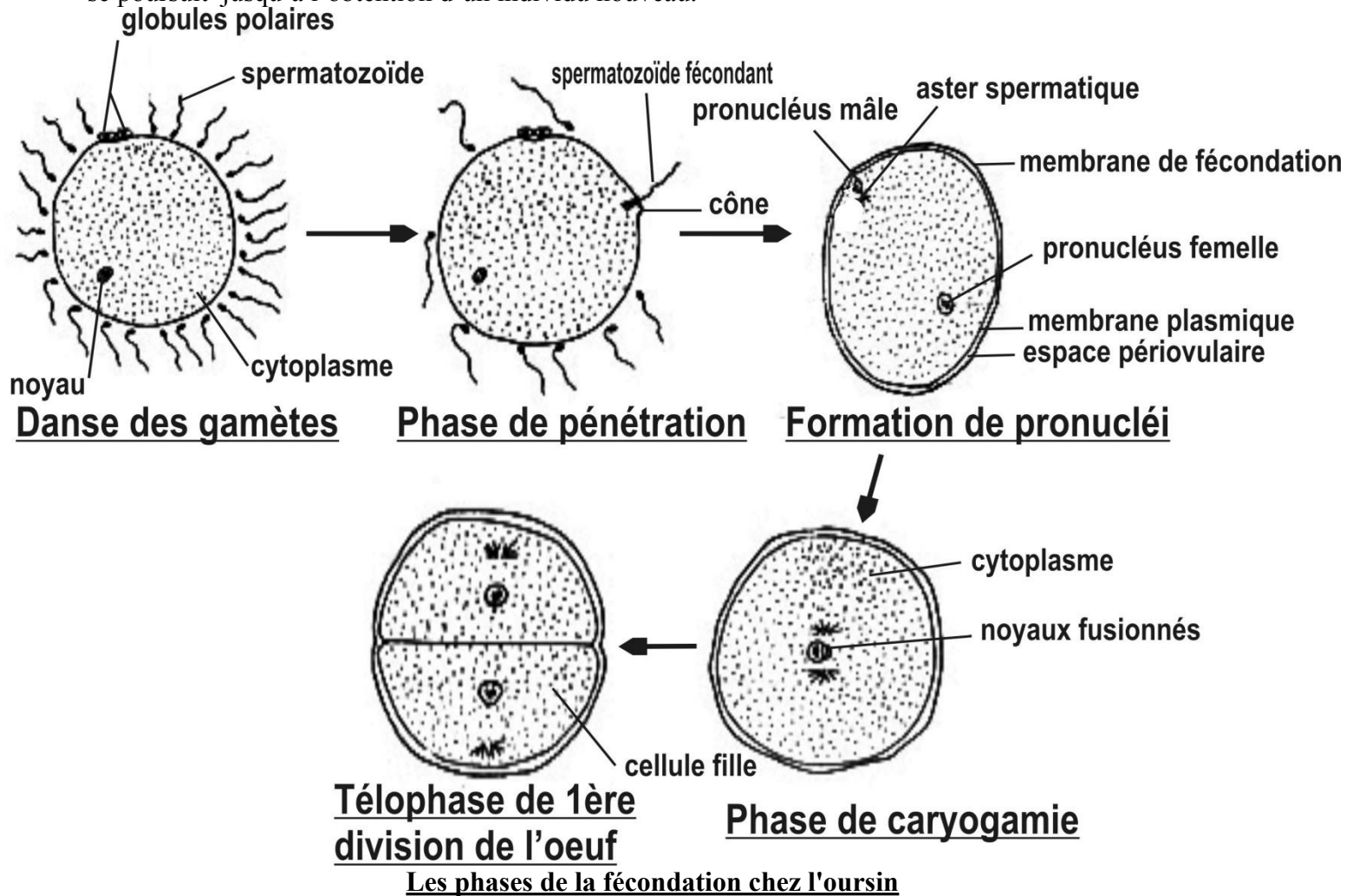
Les noyaux des spermatozoïdes et de l'ovule gonflent et prennent respectivement les noms de pronucléus mâle et pronucléus femelle.

5°) Phases de rapprochement des pronucléus.

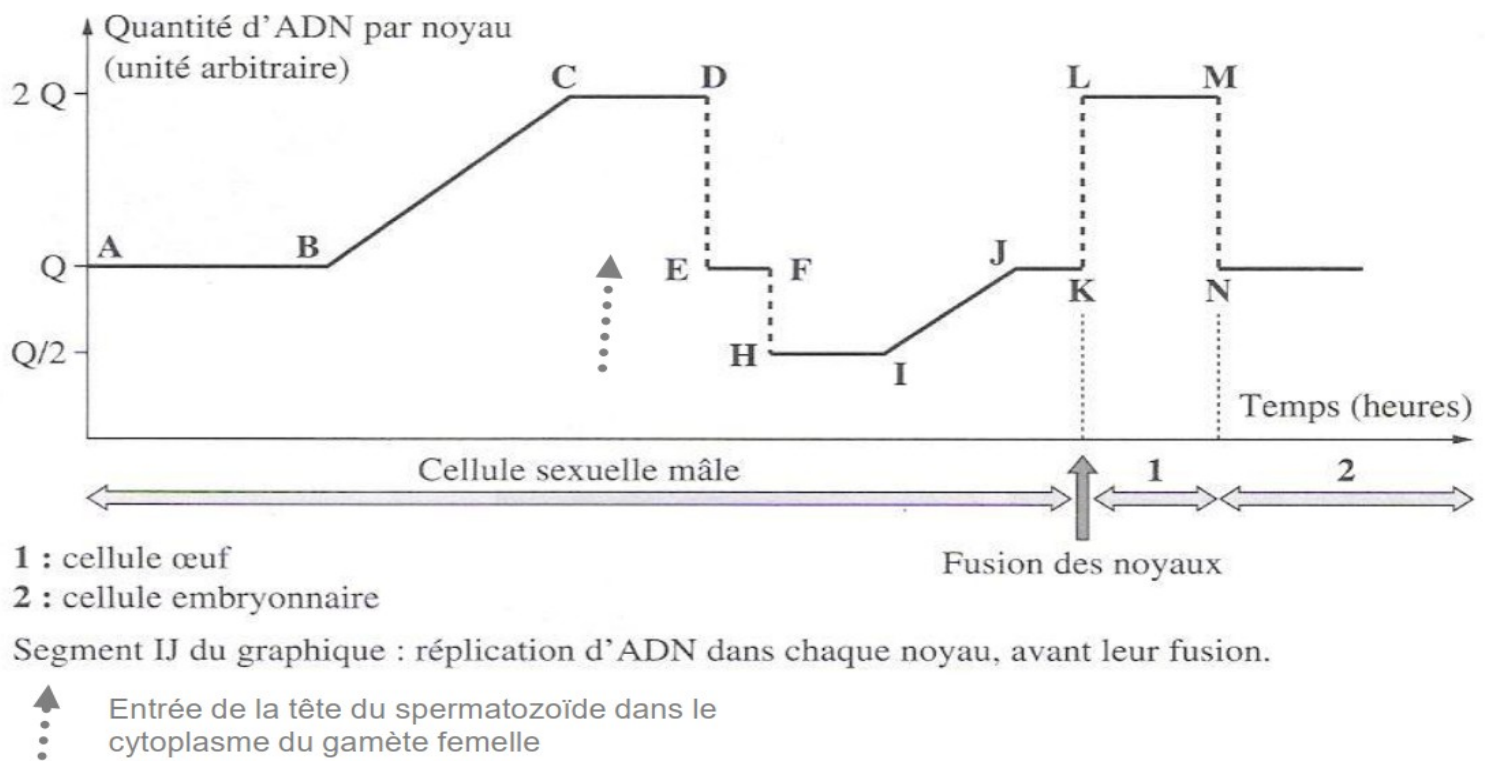
Le pronucléus mâle ainsi que son centriole proximal subit une rotation de 180°, ce qui permet le rapprochement des deux pronucléus.

6°) Phase de caryogamie.

Le centriole proximal du spermatozoïde se transforme en aster spermatique qui se dédouble. Il se forme un fuseau de division entre ces deux asters. C'est alors qu'on assiste à une fusion des deux pronucléus : c'est la caryogamie ou amphimixie. A la suite de cette fusion, on obtient une cellule œuf qui subit immédiatement sa première division mitotique pour donner deux cellules filles. Cette division se poursuit jusqu'à l'obtention d'un individu nouveau.



Exercice



Question 1. Le graphique du document montre :

- 2 réplications et trois divisions cellulaires
- 3 réplications et trois divisions cellulaires
- 1 réplication et trois divisions cellulaires
- 2 réplications et deux divisions cellulaires

Question 2. Le document montre que les deux divisions de méiose sont:

- suivies chacune d'une réplication de l'ADN
- séparées par une réplication de l'ADN
- précédées et suivies d'une réplication de l'ADN
- précédées chacune d'une réplication de l'ADN

Question 3. Les spermatozoïdes formés contiennent :

- la moitié de l'ADN de la cellule mère
- le quart de l'ADN de la cellule mère
- la même quantité d'ADN que la cellule mère
- le huitième de la quantité d'ADN de la cellule-mère

B- Facteurs agissant sur la fécondation.

La rencontre entre un gamète mâle et un gamète femelle dépend de plusieurs facteurs aussi bien internes qu'externes. Parmi ces facteurs, on a : la durée de vie des gamètes, la mobilité des gamètes et la concentration du sperme.

1°) La durée de vie des gamètes.

Chez les mammifères, la durée de vie des spermatozoïdes varie de quelques heures à quelques jours lorsqu'ils sont libérés dans les voies génitales femelles. Par exemple elle est de trois à quatre jours chez l'homme et de six heures chez la souris.

Le gamète femelle a aussi une durée de vie limitée après l'ovulation. Par exemple, elle est de 24h chez la femme et de 3 à 4h chez la jument.

2°) La mobilité des gamètes.

Les gamètes mâles sont en général mobiles et flagellés alors que les gamètes femelles sont en général immobiles et non flagellés mais il peut y avoir des exceptions. Chez l'homme, lorsque les spermatozoïdes sont peu mobiles, l'individu souffre d'asthénospermie.

3°) La concentration du sperme.

Pour que la fécondation ait lieu, il faut que la concentration du sperme c'est-à-dire le taux de spermatozoïde dans le sperme atteigne une certaine valeur seuil. Chez l'homme, cette valeur seuil est comprise entre 30 et 120 millions par centimètre cube (cm^3).

Lorsqu'une concentration est en dessous du seuil, l'individu souffre d'oligospermie. Lorsque cette concentration est nulle, on parle d'azoospermie.

C- Les formes de fécondation.

Il existe quatre formes de fécondation :

- L'oogamie : c'est une forme de fécondation caractérisée par des gamètes mâles plus petits et plus mobiles et des gamètes femelles plus gros et immobiles.
- L'isogamie : les gamètes mâles et femelles sont mobiles et de même forme.
- L'anisogamie ou hétérogamie : les deux gamètes sont tous mobiles mais n'ont pas la même forme. Les gamètes mâles sont petits alors que les gamètes femelles sont gros.
- La cystogamie : il n'y a pas de gamètes différenciés mais le rôle du gamète est joué par des organismes vivants. C'est le cas de la spirogyre.

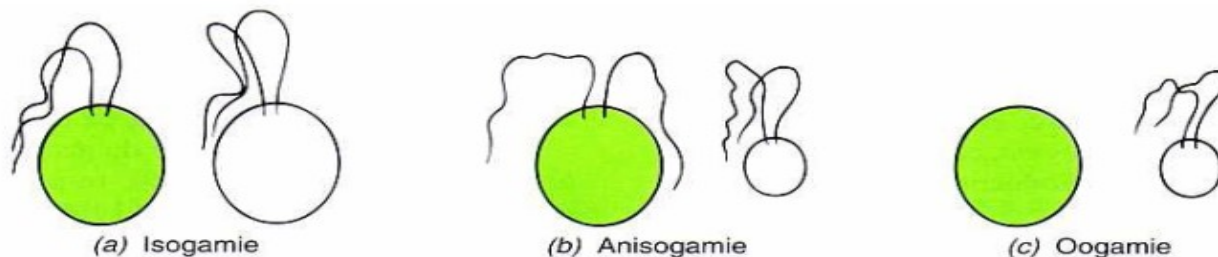


Figure 4 : Types de reproduction, d'après la forme des gamètes.

a- **Isogamie** : les gamètes sont équivalents en taille et en forme.

b- **Anisogamie** : un gamète, appelé mâle par convention, est plus petit que l'autre.

c- **Oogamie** : un gamète, généralement le plus volumineux, est non mobile et femelle.

D- Importance de la fécondation.

La fécondation permet de rétablir le nombre de chromosomes à $2n$ dans les cellules œufs. Elle assure la pérennité de l'espèce. Elle permet l'apparition des individus nouveaux et uniques.

IV- Cycle de reproduction. Fig. 18 – 34 P39 - 44

A- Généralités.

Le cycle de reproduction regroupe le cycle de développement et le cycle chromosomique. Le cycle de reproduction est une série de formes qui se succèdent dans la vie d'un être vivant depuis qu'il est œuf et jusqu'à ce qu'il donne lui-même un œuf.

Le cycle chromosomique est la variation du nombre de chromosomes des formes d'un être vivant au cours de son cycle de développement. Dans un cycle chromosomique, on note deux phénomènes essentiels : la méiose et la fécondation. En fonction du nombre d'organismes vivants présents dans un cycle de même que leurs garnitures chromosomiques, on distingue trois qualificatifs de cycles chromosomiques :

- **Cycle diplophasique ou diplobiontique** : c'est un cycle dans lequel on ne trouve qu'un ou des organismes vivants à $2n$ chromosomes.
- **Cycle haplophasique** : c'est un cycle dans lequel on ne trouve qu'un ou des organismes vivants à n chromosomes.
- **Haplodiplophasique** : c'est un cycle dans lequel on trouve à la fois des organismes vivants à $2n$ chromosomes et des organismes vivants à n chromosomes.

B- Quelques termes liés à la reproduction chez les végétaux.

Il s'agit : des gamétophytes, les gamétocystes, les sporophytes et les sporocystes.

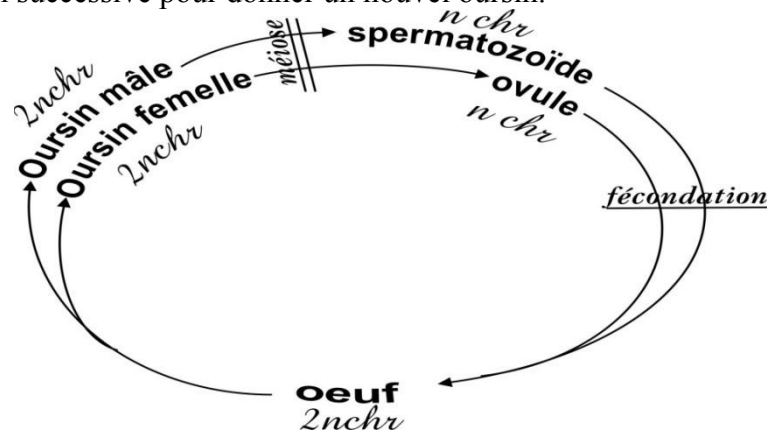
- Un **gamétophyte** est un organisme qui produit les gamètes mâles et femelles. Si cet organisme ne produit que des gamètes mâles il est appelé un gamétophyte mâle. S'il ne produit que des gamètes femelles, il est appelé un gamétophyte femelle.
- Un **gamétocyte** est organe ou une cellule qui produit les gamètes. On distingue le gamétocyte mâle et gamétocyte femelle.
- Un **sporophyte** est organisme qui produit les spores.
- Un **sporocyste** est une cellule ou un organe qui produit les spores.

NB : Les spores sont toujours à n chromosomes.

C- Quelques exemples de cycle de reproduction.

1°) Cycle de reproduction de l'oursin. Fig. 31 P45

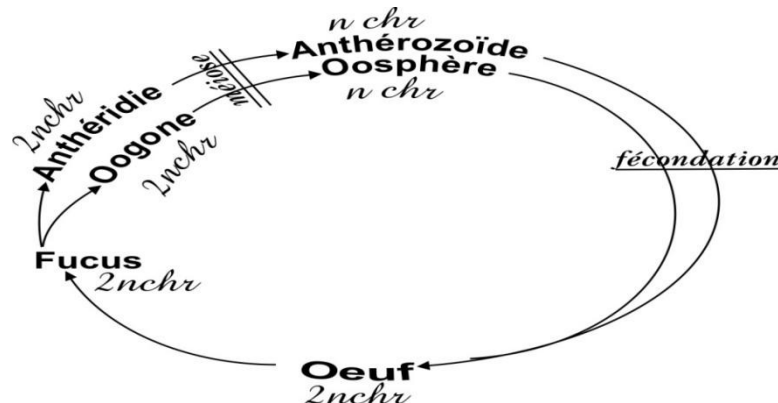
Lorsqu'ils arrivent à l'âge adulte, l'oursin mâle produit des gamètes spermatozoïdes et l'oursin femelle produit des ovules. Ces deux gamètes sont libérés dans l'eau de mer. Les spermatozoïdes nagent vers les ovules. Un spermatozoïde s'unit avec un ovule pour donner un œuf. Ce dernier évoluera par division successive pour donner un nouvel oursin.



Dans ce cycle, il n'existe qu'un seul organisme vivant à $2n$ chr **Cycle de reproduction de l'oursin** cycle est diplophasique.

2°) Cycle de reproduction chez fucus vésiculeux. Fig. 22 P41

Fucus est une algue brune. A maturité, son thalle porte des renflements dont la coupe montre des cavités ou conceptacles. Ces derniers sont de deux types : les conceptacles mâles renfermant les anthéridies, et les conceptacles femelles contenant des oogones. Chaque anthéridie subit deux divisions successives pour donner des anthérozoïdes. Il en est de même pour l'oogone qui des oosphères. L'union entre un spermatozoïde et une oosphère conduit à un œuf qui évoluera en nouvel fucus.

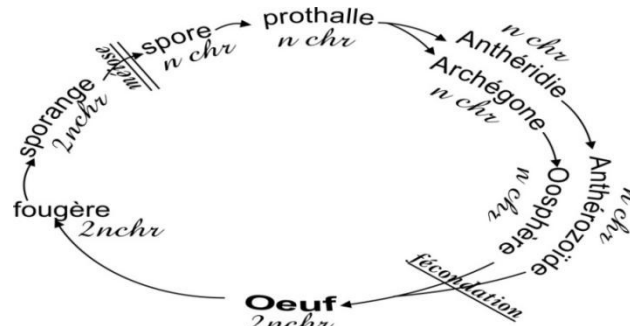


Dans ce cycle, il n'existe qu'un seul organisme vivant à $2n$ ch **Cycle de reproduction de Fucus** cycle est diplophasique.

Remarque : le fucus est un gamétophyte car il produit les gamètes mâle et femelle. L'anthéridie est un gamétocyste mâle. L'oogone est un gamétocyste femelle.

3°) Cycle de reproduction chez le polypode. Fig. 30 P45

Sur la face inférieure des feuilles du polypode, on trouve des sporanges. Les cellules des sporanges subissent deux divisions successives pour donner des spores. Dans un milieu favorable, la spore germe et donne un prothalle qui est un autotrophe. Ce prothalle porte des anthéridies et des archégones. Les anthéridies libèrent à maturité des anthérozoïdes. Il en est de même pour l'archégone qui libère des oosphères. Un anthérozoïde s'unit à une oosphère pour donner un zygote qui évoluera en un nouvel polypode.



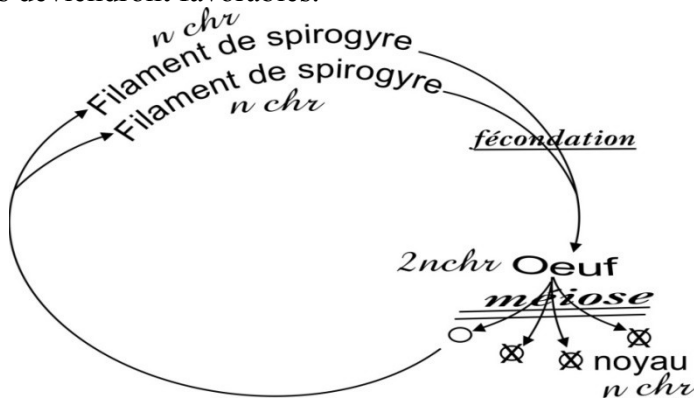
Cycle de reproduction de la fougère

Dans ce cycle, on a deux organismes vivants : un gamétophyte (le prothalle) à n chromosomes et un sporophyte (le polypode) à $2n$ chromosomes : donc le cycle est haplodiplophasique.

4°) Cycle de reproduction chez la spirogyre. Fig. 24 P42

Dans des conditions défavorables, deux filaments de spirogyre se rapprochent. Il s'établit alors un pont de conjugaison entre ces deux filaments. Le noyau d'une cellule d'un filament passe à travers ce pont et fusionne avec le noyau d'une cellule de l'autre filament. Il se forme alors un œuf dont le noyau subit immédiatement deux divisions successives pour donner quatre noyaux. Parmi ces quatre noyaux, trois dégénèrent. L'œuf à un noyau évoluera pour donner une autre spirogyre lorsque les conditions deviendront favorables.

Ce
vivants
de
niveau
se

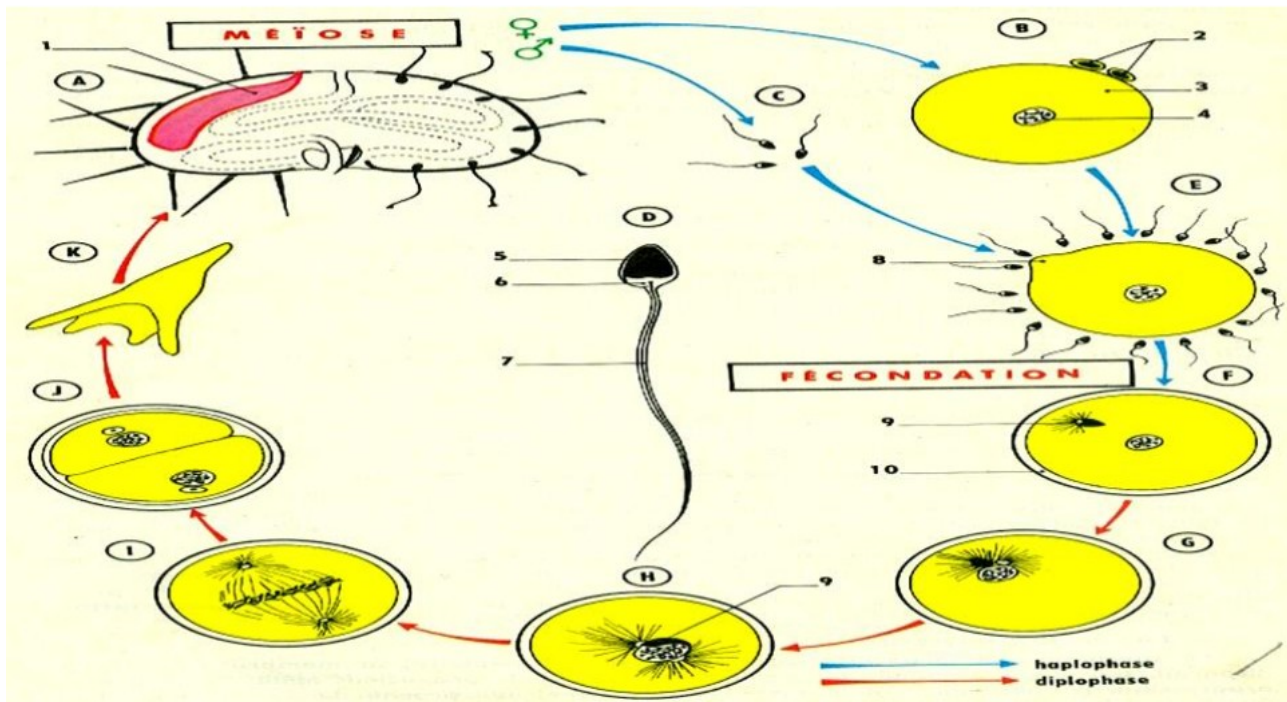


cycle comporte deux éléments tous à n chromosomes (filaments spirogyre) : donc le cycle est haplophasique. La particularité au de ce cycle est que les organismes comportent comme des gamètes.

Cycle de reproduction de la spirogyre

TRAVAUX DIRIGES

Exercice 1



Exercice 4

L'Algue étudiée ici (document II) se présente sous deux aspects différents : la forme A appelée *Derbesia tenuissima* qui vit quelques mois et la forme B ou *Halicystis parvula* pouvant vivre plusieurs années. Ces deux formes étaient, à l'origine, considérées comme deux espèces indépendantes.

La forme A présente des touffes de filaments produisant à un moment donné des organes ou sporocystes libérant des cellules ciliées haploïdes (K). Ces dernières portent des cils en couronne dans leur partie antérieure.

La forme B ou *Halicystis parvula* a l'aspect d'une grosse vésicule. Elle libère des cellules biflagellées vert-jaunâtre (D) ou des cellules biflagellées vert-sombre (L). On trouve donc deux types d'*Halicystis parvula* provenant de la germination des éléments (K). L'Union des cellules (D) et (L) redonne *Derbesia tenuissima*, après germination (G).

1°) Quel nom pouvez-vous donner aux filaments A ? à la vésicule B ? Justifiez votre réponse.

2°) a) Quel type de division est à la base de la formation des cellules (D) et (L) ?

b) Quel caractère permet, ici, de différencier ces cellules ? Cela s'observe-t-il toujours chez les végétaux ? Donnez des exemples.

c) Décrivez brièvement le phénomène qui a lieu après la libération des cellules (D) et (L) dans l'eau de mer. Décrivez une expérience permettant d'expliquer le mécanisme rendant possible ce phénomène.

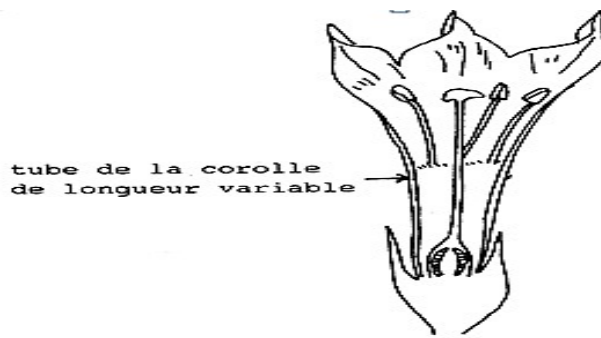
3°) En admettant que les cellules mères de (K) ont une garniture chromosomique représentée par le document 111 et que les chromosomes de cette Algue portent les couples de gènes allèles Aa, Bb, Cc, schématisez les différentes combinaisons chromosomiques possibles que les cellules (K) peuvent posséder.

4°) Représentez, sur le même schéma, le cycle de développement et le cycle chromosomique de cette Algue, en utilisant les dessins que vous reproduirez avec soin.

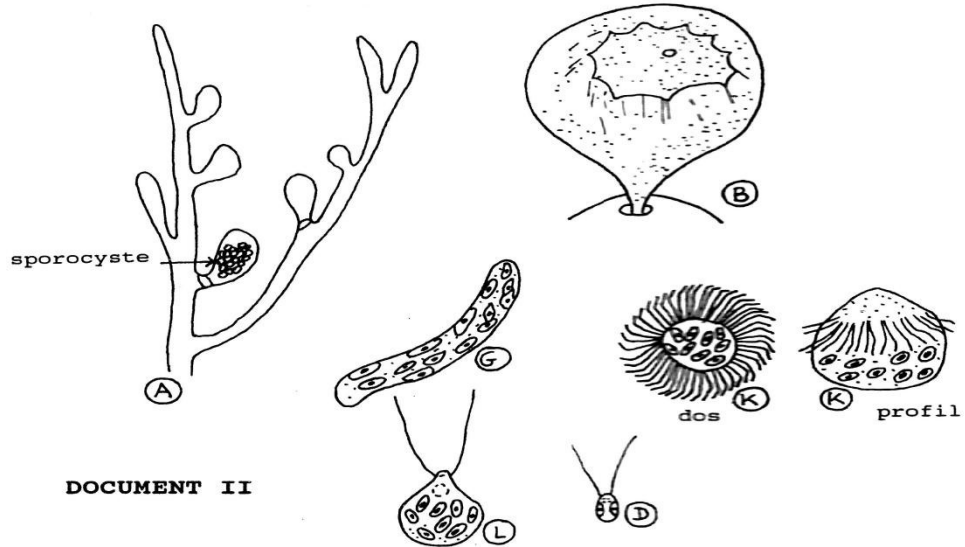
Comment pouvez-vous qualifier son cycle chromosomique ?

5°) En vous fondant sur le cycle de développement de cette Algue faites une correspondance entre les éléments de ce cycle et ceux du cycle d'une plante à fleurs de votre choix. Vous indiquerez, pour chaque élément, les différences constatées.

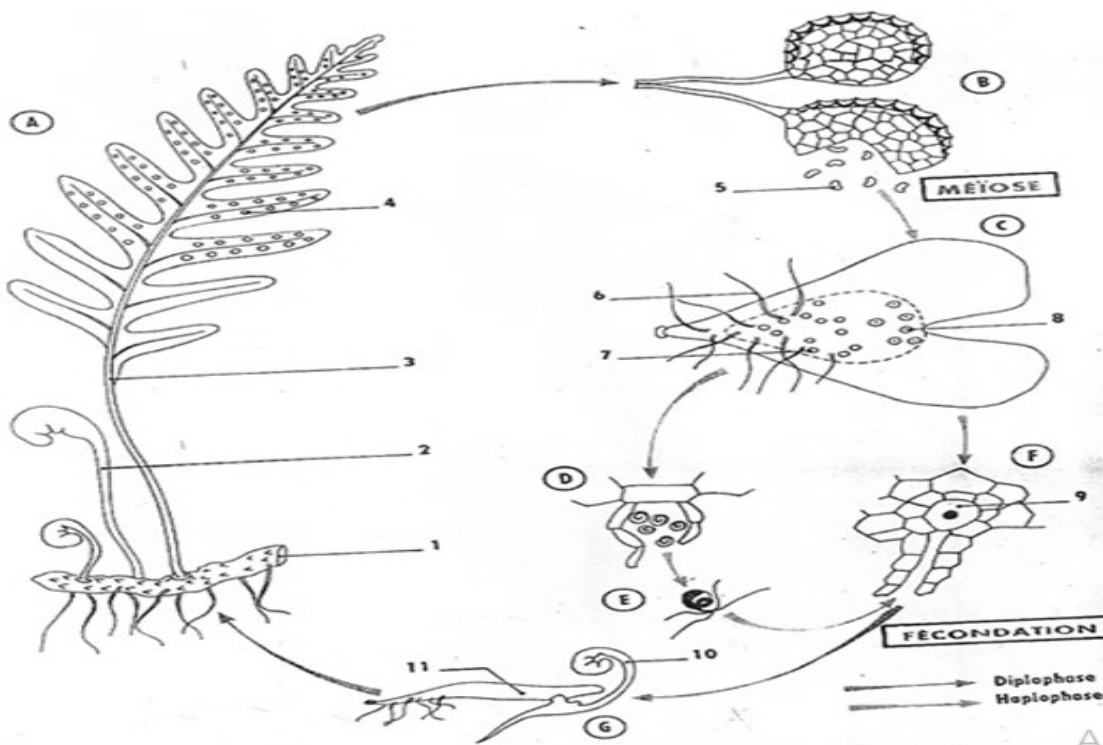
Remarque : Les cellules de cette Algue sont plurinucléées.



DOCUMENT I



DOCUMENT II



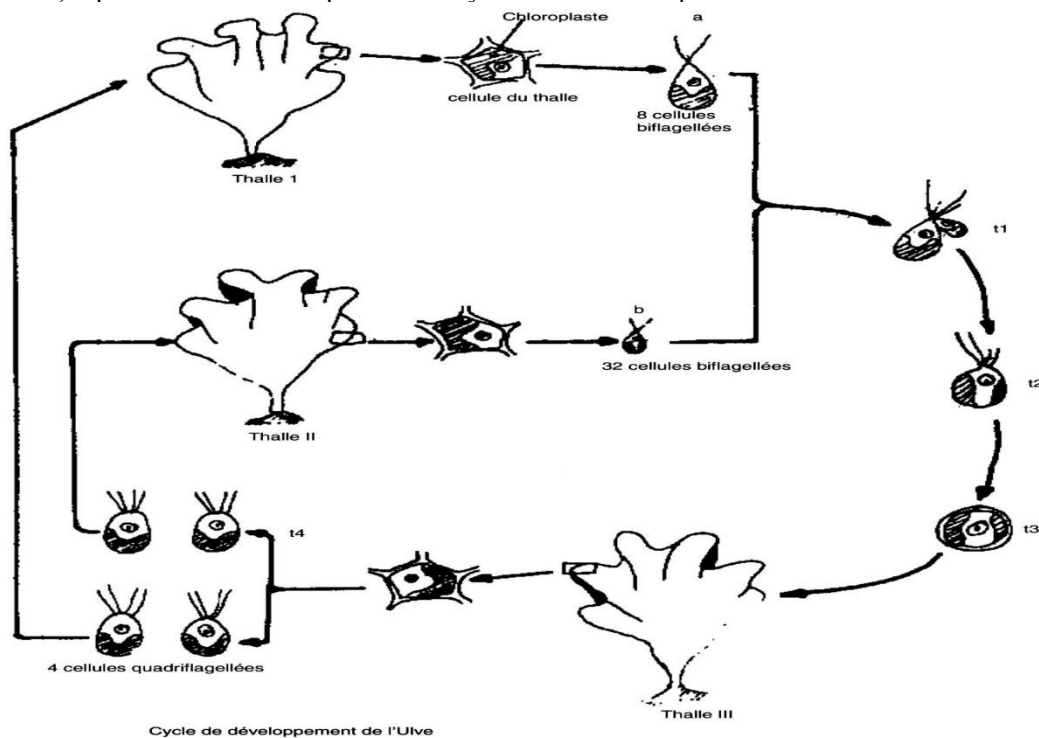
Exercice 2

L'ulve algue verte commune sur nos côtes, se présente sous forme d'un thalle foliacé (ayant l'aspect d'une feuille) de quelques centimètres de longueur.

L'observation prolongée de ce végétal a permis d'établir son cycle de développement schématisé par le document 1.

Certaines cellules des thalles I, II, III, morphologiquement Identiques, peuvent donner naissance à des cellules flagellées qui, libérées dans l'eau de mer, n'assureront pas le même rôle dans le cycle de l'Ulve. .

- 1) Que pouvez-vous dire à propos des éléments a et b ? A quoi correspondent d'après vous ces cellules ?
- 2) Quel phénomène cytologique a lieu en t1, t2, t3 et t4 ? Justifiez votre réponse. Quelles remarques pouvez-vous alors faire à propos des thalles I, II et III ?
- 3) En conclusion, représentez schématiquement le cycle chromosomique de l'Ulve.



Document 1

REPRODUCTION CHEZ LES MAMMIFERES

Introduction

La reproduction est la fonction par laquelle les êtres vivants produisent des êtres semblables à eux. Il

Les objectifs pédagogiques

L'élève doit être capable de :

- 1- Décrire les appareils génitaux mâles et femelles.**
- 2- Identifier et réaliser les schémas annotés des appareils génitaux mâles et femelles.**
- 3- Réaliser les schémas légendés des coupes de testicules et d'ovaires.**
- 4- Décrire les cycles sexuels.**
- 5- Origine et rôle des hormones de la reproduction (GnRH, LH, FSH, œstrogène, progestérone, HCG, prolactine, ocytocine etc..)**
- 6- Connaître le mécanisme de la fécondation, de la gestation, de la parturition et de la lactation.**

existe deux types de reproduction :

- la reproduction asexuée qui ne fait pas intervenir les gamètes.
- la reproduction sexuée qui fait intervenir les cellules reproductrices ou gamètes.

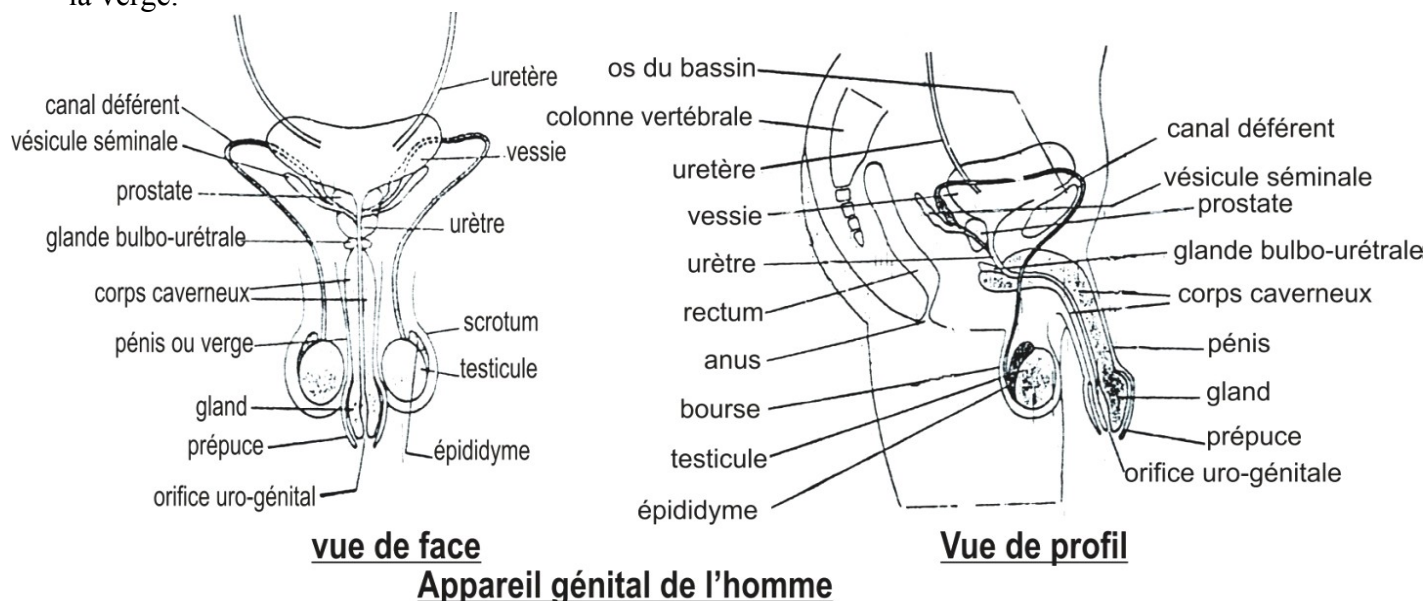
Chez les mammifères, la reproduction sexuée s'effectue grâce aux organes génitaux spécialisés dont ils disposent.

I- Les organes génitaux des mammifères. Fig. 6, 7, 8, 9 10 P50, 51

Il existe deux types d'organes génitaux : les organes génitaux mâles et les organes génitaux femelles.

A- Les organes génitaux de l'homme.

Il est constitué de deux testicules logés dans un sac appelé scrotum ou bourse. Les testicules sont des gonades mâles. Au bord supérieur de chaque testicule, on a un long canal appelé épiddyme qui est le lieu de stockage des spermatozoïdes nouvellement formés. Chaque épiddyme est prolongé par un canal déférent ou spermiducte qui débouche dans l'urètre. A l'embouchure des deux canaux déférents, on trouve des glandes annexes qui sont : les vésicules séminales, la prostate, la glande de Cowper et la glande de Tyson. Ces glandes élaborent le liquide séminal qui forme avec les spermatozoïdes le sperme. L'urètre forme avec les corps caverneux et les corps spongieux le pénis ou la verge.



Les corps caverneux et spongieux provoquent l'érection du pénis et l'éjaculation (sortie du sperme du pénis). Le pénis se termine par un gland qui est recouvert d'une membrane appelée prépuce à la naissance.

La circoncision est une pratique qui consiste à faire l'ablation du prépuce. Le pénis est l'organe copulateur.

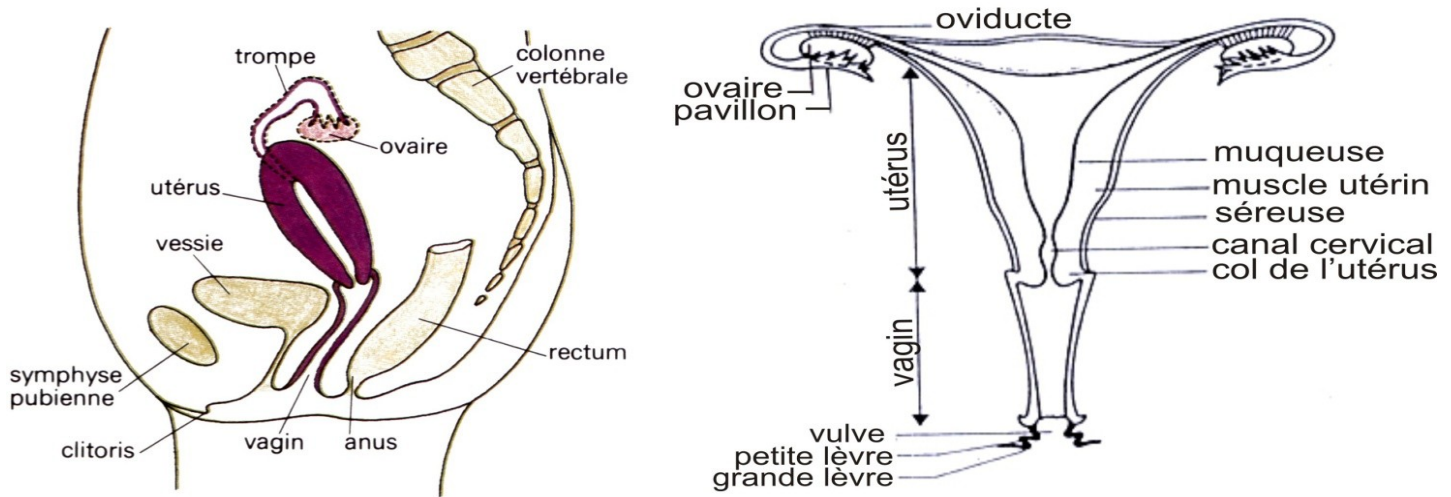
Remarque : Chez l'homme, l'appareil génital et presque confondu avec l'appareil urinaire, d'où son nom appareil uro-génital.

B- L'appareil génital de la femme.

Il comprend deux ovaires qui sont les gonades femelles. Au voisinage de chaque ovaire, on a un pavillon à bord dentelé. Ce pavillon est relié à un conduit appelé oviducte. Pavillon et oviducte constituent la trompe de Fallope. Le pavillon sert à recueillir le gamète femelle pondu par l'ovaire. Les deux oviductes débouchent dans l'utérus unique chez la femme (deux chez la souris femelle). L'utérus de forme triangulaire, débouche par sa partie inférieure appelée col de l'utérus dans le vagin. Le vagin est l'organe copulateur et il est tapissé par une couche d'épithélium. Cette dernière contient des glandes de Bartholin dont les sécrétions favorisent la pénétration. La partie externe de l'organe génital de la femme est la vulve. Cette dernière est formée de petites lèvres, de grandes lèvres et du clitoris. Chez la jeune fille, l'entrée du vagin est partiellement fermée par une membrane souple appelée hymen qui se déchire lors des premiers rapports sexuels, des toilettes intimes ou des activités sportives intenses.

L'excision est une pratique qui consiste à faire l'ablation du clitoris.

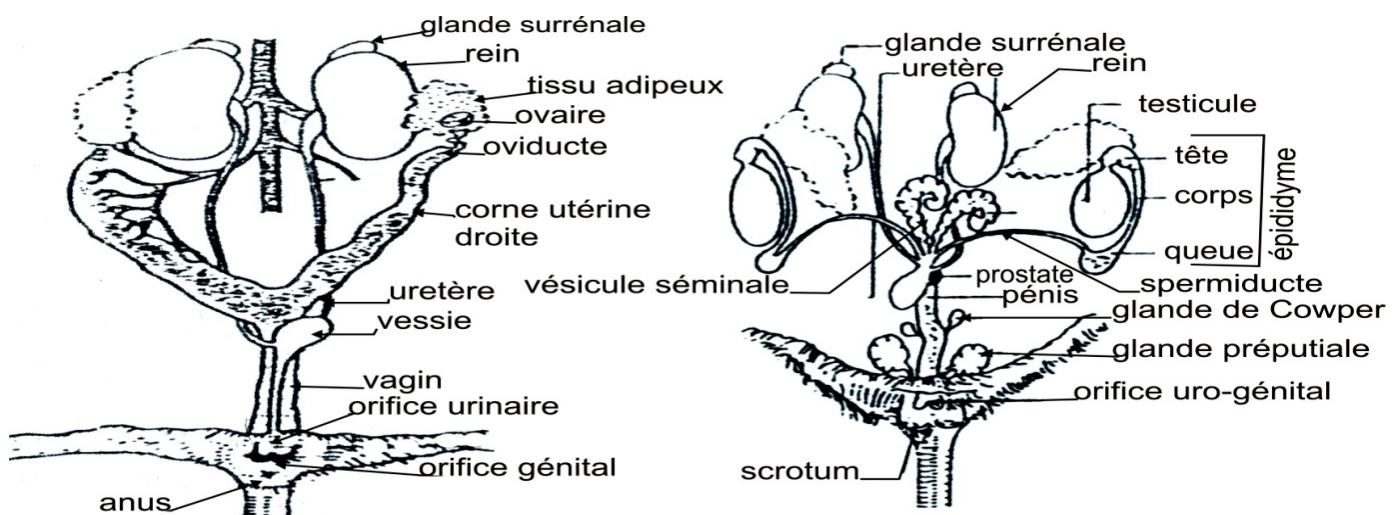
L'infibulation est une pratique qui consiste à coudre les petites lèvres.



Appareil génital de la femme

Organes	Homme	Femme	Rôles
Gonades	Testicules	Ovaires	- production des gamètes - production des hormones
Voies génitales	Epididyme Canal déférent Urètre	Oviducte ou trompe Utérus	-conduction de spermatozoïdes chez l'homme - Aspiration, conduction de l'ovule fécondé et nidation chez la femme
Glandes annexes	Vésicules séminales Prostate Glandes de Cowper	Glandes de Bartholin	-Sécrétion de liquide qui se mélange au liquide testiculaire dont la mobilité aux spermatozoïdes
Organes copulateurs	Pénis ou verge	vagin	- Organes de rapport sexuel suivi du dépôt de spermatozoïdes.

Comparaison entre l'appareil génital de l'homme et celui de la femme.



Appareil génital et urinaire de la souris femelle Appareil génital et urinaire de la souris mâle

II- Les gonades. Fig. 3 P49 Fig. 12 16 P51

Ce sont les organes reproducteurs. Ils sont de deux types : les gonades mâles ou testicules et les gonades femelles ou ovaires.

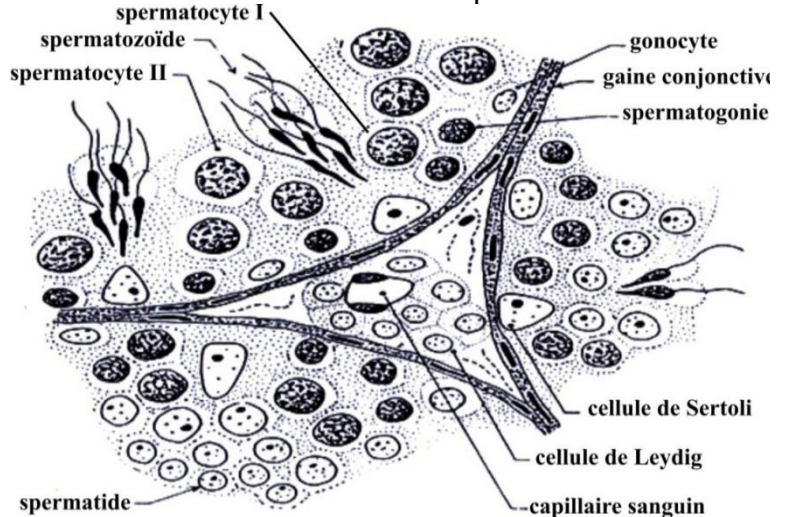
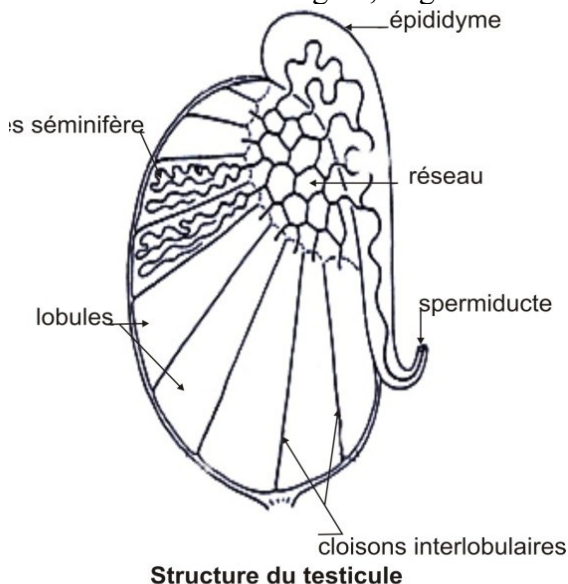
A- Les testicules **Fig. 12 16 P51**

1°) Structure des testicules.

Les testicules sont des glandes ovoïdes logées dans le scrotum. Une coupe longitudinale d'un testicule montre au faible grossissement des lobules dans lesquels on a des tubes séminifères. Chaque tube séminifère est entouré d'une gaine conjonctive. A l'extérieur des tubes séminifères, les gaines conjonctives délimitent une zone souvent triangulaire qui referme : des vaisseaux sanguins et surtout des cellules interstitielles ou cellules de Leydig.

Au fort grossissement, un tube séminifère contient plusieurs cellules réparties de façon concentrique et constituent la lignée germinale ou séminale. Partant de la gaine conjonctive vers la lumière du tube on distingue :

- De petites cellules situées près de la gaine : ce sont des gonocytes. Entre ces gonocytes, on a des cellules allongées à noyaux volumineux qui sont des cellules de Sertoli. Les cellules de Sertoli coordonnent la spermatogenèse, fournissent des nutriments et des hormones aux cellules germinales, favorisent la libération des spermatozoïdes dans la lumière du tube.
- Des cellules à noyaux volumineux : ce sont des spermatogonies.
- Des cellules plus grosses que les gonies et ayant des noyaux volumineux : ce sont des spermatocytes I.
- De grosses cellules à noyaux volumineux : ce sont les spermatocytes II.
- De petites cellules à cytoplasme réduit et situées près de la lumière du tube : ce sont des spermatides.
- Des cellules allongées, flagellée et situées dans la lumière du tube : ce sont les spermatozoïdes.



Coupe partielle des tubes séminifères

2°) Fonctions des testicules.

Les spermatozoïdes ont les fonctions suivantes :

- Production des spermatozoïdes par les tubes séminifères.
- Production d'hormones sexuelles mâles appelées androgènes dont la plus connue est la testostérone par les cellules interstitielles ou cellules de Leydig.

3°) Expériences d'ablation, de greffe des testicules.

L'ablation de testicules ou castration avant la puberté conduit à un individu neutre (individu ayant un organe génital rudimentaire) et à une absence des caractères sexuels secondaires.

La castration après la puberté entraîne une régression des caractères sexuels secondaires et des organes génitaux mais la libido persiste, on assiste aussi à une tendance à l'adiposité.

La greffe des testicules à un animal castré entraîne la correction des troubles liés à la castration.

4°) Conditions de fonctionnement des testicules.

La spermatogenèse est sensible à l'augmentation de la température. Chez l'homme, la spermatogenèse est continue à partir de la puberté et se poursuit le reste de la vie. La durée de la

spermatogenèse est de $74 \pm$ jours chez l'homme. Les spermatozoïdes produits sont stockés dans l'épididyme et sont émis lors d'une excitation. Cette excitation provoque la contraction de l'épididyme qui chasse les spermatozoïdes dans l'urètre où ils se mélangent aux sécrétions des glandes annexes pour donner le sperme. La sortie du sperme du pénis s'appelle une éjaculation.

5°) Le sperme.

Le sperme est un liquide produit par les glandes reproductrices mâles et qui contiennent les spermatozoïdes.

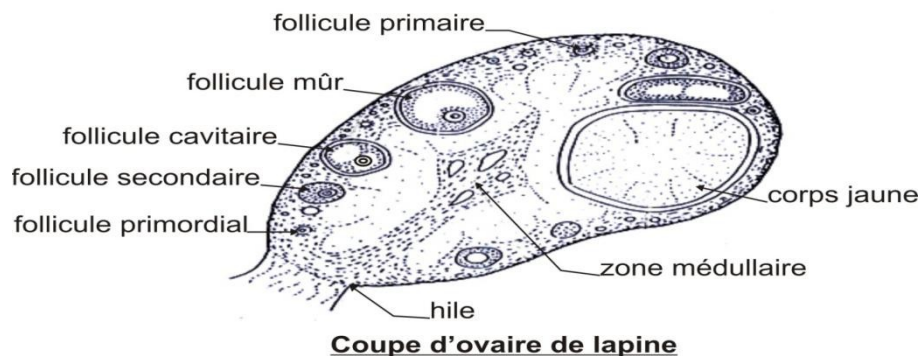
Le sperme est composé de spermatozoïdes (1/10) et du liquide séminal. Le liquide séminal est constitué d'eau, du fructose, de l'acide ascorbique, du citrate et des enzymes. Le volume d'un éjaculat est de 3 à 4 ml et sa concentration normale est de 30 à 100 millions de spermatozoïdes par ml.

B- Les ovaires.

1°) Structure des ovaires. Fig. 3 P49

Une coupe faite dans l'ovaire montre deux zones :

- Une zone médullaire constituée de tissus conjonctifs et de vaisseaux sanguins.
- Une zone corticale constituée de cellules de tailles variables qui sont des follicules en différents stades d'évolution.



2°) L'ovogenèse et la folliculogénèse. Fig. 32 P57

L'ovogenèse est la formation des gamètes femelles.

La folliculogénèse est l'évolution des follicules jusqu'à obtention des follicules mûres. Un follicule est une structure de l'ovaire constituée de différentes couches de cellules entourant l'ovocyte.

Chez la femme, l'ovogenèse et la folliculogénèse se déroulent en même temps.

a- Avant la puberté.

L'ovogenèse débute dès la vie embryonnaire par la phase de multiplication pendant laquelle ils se forment plusieurs millions d'ovogonies. Avant la naissance, certaines ovogonies dégénèrent et on parle d'atrésie. Les ovogonies entrent en phase d'accroissement en augmentant leurs tailles pour devenir les ovocytes I. Les ovocytes I débutent la phase de maturation par la division réductionnelle mais ils restent bloqués à la prophase I jusqu'à la puberté.

b- Après la puberté.

La puberté est le passage de l'enfance à l'adulte marqué par la production des gamètes fonctionnels. Dès la puberté, les follicules qui renferment les ovocytes I continuent leur croissance au hasard.

b1- Les étapes de la folliculogénèse.

Autour d'un ovocyte I se forme une enveloppe qui s'épaissit progressivement et qui forme un follicule primaire puis secondaire (plein) puis tertiaire ou cavitaire. En début de chaque cycle une dizaine de follicule cavitaire entame la dernière phase de l'évolution. Seul un (follicule dominant) parvient à maturité, les autres dégénèrent. Cette évolution correspond à l'achèvement de la première division de la 1^{ère} méiose avec formation de l'ovocyte II et le 1^{er} globule polaire. Le follicule mûr éclate et libère l'ovocyte II. On parle d'ovulation ou la ponte ovulaire. L'ovocyte II est aspiré par la trompe de l'utérus.

Le reste du follicule change d'aspect et devient un corps jaune.

b2- Les types de follicules.

Il existe donc cinq types de follicules : les follicules primordiaux, primaires, secondaires, tertiaires et les follicules mures ou follicules de De Graff.

- **Les follicules primordiaux** : ils sont formés d'ovocyte I entourés de quelques couches de cellules folliculaires.
- Les follicules primaires : ils sont constitués d'ovocyte I entourés d'une ou de deux couches de cellules folliculaires.
- **Les follicules secondaires** : les cellules folliculaires forment une couche pleine appelée la granulosa qui est entourée de deux membranes : la thèque interne et la thèque externe. La thèque externe joue un rôle protecteur alors que la thèque interne joue un rôle glandulaire. La granulosa est délimitée vers l'ovocyte par une membrane de Slavjanski. Entre cette membrane et celle de l'ovocyte, on a une zone pellucide. Les follicules secondaires sont encore appelés des follicules pleins.
- **Follicule tertiaire ou follicule cavitaire** : c'est un follicule dont la granulosa se creuse d'une cavité appelée cavité folliculaire ou antrum. Cette cavité est remplie de liquide folliculaire. Entre l'antrum et la zone pellucide, les cellules folliculaires se spécialisent pour former autour de l'ovocyte une couronne appelée corona radiata.
- **Follicule mur ou follicule de De Graff** : c'est un follicule dont l'antrum est très développée et qui entoure presque totalement l'ovocyte. L'ovocyte est rattaché à la granulosa par une couche de cellules appelées cumulus oophorus.

3°) Fonctions de l'ovaire.

L'ovaire a deux fonctions :

- La production des gamètes femelles lors de l'ovogenèse et de la folliculogenèse.
- La production des hormones femelles qui sont : les œstrogènes et la progestérone.

II- Les cycles sexuels des mammifères.

Un cycle sexuel est l'ensemble des modifications qui affectent les organes sexuels et le comportement des mammifères. Il existe quatre cycles sexuels : le cycle ovarien, le cycle utérin, le cycle vaginal et le cycle thermique.

A- Le cycle ovarien. Fig. 22, 23 P54

C'est l'ensemble des modifications périodiques qui affectent les ovaires. Il est encore appelé cycle menstruel chez la femme et cycle œstral chez les autres mammifères. Le cycle ovarien comporte deux phases séparées par une ovulation : une phase pré ovulatoire et une phase post ovulatoire.

1°) La phase pré ovulatoire.

Elle est encore appelée phase folliculaire. Elle est caractérisée par le développement des follicules jusqu'à obtention d'un follicule mur. A cette phase, on note aussi la synthèse des œstrogènes par les cellules folliculaires.

2°) L'ovulation.

L'ovulation est l'expulsion d'un gamète femelle par un follicule mur. Elle est due à une rupture du follicule mur. Le gamète femelle libéré est recueilli par le pavillon. L'ovulation est un phénomène spontané chez la femme mais elle est provoquée c'est-à-dire est déclenchée par l'accouplement chez d'autres mammifères comme la lapine. L'ovulation est indiquée par un taux élevé d'une hormone hypophysaire appelée LH dans le sang. Chez la femme, le gamète femelle est un ovocyte II.

3°) Phase post ovulatoire.

Elle est encore appelée phase lutéinique. Elle est caractérisée par une transformation du reste du follicule rompu en corps jaune. Ce dernier produit les œstrogènes de la phase post ovulatoire et la progestérone.

4°) Devenir du follicule mur, du gamète femelle et du corps jaune.

Le follicule mur rompu se transforme en corps jaune.

Le gamète femelle a deux destinées :

- Il dégénère s'il n'est pas fécondé.
- Il devient un œuf s'il est fécondé.

Le corps jaune a aussi deux destinées :

- Il devient un corps blanc ou un corps jaune progestatif s'il le gamète femelle n'est pas fécondé.
- Il devient un corps jaune gravidique si le gamète femelle est fécondé.

-

B- Le cycle utérin. **Fig. 36 P59**

C'est l'ensemble des modifications qui affectent l'utérus au cours d'un cycle ovarien.

Pendant la phase pré ovulatoire, on note une prolifération de l'endomètre caractérisée par un épaissement de la paroi de la muqueuse utérine sous l'effet des œstrogènes : c'est la phase proliférative.

Pendant la phase post ovulatoire la muqueuse utérine continue à proliférer et prend un aspect de dentelle. Cette dentelle utérine renferme des glandes sécrétoires du mucus ou liquide endométrial : c'est la phase sécrétoire.

La dentelle utérine permet l'implantation de l'œuf en cas de fécondation.

En absence de la fécondation on assiste à une destruction de la dentelle utérine, ce qui se traduit par un écoulement de sang mélangé à des tissus endométriaux détruits ainsi que l'ovocyte dégénéré hors du vagin appelé la menstruation ou règle. La menstruation est déclenchée par les contractions de l'utérus. Les menstruations durent environ 3 à 5 jours. Et elles cessent lorsque l'endomètre se recouvre d'une nouvelle couche d'épithélium.

Remarques : Par définition, un cycle ovarien commence par le début des menstruations et se termine à la veille des menstruations suivantes. La phase post ovulatoire est rigoureusement constante chez toutes les femmes et est égale à 14 jours, alors que la phase pré ovulatoire varie selon les femmes et définit donc la durée du cycle chez chaque femme.

C- Cycle vaginal. **Fig. 36 P59**

C'est l'ensemble des modifications qui affectent la muqueuse vaginale au cours d'un cycle ovarien.

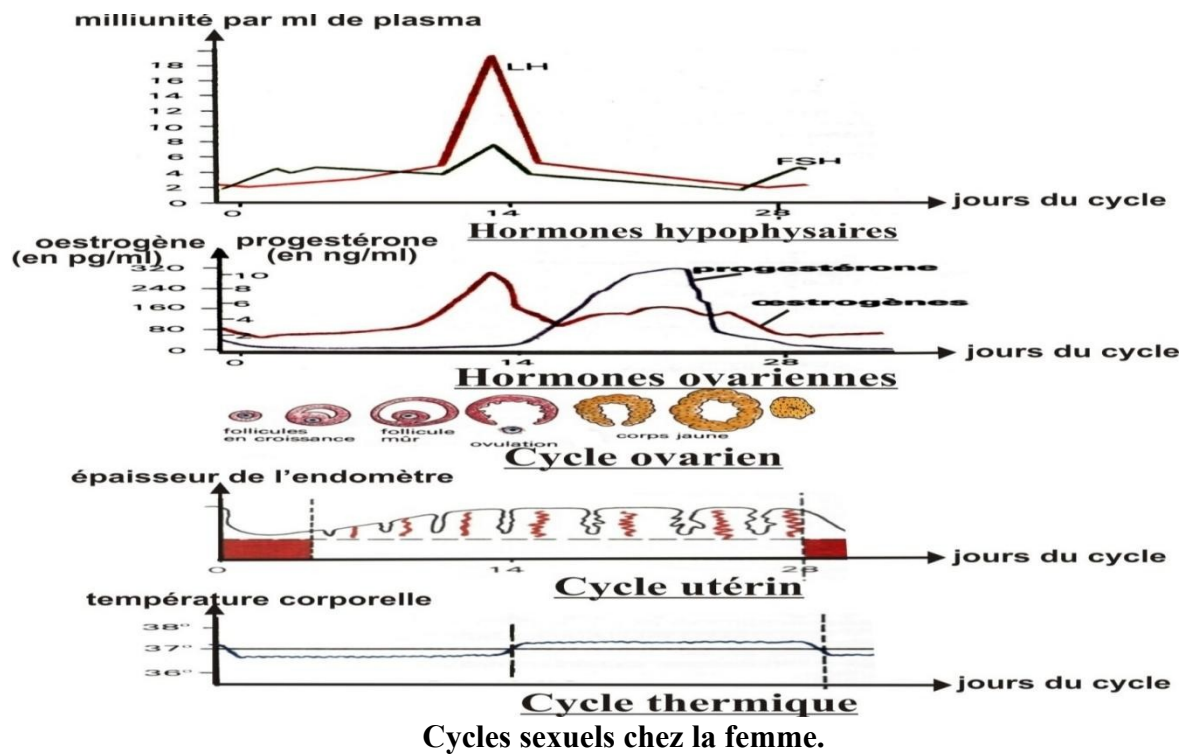
Le cycle vaginal se manifeste pendant la phase pré ovulatoire par un épaissement de l'épithélium vaginal et apparition des cellules kératinisées qui élaborent la kératine. Pendant la phase post ovulatoire, on note la sécrétion d'un mucus et un envahissement du vagin par les leucocytes.

Le cycle vaginal est discret chez la femme mais il est remarquable chez certains mammifères comme la rate.

D- Le cycle thermique. **Fig. 36 P59**

C'est la variation de la température corporelle au cours d'un cycle ovarien.

La température est relativement basse avant l'ovulation (inférieure à 37°C) mais elle s'élève brusquement de quelques dizaines de degrés pendant l'ovulation et après l'ovulation.



III- Les hormones sexuelles.

Une hormone est une substance élaborée par une glande endocrine, véhiculée par le sang pour agir sur des cellules cibles. Les hormones sexuelles sont des substances élaborées par les organes sexuelles et déversées dans le sang pour agir sur les organes cibles.

Les hormones sexuelles sont de deux types : les hormones sexuelles mâles et femelles.

A- Les hormones sexuelles mâles.

Ce sont les hormones produites par les organes sexuelles mâles, c'est-à-dire les testicules. Les hormones mâles sont désignées sous le nom d'androgènes dont la plus importante est la testostérone. Les hormones sexuelles mâles sont produites par les cellules interstitielles ou cellules de Leydig.

1. Rôles de la testostérone.

La testostérone stimule la spermatogenèse en stimulant sur les cellules de Seroli.

Elle assure la croissance et le développement des voies génitales et des glandes annexes.

Elle est responsable de l'apparition et de l'entretien des caractères sexuels secondaires comme : la voix grave, la poussée des poils au pubis et aux aisselles, la production du sperme etc.

Elle agit sur la fonction reproductrice (libido, érection ...)

2. Expériences d'ablation et de greffe de testicules.

- L'ablation des testicules ou la castration avant la puberté conduit à un individu neutre est à une absence de caractères sexuels secondaires.

- La castration après la puberté entraîne la régression des organes génitaux, l'adiposité (dépôt de graisse sous la peau) mais la libido persiste.

- La greffe de testicules sur un animal castré provoque une réapparition des caractères sexuels secondaires.

B- Les hormones sexuelles femelles.

Ce sont les hormones produites par les organes femelles qui sont les ovaires. Les hormones sexuelles femelles sont de deux types : les œstrogènes et la progestérone.

1° Les œstrogènes.

Elles sont produites par les cellules folliculaires pendant la phase pré ovulatoire et par le corps jaune pendant la phase post ovulatoire. Elles sont de trois types : l'œstradiol ou la folliculine, l'ostiole et l'œstrone. Elles sont dosées dans l'urine sous forme de phénolstéroïdes.

Fonctions des ostéogènes.

- Elles assurent le maintien des voies génitales fonctionnelles.
- Elles sont responsables de l'apparition des caractères sexuels secondaires tels que : la croissance des seins, chevelures abondantes, la voix fine, le dépôt de graisse au niveau du mont de Venus.
- Un taux élevé d'œstrogène pendant la phase préovulatoire déclenche la production de LH par l'hypophyse antérieure.
- Elle stimule l'utérus pour l'épaississement de la muqueuse utérine et la sécrétion de la glaire cervicale.

NB : les actions de l'œstrogène contribuent à la réussite de la fécondation.

2°) La progestérone.

Elle est élaborée par les cellules du corps jaune pendant la phase post ovulatoire. Elle peut être dosée dans les urines sous forme de **prégnandiol**.

Fonctions de la progestérone.

- Elle assure l'hypertrophie de la muqueuse utérine pour la gestation.
- Elle provoque le développement des glandes mammaires pour la lactation.
- Un taux élevé de progestérone empêche la production des hormones hypophysaires (LH et FSH).
- Elle inhibe les contractions de l'utérus et est responsable de la légère montée de la température corporelle au milieu de la phase luthéinique.

NB : les actions de la progestérone contribuent à la réussite de la nidation et de la gestation.

3°) Evolution du taux des hormones sexuelles femelles au cours d'un cycle menstruel. **Fig. 43 P62**

Lorsqu'on dose les taux d'œstrogène et de progestérone chez une femme au cours d'un cycle menstruel on obtient des valeurs qui permettent de tracer des courbes d'évolution du taux de ces deux hormones.

a- Courbe d'œstrogènes.

La courbe d'œstrogène présente deux pics : un premier pic pendant la phase préovulatoire (310 Pg/ml) et un deuxième pic situé au milieu de la phase post ovulatoire (160 Pg/ml).

L'œstrogène de la phase préovulatoire est élaboré par les cellules folliculaires. L'œstrogène de la phase post ovulatoire est élaboré par les cellules du corps jaune (cellules lutéiniques).

b- Courbe de progestérone.

Pendant la phase préovulatoire, le taux de progestérone est faible. La courbe de progestérone montre un seul pic au milieu de la phase post ovulatoire (11 Pg/ml).

La progestérone est élaborée par les cellules du corps jaune.

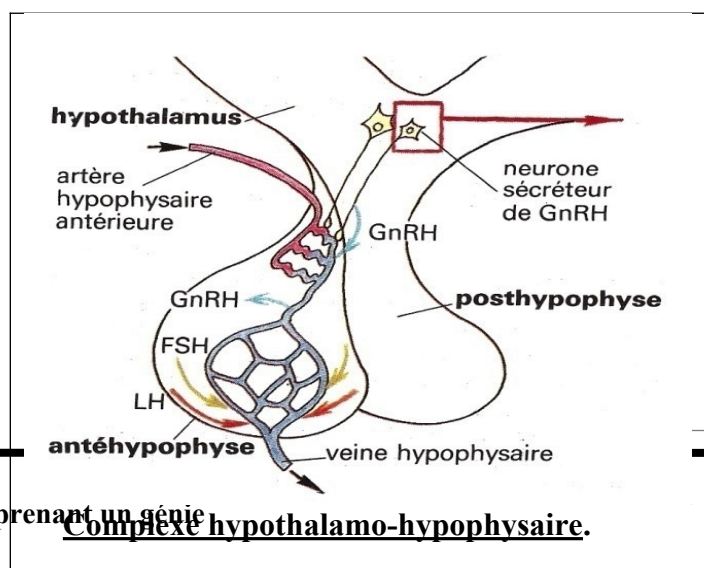
Vers la fin du cycle menstruel, les taux d'œstrogène et de progestérone chutent et reviennent à la valeur du début du cycle menstruel. La chute de ces deux taux d'hormones est due à la régression du corps jaune par absence de fécondation de l'ovocyte pondue. Cette chute provoque la destruction de l'endomètre qui est à l'origine des règles.

IV- Les hormones hypothalamo - hypophysaires. **Fig. 38 P60**

Les hormones produites par le complexe hypothalamo – hypophysaire, sont appelées des gonadostimulines ou des gonadotrophines. Les gonadostimulines sont donc des hormones hypophysaires qui stimulent le fonctionnement des gonades.

L'hypophyse est une glande située à la base du crane et comporte deux parties fonctionnelles :

- L'antéhypophyse ou hypophyse antérieure ou l'adénohypophyse,



- La posthypophyse ou hypophyse postérieure ou la neurohypophyse.
- L'hypothalamus est une glande reliée à l'hypophyse par la tige hypophysaire ou tige pituitaire.

A- Les hormones hypophysaires et leur rôle.

Les hormones hypophysaires qui interviennent dans la reproduction sont produites par l'antéhypophyse et sont au nombre de trois :

- La **FSH** : c'est la folliculostimuline ou follicule stimulating hormone.
- **LH** : c'est l'hormone lutéinisante ou lutéinising hormone.
- **LTH** : c'est la prolactine ou lutéotrophic hormone.

1°) Rôle de la FSH.

a- Chez les mâles.

La FSH agit sur les cellules de Sertoli en permettant à la testostérone d'activer la spermatogenèse. Elle intervient également dans le développement des testicules.

b- Chez la femelle.

Elle stimule la croissance et la maturation des follicules et la production d'œstrogène par les cellules folliculaires.

2°) Rôle de la LH.

a- Chez le mâle.

Elle stimule les cellules de Lédig pour la production de la testostérone.

b- Chez la femelle.

Elle déclenche l'ovulation. Elle transforme le follicule mur rompu en corps jaune et stimule ce dernier pour la production d'œstrogène et de progestérone.

3°) Rôle de la prolactine (LTH).

Elle stimule la production du lait chez la femme.

B- Les hormones hypothalamiques.

L'hypothalamus élabore une neurohormone appelée la GnRH ou Gonadotrophine Releasing hormone. La GnRH stimule l'adénohypophyse pour la production des hormones antéhypophysaires.

V- Régulation de la sécrétion hormonale. Fig. 39 – 44 P57 - 62

A- Régulation de la sécrétion des hormones sexuelles femelles.

1°) Influence des hormones hypothalamo-hypophysaires sur les hormones ovariennes.

La production des hormones ovariennes est sous le contrôle des hormones antéhypophysaires.

- L'ablation de l'hypophyse chez une femelle de mammifère entraîne l'arrêt du cycle ovarien et l'atrophie des ovaires. L'hypophyse contrôle le fonctionnement des ovaires.
- L'injection des extraits hypophysaires à un mammifère hypophysectomisé entraîne la correction des troubles liés à l'hypophysectomie. Les expériences de greffes de tissus hypophysaires ou de parabiose donnent les mêmes résultats que ceux d'injection d'extraits hypophysaires. L'hypophyse agit sur les ovaires par voie hormonale. En effet l'hypophyse produit les hormones LH et FSH qui agissent sur les ovaires.
- L'ablation de l'hypothalamus entraîne chez une femelle d'un mammifère l'atrophie des ovaires et de l'hypophyse. L'hypothalamus agit sur l'hypophyse par la production de la GnRH.

2°) Influence des hormones ovariennes sur le complexe hypothalamo-hypophysaire.

- Un faible taux d'œstrogène dans le sang provoque chez une femelle un rétrocontrôle négatif sur la production des gonadostimulines aboutissant à la dégénérescence des follicules en cours de croissance excepté le follicule dominant.

- Un taux élevé d'oestrogène libéré par le follicule mûr entraîne une augmentation du taux de LH : c'est un rétrocontrôle positif.
 - un taux élevé de progestérone pendant la phase lutéinique empêche la production des gonadostimulines : c'est un rétrocontrôle négatif qui permet d'empêcher toute nouvelle croissance folliculaire et toute ovulation.
 - la chute des taux d'oestrogène et de progestérone diminue les rétroactions négatives entraînant la production accrue de FSH et le redémarrage du cycle.
- NB : les rétrocontrôles permettent d'adapter les concentrations hormonales aux besoins physiologiques au cours du cycle.

3°) Principe des rétrocontrôles ovariens.

- Au cours de la première phase du cycle, l'hypophyse, avec la FSH provoque la croissance du folliculeovarien. Ce follicule, en grossissant, sécrète de plus en plus d'oestrogènes qui vont alors agir en retour sur l'hypophyse et ainsi freiner la synthèse de FSH et de LH : c'est le **rétrocontrôle négatif des oestrogènes** sur le complexe hypothalamo-hypophysaire.
- Vers le 13ème jour du cycle, le follicule est mûr et libère donc une grande quantité d'oestrogènes. Or, à forte concentration, les oestrogènes inversent leur effet sur l'hypophyse et la stimulent : c'est le **rétrocontrôle positif des oestrogènes** qui provoque alors le **pic de LH** du 14ème jour qui lui-même est responsable de l'**ovulation**.
- Après l'ovulation, le follicule n'existe plus et donc la production d'oestrogènes diminue. Mais le corps jaune est alors stimulé par la LH et se met à produire de la progestérone. Cette seconde hormone ovarienne agit elle aussi en rétrocontrôle négatif sur l'hypophyse et permet de maintenir les taux de FSH et de LH assez bas au cours de la deuxième phase du cycle : c'est le **rétrocontrôle négatif par la progestérone**.

B- Régulation de la sécrétion des hormones sexuelles mâles.

La production de la testostérone par les cellules de Leydig est sous l'influence des hormones du complexe hypothalamo-hypophysaires. Toute augmentation de la concentration de testostérone freine la sécrétion des gonadostimulines et toute baisse lève ce frein. Il s'agit d'un rétrocontrôle négatif dont le but est corriger les variations du taux de testostérone.

VI- Compléments sur la reproduction.

A reproduction chez les mammifères s'étant sur une période allant de la fécondation à la lactation. Elle regroupe donc : la fécondation, la gestation, l'accouchement et la lactation.

A- La fécondation.

La fécondation est l'union entre un gamète mâle et un gamète femelle pour donner un œuf ou un zygote.

Il existe deux types de fécondation chez les mammifères :

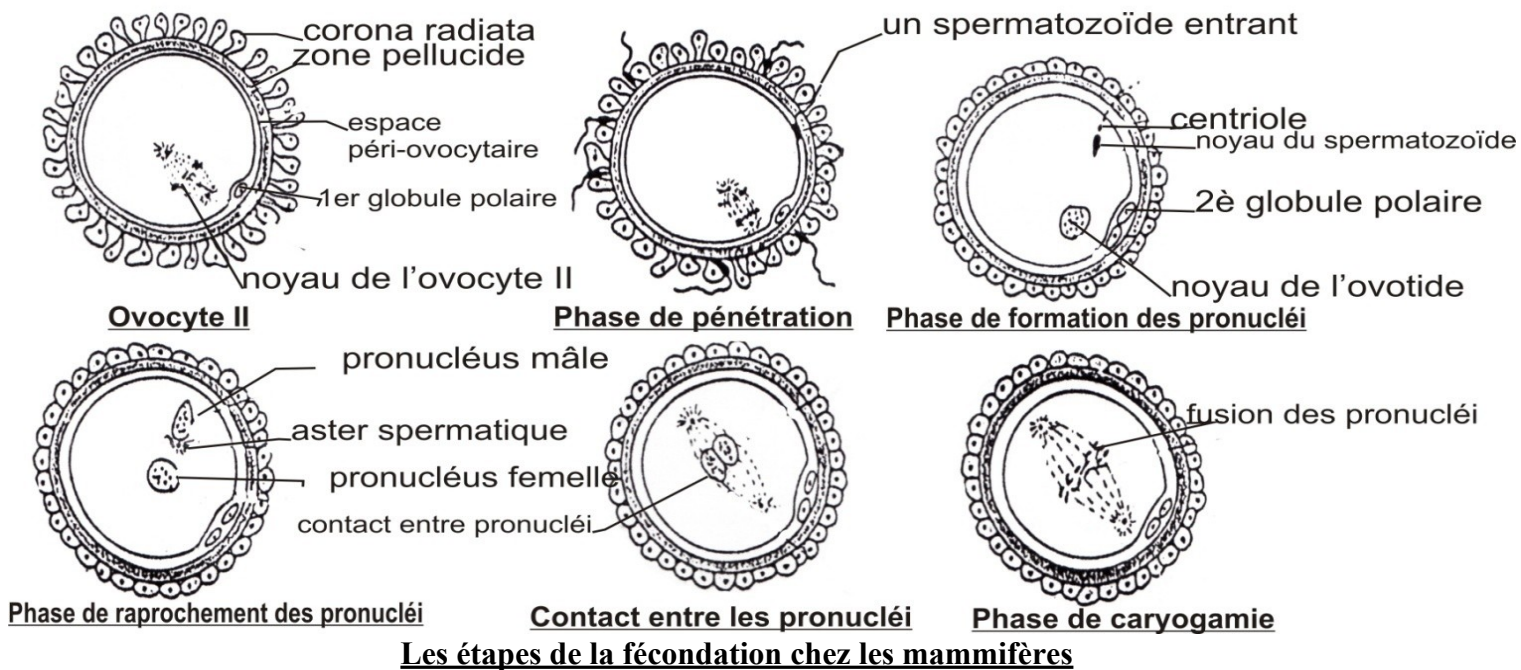
- La fécondation naturelle ou fécondation « in vivo. »

Elle se déroule dans l'organe génital femelle particulièrement dans les trompes de Fallope chez les mammifères. Au cours de cette fécondation, les spermatozoïdes déposés dans le vagin de la femelle migrent vers les trompes. Ces spermatozoïdes acquièrent leur pouvoir fécondant ou la capacitation lors de leur migration. Arrivés au contact de l'ovocyte, un seul spermatozoïde pénètre dans l'ovocyte par l'intermédiaire du cône d'attraction.

- La fécondation artificielle ou fécondation « in vitro. »

Elle a lieu en dehors des voies génitales femelles c'est-à-dire dans des conditions expérimentales.

NB : Après la fécondation artificielle, l'œuf obtenu est implanté dans l'utérus femelle pour la gestation.



B- La gestation ou la grossesse. Fig. 51 P65

La gestation est le développement de l'œuf jusqu'à la veille de l'accouchement. Chez la femme sa durée est de 270 jours soit 9 mois environ.

La gestation se déroule en trois étapes : la segmentation de l'œuf, l'implantation de l'œuf et le développement de l'embryon et de fœtus.

1°) La segmentation de l'œuf.

La segmentation est le processus de division de l'œuf.

Quelques heures après la fécondation, l'œuf subit une première division de mitose donnant ainsi deux cellules filles accolées appelées des blastomères. La division se poursuit et on obtient au 4^{ème} jour des cellules formant une sphère pleine appelée la morula. Au 6^{ème} jour, la morula se creuse d'une cavité et prend le nom de blastocyste libre. Le blastocyste produit une hormone appelée HCG qui maintient le corps jaune en vie et permet le dépistage précoce des grossesses chez la femme. Certaines cellules du blastocyste regroupées au centre forment le bouton embryonnaire. Les autres cellules de la périphérie forment une couche appelée trophoblaste dont une partie impliquée dans la nidation donne le placenta et l'autre partie devint le chorion.

2°) L'implantation du blastocyste.

La nidation s'effectue grâce à la fusion entre les cellules trophoblastiques et les cellules de la muqueuse utérine. Elle a lieu au 7^{ème} jour à compter de la fécondation. A la fin de la nidation, le blastocyste devient un embryon.

3°) Le développement de l'embryon et du fœtus.

Il se forme dans l'embryon un groupe de cellules appelées des feuillets. Au stade de trois feuillets, l'embryon prend le nom de la gastrula. Chaque feuillet se différencie plus tard pour donner un groupe d'organes. Pendant la quatrième, il apparaît des membres et des ébauches de nombreux organes. A la fin du troisième mois, tous les organes sont mis en place et la gastrula devient un fœtus. Au 7^{ème} mois, le fœtus devient viable.

4°) Les annexes embryonnaires. Fig. 31 P65

Au cours de l'évolution de l'embryon, il se forme des annexes embryonnaires qui sont : le chorion, le placenta, l'amnios et le cordon ombilical.

a- Le placenta.

C'est une masse charnue qui enveloppe le fœtus. Il provient des cellules trophoblastiques.

Le placenta joue plusieurs rôles :

- Il assure les échanges entre le fœtus et le sang maternel. En effet, Il sert de filtre sélectif laissant passer des nutriments et des anticorps vers le fœtus et empêchant les déchets de la mère et ses microbes des substances toxiques etc. Il constitue le lieu d'élimination des déchets métabolique du fœtus.

- Il produit des hormones telles que :

- * La HCG (Human Gonado-trophine Chorionique) qui permet le maintien du corps entraînant l'empêchement des menstruations.

- * HLP (Hormone Placentaire Lactogène) qui permet la maturation des glandes mammaires.

- * L'œstrogène et la progestérone qui entraînent le blocage des cycles sexuels et la diminution des contractions de l'utérus.

- * GH ou Hormone de croissance qui assure la nutrition et la protection du fœtus.

b- Le chorion et l'amnios.

Le chorion est la membrane externe dans laquelle se développent l'embryon et le fœtus. Il protège l'embryon et le fœtus pendant toute la grossesse et produit le liquide amniotique. Il provient des cellules trophoblastiques.

L'amnios est une mince membrane tapissant le chorion. Il provient du développement du bouton embryonnaire. Il assure aussi la production du liquide amniotique.

Le liquide amniotique protège l'embryon et le fœtus contre les chocs durant la grossesse. Il est aussi un lieu d'échanges. Il lubrifie le canal cervical, ce qui facilite le passage de la tête du fœtus.

c- Le cordon ombilical.

Il relie le fœtus au placenta.

C- La parturition ou l'accouchement.

C'est l'expulsion du nouveau né et du placenta hors des voies génitales femelles.

L'accouchement est déclenché par un déséquilibre hormonal et un phénomène réflexe :

- La production de cortisol par les glandes surrénales du fœtus entraîne la chute du taux de progestérone.

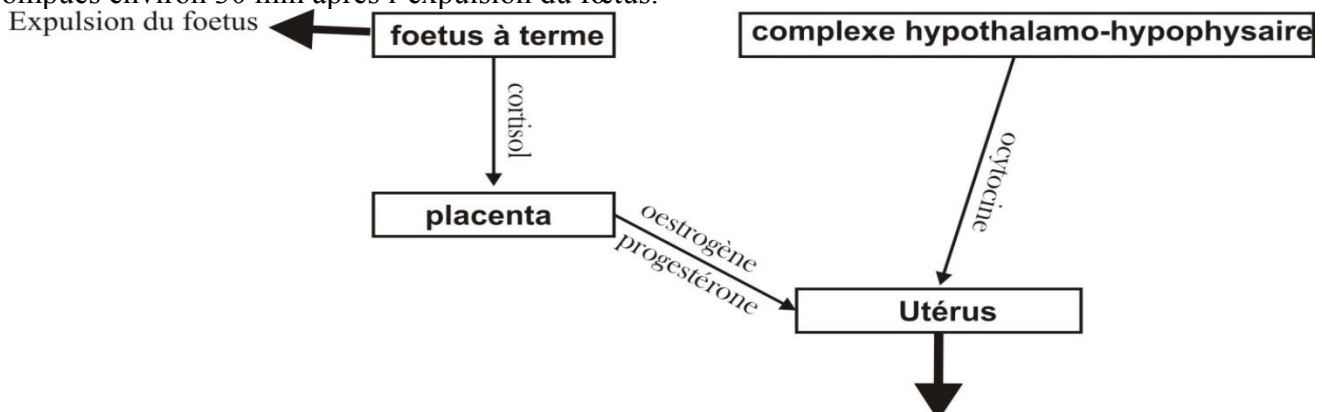
- Les annexes embryonnaires produisent une hormone, la prostaglandine qui provoque la chute du taux d'œstrogène et de progestérone. La chute du taux de ces deux hormones entraîne la reprise des contractions de l'utérus. Ces premières contractions entraînent un réflexe hypothalamo-hypophysaire qui libère de l'ocytocine, ce qui entraîne la dilatation du col de l'utérus et provoque l'expulsion du fœtus.

L'accouchement se déroule en trois étapes :

- Les contractions utérines : elles ont pour effet d'exercer une pression sur la membrane amniotique qui se rompt et libèrent le liquide amniotique pour faciliter le passage de la tête du fœtus. Le début des contractions utérines constitue le début du travail.

- L'expulsion du fœtus : elle est due à une accentuation des contractions utérines et aux contractions des muscles abdominaux. Elle constitue la deuxième étape du travail.

- La délivrance : c'est l'expulsion du placenta en plus du reste du cordon ombilical et des enveloppes rompues environ 30 min après l'expulsion du fœtus.



Amplification des contractions utérines

Résumé des processus impliqués dans l'accouchement

D- La lactation.

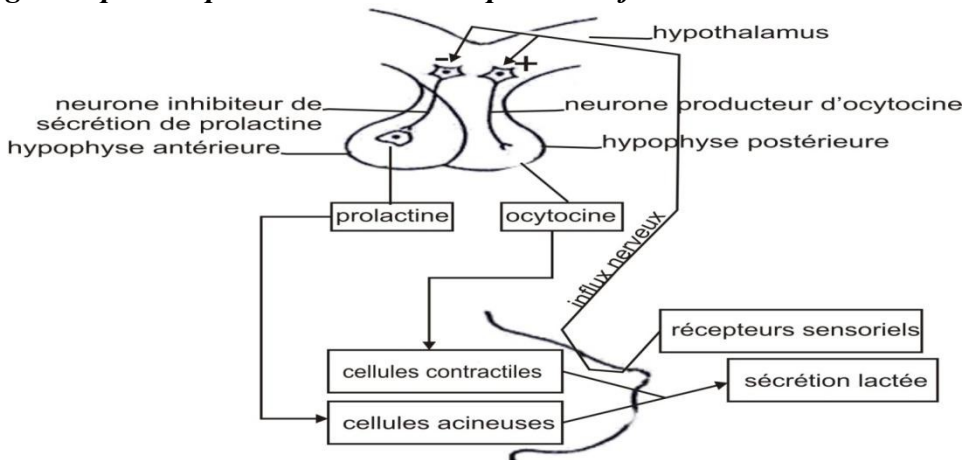
C'est l'ensemble des phénomènes qui permettent le déclenchement et l'entretien de la production du lait chez la femelle après l'accouchement.

Après la délivrance, l'adénohypophyse produit une grande quantité de prolactine qui déclenche la production du lait à partir des éléments puisés dans le sang. La production du lait est entretenue par les tétées. En effet, la succion exercée par le nouveau né sur le mamelon provoque la naissance d'influx nerveux qui stimule l'hypophyse pour le maintien de la production de la prolactine.

Le premier lait qui s'écoule des mamelons après l'accouchement s'appelle le colostrum qui protège le tube digestif du nouveau-né contre les microbes.

NB : Le sein femelle (les mamelles) est formé de : un tissu adipeux, un tissu conjonctif et tissu glandulaire.

Le tissu glandulaire est constitué de lobule qui est un ensemble d'acini. Un acinus est un petit sac formé de couches de cellules sécrétrices entouré par des cellules contractiles. Le tout est très vascularisé. Le produit de sécrétion est déversé dans des canaux qui se réunissent en canaux galactophores qui s'ouvrent chacun par un orifice au niveau du mamelon.



Mécanisme neuro-hormonal de la sécrétion lactée.

VII- Quelques problèmes liés à la reproduction chez l'Homme. Fig. 46 P63

Il peut arriver dans l'espèce humaine quelque problème de reproductions conduisant souvent à la naissance de jumeaux, de frères ou sœurs siamois, d'individus mal formé etc..

On peut avoir de vraies et des faux jumeaux. Pour les vrais jumeaux, ils proviennent d'un seul œuf dont les cellules filles issues de mitoses de cet œuf se séparent, évolue chacune pour donner naissance à un individu. Ces jumeaux sont obligatoirement de mêmes sexes et possèdent de mêmes caractères génétiques.

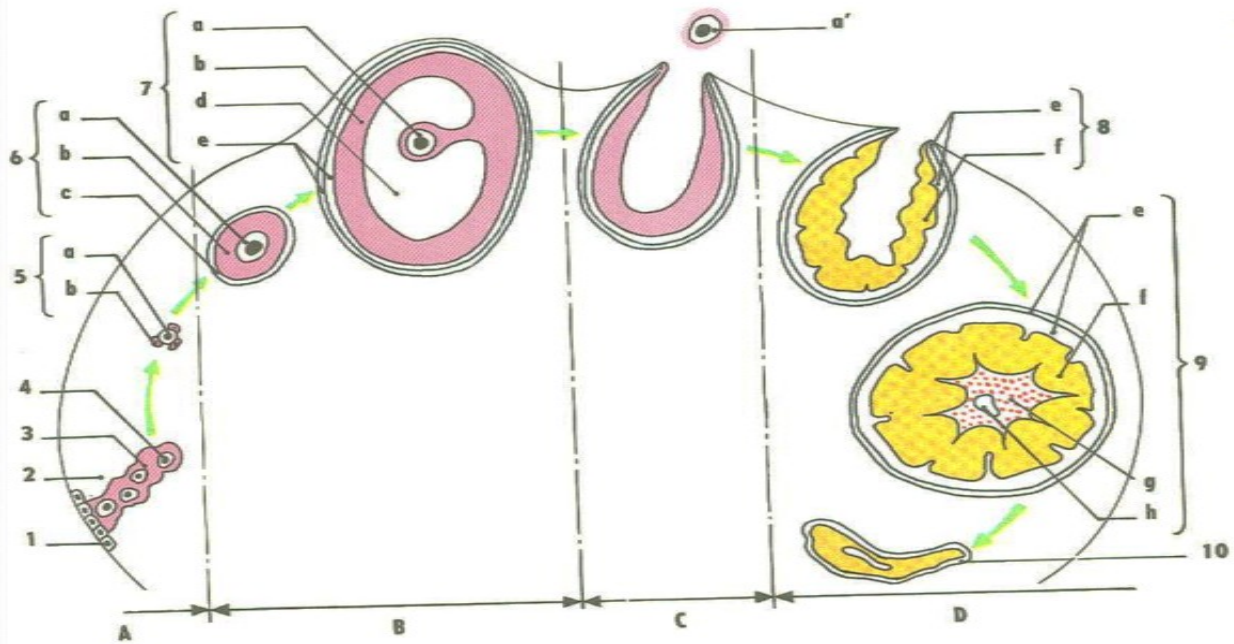
Parfois, la séparation des cellules filles est mal faite et on obtient des individus incomplets ou collés l'un à l'autre à un niveau du corps : ce sont les frères siamois.

Il peut arriver qu'une fille ait plusieurs ovulations pendant un cycle. Si chaque ovocyte est fécondé par un spermatozoïde et que les œufs arrivent dans l'utérus, ils peuvent conduire à plusieurs naissances : on obtient de faux jumeaux qui peuvent être de même sexe ou de sexes différents. Dans certaines espèces, plusieurs œufs peuvent fusionner pour donner un individu polyploïde appelé chimère.

Chez d'autres espèces encore (abeilles, daphnies...), un gamète femelle peut se comporter comme un œuf (sans fécondation avec un gamète mâle) et donne naissance à un individu : c'est la parthénogenèse.

TRAVAUX DIRIGES

Exercice 1



Exercice 2

Pour comprendre certains phénomènes intervenant au cours des cycles sexuels, on réalise des coupes d'utérus et des expériences.

Les figures 1 et 2 du document 1 représentent des coupes transversales d'utérus de lapine réalisées au cours de son cycle menstruel.



Figure 1



Figure 2

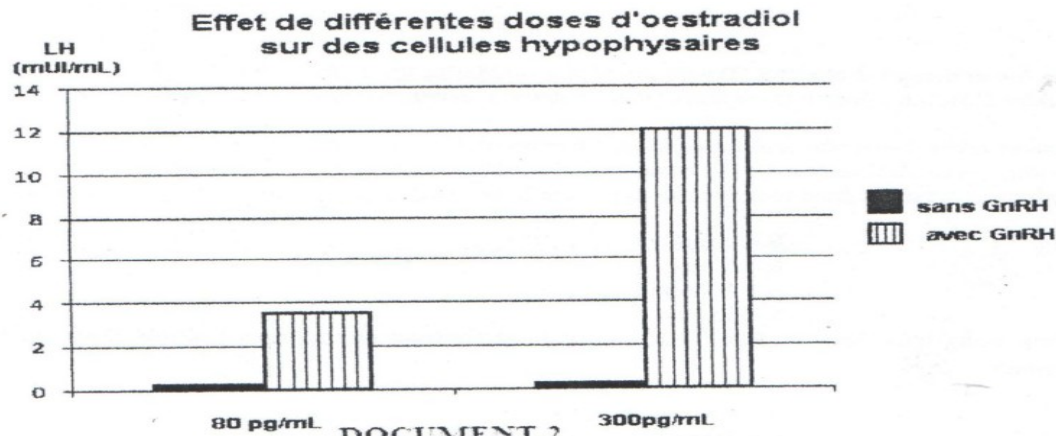
DOCUMENT 1

- 1) Décrivez l'aspect de chaque coupe.
 - 2) Expliquez l'aspect de chacune des coupes.
 - 3) Identifiez pour chaque figure, la phase du cycle utérin pendant laquelle chaque coupe a été réalisée.
- Des cellules hypophysaires de rats femelles sont placées en culture dans deux milieux A et B qui sont différents par la présence ou non de GnRH, une neurohormone :

Milieu A : cellules hypophysaires sans GnRH

Milieu B : cellules hypophysaires avec GnRH

Après leur préparation, on apporte à ces milieux des doses différentes d'œstradiol (80 pg/mL et 300 pg/mL étant respectivement les concentrations en début et en fin de phase folliculaire). Le document 2 présente l'effet de doses d'œstradiol sur des cellules hypophysaires sécrétrices de LH.



DOCUMENT 2

- 1) Comparez la sécrétion de LH par les cellules hypophysaires avec et sans GnRH.
- 2) Comparez l'effet des différentes doses d'oestradiol sur la sécrétion de LH en présence de GnRH.
- 3) Indiquez les conséquences sur le cycle ovarien de l'apport de la dose de 300 pg/mL.

Exercice 3

A- Le développement et le maintien de la muqueuse utérine indispensable à la nidation et au maintien de la gestation est sous le contrôle hormonal. L'expérience suivante rappelle les modalités de ce contrôle (document 1).

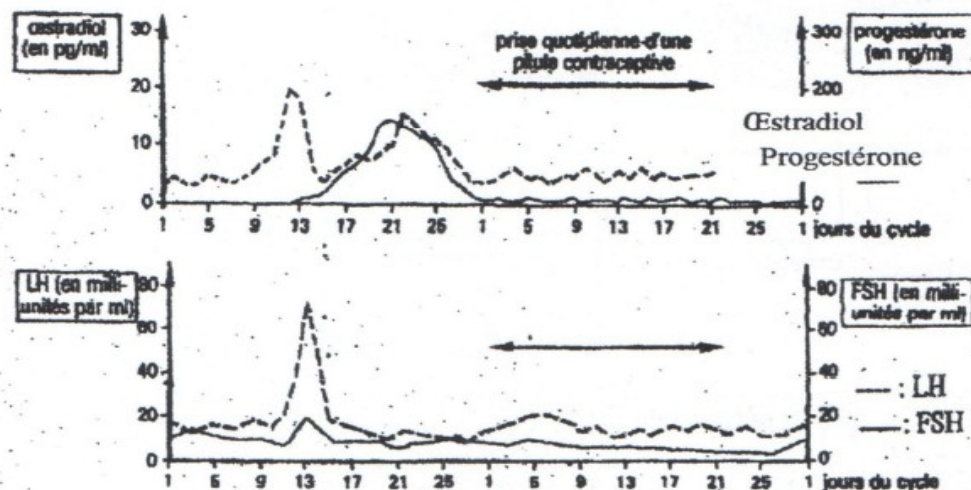
lapines impubères	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4
injection d'oestradiol au temps T_1	non	non	oui	oui
injection de progestérone au temps T_2 ($T_2 > T_1$)	non	oui	non	oui
aspect de l'utérus (coupe microscopique) en fin de traitement				

Document 1

Document 1

- 1) Citez l'organe endocrine sécréteur de l'œstradiol et de la progestérone.
 - 2) Analysez les résultats de cette expérience.
 - 3) Déduisez de cette analyse :
 - a- L'hormone ou les hormones responsable(s) du développement de la muqueuse utérine.
 - b- Les conditions indispensables pour obtenir un développement normal de la muqueuse utérine.
- B- Le contraceptif oral le plus utilisé chez la femme est la « pilule combinée ». Il s'agit de comprimés contenant deux types d'hormones de synthèse :
- un œstrogène, l'éthinyl œstradiol, dérivé de l'œstradiol, hormone naturelle.
 - des progestatifs variés, c'est-à-dire des substances ayant la même action sur les organes effecteurs que la progestérone naturelle. Les courbes ci-dessous (document 2) traduisent des dosages effectués chez une patiente. Ces dosages concernent le taux plasmatique de LH et de FSH d'une part et du taux plasmatique des propres sécrétions d'œstrogènes et de progestérone de la patiente d'une part. dosages concernent le taux plasmatique de LH et de FSH d'une part et du taux plasmatique des propres sécrétions d'œstrogènes et de progestérone de la patiente d'une part.

dosages concernent le taux plasmatique de LH et de FSH d'une part et du taux plasmatique des propres sécrétions d'œstrogènes et de progestérone de la patiente d'une part.

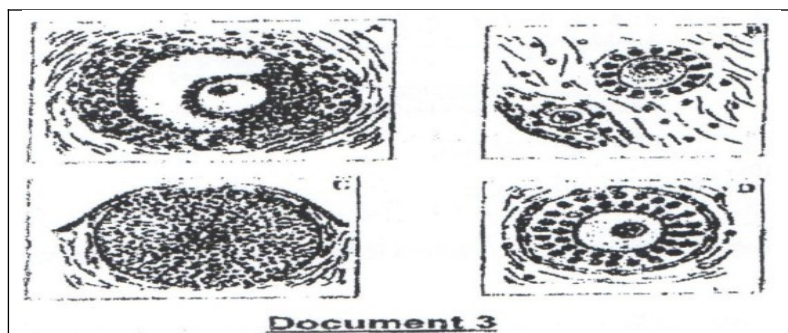


Document 2

- 4) A partir document 2, précisez le nombre et la particularité des cycles menstruels au cours desquels ces dosages ont été effectués.
- 5) Analysez les courbes.
- 6) a- A partir de cette analyse, précisez le mode d'action (effet contraceptif) de ce type de pilule.
- b- Justifiez votre réponse

Exercice 4

Les figures A, B, C et D du document 3 représentent des dessins de d'ovaire à différents stades de leur cycle. Identifiez Les figures A, B, C et D. Classez Les figures A, B, C et D dans l'ordre chronologique qui convient. Les éléments des figures A et C produisent des hormones. Citez ces hormones. Dites l'action de ces hormones sur la muqueuse utérine ;



Document 3

Exercice 5

On sait que la testostérone est une hormone produite par les testicules. L'activité de ces organes est régulée par l'hypophyse qui produit pour cela deux hormones : la LH et la FSH. L'hypophyse fonctionne sous l'action des GnRH que produit l'hypothalamus.

- 1) Rappelez l'action de la LH et de la FSH sur les testicules.
- 2) Faites alors un schéma simple pour expliquer la régulation de l'activité des testicules précédemment présentée.

CONDITIONS D'INCUBATION PRODUCTION DE LH ET FSH	CELLULES HYPOPHYSAIRES SEULES	CELLULES HYPOPHYSAIRES + CELLULES DE SERTOLI	CELLULES HYPOPHYSAIRES + CELLULES DE LEYDIG
FSH	100%	60%	100%
LH	100%	100%	60%

Dans les tubes séminifères, il y a plusieurs catégories cellulaires dont les cellules de Sertoli et les cellules de Leydig. On a pensé que ces catégories cellulaires pouvaient exercer un rétrocontrôle sur l'hypophyse. Pour vérifier cela, on fait incuber des cellules de l'hypophyse antérieure d'un singe dans un milieu adapté en présence de cellules de Sertoli ou des cellules de Leydig. Les taux de FSH et de LH libérés par les cellules de l'antéhypophyse dans le milieu de culture, sont dosés et représentés dans le tableau ci-dessous.

- 3) a-Analysez des résultats, b- Interprétez-les.
- 4) On parle de plus en plus de contraception masculine. Expliquez l'importance que pourraient

avoir les résultats de cette expérience dans les recherches de la fabrication des contraceptifs masculins.

Exercice 6

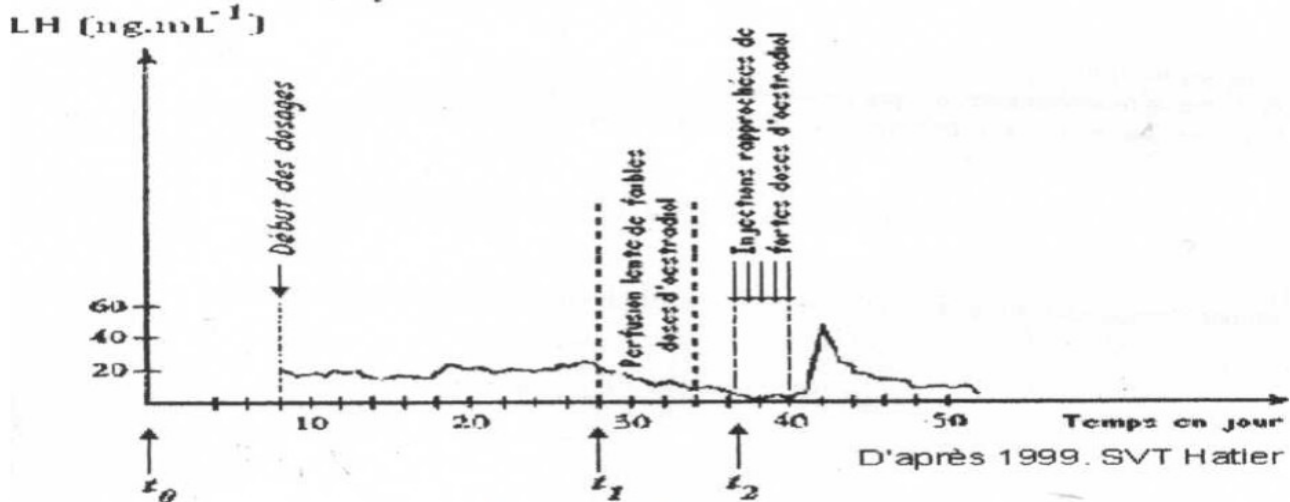
Partie A

On réalise les expériences suivantes sur une guenon ovariectomisée au temps t_0 :

- perfusion lente de faibles doses d'œstradiol au temps t_1
- injections rapprochées de fortes doses d'œstradiol au temps t_2

Le dosage du taux plasmatique de LH au cours de ces expériences a permis de tracer le graphique du document 1

*Ovariectomisée = privée d'ovaires



Document 1

1) Dites l'effet:

- de la perfusion d'œstradiol sur l'évolution du taux plasmatique de LH
- des injections d'œstradiol sur l'évolution du taux plasmatique de LH

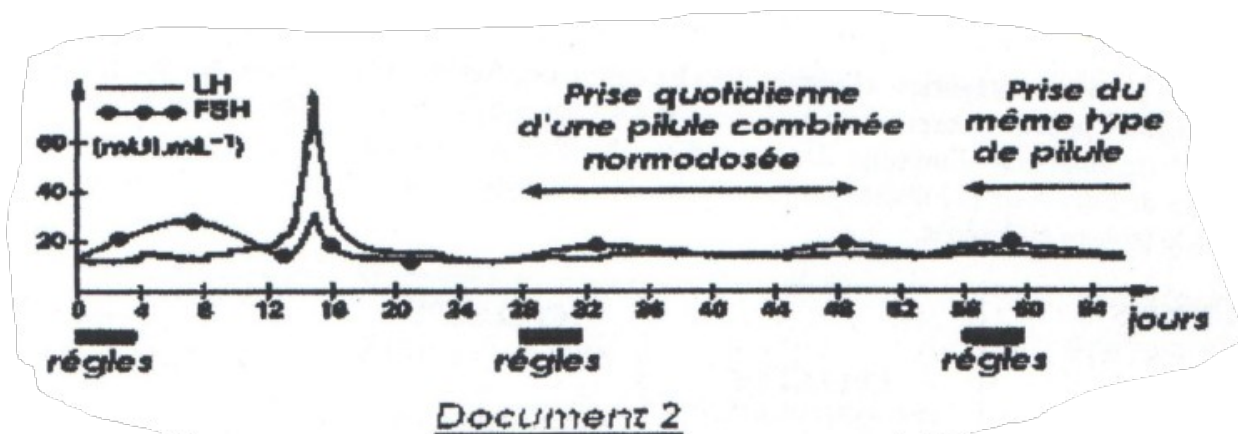
2) Expliquez ces différents effets.

3) Déduisez de vos explications les types d'actions exercées par l'œstradiol sur la sécrétion de LH

4) Citez deux conséquences de l'évolution du taux plasmatique de LH après t_2 si cette guenon n'était pas ovariectomisée

Partie B

Pour éviter les conséquences citées à la question A-4, on fait prendre des pilules combinées normo-dosées à une femme en bonne santé. Les graphes du document 2 traduisent l'évolution des hormones hypophysaires chez cette femme.



Document 2

Document 1

- 1) En comparant l'évolution des taux plasmatiques de LH chez la femme et chez la guenon, indiquez l'action de l'œstradiol sur la LH qui a permis la mise au point des pilules contraceptives
- 2) Expliquez le mode d'action des pilules contraceptives

Exercice 7 (3,5pts)

Le document ci-contre résume l'ensemble des phénomènes qui se déroulent chez la femme de la puberté à la ménopause.

1) Annotez ce document en considérant les chiffres qui y sont portés. (1.5pt)

2) Au cours de la phase folliculaire du cycle féminin, précisez l'action de :

a) l'organe A sur l'organe B (0.25pt)

b) l'organe B sur l'organe C. (0.25pt)

3) Au cours de la phase lutéinique du cycle féminin, précisez l'action de :

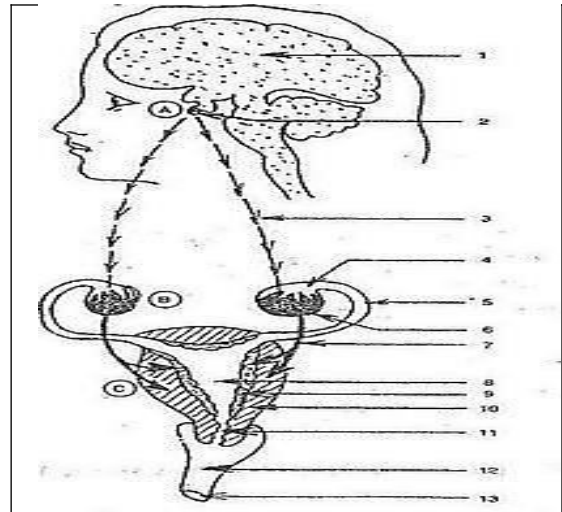
a) l'organe A sur l'organe B (0.25pt)

b) l'organe B sur l'organe C. (0.25pt)

4) Au 28 jour du cycle féminin, que se passe-t-il en A, B et C :

a) en cas de non fécondation (0.5pt)

b) en cas de fécondation. (0.5pt)



Exercice 8

Des coupes faites dans un organe X de l'appareil génital mâle d'un rat ont permis l'observation schématiquement en A.

1°) Annotez le document.

2°) a) En quelques mots expliquez le phénomène cytologique important que subissent les cellules du document A. Illustrez cela en prenant $2n = 6$ chromosomes.

b) Indiquez la teneur en ADN de chaque type de cellules sachant que la cellule (y) renferme $6.5 \cdot 10^{-12}$ g d'ADN par noyau.

3°) On veut connaître le rôle de l'organe X.

Pour cela, on effectue les expériences suivantes sur deux lots de Rats :

a) Le lot 1 sera considéré comme lot témoin. Sur le lot 2 on fait l'ablation bilatérale de l'organe X.

Quand les rats sont adultes, leur observation montre que :

- dans le lot 1, les organes génitaux ont un développement normal et les animaux sont fertiles.

- dans le lot 2, les organes génitaux ont régressé et les animaux sont stériles.

b) La greffe de l'organe X ou l'injection d'extraits de X rétablit le développement normal des organes génitaux mais les animaux sont toujours stériles.

- Que dire du rôle de X ?

- D'après vos connaissances, que pouvez-vous dire du rôle des aliments structuraux (a) et (b) de l'organe X ?

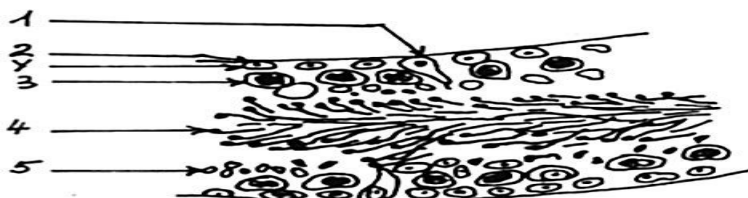
4°) Chez les Rats au repos sexuel, les testicules se trouvent dans l'abdomen et la spermatogenèse est arrêtée.

a) On place un Rat mâle au repos sexuel en présence d'une femelle en période d'obstrue (rut). On constate que le Rat s'agite, ses testicules descendent dans le stratum. Si on sacrifie, on voit que la spermatogenèse est active.

b) On anesthésie la muqueuse olfactive d'un autre Rat mâle, toujours au repos sexuel. On n'observe aucune modification chez ce Rat placé en présence d'une femelle en rut.

c) Deux autres Rats mâles ont l'odorat intact mais l'un d'eux a été hypophysectomisé, l'autre est privé d'hypothalamus. En présence d'une femelle en rut, ils ne réagissent pas.

- Quelle conclusion tirez-vous de chacune de ces expériences - A l'aide de vos connaissances et des conclusions tirées ci-dessus, représentez schématiquement les aliments qui interviennent dans la régulation de l'activité sexuelle chez le Rat.



Document A

Exercice 9

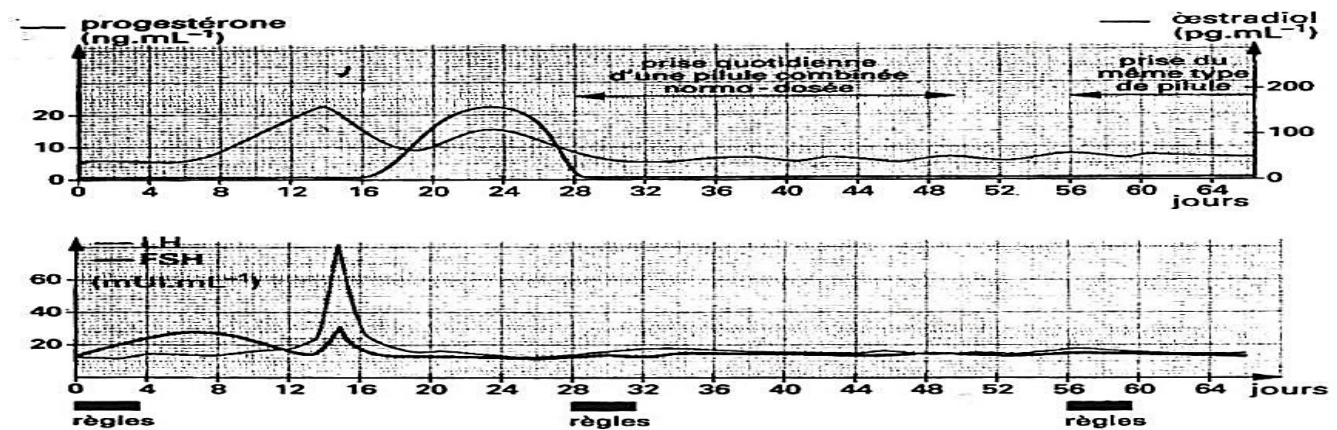
Dans le cadre de l'étude sur la fécondité, on sacrifie trois femelles d'espèces différentes en gestation et l'on analyse leurs ovaires.

1- L'observation de l'ovaire d'une lapine montre la présence de 7 corps jaunes, ce chiffre peut-il être une indication précise sur le nombre de petits qu'aurait eue la portée ? Justifiez votre réponse en envisageant bien toutes les éventualités.

- 2- Une femelle de tatou, au contraire, dont l'utérus contient 4 embryons, ne présente qu'un seul corps jaune.
- a- Comment expliquez-vous ce phénomène ?
- b- Pourra-t-on avoir des embryons des deux sexes ?
- c- Peut-on parler de multiplication végétative ?
- 3- L'utérus d'une vache, enfin, contient deux veaux de même sexe ; combien de corps jaunes peut-on trouver dans ses ovaires ? Justifiez votre réponse.

Exercice 10

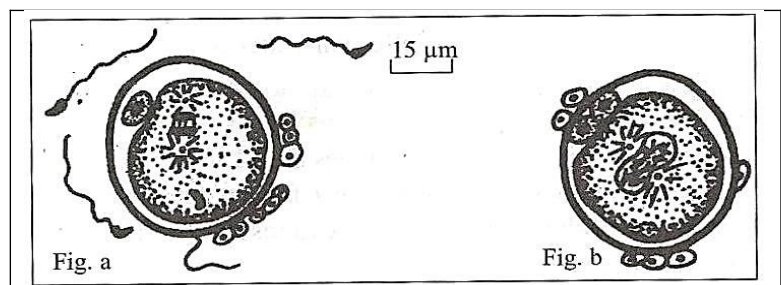
Le document ci-dessous montre les effets sur les sécrétions hormonales de la prise quotidienne de pilule.



- 1- Définissez : pilule contraceptive.
- 2- a) Analysez ces graphiques
- b) Déduisez les organes sur lesquels la prise de pilule semble avoir un effet.
- c) Indiquez l'effet des pilules sur ces organes.
- 3- A partir de ce qui précède, expliquez le mode d'action des pilules.
- 4- Citez les avantages d'une telle méthode.
- 5- Citez un autre niveau d'action de la pilule contraceptive

Exercice 11

Après accouplement, on sacrifie des souris femelles et leurs oviductes sont prélevés. Des préparations microscopiques montrent à l'intérieur des oviductes, les figures a et b ci-dessous.

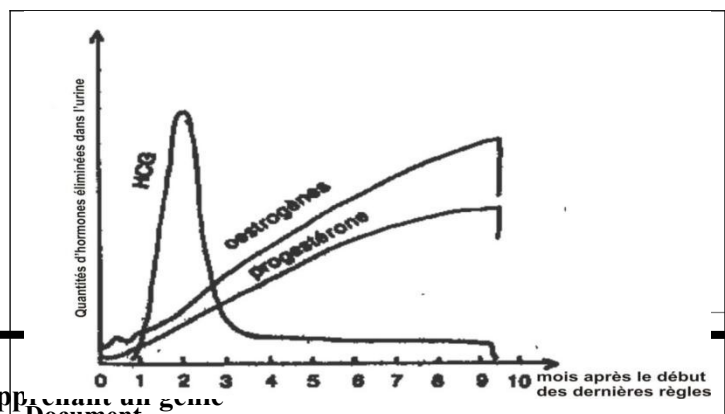


- 1°) Représentez sur votre copie la figure a sachant qu'elle respecte l'ordre chronologique; et annotez-la.
- 2°) Nommez ces deux phénomènes caractéristiques de toute reproduction.
- 3°) Précisez le rôle de chaque phénomène.

Exercice 12

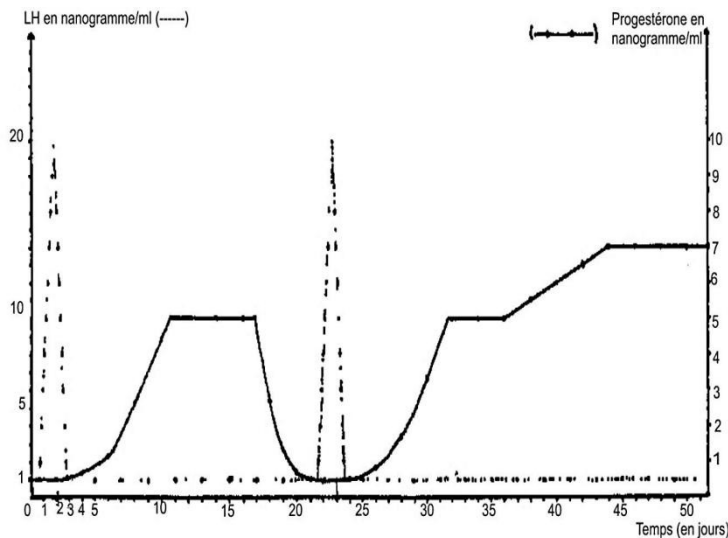
Le document ci-après illustre les variations des quantités d'œstrogènes, de progestérone et de gonadotrophine chorionique (H.C.G.) dans les urines d'une femme, au cours d'un état physiologique

- 1) Déduire de ces courbes l'état physiologique de cette femme.
- 2) Quelle sera la conséquence de la chute brutale du taux des 3 hormones représentées sur le document ci-dessous ?
- 3) Donnez l'origine de ces trois hormones et expliquez brièvement leurs actions.



Exercice13

On effectue chez des vaches les dosages de la progestérone et de l'hormone lutéinisante (L.H) à partir de prélèvements sanguins. La durée de cette expérimentation porte sur 50 jours comme l'indiquent les courbes obtenues (Voir document ci-dessous).



Dosages de la LH et de la progestérone chez une vache

Jours	Taux de progestérone	Taux de LH
48.....	7 ng /ml.....	1 ng /ml.....
50.....	7 ng /ml.....	1 ng /ml.....
290.....	7 ng /ml.....	1 ng /ml.....
292.....	7 ng /ml.....	1 ng /ml.....
294.....	7 ng /ml.....	1 ng /ml.....
296.....	6 ng /ml.....	1 ng /ml.....
298.....	1 ng /ml.....	1 ng /ml.....
300.....	0,5 ng /ml.....	1 ng /ml.....

Remarque :

1 nomogramme (ng)= 10^{-9} gramme ; ml = millilitre.

Pour les valeurs antérieures au 50^e jour, consultez les graphes du document fourni.

DOCUMENT

1° Dédurre de ces courbes :

- les périodes d'ovulation,
- la durée du cycle ovarien, chez la vache.

Les mêmes dosages sont poursuivis jusqu'au 300^e jour ; les résultats sont Indiqués dans le tableau ci-dessus

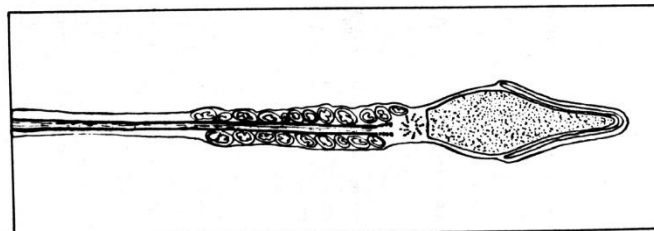
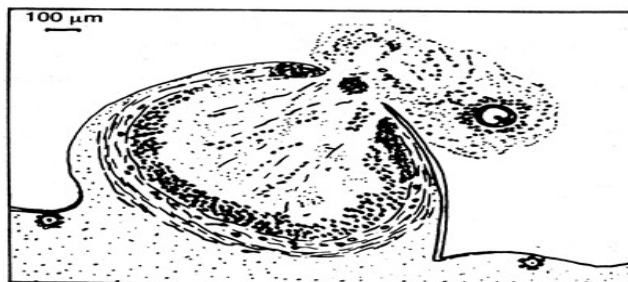
2° Interprétez ces résultats.

3° Donnez l'origine de ces hormones et expliquez brièvement leur action.

Exercice 14

I.

1) Identifiez et légendez aussi soigneusement que possible le document III observé au niveau de l'appareil reproducteur d'un Mammifère.



Document III

Document IV

2) Des recherches récentes (1976) ont montré que chez la femme :

- les neurosécrétions de l'hypothalamus, qui contrôlent par l'intermédiaire de l'hypophyse le fonctionnement des ovaires, sont produites de façon périodique toutes les 60 à 90 minutes ;
- les sécrétions hypophysaires (FSH et LH) sont produites également de façon périodique toutes les heures environ.

Quelles précisions apportent ces observations sur les relations existant entre l'hypothalamus et l'hypophyse ?

3) Chez certaines femmes stériles des injections régulières de ces neurosécrétions hypothalamiques, toutes les 90

minutes, à très faible dose ($10 \text{ à } 20 \cdot 10^{-6} \text{g.}$, grâce à des pompes à injection programmées) permettent d'observer le phénomène physiologique représenté sur le document III, dès le 13^e jour du traitement.

Des injections en perfusion continue ou selon un rythme différent ne donnent aucun résultat.

a. Ces observations confirment-elles votre réponse précédente ? Justifiez-vous.

b. Expliquez, en vous appuyant sur vos connaissances, comment ce traitement aboutit au phénomène représenté sur le document III.

II.

1) Légendez de façon complète, le document IV.

2) Une méthode chimique de régulation des naissances, applicable au sexe masculin, a été mise au point en 1981.

Le traitement quotidien comprend :

- l'absorption de 10 mg d'acétate de médroxy-progestérone ;

- l'application sur la peau de 250 mg de testostérone.

Ce traitement ramène la production des spermatozoïdes à une quantité inférieure à 5 millions/cm³. Le seuil de fertilité est de 15 millions/cm³ (quantités normales : 30 à 150 millions/cm³).

a. Pourquoi ce traitement est-il considéré comme une méthode satisfaisante de régulation des naissances ?

b. Par quel mécanisme et sur quel centre nerveux agit le premier produit (acétate de médroxy-progestérone) dérivé de la progestérone pour entraîner la baisse de production des spermatozoïdes ?

c. Pourquoi l'application de la testostérone est-elle nécessaire ?

Exercice 15

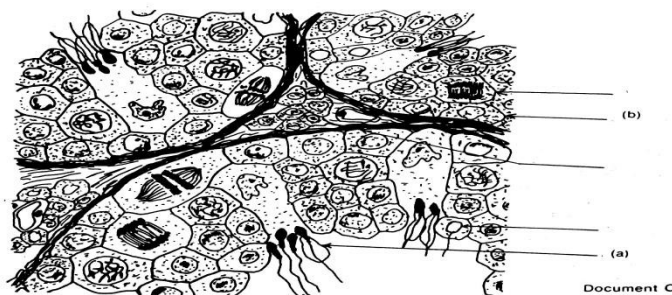
L'ablation de l'hypophyse chez des Mammifères pubères entraîne :

* chez la femelle, l'arrêt du fonctionnement des ovaires et la régression des voies génitales ;

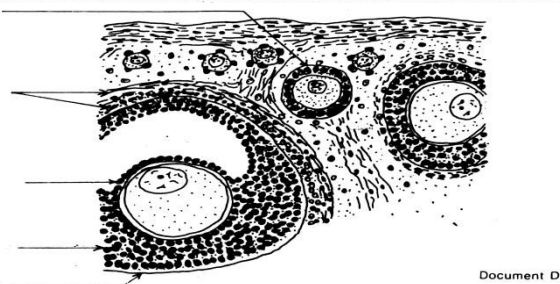
* chez le mâle, la disparition de la fonction de reproduction et la régression des caractères sexuels secondaires.

1) Expliquez l'action de l'hypophyse sur le développement des caractères sexuels secondaires.

Les documents C et D sont les représentations schématisques de coupes microscopiques des glandes sexuelles mâles et femelles.



Titre :



Titre :

2) Identifiez et annotez les documents C et D.

La cellule a du document C est issue d'une cellule qui a subi des transformations qui peuvent être résumées en quatre phases.

3) schématisez et annotez chacune des quatre phases.

Le dosage de la quantité d'ADN nucléaire des cellules a et b (document C) a donné les résultats suivants :

	Taux d'ADN
Cellule a	$1,26 \cdot 10^{-12} \text{g}$
Cellule b	$2,45 \cdot 10^{-12} \text{g}$

4) Analysez ces résultats. Que pouvez-vous en déduire ?

C. Troisième problème

Un gène récessif autosomal noté (t) transforme, à l'état homozygote, les Drosophiles femelles XX en individus ayant un phénotype mâle, mais stériles (mâles phénotypiques). Ce gène est sans effet sur les mâles génétiques XY (mâles normaux).

Le croisement d'une Drosophile femelle hétérozygote pour le gène (t) avec une Drosophile mâle homozygote

pour ce même gène, a donné les résultats F1 suivants :

- * 25 % de Drosophiles femelles,
- * 50 % de Drosophiles mâles ,
- * 25 % de Drosophiles mâles phénotypiques.

	Taux d'ADN
Cellule a	$1,26 \cdot 10^{-12}g$
Cellule b	$2,45 \cdot 10^{-12}g$

1) Interprétez ces résultats ; dressez l'échiquier de croisement.

2) A quels résultats doit-on s'attendre en croisant les hybrides de la génération F1 entre eux ?

Remarque : On notera le gène sauvage par t^+

2) Identifiez et annotez les documents C et D.

La cellule a du document C est issue d'une cellule qui a subi des transformations qui peuvent être résumées en quatre phases.

3) schématisez et annotez chacune des quatre phases.

Le dosage de la quantité d'ADN nucléaire des cellules a et b (document C) a donné les résultats suivants :

4) Analysez ces résultats. Que pouvez-vous en déduire ?

Exercice 16

1) Observez les documents représentés par les figures f_3 et f_4 ci-jointes.

a. Annotez soigneusement le document de la figure f_3 .

b. Donnez alors un titre précis et aussi complet que possible pour chacune des figures f_3 et f_4 .

2) On se propose maintenant d'étudier l'élément représenté en f_4 , à trois niveaux différents A, B et C (voir figure f_4).

- Etude au niveau de A :

* l'organite localisé à ce niveau, reste intact tant qu'il n'est pas au contact de gamètes femelles appartenant à la même espèce animale.

* Au contraire, en présence de ces gamètes femelles, l'organite A subit certaines modifications visibles sur la figure f_6 , des analyses chimiques ont d'autre part révélé l'existence dans le milieu d'enzymes capables de provoquer la lyse des cellules entourant le gamète femelle.

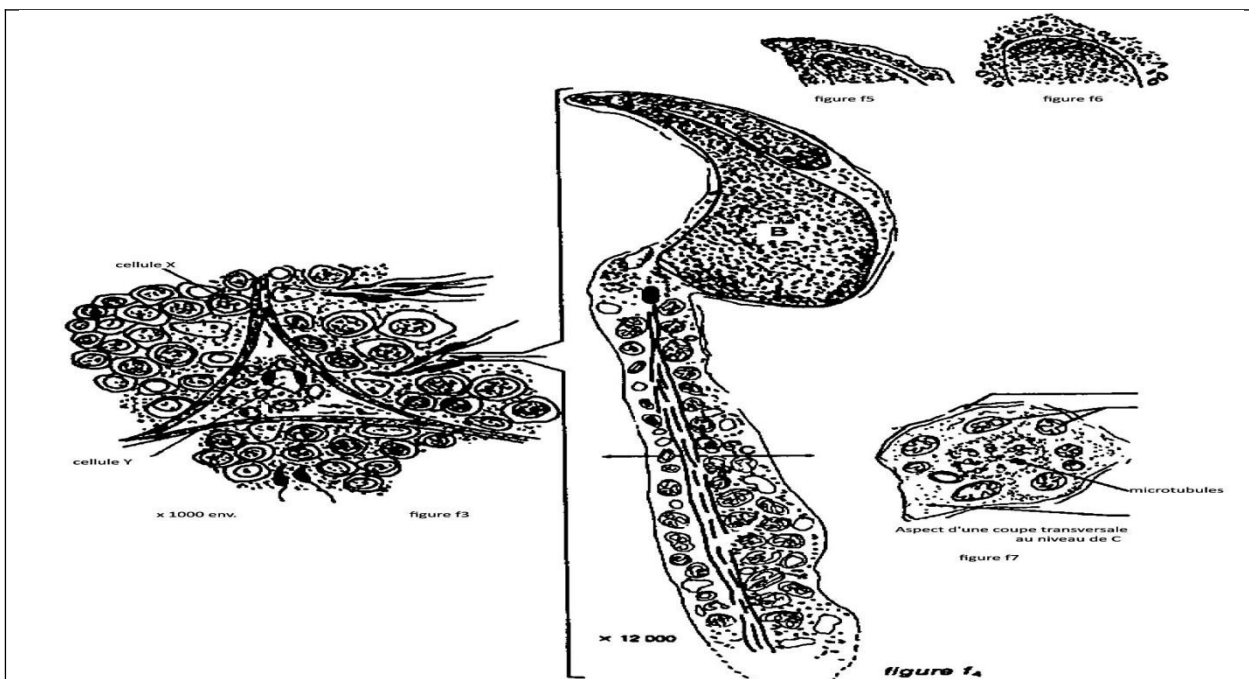
* Enfin, si on introduit expérimentalement l'élément figuré en f_4 à l'intérieur du gamète femelle en évitant tout contact avec ses membranes, on constate que l'organite A demeure intact.

D'après ces renseignements, identifiez l'organite A et donnez son rôle.

-Etude au niveau de B :

Soient les résultats numériques suivants :

Taux d'ADN	Dans les cellules du foie	Dans les cellules du rein	Dans de jeunes hématies	Dans l'organite B
Coq	$25 \cdot 10^{-13}g$	$24 \cdot 10^{-12}g$	$26 \cdot 10^{-13}g$	$13 \cdot 10^{-12}g$
Taureau	$65 \cdot 10^{-13}g$	$61 \cdot 10^{-12}g$	$68 \cdot 10^{-13}g$	$33 \cdot 10^{-12}g$
Truite	$53 \cdot 10^{-13}g$	$58 \cdot 10^{-12}g$	$58 \cdot 10^{-13}g$	$27 \cdot 10^{-12}g$



On

rappelle que les tiens chez tous les quantités d'ADN varient dans les mêmes proportions chez tous les organismes vivants.

- Que pouvez-vous déduire à propos de l'organite B de la figure f₄ ?
- Quel autre renseignement permettrait de confirmer votre réponse ?
- En vous appuyant sur la figure f₃ et sur vos connaissances, précisez brièvement :
 - le phénomène subi par l'organite B
 - le devenir de cet organite, dans le cas illustré par la figure 8.
- Etude au niveau de C :
 - * On effectue une coupe transversale au niveau de cette partie C ; cette coupe vous est représentée en figure f₇.
 - * L'analyse chimique des microtubules (figure f₇) a mis en évidence des protéines filamenteuses (dont en particulier la tubuline) capables de s'allonger en présence d'ATP.
 - * Enfin, on constate expérimentalement qu'en présence d'un glucide (le fructose), la partie C montre une importante activité enzymatique avec reconstitution d'ATP.
- Complétez la légende de la figure f₇.
- En vous appuyant là encore sur l'ensemble de ces données et sur vos connaissances.
 - que pouvez-vous dire de la nature des phénomènes qui ont lieu dans la partie C ?
 - où et comment ces phénomènes vont-ils se manifester ?

Exercice 17

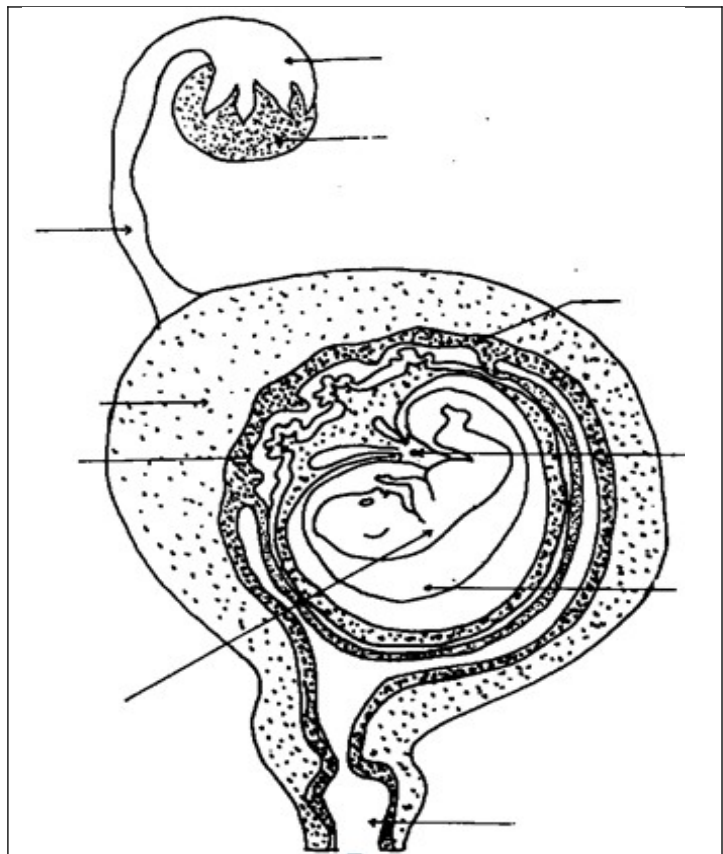
L'ablation des 2 ovaires chez la guenon (femelle du singe) entraîne une hypertrophie et une hypersécrétion de l'hypophyse.

- A quoi ce phénomène est-il dû ?
 - Comment peut-on, sans pratiquer une nouvelle opération chirurgicale, ramener les sécrétions hypophysaires à une valeur normale ?
- Comment obtenir au contraire chez une femelle normale, la mise au repos de l'hypophyse ? Quelles seront les conséquences sur le fonctionnement ovarien ?
- Ces résultats ont permis une application pratique chez la femme. Laquelle ? En donner le principe.

Exercice 18

le schéma suivant représente un fœtus dans l'organisme maternel, et une partie de l'appareil génital féminin.

- Placez les légendes en face de chaque trait.
- Les organes maternels subissent avant la fécondation, une préparation en vue de la nidation.
 - En quoi consiste cette préparation ? Indiquez le nom, l'origine et l'action des substances qui en sont responsables.
 - Certaines maladies de l'hypophyse empêchent cette préparation. Dites pourquoi, d'après ce que vous savez de l'action de cette glande sur le cycle sexuel.
- La fécondation
 - A quel moment du cycle génital féminin a-t-elle lieu ?
 - Indiquez avec précision à l'aide d'une flèche portée sur le schéma le lieu habituel où elle se réalise.
 - Décrivez les phénomènes chromosomiques dans l'union des gamètes (chez l'espèce humaine).
 - Comment le sexe de l'enfant est-il déterminé ?
- Pendant la grossesse
 - nommez et localisez en l'encadrant sur le schéma, la région où s'effectuent les relations entre la mère et le fœtus.
 - Quels sont les particularités et les rôles de cette région ?



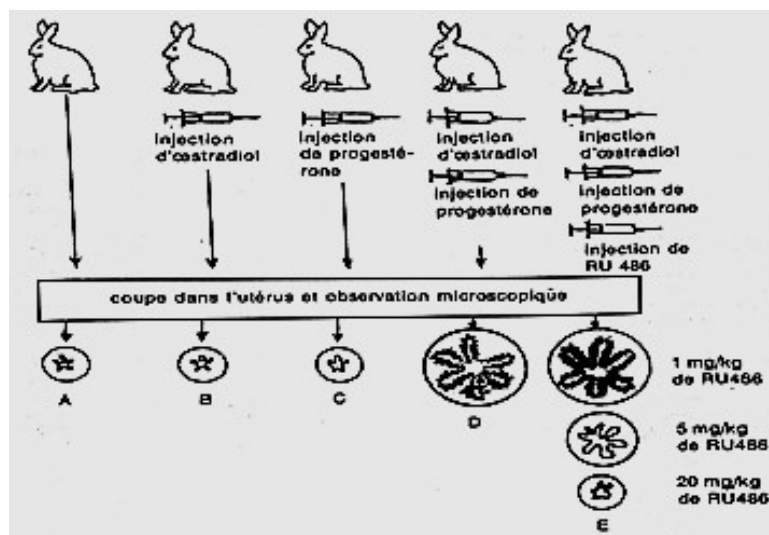
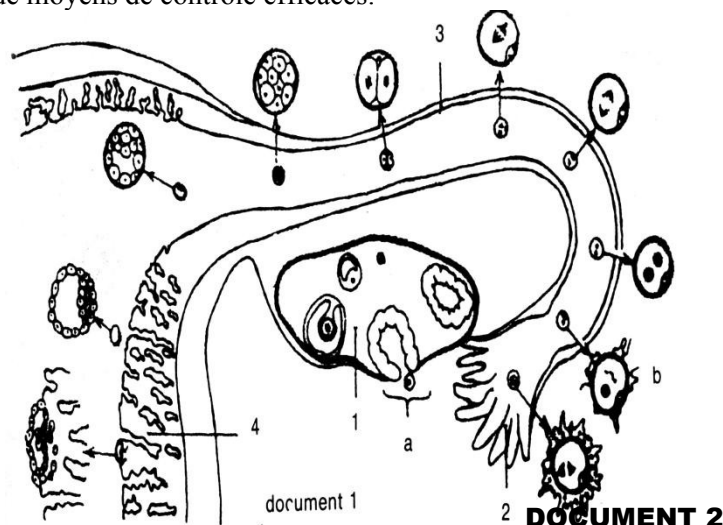
Exercice 19

Parmi les caractères sexuels, on distingue :

- . Les caractères sexuels primaires représentés par les sonates ;
 - . Les caractères sexuels secondaires. Ces derniers se rapportent aux différences morphologiques, physiologiques et de comportement entre le mâle et la femelle.
- 1°) L'ablation des testicules (ou castration) provoque chez l'adulte la disparition ou la régression des caractères sexuels secondaires. Ainsi chez le rat castré, les vésicules déminages, la prostate s'atrophient rapidement. Chez le coq castré, la crête diminue d'importance, prend un aspect flétri et le comportement de l'animal est prolongement modifié.
- La ligature globale des spermiductes ou canaux déférents entraîne la disparition des fonctions de reproduction mais n'a aucune influence sur les caractères sexuels secondaires.
- Interprétez ces résultats compte tenu de ce que vous connaissez sur la structure des testicules.
- 2°) Chez un coq castré, une injection d'extraits tentaculaires provoque des modifications de la taille de la crête. Le graphe n°5 traduit la relation existant entre la quantité d'extraits testiculaires injectés et la taille de la crête.
- . Commentez les résultats obtenus.
 - . Quelle conclusion peut-on en dégager ?

Exercice 20

I. Le contrôle des naissances constitue un acquis majeur de l'humanité, c'est une connaissance très rigoureuse de la physiologie du cycle menstruel et notamment des événements a, b et c représentés sur le document 1 qui a permis la mise au point de moyens de contrôle efficaces.



Sur votre copie, donnez un titre au document 1, reportez les chiffres inscrits et la légende correspondant à chacun d'eux et identifiez les événements a, b et c.

II. Les expériences du tableau ci-dessous, réalisées sur des femelles de Mammifères adultes, mettent en évidence les interactions entre deux organes intervenant dans le cycle menstruel.

Expériences	Résultats	Conclusions
Ablation de l'hypophyse	Arrêt de l'activité ovarienne	1
Ablation des deux ovaires	Hypersécrétion de gonadostimuline	2

Injection d'hormones ovariennes (œstrogène + progestérone) aux femelles castrées.	Chute importante de la sécrétion des gonadostimulines	3
---	---	---

1) Donnez les conclusions 1, 2 et 3 du tableau.

2) Montrez comment cette expérimentation relativement ancienne, contenait déjà le principe même d'un moyen de contraception, actuellement répandu : " la pilule "

N.B. On rappelle que la pilule empêche la réalisation de l'événement " a " du document 1.

III. On expérimente sur des lapines impubères (document 2). Des coupes pratiquées au niveau de l'utérus de ces lapines, permettent de préciser les effets d'injections de certaines substances sur cet organe.

- Parmi ces substances, le RU486, nouvelle molécule chimique synthétisée en 1976

1) La coupe A étant considérée comme témoin, donnez une conclusion pour chacune des coupes d'utérus B, C, D et E.

2) En faisant appel à vos connaissances concernant l'action des hormones ovariennes sur l'endomètre, quelles hypothèses pouvez-vous formuler quant au mode d'action du RU486 ?

N.B. On rappelle qu'il s'agit de lapines impubères chez qui le cycle menstruel est déclenché précocement.

IV. On prélève deux fragments identiques d'endomètre d'une lapine adulte, au cours de la phase lutéinique de son cycle menstruel et on les place dans deux tubes a et b (document 3) :

- dans le tube a, on ajoute de la progestérone radioactive (P*).

- dans le tube b. on ajoute une même quantité de progestérone radioactive (P*) et du RU486. , Après lavage, on mesure la radioactivité de l'endomètre. L'histogramme du document 3 représente, en ordonnée le pourcentage de radioactivité apparue dans chaque cas.

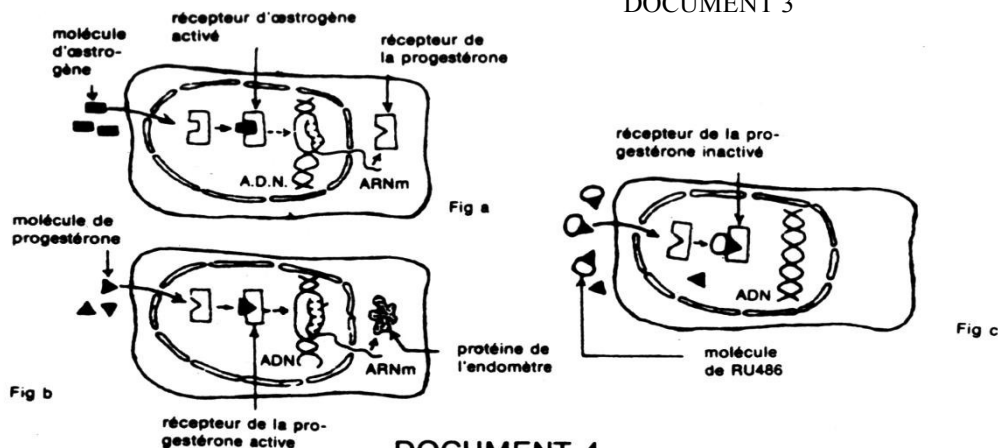
N.B. La valeur arbitraire 100 % correspond à la radioactivité lorsque l'endomètre est en présence de progestérone seule.

1) Analysez cet histogramme.

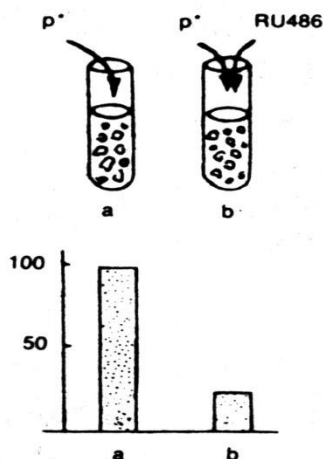
2) Que pouvez-vous déduire de cette analyse ?

D'une façon générale, les hormones ovariennes stimulent les cellules de l'endomètre (leurs cellules cibles) en y déclenchant la synthèse de protéines. Les figures a et b du document 4 illustrent le mécanisme d'action des hormones ovariennes au niveau d'une cellule de l'endomètre.

DOCUMENT 3



DOCUMENT 4



3) Analysez ces deux figures et montrez en quoi elles expliquent les résultats des expériences C et D du document 2.

4) A l'aide des faits établis précédemment et des données de la figure c du document 4, interprétez les résultats de l'expérience E du document 2.

- En quoi les données de la figure c expliquent-elles les résultats de l'expérience du document 3 ?

V. Des essais du RU486 ont été réalisés chez la guenon dont le cycle menstruel est semblable à celui de la femme.

- son administration au cours de la phase lutéinique déclenche, une chute brutale du taux de progestérone plasmatique suivie d'une menstruation précoce (48 heures après l'administration du produit).

- Administré au cours des 5 premières semaines de la gestation, il interrompt la grossesse.

1) Quel autre effet du RU 486 est ainsi mis en évidence ?

2) Sur quel événement du document 1 agit-il ?

3) Expliquez en quoi le RU 486 pourrait constituer une nouvelle méthode de contrôle des naissances.

Exercice 21

A) - Annotez, sans reproduire, les documents A et B, en utilisant les lettres et chiffres donnés. Identifiez chaque document.

B) - 1) Faites une comparaison détaillée de l'élément 8 et du document B.

2) A l'aide de schémas clairs et annotés indiquez comment se forme l'élément f du document B.

- Quel est son devenir ?

3) - Décrivez, à l'aide de schémas clairs et annotés, comment l'on passe de l'élément (1) du document A à l'élément (8) du même document ?

C) - Chez une Chatte malade, on observe une hypertrophie de l'hypophyse et des ovaires ainsi qu'une régression de ses voies génitales et un arrêt du cycle sexuel. Un examen, fait en laboratoire, montre que cela est dû à un virus qui attaque et qui inhibe le fonctionnement des cellules thécales, des cellules folliculaires ainsi que celles des corps jaunes.

1°) Comment expliquez-vous les anomalies observées ci-dessus ?

2°) - Quelle méthode préconisez-vous pour les corriger ?

3°) - On met en communication le système circulatoire de la chatte malade avec celui d'un Chat hypophysectomisé (parabiose).

- Peut-on espérer une amélioration de l'état de la Chatte?

D) - On prélève le testicule d'un Chat normal dans lequel on pratique une coupe transversale.

On prélève ensuite des cellules à différents endroits et on en fait divers lots suivant le niveau où elles sont prélevées

- lot a, lot b, lot c, lot d, lot e.

On traite chaque lot par la méthode de Feulgen.

1) - En quoi consiste cette méthode ?

2) - Quelle substance chimique (X) permet-elle de mettre en évidence ?

3) - A l'aide d'un appareil microphotométrique, on mesure l'intensité de coloration de chaque lot et on a les résultats suivants :

Différents lots	Lot a	Lot b	Lot c	Lot d	Lot e
Intensité de coloration En unités arbitraires	36,01	36,02	36,01	18,01	18,00

a) - Quelles conclusions ces résultats vous permettent-ils de tirer en ce qui concerne la quantité de substance X ?

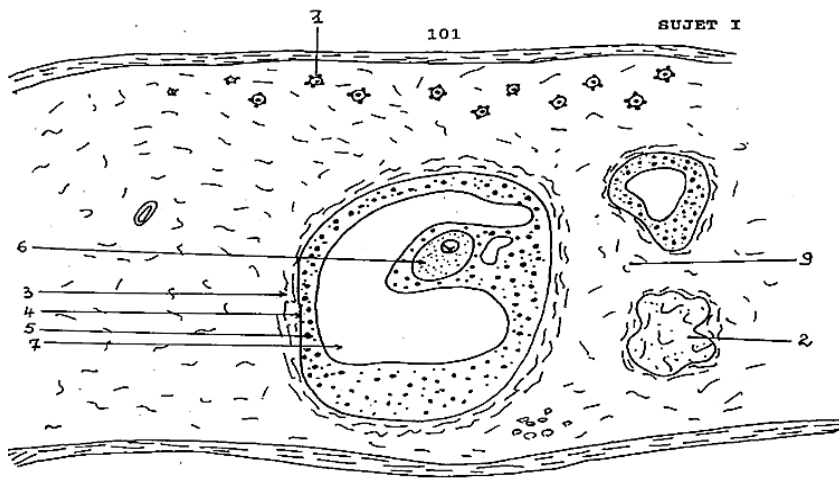
b) - Identifiez les cellules de chaque lot.

c) - Cette variation de coloration est liée à un phénomène d'évolution d'un stade à l'autre .

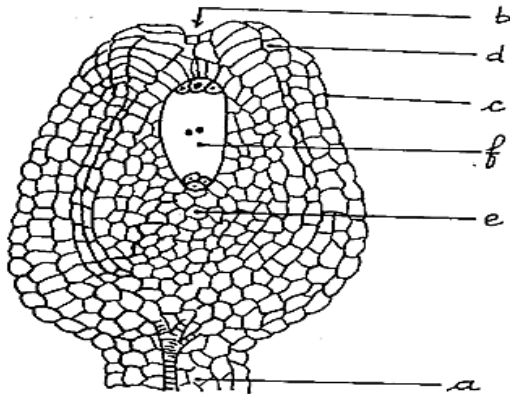
4) - Décrivez ce phénomène de façon concise et représentez par un graphe l'évolution de la quantité de substance (x) du début jusqu'à la fin du phénomène .

5) - Situez sur le graphe les différents lots prélevés ci-dessus.

6) - En supposant que les cellules du lot b renferment 6 chromosomes, représentez à l'aide de schémas clairs et bien annotés, le passage d'une cellule du lot b au lot d. (Vous prendrez la même couleur pour les chromosomes homologues) .



DOCUMENT A



DOCUMENT B

II- Chez la Guenon, primate proche de l'Homme, l'hypophysectomie entraîne l'atrophie progressive des ovaires avec perte d'ovulation, puis la perte des menstrues.

1°) Comment peut-on expliquer ces résultats ?

2°) Indiquez au moins un procédé pour rétablir le fonctionnement normal des gonaïdes chez cette Guenon hypophysectomisée.

3°) Par ailleurs on fait absorber à une autre Guenon non hypophysectomisée des pilules contenant un dosage précis et constant de dérivés de synthèse d'œstradiol et de progestérone, quelques jours après le début des menstrues et on arrête le traitement quelques jours avant les prochaines règles. On constate chez cette guenon que toute fécondation est impossible pendant toute la durée du traitement.

a) Après avoir rappelé le déterminisme de la menstruation chez la Guenon, vous expliquerez comment la pilule permet d'obtenir l'infécondité chez cet animal.

b) Partant de cette explication et de vos connaissances sur la reproduction, indiquez les conséquences d'un oubli éventuel ou d'un arrêt brutal du traitement.

c) Illustrez par un schéma le mécanisme d'action de la pilule.

REPRODUCTION

CHEZ LES

SPERMAPHYTES

Les objectifs pédagogiques

L'élève doit être capable de :

- 1- Décrire une fleur d'un spermaphyte et en donner un schéma simple.
- 2- Réaliser les schémas de coupes d'anthère et d'ovule.
- 3- Connaitre où et comment se forme un grain de pollen et un sac embryonnaire.
- 4- Décrire les étapes de formation d'un grain de pollen.
- 5- Dire ce qu'est la double fécondation et dire son résultat.
- 6- Décrire les phénomènes morphologiques et physiologiques de la germination d'une graine.
- 7- Reproduire le cycle de reproduction des spermaphytes.

Introduction

Les spermaphytes ou phanérogames sont des plantes à fleur. Ils sont disséminés grâce à leurs graines. Leur appareil reproducteur est représenté par la fleur.

Les spermaphytes sont subdivisés en deux sous-embranchements : les gymnospermes (dont les graines sont nues. Exemples : Pin et sapin) et le sous embranchement des angiospermes (dont les graines sont enveloppées dans un fruit) exemple : le manguier, le maïs...

Les angiospermes sont subdivisés en 2 Classes : Les Monocotylédones (plantes à graine à un seul cotylédon ; tige sans branche ; feuilles à nervures parallèles et toutes identiques... exemples : cocotier, maïs...) ; Les Dicotylédones (plantes à graine à deux cotylédons ; tige avec des branches ; racines différenciées en racine principale et secondaires... exemple : haricot, arachide, manguier,...)

I- L'appareil reproducteur: La fleur **Fig. 1, 2, 3 P68**

A- Structure d'une fleur d'angiosperme.

Elle est reliée à la plante par un pédoncule et comprend 2 types de pièces :

- Les pièces protectrices (stériles) formant le Péricarpe composé du calice (formé de sépales généralement verts) et de la corolle (ensemble des pétales souvent colorés et odorants).
- Les pièces reproductrices ou fertiles : ce sont les organes reproducteurs. On distingue :
 - . L'Androcée : c'est l'organe mâle, c'est l'ensemble des étamines
 - . Le gynécée ou pistil : organe reproducteur femelle constitué d'un ou de plusieurs carpelles

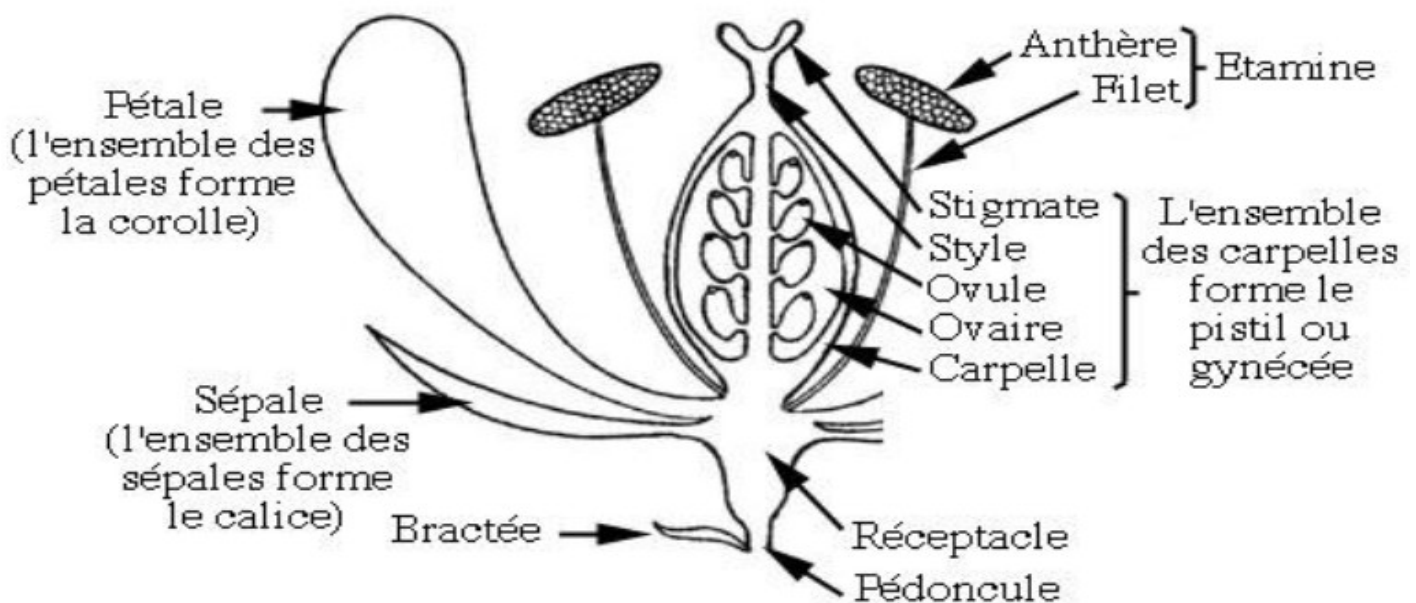
B- Etude des organes reproducteurs

Ils sont de deux types :

- les étamines ou androcée qui sont des organes reproducteurs mâles.
- Les carpelles qui sont des organes reproducteurs femelles.

1°) Les étamines.

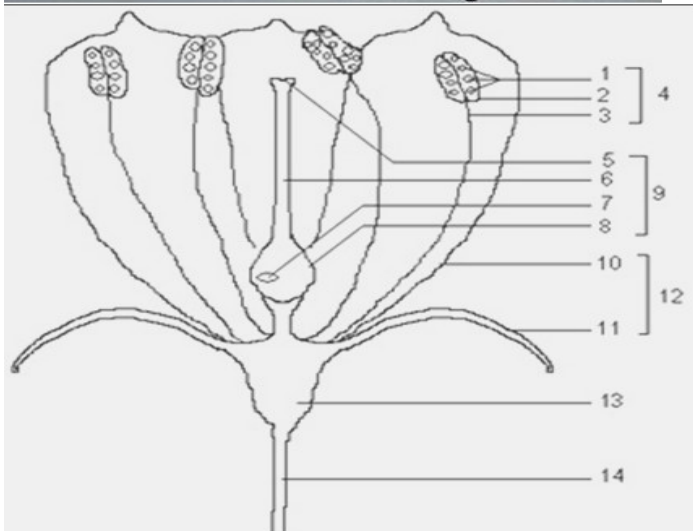
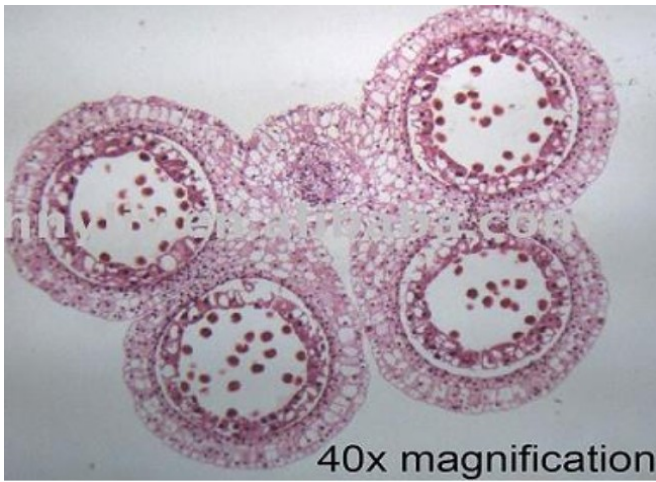
a- Description.



Doc 1 : Organisation générale de la fleur chez les Angiospermes

Une étamine est constituée d'une anthère portée par un filet. L'anthère est formée d'un connectif et de deux loges. Chaque loge est formée de deux sacs polliniques contenant des grains de pollen. A maturité, l'anthère s'ouvre par les fentes de déhiscence pour libérer les grains de pollen.

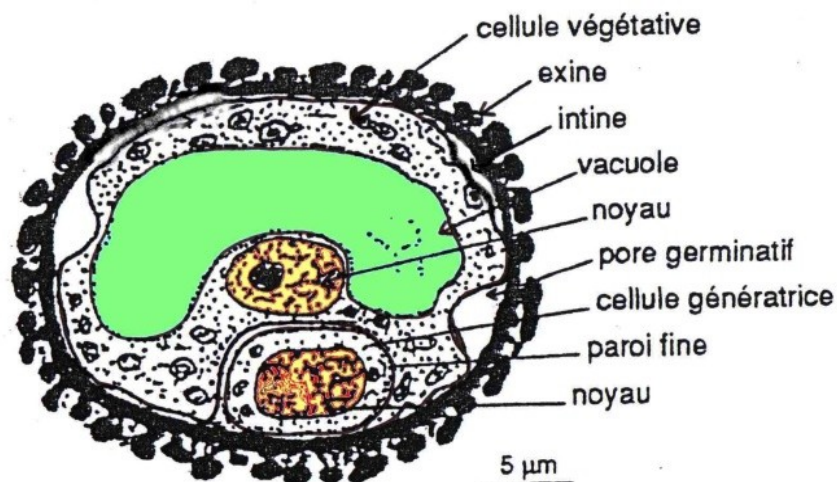
Exercice



b- Les grains de pollen.

b1. Ultrastructure d'un grain de pollen.

Le grain de pollen est constitué de 2 cellules emboîtées (une reproductrice et une végétative) entourées de 2 membranes : L'exine (membrane externe cutinisée, percée de pores et garnie d'épines) et l'intine (membrane interne cellulosique).

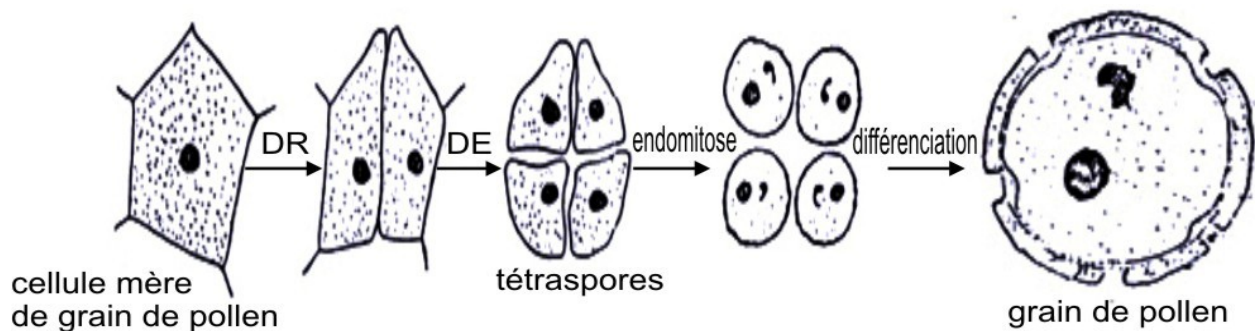


Coupe schématique d'un grain de pollen

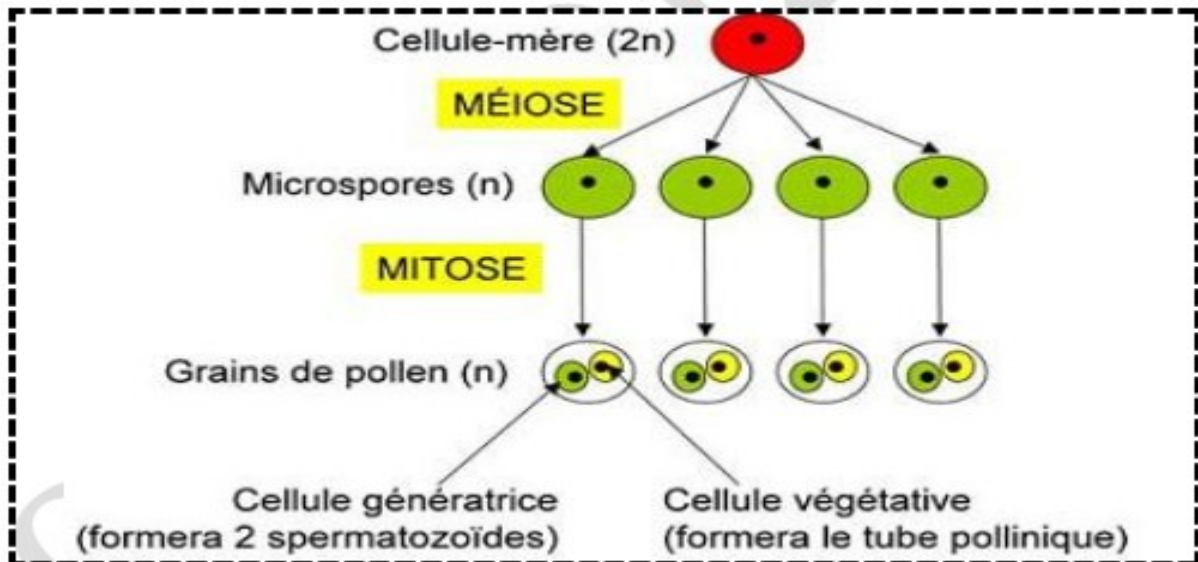
b2. Formation des grains de pollen.

A l'origine, une cellule mère de grain de pollen subit une méiose et donne quatre cellules haploïde appelées microspores ou tétraspores. Chaque microspore élabore ses enveloppes (exine et intine)

puis subit une mitose simple du noyau (une endomitose) pour donner un grain de pollen à deux noyaux chacun (un noyau végétatif et un noyau reproducteur).



Formation des grains de pollen.

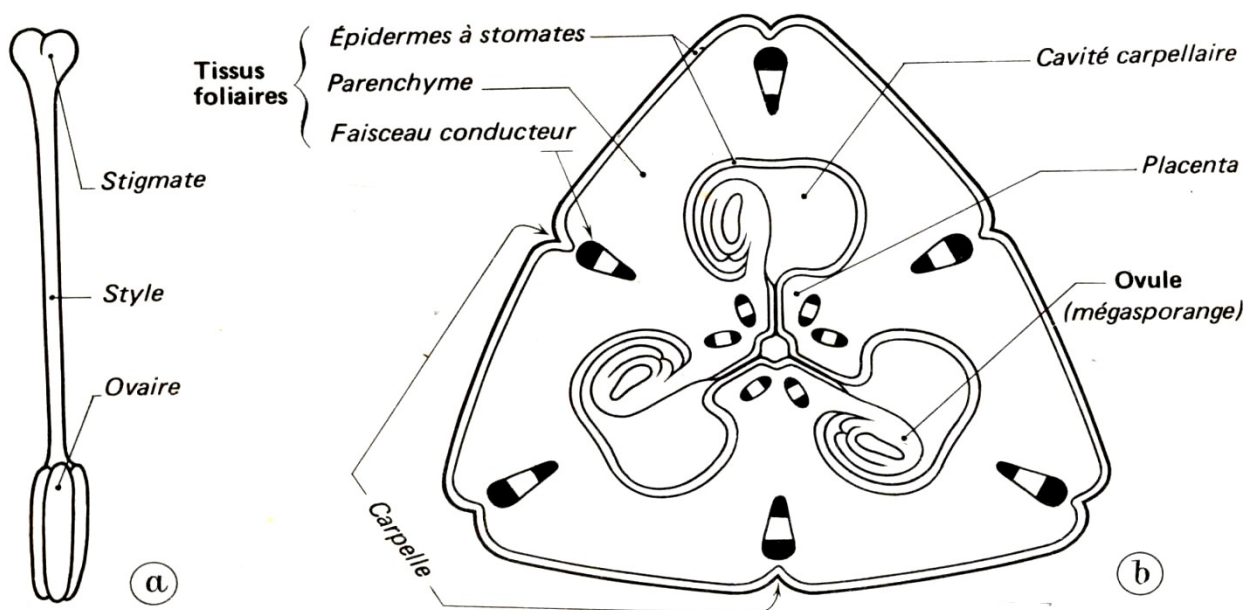


Les principales étapes de formation des grains de pollen

2°) Les carpelles

a- Description.

Un carpelle ou un pistil constitué de plusieurs carpelles comporte 3 parties : un ovaire (contenant un ou des ovules) surmonté d'un style et un stigmate (élargissement terminal du style).



Pistil de lis. a: Aspect d'ensemble b: Coupe de l'ovaire.

b- L'ovule.

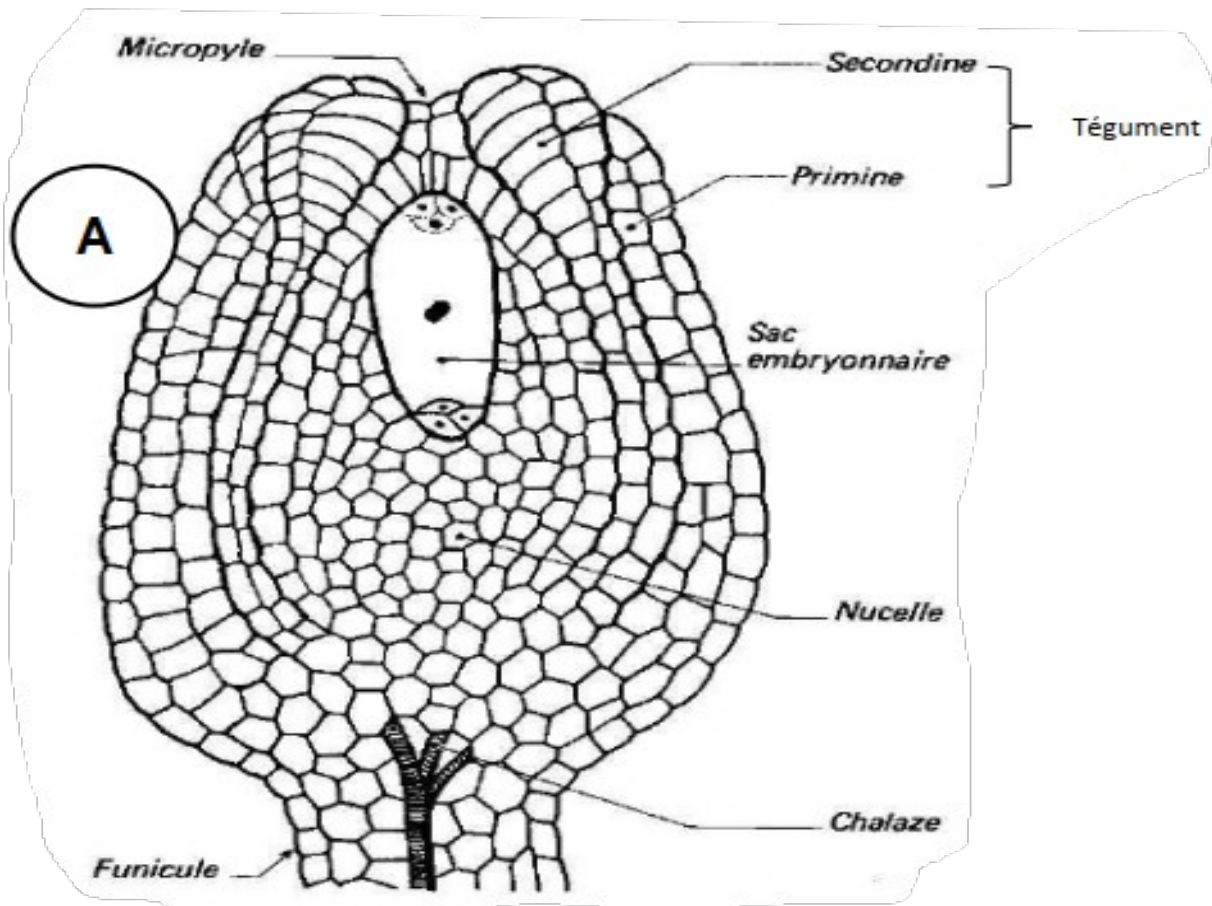
L'ovule d'une plante est un organe reproducteur et non une cellule reproductrice.

b1. Ultrastructure d'un ovule.

Un ovule comprend un double tégument (un externe appelé primine et l'autre interne appelé secondine) entourant un massif de petites cellules appelé le nucelle dans lequel on trouve le sac embryonnaire qui renferme une grosse cellule à l'état jeune.

On distingue également :

- . Le micropyle : orifice laissé par les téguments
- . Funicule : masse cellulaire qui unit le placenta à l'ovule
- . Le Hile : c'est la zone où le funicule se lie à l'ovule
- . Une chalaze : c'est le point où le faisceau conducteur venant du placenta entre dans l'ovule.
- . Le Raphé : Arête saillante formée par le faisceau conducteur entre le hile et la chalaze.



Représentation schématique d'un ovule de Lis.

b2. Les types d'ovules.

On distingue trois types d'ovule selon sa forme et la position du hile :

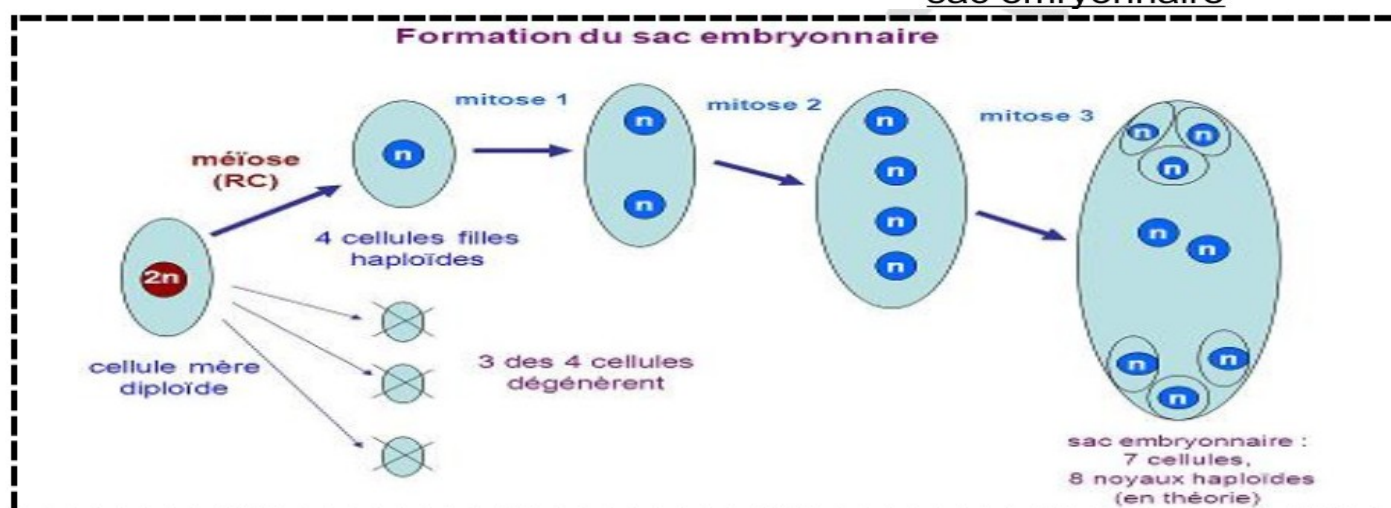
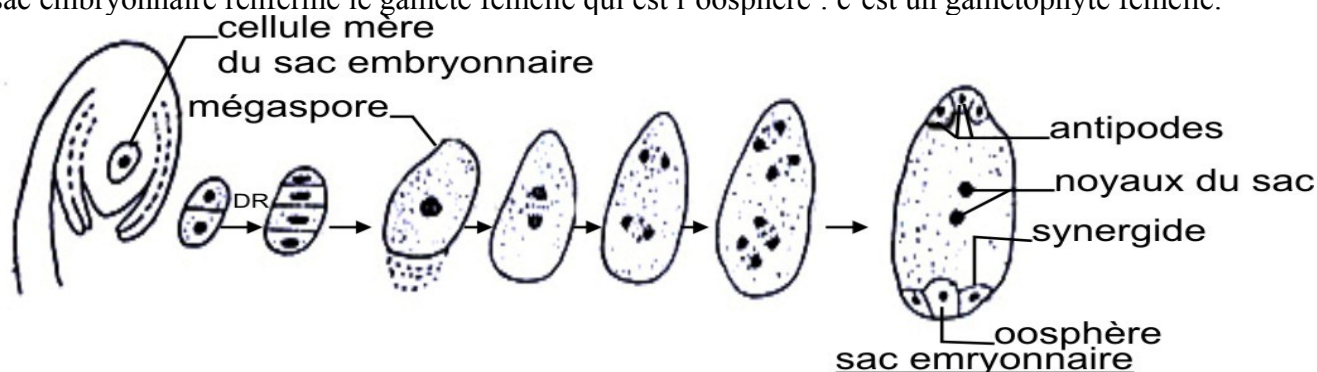
- Ovule orthotrope ou droit : c'est un ovule qui a son hile droit. Exemple : avocatier, maïs
- Ovule campylotrope ou recourbé. Exemple : Haricot, petit pois
- Ovule anatrope ou ovule renversé. Exemple : la plupart des angiospermes.

b3. Formation du sac embryonnaire.

Dans un ovule jeune, la cellule mère du sac embryonnaire (une grosse cellule) subit une méiose et donne 4 cellules haploïdes appelées mégaspore ou macropore dont 3 dégèrent. La mégaspore restante augmente de volume puis son noyau subit 3 endomitoses successives. On obtient une cellule volumineuse à 8 noyaux autour desquels se répartit le cytoplasme en 7 cellules comme suit :

- Au pôle micropylaire on trouve l'oosphère entourée par 2 cellules appelées les synergides.
- Au pôle opposé du micropyle, on trouve 3 cellules appelées les antipodes.
- Au centre on trouve une cellule à 2 noyaux appelée cellule du sac.

Remarque : Dans un ovule mûr, le sac embryonnaire contient 8 noyaux répartis dans sept cellules. Le sac embryonnaire renferme le gamète femelle qui est l'oosphère : c'est un gamétophyte femelle.



Les étapes de formation du sac embryonnaire

3°) Correspondance entre les organes reproducteurs.

Organes reproducteurs mâles	Organes reproducteurs femelles
Etamine (2n chr)	Carpelles (2n chr)
Sac pollinique (2n chr)	Ovule (2n chr)
Cellule mère des grains de pollen (2n chr)	Cellules mères du sac embryonnaire (2n chr)
Grains de pollen (n chr)	Sac embryonnaire (n chr)
Spermatozoïdes (n chr)	Oosphère (n chr)

II-La fécondation

Elle se déroule en trois étapes : la pollinisation, la germination des grains de pollen et la double fécondation. Elle permet la formation de la graine et du fruit.

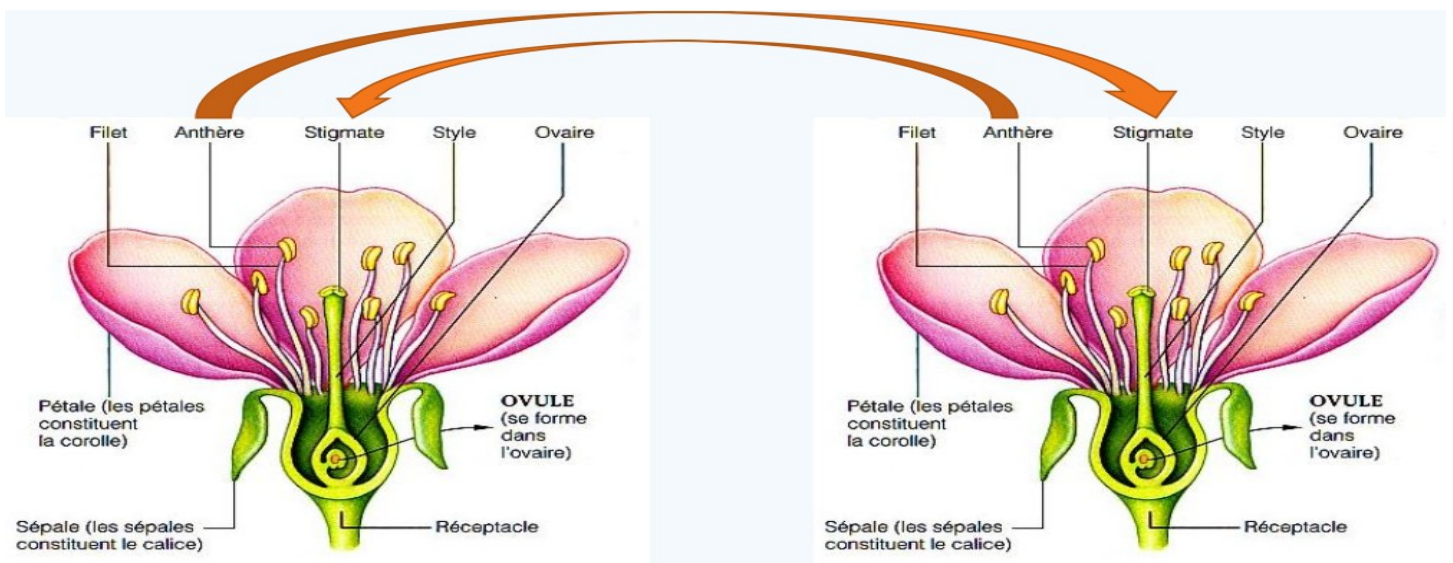
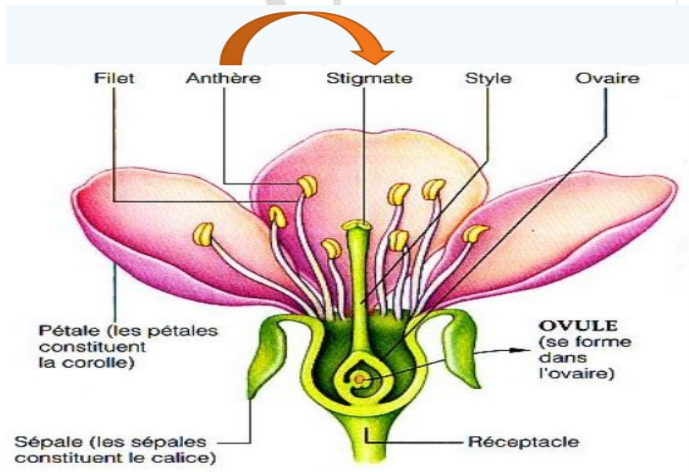
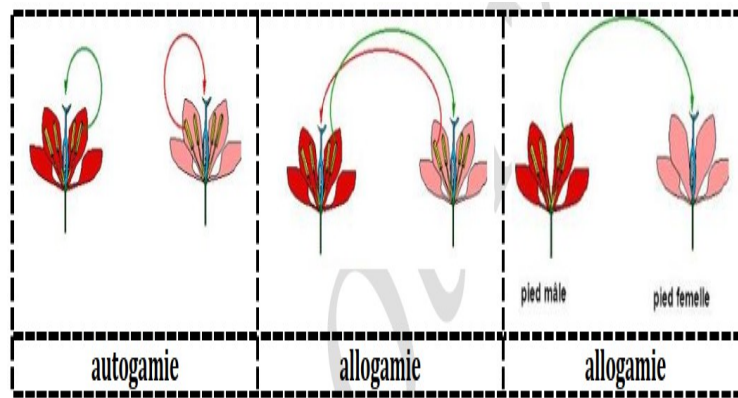
A- La pollinisation.

C'est le transport du grain de pollen jusqu'au stigmate d'une fleur (de la même espèce).

On distingue 2 modes de pollinisation :

- Elle peut être directe (autopollinisation): quand le stigmate est pollinisé par un pollen de la même fleur.
- Elle peut être aussi indirecte (pollinisation croisée) : quand le stigmate est pollinisé par le pollen d'une autre fleur (d'une plante de la même espèce).

Les agents pollinisateurs peuvent être le vent (pollinisation anémophile), les insectes (entomophile), l'eau (hydrophile), les oiseaux (ornithophile), la chauve-souris, l'homme...



Modes de pollinisation

B- La germination des grains de pollen

1°) Mécanisme de la germination des grains de pollen. **Fig.22 P71**

Le pollen déposé sur le stigmate dans de bonnes conditions absorbe de l'eau et passe de la vie ralentie à la vie active. Il germe et émet un tube pollinique qui s'enfonce dans le stigmate et progresse le long du style en direction de l'ovaire par chimiotropisme positif : une substance chimique sécrétée par le stigmate attire et oriente le tube pollinique vers lui.

- La croissance du tube pollinique est assurée par le noyau végétatif. Il dégénère à la fin de la croissance.

- Au cours de la croissance du tube le noyau reproducteur subit une mitose et donne deux anthérozoïdes.

Fig.22 P71

Mécanisme de la formation du tube pollinique.

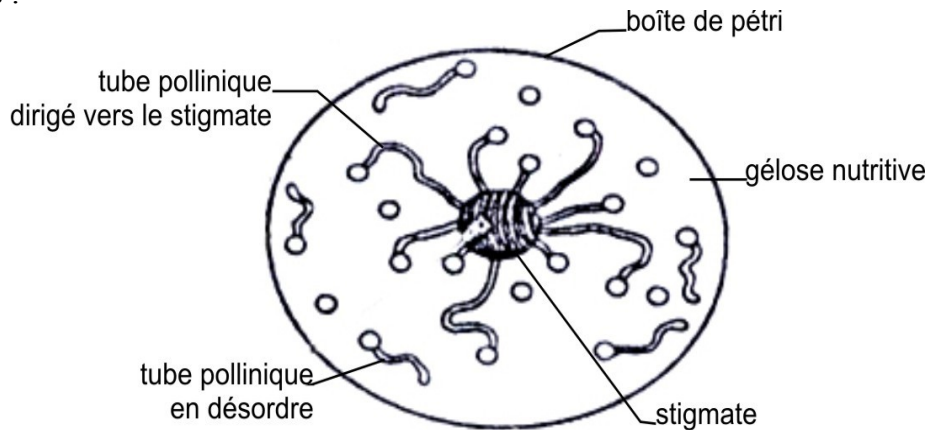
2°) Mise en évidence de chimiotropisme au cours de la germination des grains de pollen.

Le chimiotropisme est la croissance orientée par une substance chimique.

-Expériences :

Dans une boîte de pétrie, on saupoudre du pollen (exemple pollen de Lis) à la surface d'un milieu nutritif gélosé dans lequel on a piqué un stigmate de même espèce. Le tout est laissé à 28°C pendant 3heures environ.

- Observations :



Les grains de pollen qui sont proches du stigmate germent en émettant leurs tubes polliniques en direction du stigmate. Les grains de pollen qui sont éloignés du stigmate élaborent quant à eux leurs tubes polliniques en désordre.

- Interprétation :

L'orientation des tubes polliniques vers le stigmate est due à une substance chimique sécrétée par le stigmate, qui attire ces tubes vers lui : On parle de phénomène de chimiotropisme positif.

C- La double fécondation.

Arrivé dans l'ovaire le tube pollinique pénètre dans un ovule par le micropyle s'engage dans le nucelle et se met au contact du sac embryonnaire. Son extrémité s'éclate et les deux anthérozoïdes libérés, passent dans le sac :

- Un anthérozoïde fusionne avec l'oosphère pour donner l'œuf principal diploïde encore appelé œuf embryon ou œuf plantule

- Le deuxième anthérozoïde s'unit au deux noyaux centraux et forme un œuf triploïde (à $3n$ chromosomes) qui est l'œuf accessoire ou œuf albumen.

Remarques : La double fécondation est caractéristique des angiospermes. Les ovules fécondés se transforment en graines. Le pistil, surtout l'ovaire se transforme en fruit.

Lorsqu'il pleut beaucoup, le milieu stigmatique devient très hydraté. Dans ce cas, les grains de pollen absorbent beaucoup d'eau et finissent par s'éclater, ce qui empêche la fécondation : c'est le phénomène de coulure. Ce phénomène est à l'origine d'une faible production des fruits pendant la saison pluvieuse.

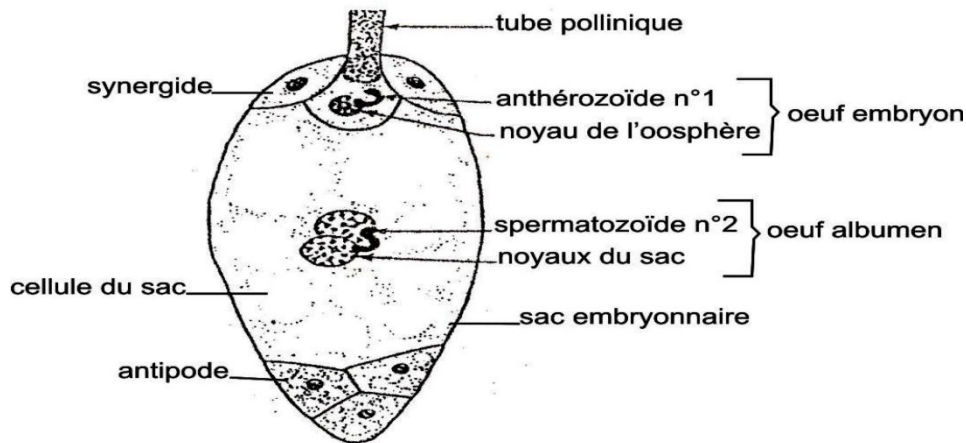


Schéma de la double fécondation chez les spermaphytes

III- La graine.

A- Formation et structure de la graine.

La graine provient de la transformation de l'ovule fécondé.

Une graine comporte deux parties principales :

- Une plantule ou embryon provenant de l'évolution de l'œuf embryon. La plantule se différencie en donnant un ou deux cotylédons (selon qu'il s'agit d'une monocotylédone ou d'une dicotylédone). Une plantule comporte une tigelle (futur petite tige), la gemmule (un petit bourgeon terminale) et une radicule (future petite racine).
- **L'albumen ou cotylédon** provenant de l'évolution de l'œuf albumen. L'albumen est un tissu de réserve qui s'accroît aux dépens ou en digérant le nucelle.

La graine du haricot.

B- Les transformations et les types de graine.

1- Transformation morphologique et histologique de la graine.

L'œuf embryon et l'œuf albumen se développent côte à côte nus à des vitesses variable suivant les espèces.

- **pour les graines à albumen ou à un seul cotylédon (maïs)**, c'est l'œuf albumen qui grandit vite et envahit les cellules du nucelle qu'il détruit complètement tandis que l'embryon se développe rapidement.
- **Pour les graines sans albumen ou à 2 cotylédons (haricot)**, c'est l'embryon qui grandit vite et détruit l'albumen. Au cours de ce développement des réserves variées s'accumulent soit dans l'albumen soit dans les cotylédons, il s'agit des réserves glucides (amylopaste) et des réserves protidiques.
- **Pour les graines à périsperme** : Exceptionnellement chez certaines espèces, le nucelle prolifère dans la graine et le nom de périsperme qui se charge de substances nutritives. Exemple : Nénuphar.

Graine du ricin. A: Face externe plate B: Graine ouverte C : coupe longitudinale

2- Transformation physiologique de la graine.

Après sa formation la graine mûrit en se déshydratant fortement, les vacuoles de ses cellules se transforment en grains d'aleurone et la graine passe à l'état de vie ralentie ou la diapause car son métabolisme devient réduit. Les téguments de la graine deviennent épais et résistants et la graine devient mature.

3- Différence entre grain et graine.

Les graines sont des ovules fécondés qui se sont développés dans l'ovaire qui devient un fruit. Le fruit est une gousse.

Le grain est un pistil transformé. Un grain est un fruit dont l'unique graine est soudé à la paroi et ce fruit est appelé caryopse.

D- Etude comparative de la graine de haricot et celle de maïs.

Graine	Haricot	Maïs
Type d'ovule dont elle provient :	Recourbé	Droit
Nombre de tégument distinct :	1	1
Présence ou absence d'albumen	+	+
Nombre de cotylédons :	2	1
Nature des réserves	Amylacées (amidon+aleurone)	Amylacée (amidon + aleurone)
Aspect des cotylédons	Charnus	En écusson
Type de germination	Epigée : à cotylédons caducs	Hypogée

E- La germination de la graine.

La germination est l'ensemble des phénomènes par lesquels l'embryon de la graine passe de la vie ralentie à la vie active.

1°) Les conditions de germination d'une graine.

Les conditions de la germination sont de deux types : les conditions externes et internes.

a- Les conditions internes.

Pour germer, une graine:

- Doit être mure,
- Doit acquérir son pouvoir germinatif.
- Doit être saine,
- Doit avoir ses téguments perméables à l'eau et à l'air.
- Ne doit pas être trop vieille.

b- Les conditions externes.

Ce sont:

- Une humidité suffisante,
- Un sol aéré et sans inhibiteurs,
- Une température convenable.

2°) Les aspects de la germination.

On distingue les aspects morphologiques et les aspects physiologiques.

a- Les aspects physiologiques de la germination.

La germination de la graine se manifeste physiologiquement par :

- Une absorption d'eau qui entraîne un gonflement de la graine, l'hydratation du cytoplasme et des grains d'aleurone qui redeviennent des vacuoles.
- Une élaboration d'enzymes qui assure la digestion des réserves ; les produits de digestion (glucose, glycérol, acides gras et acides aminés) sont utilisés par la plantule pour sa respiration et sa croissance.
- Une respiration intense qui se manifeste par des échanges gazeux importants
- Un important dégagement de chaleur.

La germination de la graine constitue un réveil physiologique de l'embryon.

b- Les aspects morphologiques de la germination : exemple de la germination de la graine du haricot

La germination est assez rapide chez le haricot et se fait en 4 étapes :

- Les téguments se déchirent, la radicule s'allonge et pénètre ou s'enfonce dans le sol : il s'agit d'un géotropisme positif.
- La tigelle s'allonge et donne le 1^{er} segment de la tige appelé hypocotyle ou axe hypocotylé.

Les cotylédons sont soulevés au-dessus du sol : on dit que graine ‘lève’.

Il apparaît des racines secondaires sur la racine principale (radicelles) et sur la base de la tige (racines adventives)

- Les cotylédons s'écartent lentement et la gemmule donne naissance à la partie épicotylée de la tige.

Les 2 premières feuilles (opposées) s'étalent, verdissent et s'accroissent.

- Les cotylédons se flétrissent et tombent, même si la totalité de leurs réserves nutritives n'est pas encore épuisée.

Germination du haricot. A, B, C D: principales étapes.

NB : Au cours de la germination, la plantule est hétérotrophe et utilise les réserves de la graine. A la fin, la jeune plante bien enracinée et pourvue de chlorophylle (avec l'apparition des premières feuilles à la lumière) devient capable de réaliser la photosynthèse et mène une vie autotrophe.

3°) Les types de germination.

On distingue 2 types de germinations :

- **La germination épigée** : c'est celle dont les cotylédons sortent de la terre. Exemple : haricot...)
- **La germination hypogée** : c'est celle dont le cotylédon ne sort pas de la terre. Exemple : le maïs, le mil, le pois)

IV- Cycle de développement des spermaphytes.

Ce cycle de développement est caractérisé par l'alternance des deux phases :

- Une phase diploïde représentée par l'œuf, la graine, la plante feuillée (ou le sporophyte) et la fleur.
- Une phase haploïde représentée par le grain de pollen et le sac embryonnaire qui sont considérés comme les gamétophytes car ils produisent les gamètes (anthérozoïde, oosphère).

Du fait que la phase haploïde est représentée par les gamétophytes et que la phase diploïde est représentée par le sporophyte, le cycle des spermaphytes est qualifiée d'haplodiplophasique.

Cycle de reproduction des spermaphytes. (Cycle haplodiplophasique)

Particularités du cycle de reproduction des spermaphytes :

- Les organes producteurs des spores sont enfermés ou protégés dans une fleur
- Présence de 2 types de prothalle unisexués minuscules : mâle (grain de pollen) et femelle (sac embryonnaire).
- La fécondation est indépendante de l'élément liquide, les gamètes mâles sont portés par un tube développé à partir du prothalle.
- La fécondation est double
- Les œufs se développent à l'intérieur du sporophyte.

.....

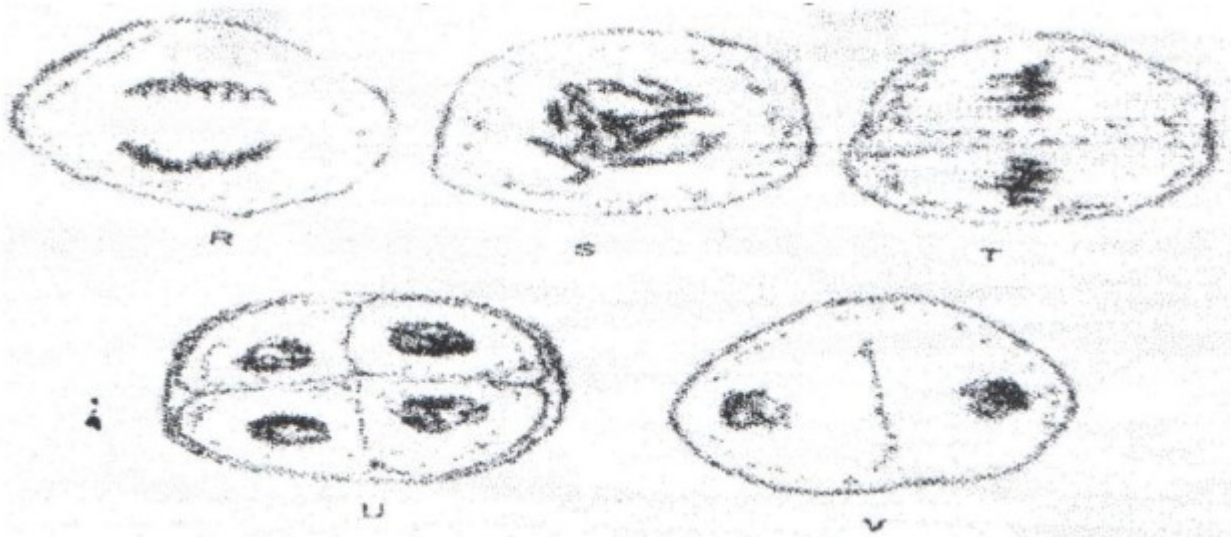
.....

T

TRAVAUX DIRIGES

Exercice 1

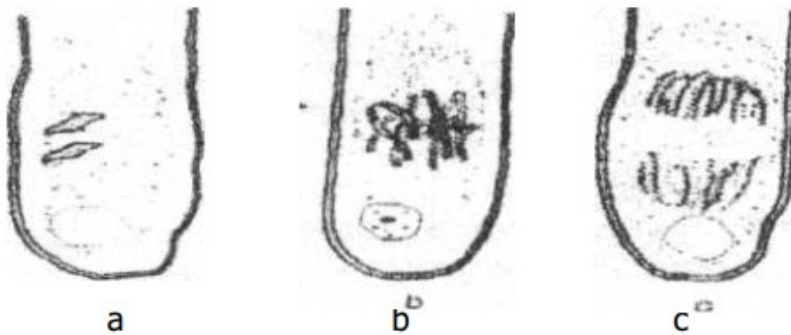
Les figures : R, S, T, U, V représentent des étapes d'un phénomène qui a lieu dans une anthère jeune.



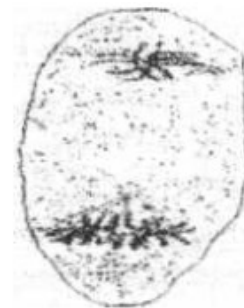
- 1) Décrivez chacune des figures puis nommez l'étape qu'elle représente.
- 2) Identifiez précisément le phénomène dont il s'agit.
- 3) Nommez les cellules de la figure R et de la figure U.
- 4) Ordonnez les figures R, S, T, U, V dans l'ordre chronologique normal.

Exercice 2

Les documents 1 et 2 représentent des formations qui ont été observées respectivement dans un tube pollinique et dans une macrospore d'un ovule.



Document 1



Document 2

- 1) Analysez les figures de chacun des deux documents.
- 2) Nommez avec précision le phénomène que représente chaque document.
- 3) Ordonnez les figures a, b, c, du document 1, suivant la chronologie normale de l'évolution du phénomène qu'elles représentent.

Exercice 3

Le document ci-dessous présente certains phénomènes qui précèdent la rencontre des gamètes chez les spermaphytes.

- 1) Complétez l'annotation du document en remplaçant chaque lettre par le nom qui convient
- 2) Identifiez les phénomènes qui se déroulent au niveau des figures A et B

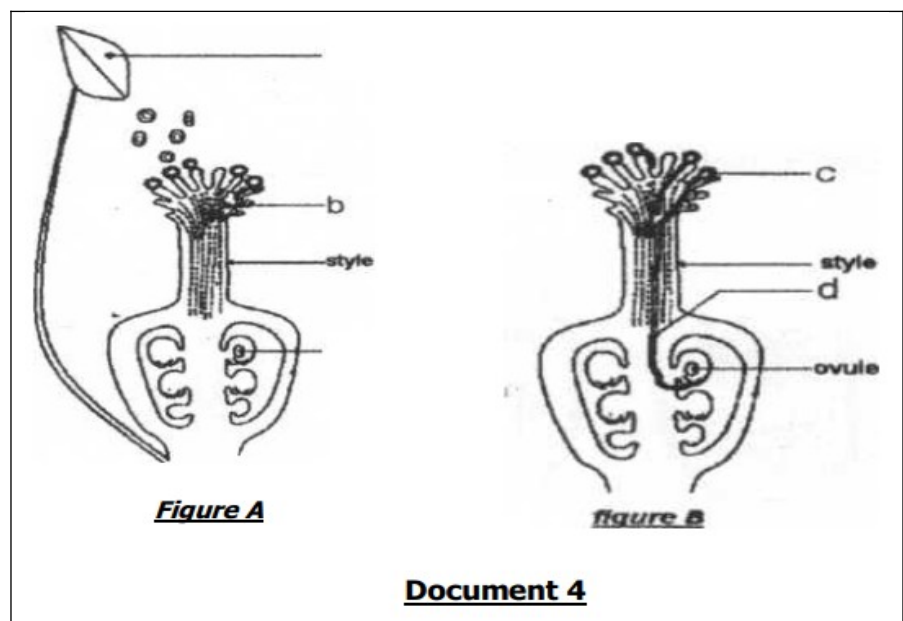


Figure A

figure B

Document 4

- 3) Le phénomène qui se déroule au niveau de la figure A peut se faire de deux manières avec

l'aide de certains éléments de la nature.

a - A partir de schémas légendés, présentez ces deux manières

b - Citez deux éléments de la nature qui interviennent dans ce phénomène

4) L'élément d de la figure B contient les noyaux de l'élément c. Dites le sort de ces noyaux à l'approche du sac embryonnaire.

Exercice 4

Le document ci-dessous représente un organe végétal (figure 1) et un phénomène qui se déroule chez les plantes à fleurs (figure 2).

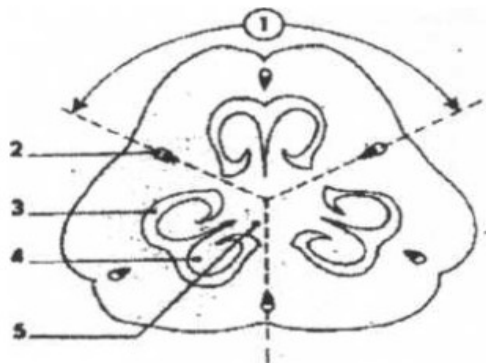


Figure 1

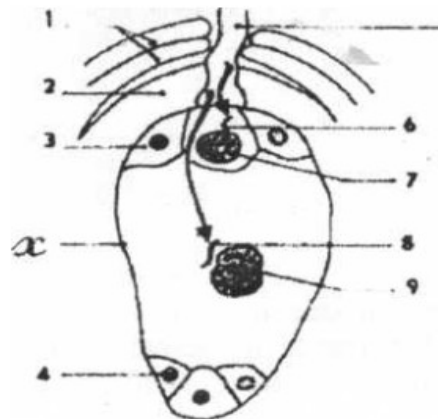


figure 2

Document

- 1) Annotez ta figure 1 puis la figure 2 en faisant correspondre à chaque chiffre le nom qui convient.
- 2) Identifiez la structure x
- 3) Expliquez le mécanisme de formation de la structure x
- 4) Nommez puis décrivez brièvement le phénomène biologique observable sur la figure 2.
- 5) Citez les conséquences de ce phénomène.

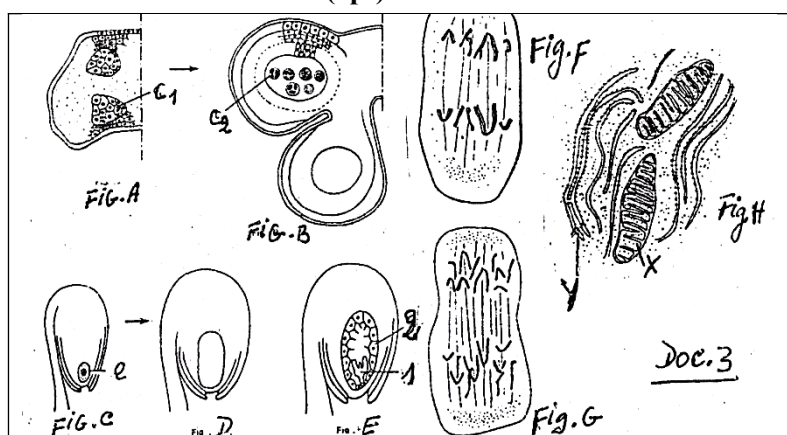
Exercice 5

1. a/ Titrez les figures A, B, C et D du document 3. On précise que la figure B représente l'organisation figurée en A à un stade ultérieur de son développement. (1pt)

b/ Complétez et annotez la figure D dans laquelle l'élément e représenté dans la figure C a terminé sa maturation. (1pt)

2. Dans un but de simplification, on décidera arbitrairement que les noyaux de la plante dont vous venez d'annoter les schémas de certains organes renferment $2n = 10$ chromosomes. La figure F est une cellule C1 prélevée au niveau l'organe représenté en A. cette cellule est en train de se diviser ; ses transformations terminées; la cellule C1 deviendra C2. Nommez les éléments C1 et C2. Quel est le stade schématisez en F? A quel mécanisme important appartient ce stade? Justifiez votre réponse (1,5pts).

Sexe mâle	Sexe femelle
Etamine	Carpelle
	Ovule
	Cellule mère du sac embryonnaire
Grain de pollen	
	Oosphère



3. On vous propose le tableau 2, dans lequel les structures mâles et femelles situées sur la même ligne sont considérées comme homologues. Exemple : étamine et carpelle. Reprenez et complétez le tableau et soulignez les structures dont les cellules ne possèdent que $n = 5$ chromosomes. (1pt)

4. Le cytoplasme de ces cellules du tissu 1 présente l'ultrastructure observable en H. on note l'abondance des organites x et y. identifiez et précisez leur rôle. (0,5pt)

5. Si vous observez le noyau des cellules du tissu 2 de E, combien de chromosomes pouvez-vous compter ? Quel est l'origine de ceux-ci ? (0,5pt)

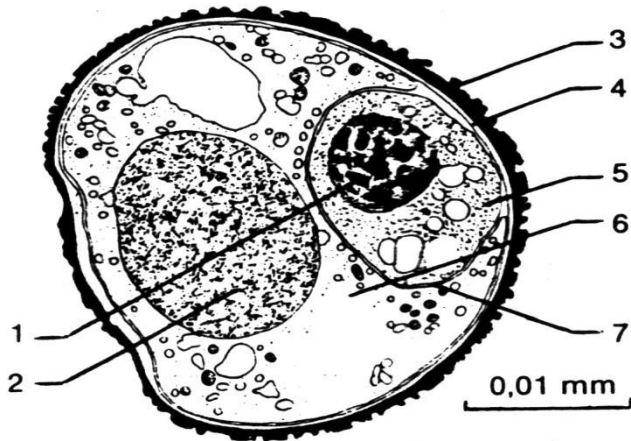
Exercice 6

Le document IV représente l'ultrastructure d'un élément x provenant d'une anthère mûre de fleur de lis (angiosperme). Document IV

I. Identifiez et annotez ce document en utilisant les chiffres allant de 1 à 7.

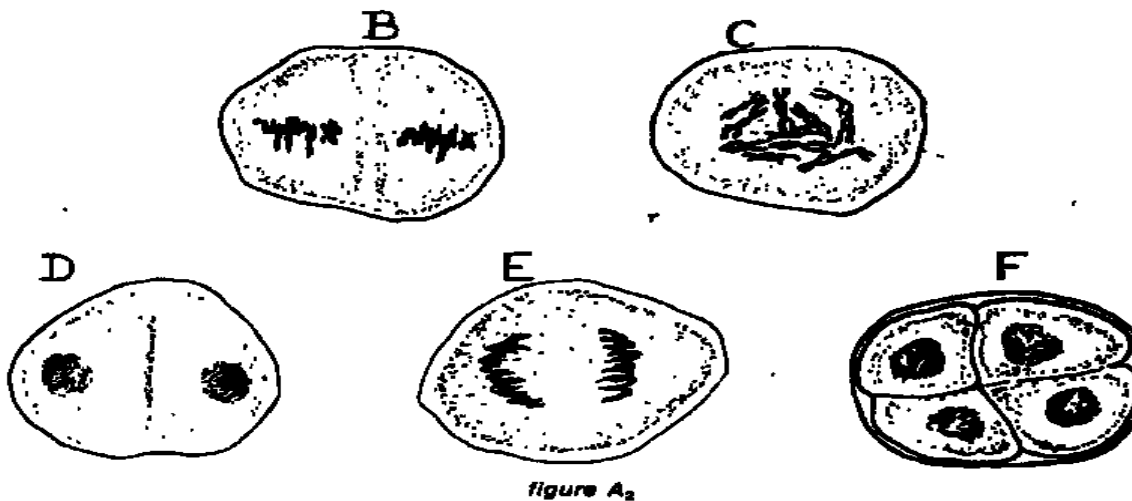
II. Représentez soigneusement sous forme de schémas annotés les principales étapes conduisant à la fécondation, en faisant intervenir l'élément X:

- 1) Schéma de la germination et du trajet du tube pollinique dans le pistil.
- 2) Schémas de la formation des spermatozoïdes ;
- 3) Schéma de la fécondation.



Exercice 7

II. La figure A₂ représente quelques étapes du déroulement d'un phénomène biologique important dans une anthère jeune.



1) De quel phénomène s'agit-il ?

2) identifiez les stades représentés et classez-les dans l'ordre chronologique en justifiant votre réponse

III. Par une méthode de spectre-colorimétrie, on peut suivre durant quelque jours la variation de la quantité d'ADN par noyau dans certaines cellules de l'anthère. Les valeurs obtenues, exprimées en unités arbitraires, figurent dans le tableau suivant :

Jours	1	3	5	7	8	9	11	13	15	17
Quantité d'ADN	102	98	178	199	102	51	50	86	99	51

1) Tracez le graphe correspondant, en prenant 1 cm pour un jour et 1 cm pour 10 unités d'ADN.

2) Analysez et interprétez le graphe obtenu. Représente-t-il uniquement le phénomène étudié en II ?

Exercice 8

1.- Dans le cadre de l'étude de la fécondation chez le Lis on a réalisé les schémas des figures 1, 2 et 3 (Voir document II)

a) Identifiez et annotez ces schémas b) Les éléments E de la figure 2 dérivent des éléments E' de la figure 2. Montrez à l'aide de schémas et en insistant plus particulièrement sur la garniture chromosomique les principales étapes du passage de E' à E.

3.- La structure représentée à la figure

4. A est le siège d'un phénomène important de la reproduction chez les spermaphytes (dont le Lis).

a) De quel phénomène s'agit-il ? Décrivez-le en vous aidant des éléments de la structure A' de la figure 3.

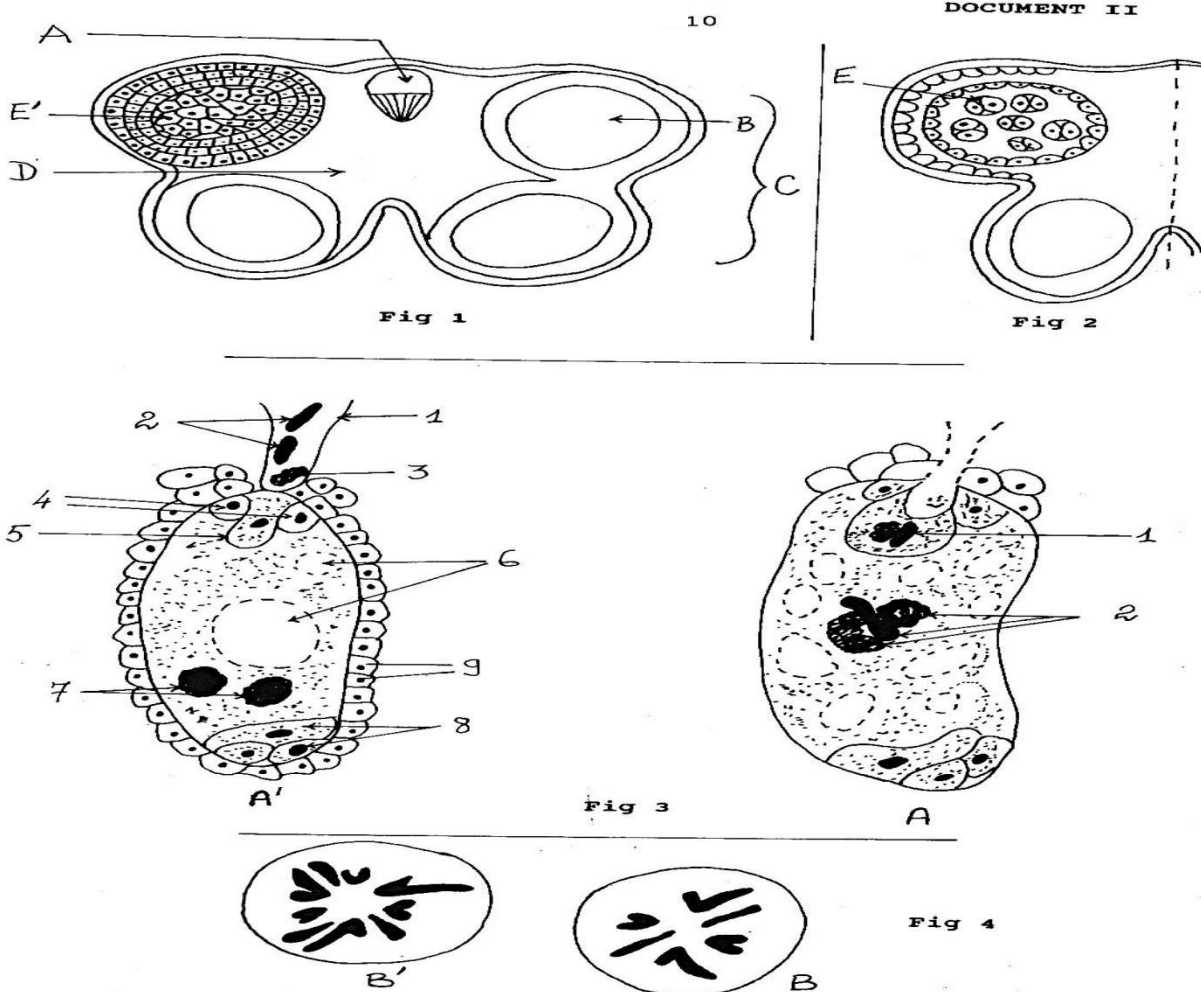
b) A quel résultat aboutit normalement l'évolution de la structure A de la figure 3, à la suite du phénomène décrit?

5.- Au cours de cette évolution, deux coupes (C_1 et C_2) ont été faites à travers la structure A (figure 3). Ces coupes, fines et colorées ont permis de réaliser au microscope les schémas B et B' de la figure 4. (On suppose pour simplifier que $2n = 6$).

a) Est-il normal, d'après-vous de trouver des cellules en division dans la structure A au moment où la coupe a été faite

b) S'agit-il d'une mitose équationnelle ou d'une mitose réductionnelle ? Justifiez votre réponse.

c) A quels niveaux de la structure A les coupes C_1 et C_2 ont-elles été réalisées ? Justifiez votre réponse.



INTRODUCTION

Les objectifs pédagogiques.

L'élève doit être capable de :

- 1- Définir la génétique.
- 2- Connaître et définir toutes les notions de base en génétique.
- 3- Connaître les méthodes d'études en génétique.

Introduction

La génétique est la science qui étudie la transmission des caractères parentaux aux descendants. Cette transmission des caractères parentaux aux descendants s'appelle l'hérédité. Le fondateur de la génétique est le moine **Gregor Mendel**. Ses travaux ont été poursuivis et améliorés par l'Américain **Thomas Morgan**.

I- Définition de quelques termes utilisés en génétique.

- **Une espèce** : c'est une collection d'individus qui se ressemblent entre eux et qui sont interféconds.
- **Une race ou la lignée** : c'est une variation de groupes d'individus au sein d'une même espèce. Exemples : race noire, race blanche.

Un individu est considéré comme appartenant à la race pure pour un caractère, si ce caractère se transmet à ces descendants sans modifications de génération en génération.

- **Un gène** : c'est une séquence de nucléotides consécutifs de l'ADN ou de l'ARN et qui est capable de faire apparaître un caractère chez l'individu qui le porte.
- **Un locus** : c'est l'emplacement d'un gène sur un chromosome.
- **Un allèle** : c'est une forme sous laquelle un gène peut se présenter. Un allèle peut-être **dominant, récessif, ou codominant**.

Un allèle est dit **dominant** lorsqu'il s'exprime chez les descendants. Un allèle est dit **récessif**, lorsqu'il ne s'exprime pas dans une descendance ou il ne s'exprime que lorsqu'il est présent en double. Des allèles sont dit **codominants** lorsqu'ils s'expriment tous à la fois dans une descendance.

- **Un génotype** : c'est la combinaison des allèles représentant un ou plusieurs gènes.
- **Un phénotype** : c'est l'ensemble des caractères visibles, palpables d'un individu et qui résulte de l'expression d'un génotype.
- **Un homozygote** : c'est un individu qui porte des allèles identiques d'un même gène. Un homozygote est aussi un individu de race pure.
- **Un hétérozygote** : c'est un individu qui porte des allèles différents d'un même gène. Cet individu n'est pas de race pure.
- **Un test-cross** : c'est un croisement entre un individu de génotype inconnu avec un parent ayant des allèles récessifs.
- **Un back-cross** : c'est un croisement entre un hybride et l'un de ces parents portant les allèles récessifs d'un ou des gènes.

II- Les méthodes d'études en génétique.

Les études en génétiques sont basées soit sur des croisements soit sur l'analyse des anomalies dans les familles (hérédité humaine). Le croisement tient compte de trois conditions:

- Les parents doivent être de race pure pour le ou les caractères à étudier.
- L'espèce étudiée doit-être prolifique en vue d'une meilleure interprétation. C'est le cas des drosophiles, des pois.
- La durée de reproduction de l'espèce doit être courte.

LES LOIS STATISTIQUES DE LA TRANSMISSION DES CARACTERES HEREDITAIRES

Les objectifs pédagogiques.

L'élève doit être capable de :

- 1- Connaître les conventions d'écriture en génétique.
- 2- Connaître et appliquer les lois de Mendel.
- 3- Connaître les limites des lois de Mendel.
- 4- Interpréter les résultats des croisements en génétiques
- 5- Etablir la carte factorielle des gènes situés sur le même chromosome.

NB:

Exploiter la planche de P76 – 80 avant

Introduction

Selon le nombre de couple de caractères étudiés, on distingue :

- **Le monohybridisme** : c'est l'étude de la transmission d'un couple de caractères.
- **Le polyhybridisme** : c'est l'étude de la transmission de plusieurs couples de caractère. S'il s'agit de la transmission de deux couples de caractère, on parle du dihybridisme.
- Quelques cas particuliers d'hérédités.

A- LE MONOHYBRIDISME.

C'est l'étude de la transmission d'un couple de caractère.

Le monohybridisme regroupe deux types d'hérédité : l'hérédité autosomale et l'hérédité gonosomale ou liée au sexe.

1°) L'hérédité autosomale.

C'est une hérédité dont le gène est porté par une paire de chromosomes homologue ou autosomes. Elle regroupe trois cas : cas de dominance absolue ; cas de codominance et cas d'un gène létal.

a- Cas de dominance absolue.

C'est le cas où un allèle d'un gène est dominant et l'autre allèle du même gène est récessif.

a₁ : caractéristiques de la dominance absolue.

Elle est caractérisée par :

- Une homogénéité de la F1 issue des parents de race pure ;
- Des proportions phénotypiques $\frac{3}{4}$ et $\frac{1}{4}$ obtenues en F1 x F1 ;
- Des proportions phénotypiques $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{2}$ obtenues en test-cross.
-

a₂ : Exemple de dominance absolue.

On croise une plante à graines lisses avec une plante à graines ridées. On obtient des plantes à graines lisse.

Les graines lisses obtenues sont semées et après autofécondation, on obtient 7324 graines réparties comme suit :

5474 graines lisses et 1850 graines ridées.

a₃ : Interprétation :

Les individus obtenus à l'issue du premier croisement sont appelés des individus de la première génération ou de la F1. Les individus obtenus à l'issue du deuxième croisement sont les individus de la deuxième génération ou F2.

- Analyse du premier croisement :

- Homogénéité de la F1 : tous les individus de la F1 sont semblables entre eux (lisse). Donc la F1 est homogène.
- Dominance : l'allèle parental « lisse » qui apparaît en F1 est dit « dominant » et l'allèle parental « ridée » qui disparaît en F1 est dit récessif.
- Choix des symboles : l'allèle dominant est symbolisé par une lettre majuscule et l'allèle récessif est symbolisé par une lettre minuscule. Lisse : L ; ridée : r.

- Analyse du deuxième croisement.

- Calcul des proportions de la F2 :

$$\text{Lisse} : \frac{5474}{1850} = 3 \text{ soit } \frac{3}{4} \text{ ou } 75\%$$

$$\text{ridée} : \frac{1850}{1850} = 1 \text{ soit } \frac{1}{4} \text{ ou } 25\%$$

Ces proportions phénotypiques $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{4}$ sont celles d'un monohybridisme avec dominance absolue et à gène autosomale. La proportion $\frac{3}{4}$ désigne les caractères du parent portant l'allèle dominant et de l'hybride de la F1. La proportion $\frac{1}{4}$ désigne le caractère du parent portant l'allèle récessif.

- Génotypes et phénotypes des parents : les génotypes sont symbolisés par deux allèles séparés par une double barre. Les phénotypes sont désignés par un allèle entre crochets.

	Génotypes	Phénotypes
--	-----------	------------

Lisse	$\frac{L}{L}$	$[L]$
Ridée	$\frac{r}{r}$	$[r]$

- Génotypes et phénotypes de la F1 et de la F2.

Parents :

a₄ Les lois de Mendel.

Première loi de Mendel : c'est la loi de l'uniformité des hybrides de la F1. Cette loi dit que les individus de la F1 sont semblables entre eux si les parents sont de race pure.

Deuxième loi de Mendel : c'est la loi de pureté des gamètes.
Elle montre qu'un gamète ne contient qu'un seul caractère.

a₅ Interprétation chromosomique de Morgan.

Morgan suppose qu'un gène est localisé sur des chromosomes homologues.

.....

Les résultats de Morgan sont conformes à ceux de Mendel : donc un gène est localisé sur des chromosomes homologues ou autosomes.

a₆ : Le test-cross.

C'est un croisement entre un individu de génotype inconnu avec un parent ayant des allèles récessifs.

Si le résultat du test-cross donne 100% d'un phénotype, alors l'individu testé est homozygote.

Si les résultats du test-cross donnent : 50% d'un phénotype et 50% d'un autre phénotype ; alors l'individu testé est hétérozygote.

Le test-cross permet donc de savoir si un individu est homozygote ou hétérozygote.

a7 Le back-cross.

C'est un croisement entre un hybride et l'un de ces parents portant les allèles récessifs d'un ou des gènes. Il est encore appelé le croisement en retour.

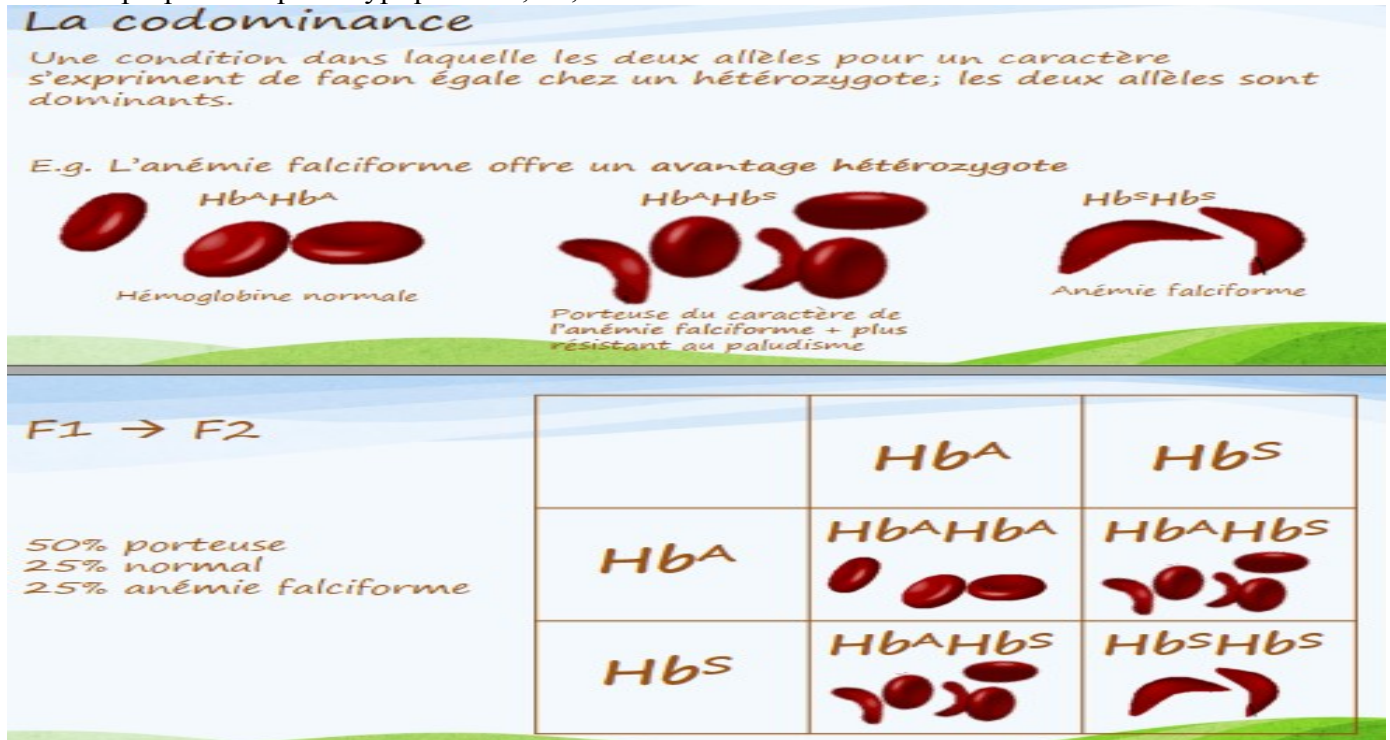
b- Cas de codominance.

Il y a codominance lorsqu'aucun allèle d'un gène ne domine l'autre.

b₁ : Caractéristiques de la codominance.

La codominance est caractérisée par :

- Une homogénéité des individus de la F1 venant des parents de race pure avec soit un caractère qui est le mélange entre ceux des deux parents (cas de dominance intermédiaire) en F1 soit apparition des deux caractères parentaux en F1 (cas de codominance).
- Des proportions phénotypiques : $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$ obtenues en F1 x F1.



b₂ : Exemples de codominances.

Exemple 1 : On croise deux variétés de « belle de nuit », l'une à fleur rouge et l'autre à fleur blanche. On obtient des plantes à fleur rose.

Le croisement des individus obtenus entre eux donne : 49 plantes à fleur rouge ; 100 plantes à fleur rose ; 48 plantes à fleur blanche.

Interprétation :

.....

Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

Exemple 2 : on croise deux plantes, l'une à fruits jaunes et l'autre à fruits verts. On obtient des plantes à fruits jaunes rayés de verts. On effectue une autofécondation entre les plantes obtenues et on obtient : 29 plantes à fruits verts ; 60 plantes à fruits rouge rayés de vert et 30 plantes à fruits rouges.

Interpréter

Interprétation :

.....

Ces proportions sont conformes à celles obtenues expérimentalement.

c- Cas de gène létal.

Un gène létal est un gène mortel. Certains œufs portant un certains phénotypes ne survivent pas. Il est caractérisé par des proportions $2/3$; $1/3$ (au lieu de $3/4$; $1/4$) car $1/4$ d'œufs ne sont pas viables.

2°) L'hérédité liée au sexe.

Dans le cas de l'hérédité liée au sexe les gènes sont portés par les chromosomes sexuels ou gonosomes. Chez les mammifères, les mâles sont hétérogamétiques et sont notés XY et les femelles sont homogamétiques et sont notées XX.

a- Caractéristiques de l'hérédité liée au sexe.

Elle est caractérisée par :

- Des croisements réciproques ;
- Une répartition des phénotypes suivant le sexe selon le sens de croisement en F1 ;
- Une hétérogénéité de la F1 obtenue à partir des parents de race pure.

NB : la dominance des allèles se fait dans le cas de l'hérédité liée au sexe à partir des femelles de la F1 qui est hétérogène. La localisation chromosomique se détermine à partir des mâles de cette F1 et le gène est toujours porté par le chromosome X.

b- Exemple d'hérédité liée au sexe.

On croise une drosophile mâle aux yeux blancs avec une drosophile femelle aux yeux rouges toutes de race pure. On obtient en des drosophiles aux yeux rouges. On croise une drosophile mâle aux yeux rouges avec une drosophile femelle aux yeux blancs toutes de race pure. On obtient des drosophiles femelles aux yeux rouges et des drosophiles mâles aux yeux blancs.

Interprétation :

.....

B- LE DIHYBRIDISME.

Le dihybridisme est l'étude de la transmission de deux ce couples de caractères.

Ces deux couples de caractères peuvent se présenter sous deux aspects :

- Ils peuvent être indépendants : c'est le dihybridisme à gènes indépendants.
- Ils peuvent être liés : c'est la liaison ou linkage.

A- Le dihybridisme à ségrégation indépendantes des couples d'allèles.

Il regroupe plusieurs cas parmi lesquels :

- L'un des allèles de chaque couple est dominant (double dominance absolue).
- L'un des allèles d'un couple est dominant et les deux allèles de l'autre couple sont codominants.
- Les deux couples d'allèles sont codominants.
- Un couple d'allèle est autosomal et l'autre couple d'allèle est lié au sexe.

1. Cas de double dominance.

a- Caractéristiques :

Il est caractérisé par :

- Une uniformité des hybrides de la F1 venant des parents de race pure.
- Des proportions phénotypiques : $9/16$; $3/16$; $3/16$; $1/16$; obtenues suite au croisement des individus de la F1 entre eux (F2).
- Des proportions phénotypiques : $1/4$; $1/4$; $1/4$; $1/4$ obtenues suite à un croisement entre un individu double hétérozygote et un parent double récessif homozygote (back- cross).

-

b- Exemple de dihybridisme à gènes indépendants.

On croise un lot de cobaye à pelage court et noir avec un lot de cobaye à pelage long et blanc. On obtient des cobayes à pelage court et noir. On croise les individus obtenus entre eux et on obtient une descendance comprenant : 1118 cobayes à pelage court et noir ; 374 cobayes à pelage court et blanc ; 128 cobayes à pelage long et blanc ; 376 cobayes à pelage long et noir.

Interprétation :

.....

[C N] : 9/16 ; [C b] : 3/16 ; [I N] : 3/16 ; [I b] : 1/16. Ces proportions théoriques sont conformes aux proportions expérimentales.

Remarques : il apparaît en F₂, quatre phénotypes dont deux parentaux [C N] ; [I b] et deux recombinés [Cb] et [I N].

Les individus doubles homozygotes sont situés sur l'une des diagonales de l'échiquier.

c- La troisième loi de Mendel.

C'est la loi de disjonction indépendante des couples d'allèles lors de la formation des gamètes. Elle est encore appelée la loi de ségrégation indépendante des couples d'allèles.

d- Le test- cross en dihybridisme.

C'est le croisement entre un individu de génotype inconnu avec un parent double homozygote.

- Si les résultats du test- cross donnent 100% d'un phénotype ; alors l'individu testé est homozygote.

- Si les résultats du test-cross donnent : $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{4}$ (25% ; 25% ; 25% ; 25%) alors l'individu testé est hétérozygote.

-

e- Interprétation chromosomique de Morgan.

Morgan admet que les deux couples d'allèles sont portés par deux paires de chromosomes différents.

.....

Les résultats de Morgan sont conformes à ceux de Mendel.

2. Cas où l'un des allèles d'un couple est dominant et les deux allèles de l'autre couple sont codominants.

a- Caractéristiques.

Il est caractérisé par :

- Une homogénéité des individus de la F₁ venant des parents de race pure.

- Des proportions phénotypiques : $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{4}$ provenant du test-cross effectué entre un parent double homozygote récessif et un double hétérozygote.

b- Exemple.

Il existe deux variétés de cacaoyer :

- SCA6 qui est résistante à la maladie appelée « balai de sorcière » mais à petites graines.

- ICS6 qui est sensible à la maladie mais à grosses graines.

On croise des variétés ICS6 avec des variétés SCA6 toutes de race pure. On obtient des hybrides H résistants à la maladie et à graines moyennes.

On croise les individus H obtenus avec les variétés ICS6 et on obtient :

- 25% de plantes résistantes à la maladie à graines moyennes.

- 25% de plantes résistantes à la maladie à grosses graines.

- 25% de plantes sensibles à la maladie à graines moyennes.

- 25% de plantes sensibles à la maladie à grosses graines.

a- Interpréter ces résultats.

c- Que donnerait comme résultats le croisement HXH ?

Solution

a- Interprétation

.....

3. Cas de codominance entre les deux couples d'allèles.

a- Caractéristiques.

Il est caractérisé par :

- Une uniformité de la F1 venant des parents de race pure.
- Une apparition des phénotypes intermédiaires en F1.
- Des proportions phénotypiques : $1/16$; $2/16$; $1/16$; $2/16$; $4/16$; $2/16$ obtenus en F1 x F1.
- Des proportions phénotypiques $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{4}$ obtenus en F1 pour chaque couple d'allèles.

b- Exemple.

On croise deux variétés de pois de race pure différentes par la couleur et la forme des fruits. Les hybrides de la F1 croisés entre eux donne en F2 :

- | | |
|--|---------------------------------------|
| - 19 plants à fruits blancs et longs ; | - 38 plants à fruits violets et ronds |
| - 38 plants à fruits blancs et ovales | - 21 plants à fruits jaunes et longs |
| - 20 plants à fruits blancs et ronds | - 38 plants à fruits jaunes et ovales |
| - 40 plants à fruits violets et longs | - 19 plants à fruits jaunes et ronds |
| - 82 plants à fruits violets et ovales | |

1. Quels étaient les caractères des parents ? Justifier la réponse.
2. Donner les génotypes et les phénotypes des hybrides de la F1 ainsi que les génotypes des individus de la F2.
3. Vérifier les résultats de la F2 à l'aide d'un échiquier de croisement.

Réponses

.....

4. Cas d'un couple d'allèle autosomal et l'autre couple d'allèle gonosomal.

a- Caractéristiques.

Une homogénéité de la F1 pour le couple d'allèle autosomal et une hétérogénéité de la même F1 pour le couple d'allèle lié au sexe.

b- Exemple.

On croise une drosophile mâle au corps gris et aux yeux rouges avec une drosophile femelle au corps noir et aux yeux blancs toutes de race pure. On obtient en F1 des drosophiles au corps gris mais les mâles ont les yeux blancs et les femelles ont les yeux rouges.

On croise une drosophile femelle au corps gris et aux yeux rouges avec une drosophile mâle au corps noir et aux yeux blancs toutes de race pure. On obtient des drosophiles au corps gris et aux yeux rouges.

Interprétation.

.....

B- Le dihybridisme avec liaison génétique (linkage).

La liaison génétique est un dihybridisme non conforme à la troisième loi de Mendel. Il existe deux types de liaisons génétiques : liaison absolue et liaison partielle avec crossing - over.

1. La liaison absolue.

a- Caractéristiques.

- Une uniformité de la F1 venant des parents de race pure.
- Des proportions phénotypiques $\frac{3}{4}$; $\frac{1}{4}$ (proportions du monohybridisme) en F1 x F1 dans le cas d'une double dominance.
- Des proportions phénotypiques : $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{4}$; en F1 x F1 dans le cas d'une codominance.
- Des proportions phénotypiques : $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{2}$ obtenues en test-cross.

b- Exemple de liaison absolue.

On croise deux drosophiles de race pure, l'une aux ailes longues et au corps gris, l'autre aux ailes vestigiales et au corps noir. On obtient des drosophiles aux ailes longues et au corps gris.

Lorsqu'on croise une drosophile mâle obtenue à l'issue du croisement précédent avec une drosophile femelle aux ailes vestigiales et au corps noir, on obtient :

- 351 drosophiles aux ailes longues et au corps gris ;

- 349 drosophiles aux ailes vestigiales et au corps noir.

Interprétation.

.....

2. Liaison partielle avec crossing-over.

a- Caractères.

Elle est caractérisée par quatre phénotypes obtenus à partir d'un test-cross. Ces quatre phénotypes sont en proportion phénotypiques égaux deux à deux dont deux phénotypes parentaux et deux phénotypes recombinés. Les phénotypes parentaux sont en proportion plus élevés et les phénotypes des recombinés sont en proportion plus faibles.

b- Exemple de liaison partielle avec crossing-over.

On croise des moustiques de race pure l'un à corps gris et œil prune et l'autre à corps noir et œil clair. On obtient des moustiques à corps gris et œil prune. Lorsque les femelles issues du croisement précédent sont croisées avec des mâles à corps noir et œil clair, on obtient une génération composée comme suit :

- 698 moustiques à corps gris et œil prune ;
- 290 moustiques à corps gris et œil clair ;
- 712 moustiques à corps noir et œil claire ;
- 282 moustiques à corps noir et œil prune.

Interprétation.

La F1 du premier croisement est homogène, la première loi de Mendel est vérifiée et les parents sont de race pure.

Les allèles « gris » et « prune » dominent respectivement les allèles « noir » et « clair ».

Choix des symboles : gris :G ; prune : P ; noir : n ; clair : c.

Analyse des résultats du deuxième croisement :

Le deuxième croisement est un test-cross et donne quatre phénotypes en proportions égales deux à deux dont deux phénotypes parentaux (gris prune et noir clair) et deux phénotypes recombinés (gris clair et noir prune). Les deux gènes couleur du corps et couleur des yeux sont partiellement liés : c'est la liaison partielle avec crossing-over chez la femelle de la F1.

Slution

.....

Calcul du pourcentage de recombinaison ou taux de recombinaison :

$$P = \frac{\text{Nombre d'individus recombinés}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100 \quad P = \frac{290+282}{290+282+712+698} \times 100 \quad P = 28,85\%.$$

Calcul du pourcentage des gamètes produits par les individus de la F1.

$$\underline{G} \quad \underline{P} : \frac{1-P}{2} \underline{n} \quad \underline{c} : \frac{1-P}{2} \underline{G} \quad \underline{c} : \frac{P}{2} \underline{n} \quad \underline{P} : \frac{P}{2}.$$

3. La carte factorielle.

La carte factorielle est la position de deux ou plusieurs gènes sur un même chromosome.

Pour établir une carte factorielle entre deux gènes, on calcule le pourcentage de recombinaison entre ces deux gènes. Ce pourcentage de recombinaison correspond à la distance qui sépare ces deux gènes. La distance entre deux gènes est exprimée en Centimorgan (cM). 1% = 1cM.

Pour établir une carte factorielle entre trois gènes a, b et c, situés sur un même chromosome, on calcule les pourcentages de recombinaison entre ces gènes deux à deux (ab), (ac), (bc).

Si $ac \geq ab + bc$ alors b est compris entre a et c.

Si $ac < ab + bc$ alors c est compris entre a et b.

Exemple de carte factorielle.

Considérons les deux gènes : couleur du corps et couleur des yeux étudiés dans le cadre d'un exemple de liaison partielle avec crossing-over. Le pourcentage de recombinaison entre les deux est :

$P = 28,85\%$. Ce pourcentage correspond à la distance qui sépare ces deux gènes. La carte factorielle est donc : G P

28,85cM

III- Quelques cas particuliers d'hérédités.

Il s'agit de la pléiotropie et de la polygénie.

A- La pléiotropie.

La pléiotropie est un processus par lequel un gène gouverne plusieurs caractères.

Exemple de pléiotropie.

On croise deux races pures de pois l'une à fleur rouge et étendard dressé, l'autre à fleur bleue étendard enroulé. On obtient des pois à fleur bleue et étendard dressé. Lorsqu'on croise les pois de la F1 entre eux, on obtient :

- 160 pois à fleur bleue étendard enroulé
- 317 pois à fleur bleue étendard dressé
- 153 pois à fleur rouge étendard dressé.

Interprétation.

La F1 du premier croisement est homogène, la première loi de Mendel est vérifiée et les parents sont de race pure. Calcul des proportions de la F2 :

$$[\text{bleu enroulé}] = \frac{160}{153} = 1 \text{ soit } 1/4 \quad [\text{bleu dressé}] = \frac{153}{153} = 1 \text{ soit } 1/4 \quad [\text{rouge dressé}] = \frac{317}{153} = 2 \text{ soit } 1/2$$

Les proportions de la F2 sont celles d'un monohybridisme avec codominance alors que cette codominance n'est pas révélée par les résultats du premier croisement. Les deux caractères sont donc gouvernés par un seul gène.

Soient A l'allèle qui gouverne les caractères fleur rouge étendard dressé (dominant) et B, l'allèle qui gouverne les caractères fleur bleue étendard enroulé (récessif).

Génotypes des parents : P1 : $\frac{A}{A}$ x P2 : $\frac{B}{B}$

Génotype et phénotype de la F1 : $\frac{A}{B}$ [A B].

Echiquier de croisement de la F2 :

Gamètes de F1 Gamètes de F1	A	B
A	$\frac{A}{A}$ [A]	$\frac{A}{B}$ [AB]
B	$\frac{A}{B}$ [AB]	$\frac{B}{B}$ [B]

[A] = $\frac{1}{4}$ [B] = $\frac{1}{4}$ [AB] = $\frac{1}{2}$. ces résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

B- La polygénie.

La polygénie est un processus par lequel plusieurs gènes gouvernent un seul caractère.

Exemple :

Interprétation.

Les individus issus du premier croisement sont homogènes, la première loi de Mendel est vérifiée et les parents sont de race pure.

Calcul des proportions des résultats du deuxième croisement :

$$[\text{noix}] = \frac{3057}{341} = 9 \text{ soit } 9/16 \quad [\text{pois}] = \frac{1021}{341} = 3 \text{ soit } 3/16 \quad [\text{rose}] = \frac{1012}{341} = 3 \text{ soit } 3/16 [\text{simple}] = \frac{341}{341} = 1 \text{ soit } 1/16.$$

Les proportions obtenues sont celles d'un dihybridisme avec dominance absolue et à gènes indépendants alors qu'il s'agit d'un seul caractère. Les deux gènes sont donc gouvernés par un seul caractère : c'est la polygénie.

Soit le caractère « pois » gouverné par les allèles P dominant et p récessif. Soit le caractère rose gouverné par les allèles R dominant et r récessif.

Génotypes des parents : P1 : $\frac{R}{R} \frac{p}{p}$ x P2 : $\frac{r}{r} \frac{P}{P}$

Gamètes des parents : P1 : $R p$ P2 : $r P$

Génotype et phénotype de la F1 : $\frac{R}{r} \frac{P}{p}$ [R P] ou [noix].

Génotypes et phénotypes des individus du deuxième croisement.

F1 x F1 : $\frac{R}{r} \frac{P}{p}$ x $\frac{R}{r} \frac{P}{p}$

Gamètes de la F1 : RP ; Rp ; rP ; rp .

Gamètes de F1 Gamètes de F1	RP	Rp	rP	rp
RP	$\frac{R}{R} \frac{P}{P}$ [noix]	$\frac{R}{R} \frac{P}{p}$ [noix]	$\frac{R}{r} \frac{P}{P}$ [noix]	$\frac{R}{r} \frac{P}{p}$ [noix]
Rp	$\frac{R}{R} \frac{P}{p}$ [noix]	$\frac{R}{R} \frac{p}{p}$ [rose]	$\frac{R}{r} \frac{P}{p}$ [noix]	$\frac{R}{r} \frac{p}{p}$ [rose]
rP	$\frac{R}{r} \frac{P}{P}$ [noix]	$\frac{R}{r} \frac{P}{p}$ [noix]	$\frac{r}{r} \frac{P}{P}$ [pois]	$\frac{r}{r} \frac{P}{p}$ [pois]
rp	$\frac{R}{r} \frac{P}{p}$ [noix]	$\frac{R}{r} \frac{p}{p}$ [rose]	$\frac{r}{r} \frac{P}{p}$ [pois]	$\frac{r}{r} \frac{p}{p}$ [simple]

TRAVAUX DIRIGES

Exercice 1

1- On croise des plantes à fleurs rouges et à pétales entiers avec des plantes à fleurs bleues et à pétales découpés. Les graines issues de ce croisement sont semées et on obtient uniquement des plantes à fleurs mauves et à pétales découpés.

Un plante obtenue précédemment est croisée avec une plante à fleur rouge et pétales entiers. Les graines issues de ce deuxième croisement sont semées et on obtient:

- 194 plantes à fleurs rouges et pétales entiers
- 190 plantes à fleurs mauves et à pétales découpés
- 8 plantes à fleurs rouges et pétales découpés
- 9 plantes à fleurs mauves et pétales entiers

A l'aide d'un raisonnement rigoureux, expliquez les résultats obtenus lors de ces 2 croisements successifs.

- 1) Est-ce du monohybridisme ou du dihybridisme? Quels sont le (s) caractère(s) étudié(s)?
- 2) La génération F1 est-elle homogène? Que peut-on en déduire?
- 3) Quel est (sont) l'allèle ou les allèles dominant(s) , récessif(s) ?
- 4) Comment a-t-on obtenu la génération F2: F1 x F1 ? Test cross?
- 5) Si plusieurs gènes sont en jeu , les résultats F2 font-ils pencher en faveur de gènes indépendants ou de gènes liés?
- 6) Que faut-il faire pour valider l'hypothèse?
- 7) Expliquez rigoureusement les résultats obtenus en F1 et en F2

Exercice 2

On étudie chez le **Lupin** la transmission de deux couples d'allèles

- un couple d'allèle commandant la couleur des fleurs
- un couple d'allèle commandant la déhiscence (ouverture) ou l'indéhiscence (non ouverture) des gousses renfermant les graines.

Deux croisements sont réalisés:

1er croisement: on croise des plantes à fleurs jaunes et à gousses déhiscents avec des plantes à fleurs blanches et à gousses indéhiscents. Les graines obtenues donnent toutes des plantes à fleurs jaunes et gousses déhiscents.

2è croisement: on croise des plantes issues des graines de la génération F1 avec des plantes à

fleurs blanches et gousses indéhiscentes. On obtient:

- 135 plantes à fleurs jaunes et gousses déhiscentes
- 138 plantes à fleurs blanches et gousses déhiscentes
- 140 plantes à fleurs jaunes et gousses indéhiscentes
- 133 plantes à fleurs blanches et gousses indéhiscentes

A l'aide d'un raisonnement rigoureux, expliquez les résultats obtenus lors de ces 2 croisements successifs

- 1) Est-ce du monohybridisme ou du dihybridisme? Quels sont le (s) caractère(s) étudié(s) ?
- 2) La génération F1 est-elle de lignée pure?
- 3) Quel est (sont) l'allèle ou les allèles dominant(s) , récessif(s) ?
- 4) Comment a-t-on obtenu la génération F2: F1 x F1 ? Test cross?
- 5) Si plusieurs gènes sont en jeu , les résultats F2 font-ils pencher en faveur de gènes indépendants ou de gènes liés?
- 6) Que faut-il faire pour valider l'hypothèse?
- 7) Expliquez rigoureusement les résultats obtenus en F1 et en F2

Exercice 3

Chez le poulet, plusieurs mutations ont été mises en évidence. Parmi celles-ci, la mutation « pattes courtes » est à l'origine de pattes de taille inférieure à la normale.

En croisant entre eux des poulets à pattes courtes, on obtient **toujours** dans la descendance des poulets à pattes courtes et à pattes normales, dans les proportions de 2 poulets à pattes courtes pour un poulet à pattes normales.

En outre, environ $\frac{1}{4}$ des embryons meurent avant l'éclosion.

Expliquez rigoureusement les résultats obtenus.

- 1) Est-ce du monohybridisme ou du dihybridisme? Quels sont le (s) caractère(s) étudié(s) ?
- 2) La génération F1 est-elle homogène?
- 3) Peut-on faire une hypothèse sur dominance et récessivité?
- 4) Quel pourrait-être le génotype des parents?
- 5) Faire l'échiquier de croisement permettant de valider l'hypothèse
- 6) Expliquez la présence d'embryon non éclos

Exercice 4

Les souris sauvages sont de couleur gris sombre

Une mutation, appelée *yellow*, se traduit par un pelage de couleur brun clair.

Si une souris *yellow* est croisée avec une souris homozygote sauvage, on obtient toujours 50% de souris grises et 50% de souris *yellow*.

Si l'on croise deux souris *yellow* entre elles, on obtient $\frac{2}{3}$ de souris *yellow* et $\frac{1}{3}$ de souris grises.

Montrez que des résultats s'expliquent parfaitement si on considère que le génotype homozygote yellow est léthal, c'est à dire n'est pas viable.

- 1) Est-ce du monohybridisme ou du dihybridisme?
- 2) A la vue des résultats des croisements, pouvez-vous faire une hypothèse sur la dominance et la récessivité?
- 3) Ecrire les différents génotypes possibles pour les souris, et indiquer celui qui est léthal.
- 4) Quel est dans ce cas le génotype d'une souris *yellow*?
- 5) Expliquez rigoureusement les résultats obtenus dans les croisements

Exercice 5

Un jardinier dispose de deux catégories de maïs, l'une à coloration blanche et à goût sucré et l'autre à coloration rose et à goût fade. Pour n'obtenir que du maïs à coloration rose et goût sucré, il croise deux variétés précédentes. Il obtient F1 du maïs à coloration rosée et goût sucré fade. Les plantes de cette génération sont autofécondées. Il obtient la composition ci-dessous :

- 306 maïs roses et fades
- 104 maïs roses et sucrés
- 100 maïs blancs et fades
- 34 maïs blancs et sucrés

- 1) Interprétez ces résultats.
- 2) a- le jardinier a-t-il obtenu le phénotype qu'il recherche ?
b- tout le maïs ayant ce phénotype peut-il donner satisfaction au jardinier ? Justifiez votre réponse
c- expliquez ce qu'il doit faire ensuite pour n'obtenir que du maïs rose et sucré.

Exercice 6

Chez les bovins, on connaît deux races de lignée pure : l'une à pelage lisse et brun - rouge et l'autre à pelage rugueux et blanc. Le croisement des deux variétés de bovins donne uniquement des animaux à pelage lisse et rouan (brun - rouge et blanc). On croise ces individus entre eux. La descendance est constituée de :

- 96 bovins à pelage lisse et rouan ;
- 48 bovins à pelage lisse et brun - rouge ;
- 48 bovins à pelage lisse et blanc ;
- 32 bovins à pelage lisse et rouan ;
- 16 bovins à pelage lisse et brun - rouge ;
- 16 bovins à pelage lisse et blanc.

1) Interprétez ces résultats. On notera :

Blanc : B

Brun - rouge : W

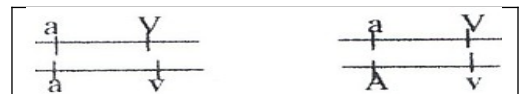
Rouan : WB

Exercice 7

I- Les pommes de terre peuvent avoir une forme arrondie ou allongée et leur peau peut être lisse ou veloutée : arrondie et lisse sont des caractères dominants.

Les gènes a et v sont distants de 12 unités de recombinaison.

Dans un croisement entre les deux variétés de pomme de terre, les génotypes des parents P1 et P2 sont respectivement :



- 1) Retrouvez les phénotypes de la descendance et leurs proportions.
- 2) Calculez le nombre d'individus de chaque catégorie phénotypique pour une récolte de 1000 pommes de terre.

II- On réalise un deuxième croisement entre deux plants de pomme de terre P3 et P4. On obtient la répartition suivante dans la récolte. **[a. V] = 38,82% [A, V] = 11,18% [A.v] = 38,82% [a. v] = 38,82%**

- 1) Analysez et interprétez les résultats obtenus.
- 2) Retrouvez par un raisonnement logique le génotype et le phénotype des plants P3 et P4 croisés.

Exercice 8

A/ On croise deux variétés de plantes de races pures dont l'une est à grains jaunes et ovales et l'autre à grains mauves et cordiformes. Les épis obtenus en F1 ne comportent que des grains jaunes et ovales. Au cours d'un 2ème croisement, une plante à grains jaunes et ovales est autofécondée expérimentalement. Cette autofécondation donne des épis comportant les grains suivants : **56,2% de grains jaunes et ovales 18,8% de grains mauves et ovales 18,7% de grains jaunes et cordiformes 6,3% de grains mauves et cordiformes**

- 1) Relevez les observations faites du 1er croisement.
- 2) Démontrez que chaque caractère est gouverné par un couple d'allèles.
- 3) Précisez la répartition des couples d'allèles sur les chromosomes.
- 4) Faites une interprétation chromosomique du 1er croisement.

B/ On croise deux plantes de races pures dont l'une est à grains jaunes et non déprimés et l'autre à grains mauves et déprimés. Les épis obtenus ne comportent que des grains jaunes et non déprimés

Le croisement entre une plante à grains jaunes non déprimés et une plante à grains mauves déprimés donne des épis à grains composés de :

7	Jaunes déprimés
390	Mauves déprimés

8	Mauves non déprimés
395	Jaunes non déprimés

- 1) Indiquez les phénotypes dominants
- 2) Faites le choix des symboles.
- 3) Montrez par un raisonnement logique que les deux gènes sont liés ou indépendants
- 4) Établissez si possible la carte factorielle

Exercice 9

On croise deux variétés d'une plante angiosperme : la 1^{ère} est de grande taille (T) à fleurs rouges (F) ; la seconde est de petite taille (t) à fleurs blanches, (f). Les deux variétés sont de race pure. On observe en F1 une génération composée uniquement de plantes de grande taille à fleurs rouges

- 1) On croise maintenant une plante de F1 avec une plante de petite taille à fleurs blanches. Soit F2 ce croisement. Quels résultats peut-on prévoir pour F2 :
- si les gènes sont portés par 2 paires de chromosomes.
 - Si les gènes sont portés par 1 seule paire de chromosomes. Justifiez vos réponses.
- 2) En réalité on a dénombré en F2 :
 395 plantes à phénotype TF 405 plantes à phénotype tf 98 plantes à phénotype Tf 102 plantes à phénotype tF
 Interpréter ce résultat en vous aidant de schémas représentant les chromosomes et l'emplacement des gènes concernés.
- 3) La même paire de chromosomes porte également le couple d'allèles : feuilles large (L) feuilles étroites (l) sachant qu'entre les gènes T et L, il y a 6 % de recombinaison, établissez la carte factorielle précisant l'emplacement des gènes T, F et L (on envisagera les différentes possibilités).

Exercice 10

Afin d'obtenir une nouvelle catégorie de pommes à goût sucré et de bel aspect (couleur rosée), un pépiniériste effectue un croisement entre deux variétés de pommes : - une à coloration brune et à goût sucré, - l'autre, à coloration rosée et à goût fade.

Sur les plants provenant de cette première génération, il obtient par autofécondation

1200 pommes réparties de la manière suivante : - 689 pommes rosées et fades - 220 pommes brunes et fades - 76 pommes brunes et sucrées. - 215 pommes rosées et sucrées

- Analysez et interprétez les résultats obtenus en F1 et F2. Précisez le génotype des parents, et représentez par un tableau le croisement des individus de F1,
- Le phénotype recherché est présent en F2.
 - Toutes les pommes ayant ce phénotype intéressent-elles le pépiniériste ? Justifiez votre réponse.
 - Comment doit-il procéder pour isoler l'espèce recherchée ?

Exercice 11

Chez une race pure de lapin, l'hybridation entre une femelle à poil bouclé et un mâle à poil dressé donne toujours des lapins à poil dressé. Un éleveur croise deux lapins P₁ et P₂ ayant les caractères suivants : P₁ a un pelage gris, des poils bouclés et P₂ a un pelage noir, des poils dressés. Après plusieurs portées, on compte en F₁ : 92 mâles gris aux poils bouclés, 89 mâles gris aux poils dressés, 94 femelles bicolores aux poils bouclés et 90 femelles bicolores aux poils dressés.

- Que peut-on déduire de ce résultat en ce qui concerne la localisation des gènes qui déterminent les caractères étudiés ? justifier la réponse. (1,5pt)
- Quel est le sexe du parent P₁ ? justifier la réponse. (1pt)
- Quel rapport existe-t-il entre les caractères bouclé et dressé, puis entre les caractères gris et noir ?
- On convient de représenter chaque caractère par son initial.
 - Donner les génotypes des parents P₁ et P₂. (1pt)
 - Démontrer que ces génotypes rendent compte de la répartition phénotypique des individus F₁. (1pt)
- Donner le résultat statistique du croisement de deux lapins F₁ ayant tous des poils dressés. (1,5pt)

Exercice 12

Le cacaoyer est une plante à fleur dont le fruit appelé cabosse contient une vingtaine de graines appelée fèves, graines à partir desquelles on fabrique du chocolat. Cependant, cette plante peut souffrir d'une maladie appelée « balaie de sorcière ».

Dans une exploitation agricole, on dispose de deux variétés de cacaoyer de race pure :

- La 1^{ère} variété produit des fèves de grande taille mais elle est sensible à la maladie.
- La 2^{ème} variété donne des fèves de petite taille mais elle est résistante à la maladie.

NB : les caractères petit, gros, résistant et sensible seront représentés par leurs initiales.

Une équipe d'agronomes voudrait créer à partir des deux variétés précédentes une lignée pure génétiquement et économiquement plus avantageuse.

- Quels doivent être les caractères de cette nouvelle variété ? (0,5pt)
- Selon vous comment les agronomes pourront-ils procéder pour obtenir cette nouvelle variété ? (0,5pt)
- Les essais d'hybridation ont donné en F₁ des plantes résistantes dont les fèves ont une taille moyenne.
 - Quelles conclusions tirez-vous à partir de ce résultat ? (1pt)
 - Interprétez le résultat en considérant que les gènes sont indépendants. (1pt)
- a- En croisant entre elles les plantes F₁, déterminez les résultats statistiques de F₂ auxquels on devrait s'attendre. (1,5pt)

L'HEREDITE HUMAINE

Les objectifs pédagogiques.

L'élève doit être capable de :

- 1- Reproduire les symboles utilisés pour réaliser les pédigrées**
- 2- Connaître les méthodes d'analyse des pédigrées**
- 3- Reproduire un pédigrée à partir d'un texte génétique.**
- 4- Connaître les anomalies chromosomiques et leurs origines**

Introduction

L'hérédité humaine est l'étude de la transmission des caractères héréditaires dans l'espèce humaine. Cette étude est difficile à réaliser pour plusieurs raisons :

- Les croisements sont impossibles.
- L'équipement chromosomique de l'Homme est très élevé (46 chromosomes).
- Un faible taux de fécondité.
- Les tares et les malformations sont souvent cachées.

L'étude de l'hérédité humaine est basée sur la recherche dans les familles, la transmission des anomalies sur plusieurs générations. Ces recherches permettront d'établir pour chaque anomalie un schéma appelé l'arbre généalogique ou pédigrée.

I- LE PÉDIGRÉE.

1. Les symboles du pédigrée.

Pour établir un arbre généalogique, on utilise des symboles conventionnels qui sont :

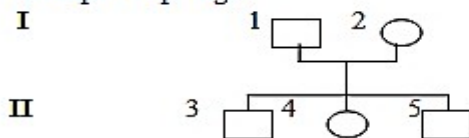
□ homme sain ○ femme saine ■ homme malade ● femme malade.

☐ Ou ⊕ Mort à la naissance.

☐ ○ Faux jumeaux ☐ ☐ vrais jumeaux ○ ○ vraies jumelles.

☐ ○ Ou ☐ ○ Mariage. ☐ = ○ Mariage consanguin.

Exemple de pédigrée :



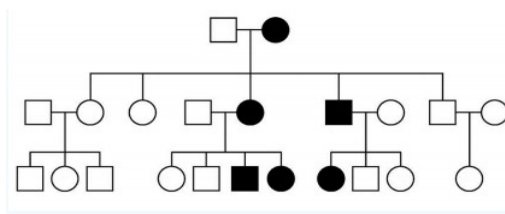
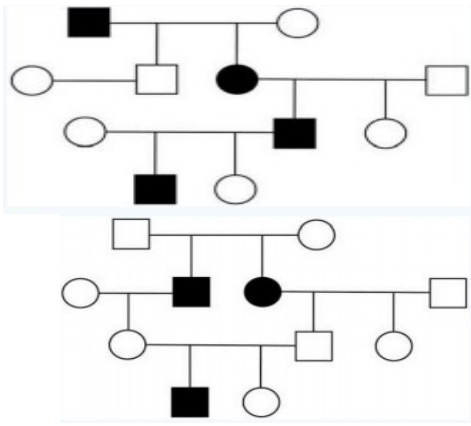
Un arbre généalogique comporte plusieurs générations notées I ; II ; III etc. les individus de chaque génération porte des numéros spécifiques. Les individus issus de mêmes parents sont des fratries.

2. Méthodes d'analyse et de réalisation d'un pédigrée.

Pour analyser un pédigrée, on procède comme suit :

- On recherche la dominance ou la récessivité de l'allèle responsable de la maladie ;
- **Récessivité de l'allèle** : si un ou des couples apparemment sains donnent dans leur descendance un ou des enfants malades ; ou si un ou des couples malades (ou l'un des couples) donnent des enfants sains, alors on conclut que l'allèle responsable de la maladie est récessif.
- **Dominance de l'allèle** : si chaque enfant malade a au moins un des parents malade, alors on conclut que l'allèle responsable de la maladie est dominant.
- On cherche la localisation chromosomique du gène responsable de la maladie.
- **On vérifie d'abord si le gène est porté par le gonosome Y** : Si le gène est porté par le chromosome Y, chaque garçon malade a obligatoirement son père malade et chaque garçon sain a obligatoirement son père sain. De plus, la maladie n'apparaît que chez les garçons.
- **On vérifie ensuite si le gène est porté par le chromosome X** : si le gène est porté par le chromosome X, la maladie atteint aussi bien les hommes que les femmes ou la maladie atteint spécialement un sexe donné. Dans ce cas, on suppose que le gène est porté par le chromosome X, on attribue des génotypes possibles à tous les couples et vérifie leurs descendance.
- **Si le gène n'est pas porté par un gonosome**, alors on déduit que le gène est porté par les autosomes.

Exemple



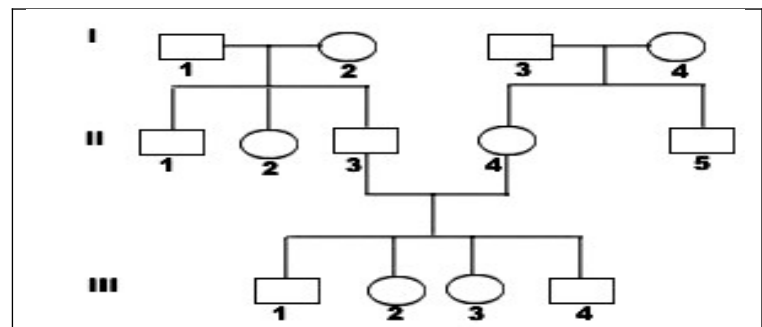
Esce une transmission autosomique dominante ou recessive ?

II- QUELQUES CAS D'HÉRÉDITÉ AUTOSOMALE.

A- CAS DE DOMINANCE: l'albinisme

L'albinisme est une maladie héréditaire due à une absence de synthèse de la mélanine qui est à l'origine de la pigmentation de la peau.

1. L'arbre généalogique.



2. Analyse du pédigrée.

Dominance : Le couple II3 et II4 sain donne des enfants III₁ et III₃ albinos. Donc l'allèle de l'albinisme est récessif.

Localisation du gène :

- L'albinisme atteint aussi bien les garçons que les filles : donc le gène de l'albinisme n'est pas porté par le gonosome Y.
- Si le gène de l'albinisme était porté par le gonosome X, la fille III₃ ne serait pas albinos. Or elle l'est : donc le gène de l'albinisme n'est pas porté par le gonosome X.
- Comme le gène n'est pas porté par les gonosomes, alors le gène de l'albinisme est porté par les autosomes.

Choix de symboles : soient A, l'allèle normal et a, l'allèle de l'albinisme.

Génotypes :

$$I_1; I_4; II_4; II_1; II_2: \frac{A}{a} \text{ ou } \frac{A}{A} \quad I_2; I_3; II_3: \frac{a}{a}$$

B- CAS DE CODOMINANCE.

1. La drépanocytose.

La drépanocytose ou anémie falciforme est une maladie héréditaire caractérisée par la présence dans le sang des hématies en forme de faucilles ou en forme de croissant de lune. Ces hématies anormales sont notées HbS par rapport aux hématies normales qui sont notées HbA. La synthèse de l'hémoglobine HbA est gouvernée par l'allèle A et celle de HbS est gouvernée par l'allèle S. il y a codominance entre les allèles A et S.

	Génotypes
Homozygote sain	$\frac{A}{A}$
Homozygote drépanocytaire	$\frac{a}{a}$
Hétérozygote drépanocytaire	$\frac{A}{a}$

2. Les groupes sanguins.

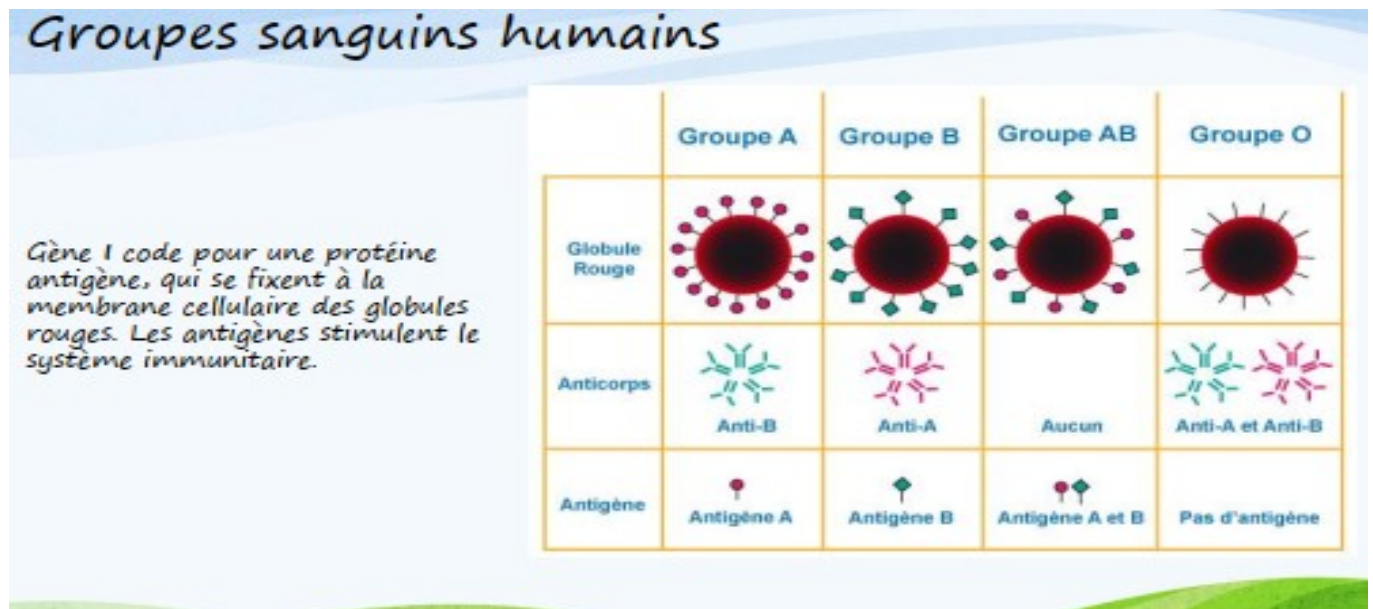
Elles regroupent le système ABO et le facteur rhésus.

a- Le système ABO.

Le système ABO est défini par trois gènes : A ; B et O. ces trois gènes permettent l'apparition de quatre groupes sanguins : A ; B ; AB et O. chaque groupe sanguin est déterminé par la présence ou non sur la membrane des hématies d'une protéine spécifique appelée agglutinogène ou antigène. Il existe deux types d'antigènes : A et B. ces deux antigènes peuvent être présents individuellement ou simultanément ou absents à la surface des hématies. Si l'antigène A est présent à la surface d'une hématie d'un individu, cet individu est du groupe A. Si l'antigène B est présent à la surface d'une hématie d'un individu, cet individu est du groupe B. Si les antigènes A et B sont présents à la surface d'une hématie d'un individu, cet individu est du groupe AB. Si aucun antigène n'est présent sur la surface des hématies, l'individu est du groupe O.

Dans le plasma, on trouve une autre protéine spécifique appelée agglutinine ou anticorps. Il existe deux types d'anticorps : anti A et anti B. si un antigène A entre en contact avec un anticorps anti A, il se produit une agglutination des hématies. Il en est de même entre l'antigène B et l'anticorps anti B.

Groupes sanguins	Agglutinogène ou Antigènes (hématies)	Agglutinine ou anticorps (plasma)
A	A ○	Anti B
B	B ○	Anti A
AB	AB ○	Néant
O	O ○	Anti A et anti B



A partir de ce tableau, on réalise le schéma de possibilité de transfusion sanguine comme suit :

A

Donneur universel O

AB Receveur

B

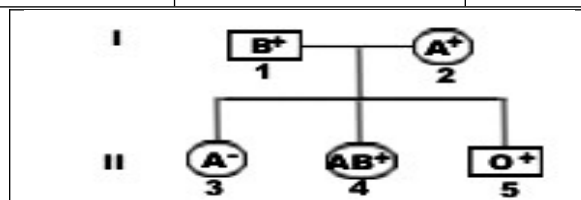
Schéma de transfusion sanguine.

L'allèle A contrôle la synthèse de l'antigène A. l'allèle B contrôle la synthèse de l'antigène B. l'allèle O ne gouverne aucune synthèse et est dit l'allèle amorphe. Il y a codominance entre les allèles A et B mais ces deux allèles dominant l'allèle O. On a les génotypes possibles et certains suivants :

Groupes sanguins	A	B	AB	O
Homozygotes	$\frac{A}{A}$	$\frac{B}{B}$	Néant	$\frac{O}{O}$
Hétérozygotes	$\frac{A}{O}$	$\frac{B}{O}$	$\frac{A}{B}$	Néant

Exercice 1 :

On donne le pédigrée portant le groupe sanguin d'une famille.



Analyser ce pédigrée et donner les génotypes des membres de cette famille.

Solution :

Analyse : Le couple $I_1 ; I_2$ donne un enfant II_1 du groupe AB ; donc il y a codominance entre les allèles A et B. le même couple donne un enfant II_2 du groupe O ($\frac{O}{O}$). Cet enfant a reçu un allèle venant de son père et un allèle O venant de sa mère. Donc les parents sont hétérozygotes pour le système A B O.

Le gène du système A B O n'est pas porté par le gonosome Y car il existe aussi bien chez les filles que les garçons. S'il était porté par le chromosome X, le garçon II_2 ne serait pas du groupe O, or il l'est : donc le gène n'est pas porté par le chromosome X.

Comme le gène n'est pas porté par les gonosomes, alors, il est porté par les autosomes.

Génotypes des membres de la famille : I_1 et II_3 : $\frac{A}{O}$ I_2 et II_4 : $\frac{B}{O}$ II_1 et II_5 : $\frac{A}{B}$ II_2 : $\frac{O}{O}$ II_3 :

$\frac{A}{O}$ ou $\frac{A}{A}$.

Exercice 2 :

Monsieur X pense que son enfant **Y** n'est pas de lui et qu'il aurait été échangé à la maternité avec l'enfant **Z** attribué à **monsieur W**. un examen de sang a été effectué et on constate que : **Monsieur X** est du groupe AB, sa femme du groupe B et l'enfant **Y** est du groupe O. **monsieur W** est du groupe B, sa femme du groupe O et l'enfant **Z** du groupe AB.

Pensez- vous que **Monsieur X** a raison ? Expliquez.

b- Les facteurs Rhésus.

a₁ : Caractéristiques.

Il est caractérisé par la présence d'une protéine spécifique sur la membrane des hématies. Si cette protéine est présente, l'individu est du rhésus positif et est noté **Rh+** ou **+**. Si elle est absente, l'individu est du rhésus négatif, noté **Rh-** ou **-**. **L'allèle + domine l'allèle -.**

Les génotypes possibles sont :

	Rh+	Rh-
Homozygotes	$Rh+ \frac{+}{+} +$	$\frac{Rh-}{Rh-}$
Hétérozygotes	$Rh+ \frac{+}{Rh-} +$	N'existe pas

a₂ : Conséquences des facteurs Rhésus dans le mariage.

Si on introduit des hématies Rh+ dans le sang d'un individu Rh-, ce dernier élabore un anticorps anti-Rh+, ce qui entraîne une agglutination des hématies Rh+. Ce phénomène entraîne des conséquences néfastes dans certains mariages.

Par exemple, si une femme de Rhésus négatif épouse un homme de Rhésus positif et homozygote, tous leurs enfants seront de Rhésus positif. Leur premier enfant naît sans problème. Mais c'est au cours de son accouchement que ces hématies Rh+ se mélangent au sang Rh- de la mère lors de la coupure du cordon ombilical.

Ce mélange va déclencher la production des anticorps anti-Rh+ par l'organisme maternel. Au cours d'une deuxième grossesse, l'anticorps anti-Rh+ produit par la mère va passer dans le sang du fœtus à travers le placenta pour provoquer l'agglutination des hématies du fœtus. Cette agglutination va entraîner chez le fœtus, une jaunisse ou un ictère hémolytique responsable de l'avortement spontané ou d'accouchement de mort-né.

Pour éviter l'agglutination des hématies, la mère doit subir une injection d'un sérum spécifique dans les 72 heures qui suivent l'accouchement du premier enfant et ceci après chaque accouchement en vue d'éviter la production des anticorps par la mère.

Si une femme de Rhésus négatif, épouse un homme de Rhésus positif hétérozygote et si la femme n'a pas reçu une injection de sérum, tous les enfants qui naîtront sains et sauf après le premier accouchement seront obligatoirement de rhésus négatif et toutes les fausses-couches seraient dues aux enfants de rhésus positifs.

a₃ : Exemple de facteur Rhésus.

Voici l'arbre généalogique d'une famille portant les gènes du groupe sanguin. Analyser ce pédigrée et écrire les génotypes de tous les membres de cette famille.

Solution.

Analyse du pédigrée :

- Système A B O : Le couple I₁, I₂ respectivement du groupe B et A donne un enfant II₅ du groupe O ; donc ce couple est hétérozygote pour ce gène. **Génotypes provisoires** : I₁ : $\frac{B}{O}$ I₂ : $\frac{A}{O}$
- Facteur Rhésus : le même couple de Rhésus positif donne un enfant II₃ de Rhésus négatif : donc les parents sont également hétérozygotes pour ce gène. **Génotypes partiels** : I₁ : $Rh+ \frac{i}{Rh-} i$ I₂ : $Rh+ \frac{i}{Rh-} i$

Génotypes: I₁: $\frac{B}{O} Rh+ \frac{i}{Rh-} i$ I₂: $\frac{A}{O} Rh+ \frac{i}{Rh-} i$ II₃: $\frac{A}{O} \frac{RRh-}{Rh-}$ II₄: $\frac{A}{B} Rh+ \frac{i}{Rh+ i i} i$ ou $\frac{A}{B} Rh+ \frac{i}{Rh-} i$ II₅: $\frac{O}{O} Rh+ \frac{i}{Rh+ i i} i$ ou $\frac{O}{O} Rh+ \frac{i}{Rh-} i$

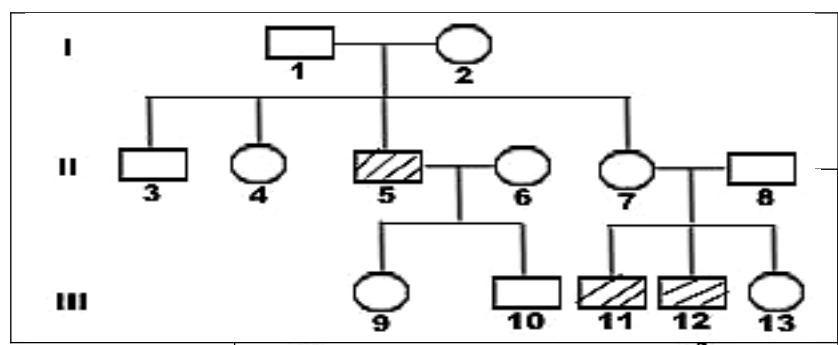
III- L'HÉRÉDITÉ LIÉE AU SEXE.

1. L'hémophilie.

L'hémophilie est une maladie héréditaire due à une absence de coagulation du sang à la suite d'une hémorragie.

a- Le pédigrée.

Analyser ce pédigrée et écrire les génotypes de tous les membres de cette famille



b- Analyse du pédigrée.

Dominance : Des couples sains donnent des enfants hémophiles. Donc le gène responsable de l'hémophilie est récessif.

Choix de symboles : soit h, l'allèle de l'hémophilie et soit H, l'allèle normal.

Localisation chromosomique du gène :

Le gène de l'hémophilie n'est pas porté par le chromosome Y, car les garçons malades n'ont pas leurs pères malades et tous les garçons d'une même famille ne sont pas malades.

La maladie apparaît uniquement chez les garçons : donc le gène de l'hémophilie est porté par chromosome X.

Genotypes: $I_1; II_3; II_8; II_{10}: \frac{X}{Y}$ $II_5; III_{11}; III_{12}: \frac{Xh}{Y}$ $I_2; II_7; II_9: \frac{Xh}{X}$ $II_4; II_6; III_{13}: \frac{Xh}{X}$ ou $\frac{X}{X}$

2. Le daltonisme.

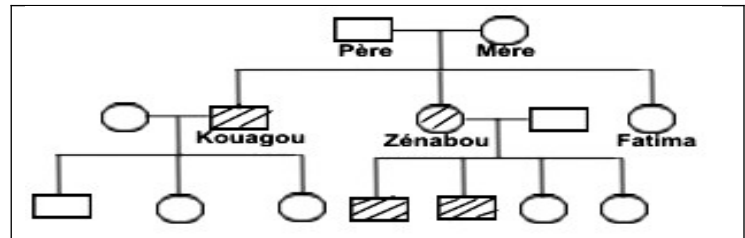
Le daltonisme est maladie héréditaire caractérisée par une confusion entre les couleurs rouge et verte.

Exemple de daltonisme

Kouagou est atteint du daltonisme comme son père et une de ses sœurs Zénabou. La mère de Kouagou et son autre sœur Fatima ont une vision normale. Kouagou épouse une femme normale et a deux garçons et une fille tous normaux. Zénabou épouse un homme normal et le couple a deux garçons atteints et deux filles à vision normale.

Représentez le pédigrée de cette famille puis interprétez-le.

L'arbre généalogique de cette famille est la suivante :



Interprétation : Kouagou malade donne des enfants sains : donc le gène responsable du daltonisme est récessif.

L'allèle n'est pas porté par le chromosome Y car le daltonisme atteint aussi bien les garçons que les filles. L'allèle du daltonisme est porté par le chromosome X car la maladie apparaît aussi bien chez les filles que chez les garçons.

Génotypes : soit d, l'allèle du daltonisme et D, l'allèle normal.

Père de Kouagou : $\frac{Xd}{Y}$ **Mère de Kouagou :** $\frac{Xd}{X}$ **Kouagou :** $\frac{Xd}{Y}$ **Zénabou :** $\frac{Xd}{Xd}$ **Fatima :**

$\frac{Xd}{X}$

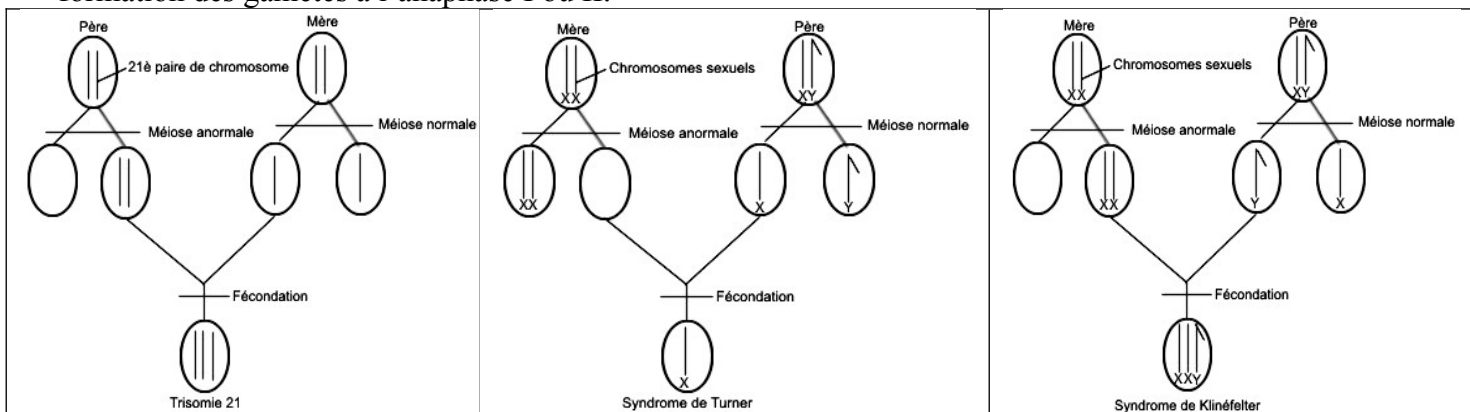
IV- LES ABERRATIONS CHROMOSOMIQUES.

Les aberrations chromosomiques sont des anomalies génétiques qui affectent la garniture chromosomique des individus.

1. La trisomie 21 ou le Mongolisme.

Elle est caractérisée par un caryotype présentant 47 chromosomes (au lieu de 46) dont la 21^{ème} paire est un triplet (au lieu d'un doublet).

Le mongolisme s'explique par le non séparation des chromosomes de la 21^{ème} paire lors de la formation des gamètes à l'anaphase I ou II.



2. Le syndrome de Turner.

Il est caractérisé par un caryotype présentant 45 chromosomes (au lieu de 46) dont un seul chromosome sexuel X.

Le syndrome de Turner s'explique par la non disjonction des chromosomes à l'anaphase I ou II et lors de gamétogenèse.

3. Le syndrome de Klinefelter.

Il est caractérisé par un caryotype montrant 47 chromosomes dont les chromosomes sexuels sont en triplet (XXY).

Le syndrome de Klinefelter s'explique par la non disjonction des chromosomes à l'anaphase I ou II et lors de gamétogenèse.

TRAVAUX DIRIGES

Exercice 1: une forme de diabète

On connaît une forme de diabète (maladie caractérisée par un taux élevé de glucose dans le sang) héréditaire due à une insuline anormale, inactive. La transmission de la maladie a été étudiée dans une famille dont l'arbre généalogique est présenté ci-dessous.

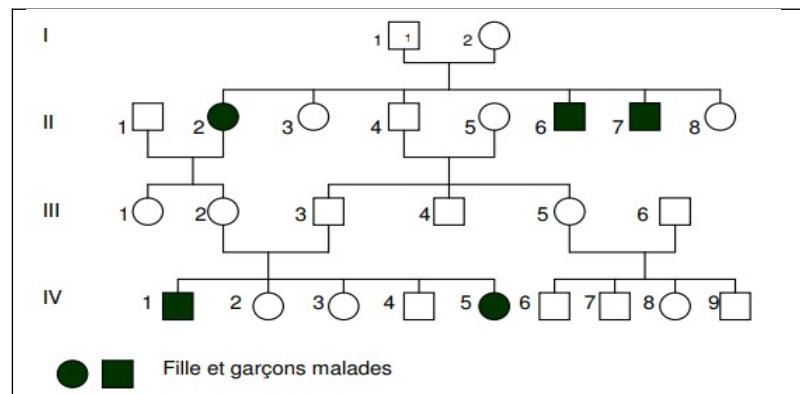
1. A l'aide d'un raisonnement argumenté, indiquez si

- l'allèle responsable de la maladie est dominant ou récessif
- le gène est porté par un autosome ou par un chromosome sexuel.

Pour désigner les allèles "normal" et "anormal" vous emploierez, suivant les cas, les symboles N ou n et D ou d.

2. Ecrivez le génotype de quelques individus judicieusement choisis.

3. Quelle remarque pouvez-vous faire concernant le risque de naissances d'enfants diabétiques chez le couple III2 et III3 ?



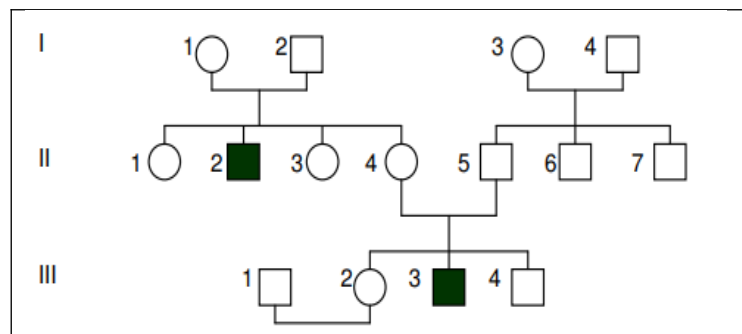
Exercice 2 : l'hémophilie

Un couple vient consulter un médecin pour solliciter un "conseil génétique" : la femme, en début de grossesse, craint

de transmettre à son enfant l'hémophilie car cette maladie est présente dans sa famille.

L'enquête génétique a permis d'établir l'arbre généalogique ci-contre. Les individus III1 et III2 sont les parents consultants.

On signale que la maladie n'est pas connue dans les familles de I2 et II5. On sait, par ailleurs, que l'hémophilie est une maladie de garçons.



1- En argumentant de façon précise, indiquez :

- Si l'allèle responsable de la maladie est dominant ou récessif ;
- Si le gène est porté par un chromosome sexuel ou par un autosome.

2- Etablissez le génotype des individus I2, II2, II4 et III2.

3- Les craintes de la femme III2 sont-elles fondées ? Estimez le risque de naissance d'un enfant atteint

Exercice 3

Dans l'espèce humaine, une enzyme E (la glucose 6 phosphate déshydrogénase) se présente sous deux formes A et B. Ces deux formes ont la même activité enzymatique , mais elles se distinguent lors de leur extraction par électrophorèse : A migre plus rapidement que B. Chacune des deux formes est codée par un allele codominant du même gène (A et B) porté par le chromosome X.

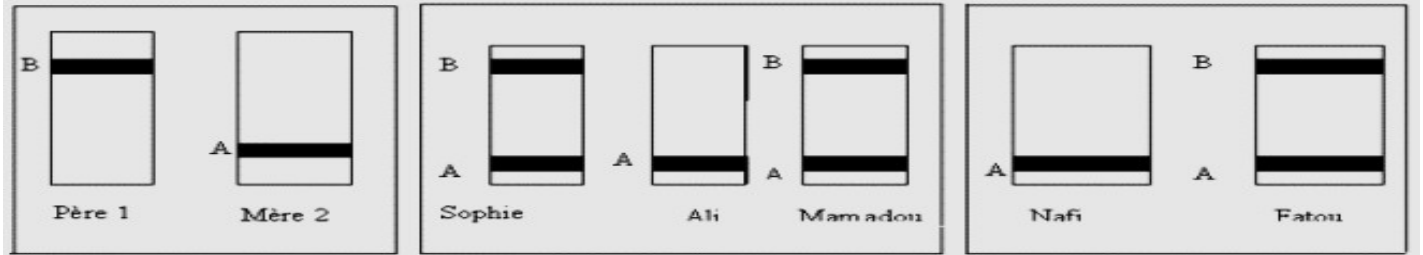
1) - Le document 4 montre les résultats des électrophorèses réalisées pour un couple et leurs trois enfants : Sophie, Ali et Mamadou.

a) Quel est le génotype du père, celui de la mère ? (02 points)

b) Que peut-on dire de Mamadou ? justifier. (1,5 point)

2) - Un autre couple présentant respectivement les mêmes résultats d'électrophorèses que le couple précédent a deux filles, Nafi et Fatou. Une des filles présente une anomalie. Quelle fille ? Quelle anomalie ? (01 point)

3) - Avec de tels parents, quel type d'électrophorèse présenterait une petite fille trisomique 21 ? (01 point)

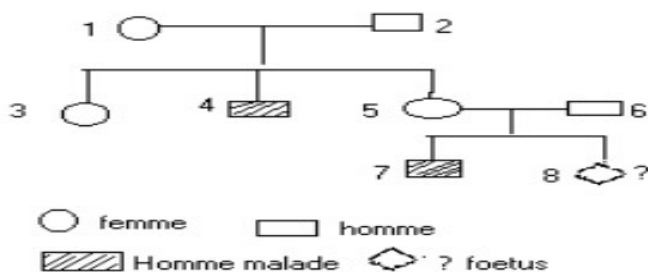


Doc 4

Remarque : L'électrophorèse est une technique pour séparer des constituants chimiques porteurs de charges électriques différentes. Ainsi , déposées sur un papier spécial et placées dans un champ électrique , les protéines se séparent d'autant plus vite que leur charge électrique est plus forte et leur masse molaire plus faible. Elles se dispersent ainsi en bandes parallèles que l'on peut ensuite fixer et colorer.

Exercice 4

Dans une famille dont l'arbre généalogique est représenté par le document 9A, sévit une maladie héréditaire grave. Le couple 5-6 attend un second enfant (8) et demande l'établissement d'un diagnostic prénatal. Des caryotypes sont réalisés : document 9B ; seuls les chromosomes impliqués dans la maladie sont figurés.



A - ARBRE GENEALOGIQUE



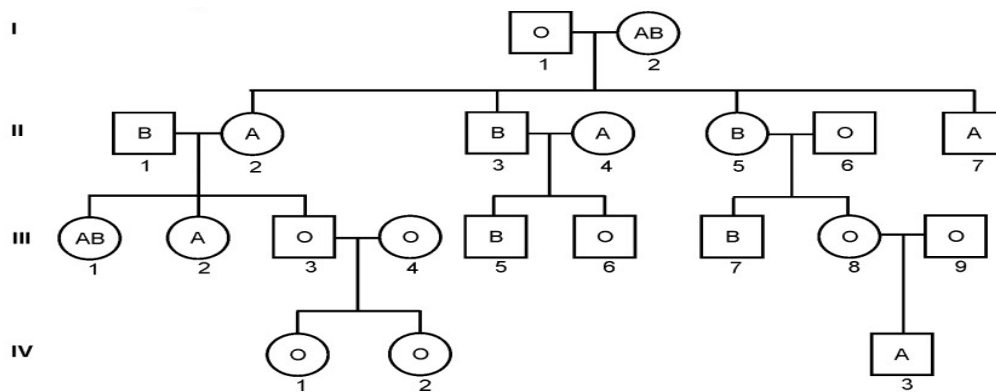
B - Extrait du caryotype des parents et du foetus

Document 9

- 1) D'après l'arbre généalogique, la maladie se transmet-elle suivant un mode dominant ou récessif ? justifier votre réponse.
- 2) L'allèle responsable de la maladie peut- il être porté par:
 - un autosome?
 - un chromosome sexuel ? lequel? Justifier vos réponses.
- 3) Comparer les chromosomes de la mère (5) et ceux du père (6). Identifier les.
- 4) Déterminer le sexe du fœtus.
 - Les craintes des parents sont-elles fondées?

Exercice 5

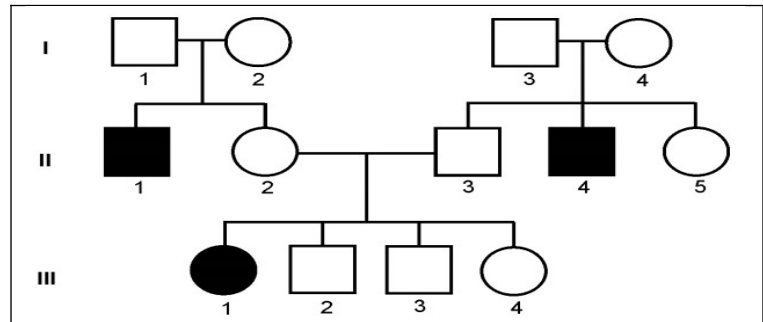
Les phénotypes des groupes sanguins du système ABO étant donnés, examinez l'arbre généalogique suivant et donnez le génotype de chaque membre de la famille. Peut-on affirmer que l'un d'entre eux est né d'une union illégitime ?



Exercice 6

La drépanocytose ou anémie falciforme est une maladie héréditaire qui affecte la biosynthèse de l'hémoglobine et qui se traduit par la présence d'hématies en forme de faucille renfermant une hémoglobine S anormale, différente de l'hémoglobine A normale.

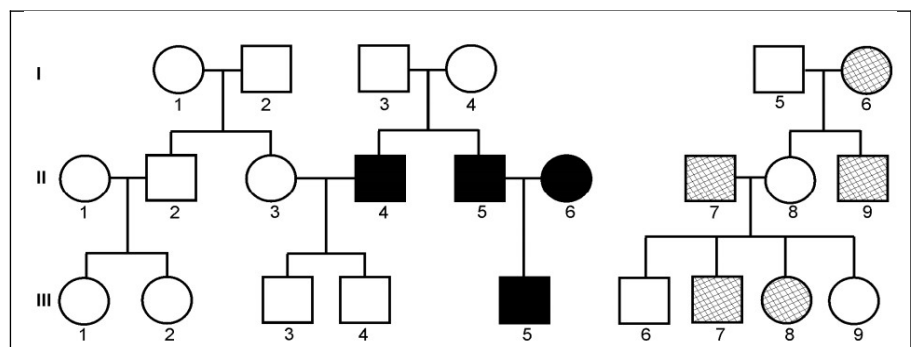
Examinez l'arbre généalogique ci-dessous d'une famille qui en est atteinte et répondez aux questions suivantes.



1. L'allèle responsable de la drépanocytose est-il dominant ou récessif ?
2. L'allèle responsable de la drépanocytose est-il lié au sexe ?
3. Donnez les génotypes des sujets pour lesquels il n'existe aucune ambiguïté.

Exercice 7

Madame Dubois (III-9 sur l'arbre généalogique) est enceinte et s'inquiète des anomalies que risque de présenter son enfant. Son époux (III-4 sur l'arbre généalogique) est en effet issu d'une famille de sourds-muets (maladie autosomique représentée en symboles noirs) et elle-même d'une famille de daltoniens (maladie liée à l'X représentée en symboles hachurés). Examinez l'arbre généalogique de ces deux familles et répondez aux questions suivantes.



- 1- La surdi-mutité est-elle une maladie dominante ou récessive ? Donnez le génotype de Monsieur Dubois.
- 2- Le daltonisme est-il une maladie dominante ou récessive ? Donnez le génotype de Madame Dubois.
- 3- Sachant que le patrimoine héréditaire de chacun des conjoints est absolument exempt de l'anomalie de l'autre famille, pensez-vous que l'enfant à naître puisse être daltonien ? Sourd-muet ? Daltonien et sourd-muet ? Ni l'un, ni l'autre ?

Exercice 8

Monsieur Dupont pense que son enfant Didier n'est pas de lui et qu'il a été échangé en bas âge à la maternité avec l'enfant Michel attribué à Monsieur Martin. Un examen sanguin indique en effet que Monsieur Dupont est du groupe A, sa femme du groupe B et Didier du groupe O.

A. Pensez-vous que Monsieur Dupont a raison ?

On effectue alors des prélèvements chez les Martin qui révèlent que Monsieur Martin est du groupe B, sa femme du groupe O et Michel du groupe AB.

B. Cette expertise éclaire-t-elle le problème ?

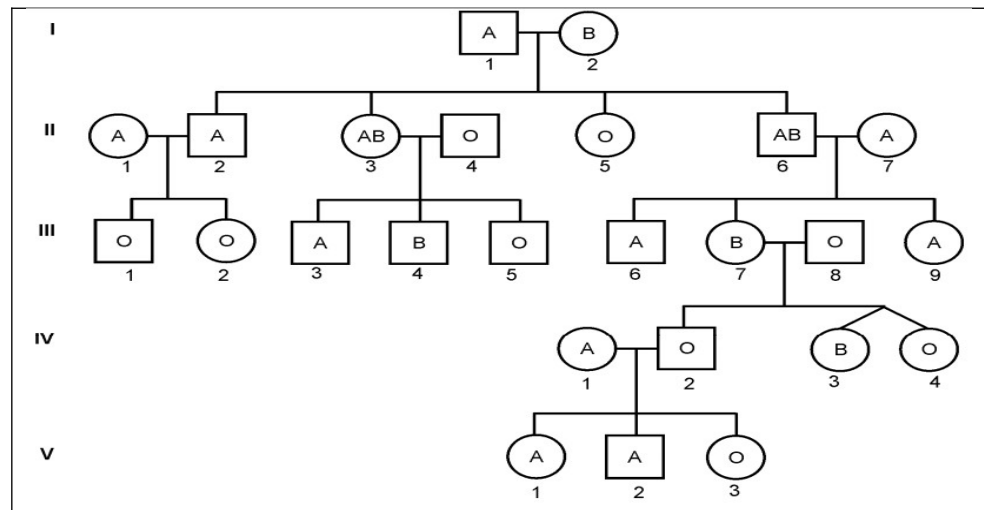
Exercice 9

Soit l'arbre généalogique suivant.

A. Donnez le génotype de chaque membre de la famille.

B. Quel enfant est né d'une union illégitime ?

C. La différence de phénotype entre IV-3 et IV-4 est-elle normale ?



Exercice 10

Le système Rhésus est gouverné par trois couples d'allèles localisés sur le chromosome 1 qui, en fonction de leurs combinaisons, conduisent au phénotype Rh+ ou Rh- et dont la transmission est indépendante du système ABO. Ainsi, le groupe A+ peut correspondre à plusieurs génotypes selon que le sujet est A/A ou A/O et Rh+/Rh+ ou Rh+/Rh-.

Jean est du groupe A+, sa mère du groupe O-.

A. Quel est son génotype ?

B. Quels pouvaient être les phénotypes de son père ?

C. S'il épouse une femme du groupe AB-, quels pourront être les phénotypes de ses enfants ?

Exercice 11

On se demande si un échange a pu avoir lieu dans une maternité entre deux nouveau-nés. En effet, Monsieur Lenoir de groupe AB+ et Madame Lenoir de groupe O+ prétendent que l'enfant Lionel de groupe AB+ ne peut être le leur.

A. Pensez-vous qu'ils ont raison ?

B. Madame Lenoir aurait-elle pu avoir un enfant AB+ avec un autre père ?

C. Romain né en même temps que Lionel est du groupe A-. Pourrait-il être l'enfant de Monsieur et Madame Lenoir ?

D. Les parents Rougier auxquels on a attribué Romain sont respectivement du groupe AB- et du groupe A+. Peuvent-ils être les parents de Lionel ?

Exercice 12

L'arbre généalogique suivant présente une famille atteinte d'une maladie héréditaire rare.

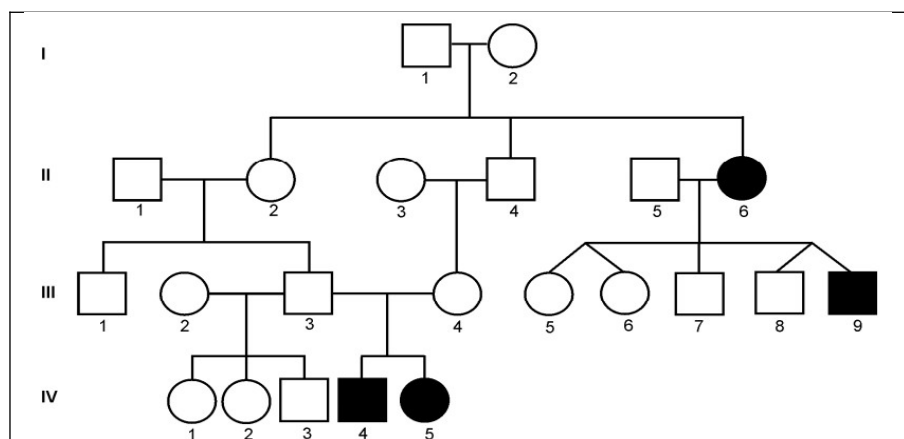
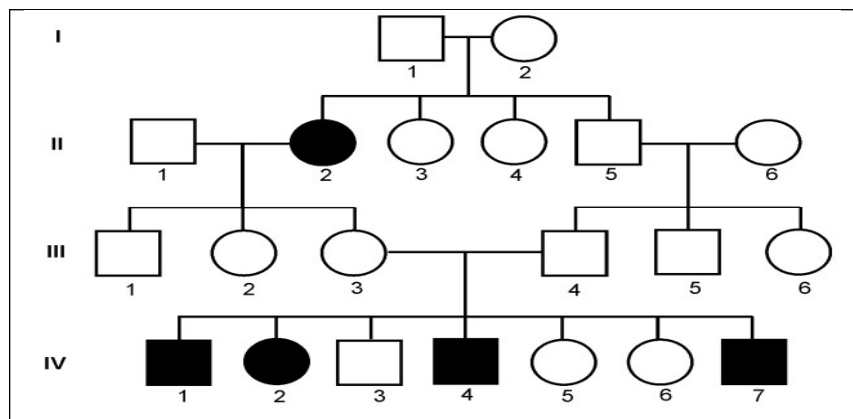
A. S'agit-il d'une maladie récessive ou dominante ?

B. S'agit-il d'une maladie autosomique ou liée à l'X ?

C. Donnez les génotypes des sujets I-1, I-2, II-5, II-6, III-3 et III-4.

D. Les jumeaux III-5 et III-6 sont-ils homozygotes ou hétérozygotes ?

E. Les jumeaux III-8 et III-9 sont-ils monozygotes ou dizygotes ?



- F. Les parents III-3 et III-4 auraient-ils pu avoir des enfants de phénotype sain ?
 G. Que peut-on penser de leur union ?

Exercice 13

Sachant que l'hémophilie est une maladie récessive liée à l'X et que la présence des deux allèles responsables est létale, étudiez la descendance :

- A. d'un homme sain et d'une femme vectrice,
 B. d'un homme hémophile et d'une femme saine,
 C. d'un homme hémophile et d'une femme vectrice.
 À quel pourcentage d'enfant hémophile peut-on s'attendre dans chaque cas?

Exercice 14

Julien est issu d'une famille atteinte de daltonisme (affection héréditaire récessive liée à l'X). Son arrière-grand-mère distinguait parfaitement les couleurs mais son mari confondait le vert et le rouge. Leur fils Jean était également daltonien ainsi qu'une de ses deux sœurs. Françoise, la sœur daltonienne de Jean, a eu trois enfants : deux garçons daltoniens et une fille qui ne l'était pas. Jean a eu deux enfants, un garçon et une fille, qui ne présentaient pas l'anomalie. Claire, la fille de Jean, a épousé un daltonien. Ensemble, ils ont eu deux garçons (dont Julien) et deux filles qui distinguaient parfaitement les couleurs.

- A. Construisez l'arbre généalogique de la famille en utilisant la représentation graphique conventionnelle.
 B. Indiquez le génotype de chaque membre de la famille.
 C. Claire aurait-elle pu avoir avec son époux des enfants daltoniens ?
 D. En se mariant avec une femme daltonienne, les garçons de Françoise pourront-ils avoir des enfants sains ?
 E. La sœur aînée de Julien s'est mariée avec un homme sain. Pourra-t-elle donner naissance à des enfants daltoniens ?

Exercice 15

Vers le milieu du XVIII^{ème} siècle, Pierre Moreau de Maupertuis rapporte l'observation suivante : « *Jacob Ruhe, chirurgien à Berlin, est né avec six doigts à chaque main et à chaque pied ; il tient cette singularité de sa mère Elisabeth Ruhe, qui la tenait de sa mère Elisabeth Horstmann, de Rostock. Elisabeth Ruhe la transmet à quatre enfants des huit qu'elle eut de Jean-Christian Ruhe, qui n'avait rien d'extraordinaire aux pieds, ni aux mains. Jacob Ruhe, l'un de ses enfants sexdigitaires, épousa à Dantzig, en 1733, Sophie-Louise de Thüngen, qui n'avait rien d'extraordinaire ; il en eut six enfants ; deux garçons ont été sexdigitaires. L'un d'eux, Jacob et Ernest, a six doigts au pied gauche et cinq au droit ; il avait à la main droite un sixième doigt qu'on lui a coupé ; à la gauche, il n'a à la place du sixième doigt qu'une verrue. On voit par cette généalogie que j'ai suivie avec exactitude que le sexdigitisme se transmet également par le père et par la mère* ».

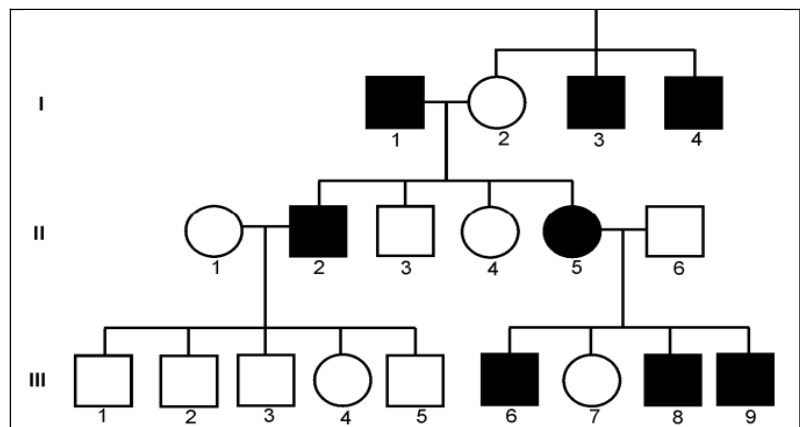
- A. Reconstituez l'arbre généalogique de cette famille en utilisant la représentation graphique conventionnelle.
 B. Les conjoints d'Elisabeth Horstmann et d'Elisabeth Ruhe étant issus de familles exemptes de l'anomalie, est-il possible de savoir si le sexdigitisme est un caractère dominant ou récessif et si sa transmission est liée au sexe ?
 C. Indiquez le génotype de chaque membre de la famille.
 D. À supposer que Jacob-Ernest se soit marié avec une femme non porteuse de l'anomalie, quelle aurait été sa descendance théorique ?

Exercice 16

L'arbre généalogique ci-dessous présente une famille atteinte d'une maladie héréditaire rare.

- A. Sachant que II-1 et II-6 en sont totalement exempts, trouvez-vous des objections aux affirmations suivantes :
- le gène responsable est dominant et il est porté par des autosomes ;
 - le gène responsable est récessif et il est porté par des autosomes.

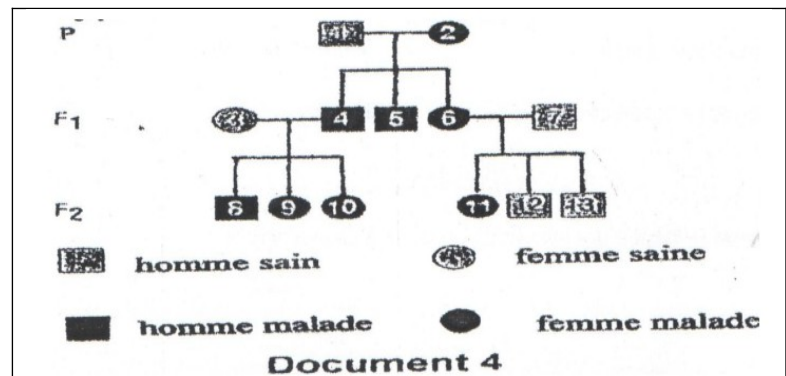
- B. Pouvez-vous proposer une autre hypothèse ?
 C. Établissez le génotype de chaque membre de la famille



Exercice 17

Matthieu, un jeune enfant de quelques mois présente de graves crise de dysurie (difficulté à uriner) due à un mauvais catabolisme de l'adénine se traduisant par une accumulation de cristaux d'hydroxyadénine dans les urines. On dose alors l'enzyme responsable de la dégradation normale de l'adénine chez plusieurs membres de la famille. Les résultats, exprimés en pourcentage d'activité sont les suivants :

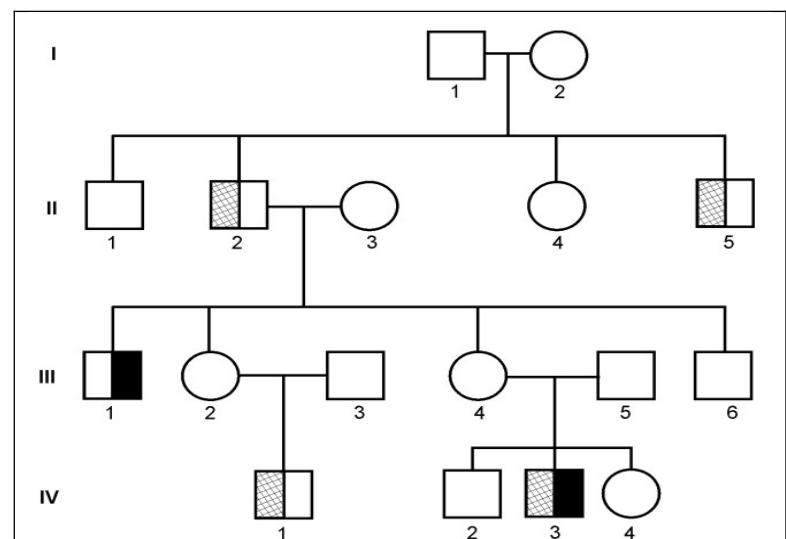
- mère : 50% d'activité,
- père : 50% d'activité,
- grand-mère maternelle : 100% d'activité,
- grand-père maternel : 50% d'activité,
- grand-mère paternelle : 50% d'activité,
- grand-père paternel : 100% d'activité,
- Matthieu : traces à peine visibles,
- frère jumeau de Matthieu : 100% d'activité.



- A. Établissez l'arbre généalogique de la famille en utilisant la représentation graphique conventionnelle.
- B. Que peut-on penser du couple d'allèles qui gouverne la synthèse de l'enzyme assurant la dégradation normale de l'adénine ?
- C. Cette maladie est-elle liée à l'X ?
- D. Donnez les génotypes de chaque membre de la famille.
- E. Comment expliquer que le frère jumeau de Matthieu ne soit pas atteint ?

Exercice 18

L'arbre généalogique suivant représente une famille dont certains sujets sont atteints d'hémophilie (symboles à demi tramé) ou de daltonisme (symboles à demi noirci).



Sachant que I-1 et I-2 sont issus de familles absolument exemptes du gène du daltonisme et que II-3 et III-3 ne possèdent pas le gène de l'hémophilie dans leur famille, répondez aux questions suivantes.

- A. Le gène du daltonisme est-il dominant ou récessif et est-il lié au sexe ?
- B. Le gène de l'hémophilie est-il dominant ou récessif et est-il lié au sexe ?
- C. Comment expliquez-vous le cas IV-3 ?
- D. Donnez le génotype de chaque membre de la famille.

E Exercice 20

Une des formes de polykystose rénale est observée tardivement chez l'être humain (vers 50 ans). Elle se manifeste par une insuffisance rénale grave, nécessitant une hémodialyse et parfois même une greffe de rein. Le document 4 représente l'arbre généalogique d'une famille où la maladie s'est déclarée.

- 1) Recherchez, en vous servant de l'arbre généalogique, si l'allèle responsable de la maladie est dominant ou récessif, sachant que les individus 1, 3, 7 proviennent de familles où la maladie ne s'est jamais manifestée.
- 2) Dites, en le justifiant, si la maladie est portée par un chromosome sexuel ou un autosome.
- 3) Donnez, en justifiant vos réponses, le génotype des individus 10, 13 d'une part et des individus 5, 9 d'autre part.
- 4) Imaginez un mariage entre les cousins germains 8 et 11
 - a- Retrouvez les génotypes des individus 8 et 11.
 - b- calculez les proportions théoriques de maladies et de sujets non atteint dans la descendance.

Exercice 21

Moussa est atteint d'une maladie particulière. Son épouse Mariam ne présente pas cette maladie. Ils ont deux enfants non malades : une fille Korotoum et un garçon Issa. Issa épouse Hélène qui n'est pas atteinte de la maladie. Issa et sa femme ont trois enfants parmi lesquels la seule fille et l'un des garçons sont malades.

Korotoum, quant à elle, se marie à Tagro qui est malade ; ils ont une seule fille, Ami, qui n'est pas malade.

- 1) Reconstituer l'arbre généalogique de cette famille.
- 2) Démontrez que l'allèle responsable de cette maladie particulière est dominant ou récessif.
- 3) Démontrez que l'allèle responsable de la maladie est porté par le chromosome sexuel X ou par un autosome.
- 4) Écrivez les génotypes d'Issa, Hélène et leur descendance.

Exercice 22

L'arbre généalogique ci-dessous montre une anomalie apparue dans une famille. Le couple (II1, II2) a vécu dans une zone urbaine et ses descendants se sont mariés avec des membres de familles très diverses

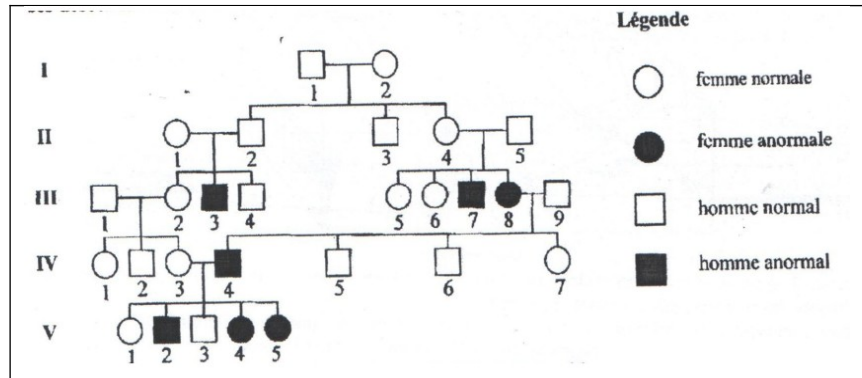
1) Par un raisonnement logique, démontrez que l'allèle responsable de l'anomalie est récessif ou dominant.

2) Pour préciser le déterminisme de cette anomalie, deux hypothèses vous sont proposées :

- l'allèle serait porté par le chromosome X ;
- l'allèle serait porté par un autosome.

À l'aide d'un raisonnement logique, indiquez l'hypothèse qui convient.

3) Écrivez les génotypes des individus II1, II2, III3.



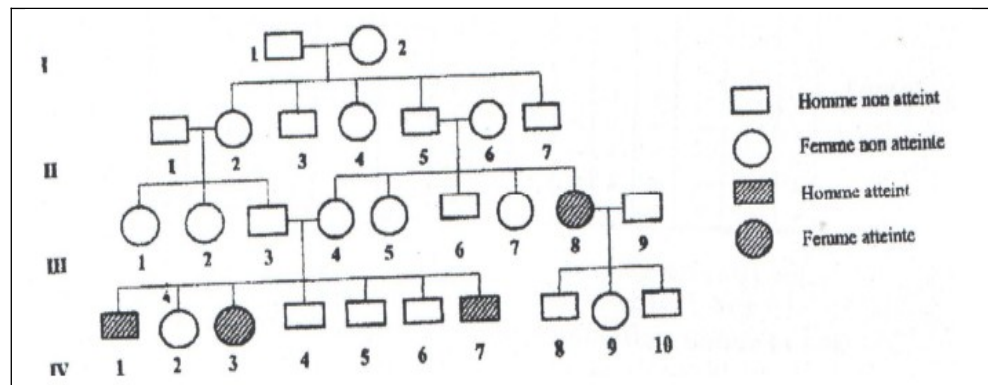
Exercice 23

Le fructose est un ose apporté notamment par le miel. Il est transformé au niveau du foie, grâce à un système enzymatique, en un produit qui rejoint la voie d'utilisation du glucose.

L'intolérance au fructose est une maladie héréditaire due à une insuffisance enzymatique. Les maladies éliminent le fructose dans les urines.

L'étude de la transmission de cette maladie dans une famille a permis de réaliser l'arbre généalogique suivant :

- 1) Montrez que l'allèle responsable de cette maladie est dominant ou récessif.
- 2) Précisez le déterminisme génétique de cette maladie (liaison ou non au sexe).
- 3) Dans cet arbre généalogique, certains individus ont des génotypes certains.
 - a- Identifiez ces individus en justifiant votre réponse.
 - b- Donnez leurs génotypes.
- 4) Expliquez la fréquence de la maladie à la génération IV.



Exercice 24

Dans une famille, il existe des anomalies génétiques se traduisant par une absence de glucose-6-phosphate déshydrogénase (G6PD), enzyme intervenant dans le métabolisme glucidique de l'hématie. Le document ci-dessous présente 4 pedigrees.

IV3 risque d'avoir des enfants malades.

b- Donnez la probabilité pour qu'elles en aient si elles épousent un homme sain.

Exercice 27

Madame X, qui est née d'un père sourd-muet, attend un enfant. Craignant que celui-ci soit atteint de la même « maladie », elle décide de consulter un médecin généticien qui, à la suite d'un interrogatoire établit l'arbre généalogique ci-contre.

- 1) Montrez par un raisonnement logique que l'allèle de la surdité mutité est
a- récessif ou dominant ;
b- porté par un autosome ou par un chromosome sexuel ;
- 2) A la question : « Docteur, mon enfant risque-t-il d'être sourd-muet ? » :
a- que va répondre le médecin ?
b- justifiez clairement votre réponse.
- 3) On admet qu'en France il y a environ une personne sur trente ($1/30$) qui, pour le caractère surdité mutité considéré, possède le génotype des grands parents paternels de Madame X (I3 et I4). Si Madame X risque d'avoir un enfant sourd-muet, calculez la probabilité pour qu'elle en ait un.

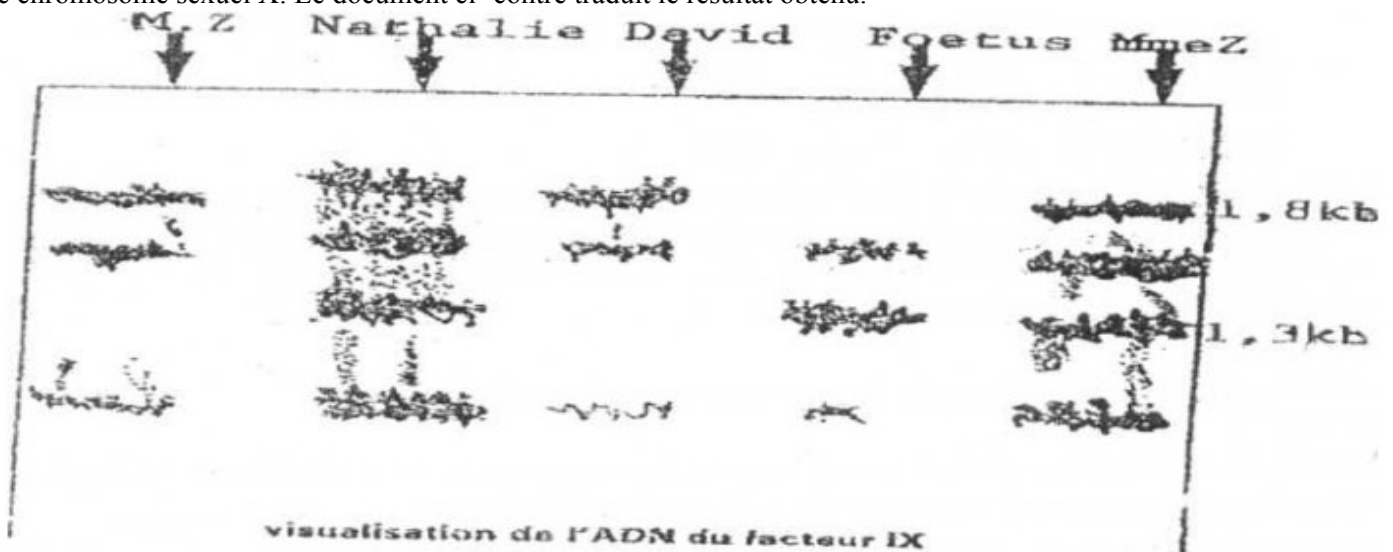
Exercice 28

Le daltonisme est une anomalie de la vision des couleurs gouvernée par un gène récessif d lié au chromosome sexuel X. un homme daltonien épouse une femme à vision normale. Le couple a 3 enfants : Pierre qui est daltonien, Lison qui est daltonienne, Sylvie dont la vision normale. Lison a 4 enfants : 2 garçons daltoniens et 2 filles à vision normale. Pierre qui épouse une femme à vision normale a 3 enfants, un garçon et 2 filles tous à vision normale. L'une de ces filles épouse un garçon daltonien, elle donne naissance à 5 enfants : 3 garçons et 2 filles, dont aucun n'est daltonien.

- 1) Construisez le pedigree de cette famille.
- 2) a- Ecrivez le génotype de la femme à vision normale,
b- Justifiez votre réponse.
- 3) a- Écrivez le génotype du père des enfants de Lison.
b-justifiez votre réponse.
- 4) Écrivez les génotypes de la femme de Pierre et de ses filles.
- 5) Expliquez pourquoi les petits enfants de Pierre ont tous une vision normale.

Exercice 29

Monsieur et Madame Z ont déjà deux enfants normaux : une fille, Nathalie, et un garçon, David. Madame Z, enceinte une nouvelle fois, est inquiète, car, dans sa famille, certains sujets sont atteints d'hémophilie B (déficit du facteur IX de coagulation du sang). A partir de quelques cellules prélevées sur Monsieur et Madame Z, sur Nathalie, David et le fœtus, on réalise le test d'ADN du facteur IX dont le gène est situé sur le chromosome sexuel X. Le document ci- contre traduit le résultat obtenu.



- 1) S'il on ne prend pas en compte que les bandes de 1,8 Kb (kilo bar) et de 1,3 Kb :

- a- Identifiez la bande correspondant à l'allèle hémophile et celle correspondant à l'allèle normal,
- b- Justifiez votre réponse
- 2) Justifiez la dominance ou la récessivité de l'allèle hémophile.
- 3) a- Relevez les renseignements qu'apporte l'analyse du document sur les membres de cette famille
- b- Déduisez-en leurs génotypes
- b- justifiez l'inquiétude de madame Z.

Exercice 30

L'arbre généalogique ci-contre est celui d'une maladie héréditaire rare.



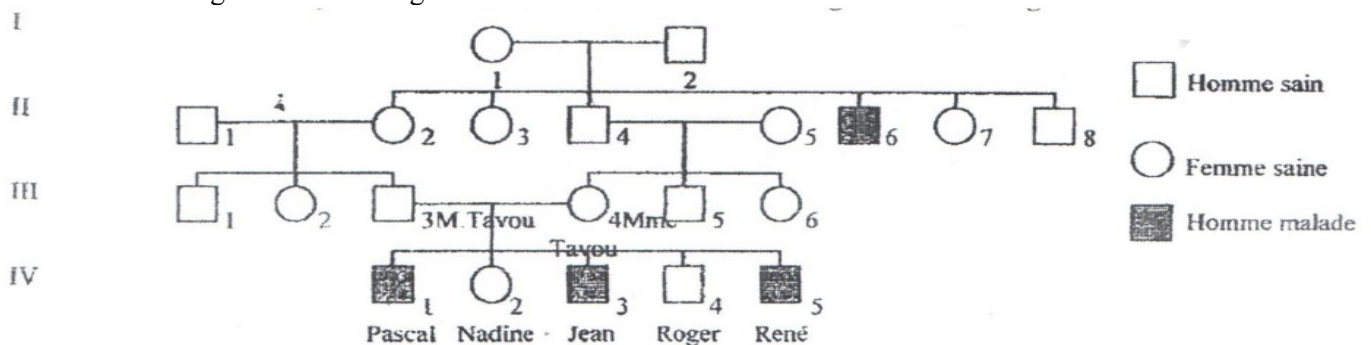
Grâce à une technique de pointe, on peut repérer dans l'ADN d'un individu, de longues séquences de nucléotides caractéristiques d'un gène donné. C'est ainsi qu'on a cherché chez les membres de cette famille, les séquences correspondant à l'allèle normal (M) du gène et à son allèle muté (m) responsable de cette maladie. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Individus	A	B	C	D	E
Nombre de séquences d'ADN (allèle normal)	1	2	1	0	1
Nombre de séquences d'ADN (allèle muté)	0	0	0	1	1

- 1) Montrez que l'allèle responsable de cette maladie est dominant ou récessif.
- 2) a- Peut-on déduire à partir de l'arbre généalogique si la maladie est liée au sexe ou autosomale ?
- b- Envisagez chaque cas.
- 3) a- Le tableau ci-dessous vous permet-il de répondre avec précision à la question précédente ?
- b- Justifiez votre réponse.
- 4) a- À quel prénom de l'arbre généalogique correspond chaque individu A, B, C, D et E ?
- b- Quel est leur génotype ? (en prenant comme symbole : m = allèle normal ; M = allèle muté).

Exercice 31

M. et Mme TAVQU accompagnent leur enfant René qui souffre de troubles digestifs, chez le pédiatre. Le couple est inquiet car deux de leurs enfants qui souffraient des mêmes troubles que ceux René sont décédés. Une analyse d'urine de René révèle une quantité anormalement élevée de galactose (un sucre). Des recherches ont permis au médecin d'établir l'arbre généalogique de la famille de ce couple par rapport à cette maladie (la galactosémie). La galactosémie est due à une déficience en enzymes intervenant dans la transformation du galactose 1-P en glucose 1-P.



Pour en savoir plus, le pédiatre a demandé une analyse biochimique de sang de tous les membres de cette famille ; les résultats sont exprimés en pourcentage d'efficacité de transformation du galactose 1-P en glucose 1-P. Chez M. TAVOU : 50% ; chez Mme TAVOU : 50% ; chez Nadine : 50% ; chez Roger : 100% ; chez René : 0%

- 1) Démontrez, le caractère-héréditaire de la galactosémie.
- 2) A partir de l'arbre généalogique :
 - a- indiquez le mode de transmission de cette maladie (dominant ou récessif).
 - b- justifiez votre réponse.
- 3) La présence chez un individu d'un allèle normal permet la synthèse d'une quantité fonctionnelle d'enzyme

permettant la transformation du galactose 1-P en glucose 1-P. En tenant compte de cette information :

a- Précisez la localisation chromosomique du gène responsable de la maladie.

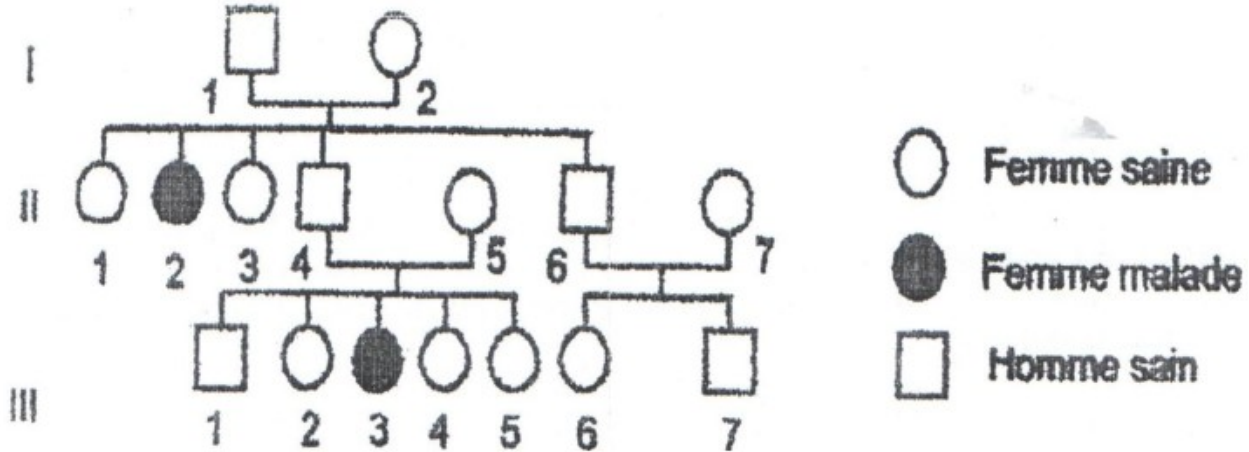
b- Justifiez votre réponse.

4) Déterminez les génotypes de M. et Mme TAVOU ainsi que ceux de leurs cinq enfants.

5) Compte tenu de ses conséquences, donnez un quantitatif au gène responsable de cette maladie.

Exercice 32

Dans une famille, il a été observé une affection du système immunitaire : l'ataxie télangiectasie. Elle est caractérisée par plusieurs symptômes dont un déficit immunitaire responsable de manifestations infectieuses, notamment bactériennes et affectant surtout les voies aériennes supérieures et l'appareil broncho-pulmonaire. L'évolution se fait vers la mort, souvent avant l'adolescence du fait des infections malignes. Le pedigree ci-dessous présente la transmission de cette affection dans une famille.



1) Montrez, que l'allèle responsable de cette maladie est dominant ou récessif.

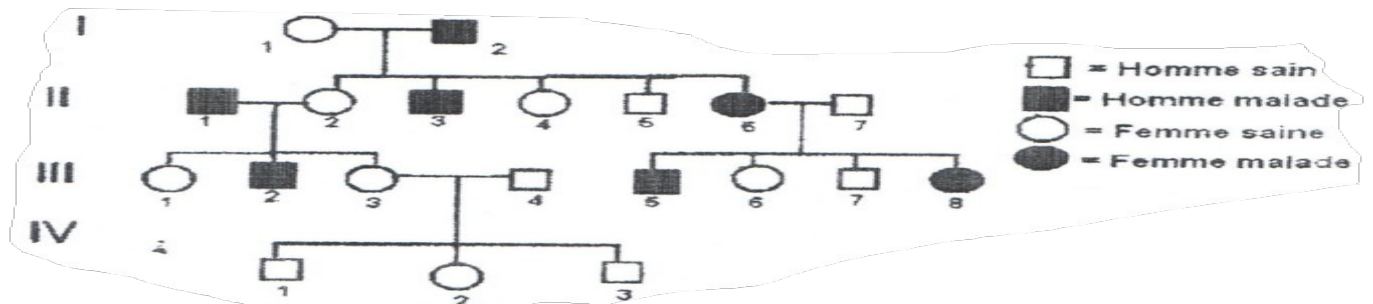
2) Déterminez si l'allèle de cette maladie est autosomal ou lié au sexe.

3) Donnez les génotypes des individus II1, II2, II3 et III1

Exercice 33

La maladie de Recklinghausen se manifeste par une anomalie cutanée d'intensité très variable allant de quelques taches cutanées « café au lait » à la présence de multiples tumeurs.

L'étude de la transmission de cette maladie dans une famille a permis d'établir l'arbre généalogique suivant :



1) Montrer par un raisonnement logique que :

a- l'allèle de cette maladie est dominant ou récessif.

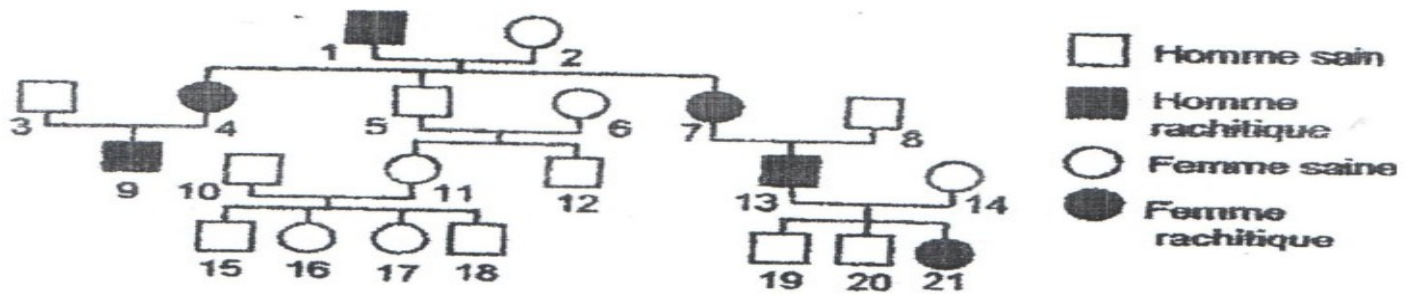
b- l'allèle est porté par un autosome ou un gonosome.

2) Déterminez les génotypes des individus II3, II6, III3 et III7. Justifiez vos réponses.

3) Un couple de malades peut-il avoir un enfant sain ?

Exercice 34

L'arbre généalogique ci-dessous du document 1 représente une famille dont certains membres sont atteints de rachitisme vitamino-résistant qu'un traitement par vitamine ne suffit pas à faire disparaître. Il s'agit d'une anomalie très rare.



Document 1

- 1) Déterminez à partir de cet arbre généalogique, si l'allèle responsable de cette anomalie est récessif ou dominant.
- 2) Démontrez si l'allèle du rachitisme vitamino-résistant est autosomal ou lié au sexe. Envisagez tous les cas possibles.
- 3) Des recherches ont été faites dans plusieurs familles où existe cette maladie. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous (voir document 2) :

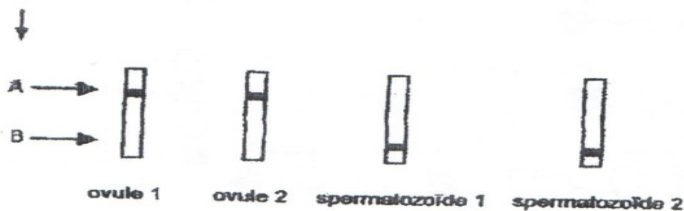
COUPLES	FILLES		GARÇONS	
	normales	rachitiques	normaux	rachitiques
Seul le père est rachitique	0	29	25	0
Seule la mère est rachitique	20	15	17	19

- a- Analysez ces résultats
- b- Déduisez alors si l'allèle est autosomal ou lié au sexe.
- 4) Déterminez si possible les génotypes des individus 1, 2, 7 et 8.

Exercice 35

La glucose-6phosphate déshydrogénase « G6PD », est une enzyme spécifiée par un gène situé sur le chromosome X. par électrophorèse, méthode d'analyse permettant de séparer des constituants ionisés d'un mélange dans un champ électrique, on a mis en évidence deux variantes A et B de la G6PD. On a isolé ce gène chez les gamètes par des méthodes complexes incluant l'électrophorèse. Le document 1 cidessous présente les résultats obtenus chez un couple. L'analyse a porté seulement sur deux ovules et deux spermatozoïdes.

Gènes de la G6PD



Document 1

Gènes de la G6PD

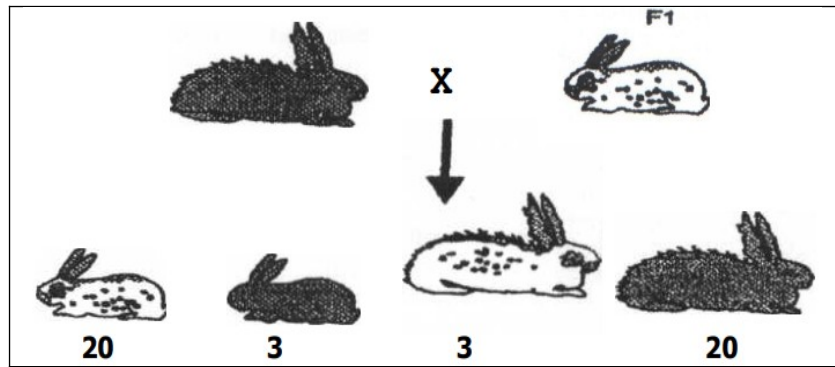


Document 2

- 1) Déterminez les différentes variantes de la G6PD des spermatozoïdes et des ovules analysés.
- 2) Écrivez les génotypes de chacun de ces gamètes, sachant que l'allèle responsable de la variante A est notée A et celle de B est notée B
- 3) Déduisez les génotypes possibles des membres de ce couple
- 4) Les mêmes tests sont faits chez les individus du couple et on obtient les résultats du document 2.
 - a- Déduisez les allèles des deux parents.
 - b- Écrivez leur génotype.
 - c- Ces génotypes sont-ils en adéquation avec ceux des gamètes ? justifiez votre réponse.
 - d- Sachant que les résultats des deux groupes de tests sont justes, expliquez la raison de l'inadéquation constatée.

Exercice 36

Il existe des variétés de rats, de lapins et de chèvres remarquables par la longueur de leurs poils. Elles sont dites angoras. On a aussi les variétés dites papillons dont le corps est tacheté de noir. On croise un lapin angora à corps noir avec un lapin à poils courts et papillon. On obtient à la F1 uniquement un lapin à poils courts et papillon. On fait ensuite le croisement ci-après :



Le nombre placé sous chaque animal indique son effectif dans la descendance.

1) Déterminez les phénotypes dominants et récessifs pour chaque caractère en justifiant votre réponse.

a- Nommez le deuxième croisement effectué.

b- Donnez littéralement les résultats de ce croisement.

3) a- Démontrez que chaque caractère est sous la dépendance d'un couple d'allèles.

b- Choisissez les symboles des phénotypes.

4) a- A partir du système branché, démontrez que les couples d'allèles impliqués dans ce croisement sont indépendants ou liés.

b- Déduisez les génotypes des parents.

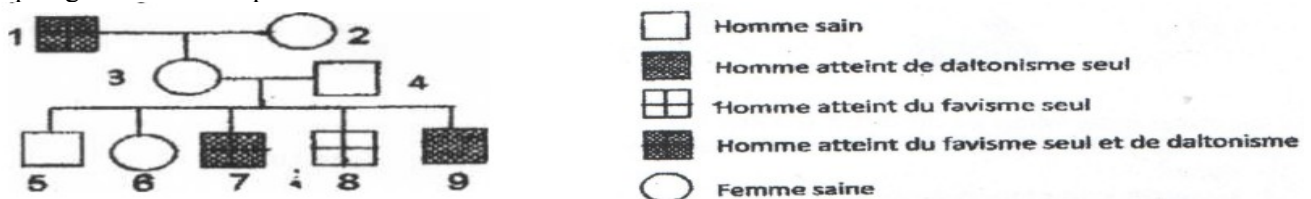
a- Déterminez la distance génétique si possible.

b- Faites la carte factorielle si possible.

Exercice 37

On connaît deux gènes dont l'un est responsable du daltonisme et l'autre du favisme. Le daltonisme est l'impossibilité de reconnaître certaines couleurs et le favisme, une anomalie qui déclenche une hémolyse lorsque le sujet consomme des fèves.

Le pedigree ci-dessous présente la transmission de ces deux maladies dans une famille.



1) Montrez que les allèles responsables du favisme et du daltonisme sont dominants ou récessifs.

2) À partir de l'arbre généalogique proposé, montrez que chacun de ces allèles est hé au sexe ou non en envisageant tous les cas.

3) Grâce aux techniques permettant d'établir la carte physique de tout génome humain, on peut repérer dans l'ADN d'un individu, les séquences de nucléotides d'un gène donné. Ainsi, l'on a déterminé chez les individus de l'arbre généalogique proposé, les séquences d'ADN de l'allèle normal du gène et les séquences d'ADN de l'allèle responsable de la maladie. Les résultats sont consignés dans le document 2.

MALADIES	NOMBRE DE SEQUENCES D'ADN CORRESPONDANT	INDIVIDUS								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Daltonisme	L'allèle normal	1	1	0	2	0	1	2	0	1
	L'allèle de maladie	0	1	1*	0	1*	0	0	1*	0
Favisme	L'allèle normal	0	1	0	1	1	1	2	0	1
	L'allèle de maladie	1*	1	1*	1	0	0	0	1*	0

* = l'allèle entraîne la maladie chez l'individu.

Document 2

a- Analysez méthodiquement ce tableau.

b- Que pouvez-vous en déduire ?

c- Déterminez alors les génotypes des individus du tableau ci-dessus (document 2).

d- Sachant que C et F correspondent aux individus 7 et 4, trouvez la correspondance entre les individus des documents 1 et 2.

4) L'on a suivi la transmission des deux allèles dans plusieurs familles. Les cas étudiés sont ceux semblables au couple (3,4) du document 1 où le père de la femme présente les deux anomalies

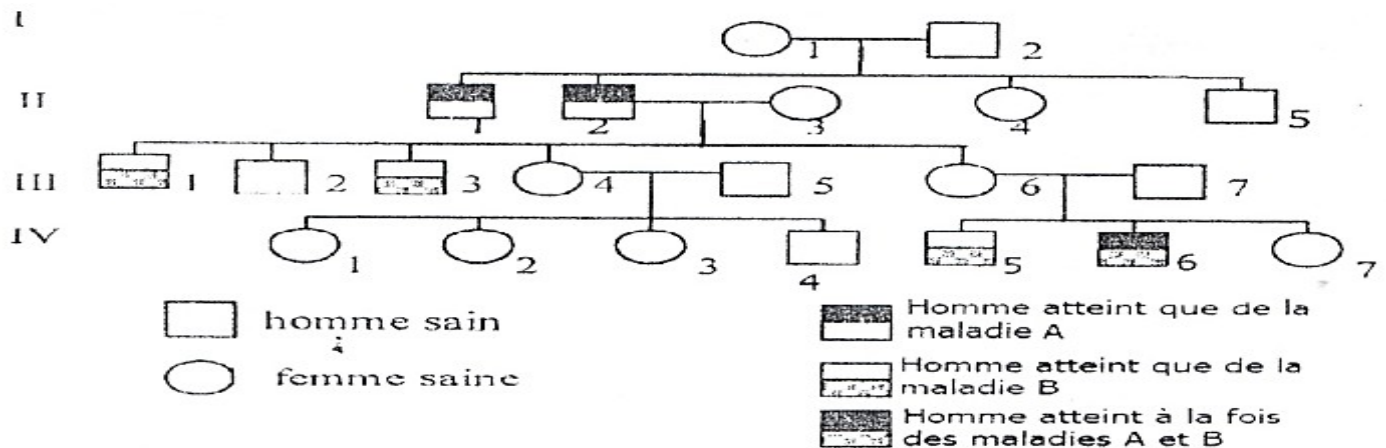
alors que la mère est saine sans être conductrice. La descendance de ces couples se repartie comme l'indique le tableau ci-dessous.

COMPOSITION DE LA DESCENDANCE	NOMBRE
Garçons sains	50
Garçons atteints du daltonisme seul	2
Garçons atteint du favisme seul	3
Garçons atteint du daltonisme et du	45
Filles saines	93

- Calculez la fréquence de chaque catégorie de garçon de cette descendance.
- Expliquez la formation des gamètes qui sont intervenus dans la fécondation donnant chacune de ces catégories de garçons.

Exercice 38

L'arbre généalogique si dessous est celui d'une famille où règnent deux maladies héréditaires nommées A et B.



- Par un raisonnement logique montrez que l'allèle responsable de chaque maladie est dominant ou récessif.
- Par un raisonnement logique montrez que l'allèle responsable de chaque maladie est porté par un autosome ou par un gonosome.
- Dégagez la relation existant entre les gènes des deux maladies A et B
- Déterminez les génotypes des individus II2 et III3
- Déduisez-en celui de l'individu II3 sachant ses parents n'ont jamais eu la maladie A.
- a) Déterminez les génotypes possibles de la femme III6
b) Déterminez son génotype exact à partir de l'analyse de sa descendance.
- Expliquez la coexistence des deux maladies chez l'individu IV6.

ORGANISATION GENERALE DU SYSTEME NERVEUX CHEZ LES MAMMIFERES

Les objectifs pédagogiques.

L'élève doit être capable de :

- 1- Connaître l'anatomie du système nerveux centrale.
- 2- Reproduire et annoter la structure de la moelle épinière.
- 3- Identifier les méninges et leurs rôles.

Introduction

Le système nerveux est un tissu formé de cellules d'un type spécial (neurone) qui contribue à adapter l'organisme au monde extérieur et à régler le fonctionnement interne. Il est formé de l'ensemble d'encéphale + moelle épinière + nerfs périphériques + ganglions.

Du point de vue anatomique, on distingue :

- **le système nerveux central ou axe cérébrospinal** encore appelé névraxe formé de l'encéphale et de la moelle épinière ;
- **le système nerveux périphérique** fait de nerfs et de ganglions qui relient le système nerveux central à tout l'organisme.

Du point de vue physiologique, on distingue :

- **le système nerveux de la vie de relation**, l'organisme avec le monde extérieur (organe des sens) ;
- **le système nerveux de la vie végétative** qui préside à tous les phénomènes de la vie végétative c'est-à-dire aux fonctions de nutrition, de sécrétion etc.

I- ANATOMIE DU SYSTME NERVEUX CENTRALE

A. Encéphale

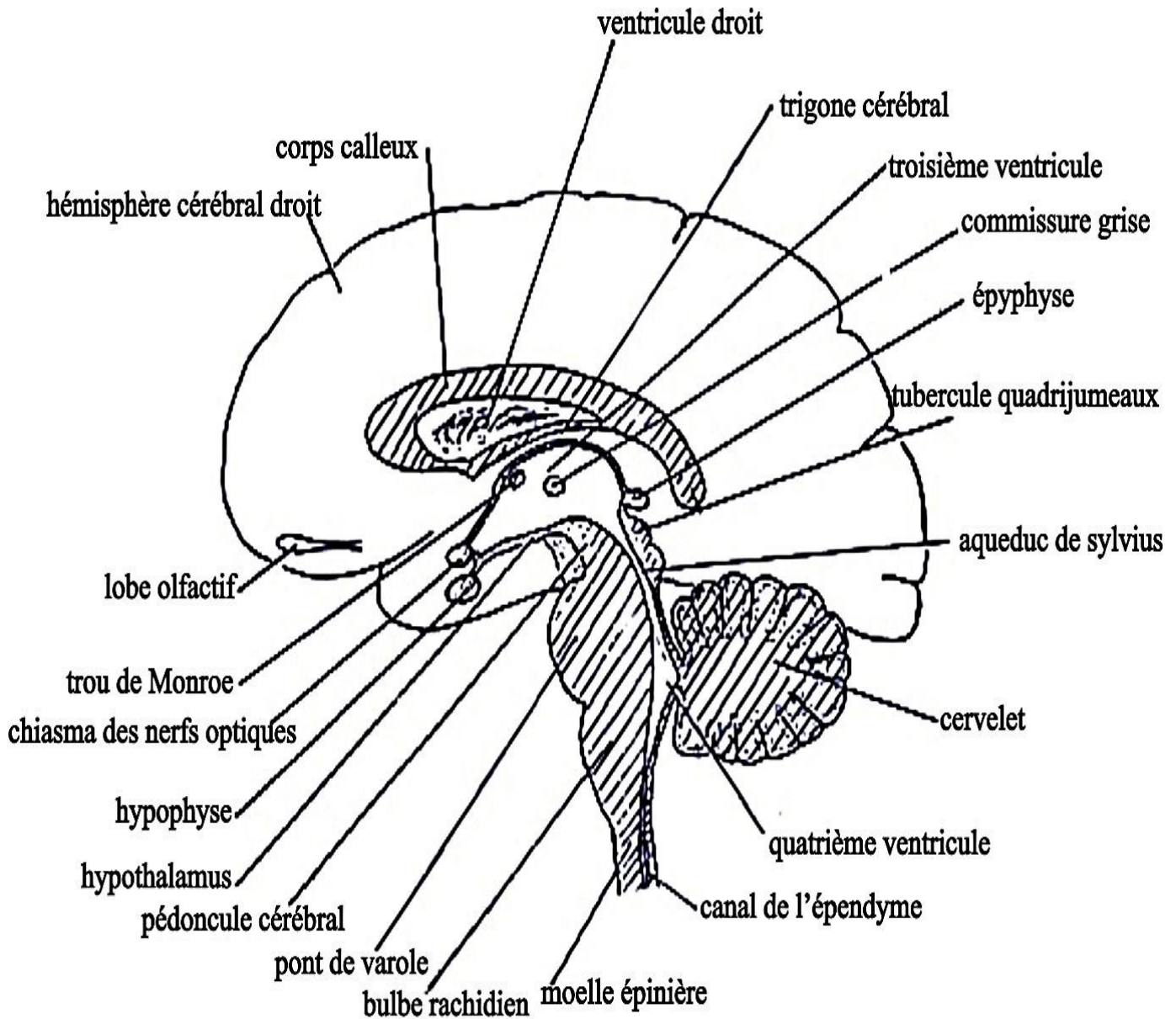
1. Face ventrale

D'arrière en avant, on observe : le bulbe rachidien, la protubérance annulaire ou pont de varole, les pédoncules cérébraux en forme de v vers l'avant, l'hypophyse, les lobes olfactifs de la région antérieure des hémisphères.

2. Face dorsale

La face dorsale montre :

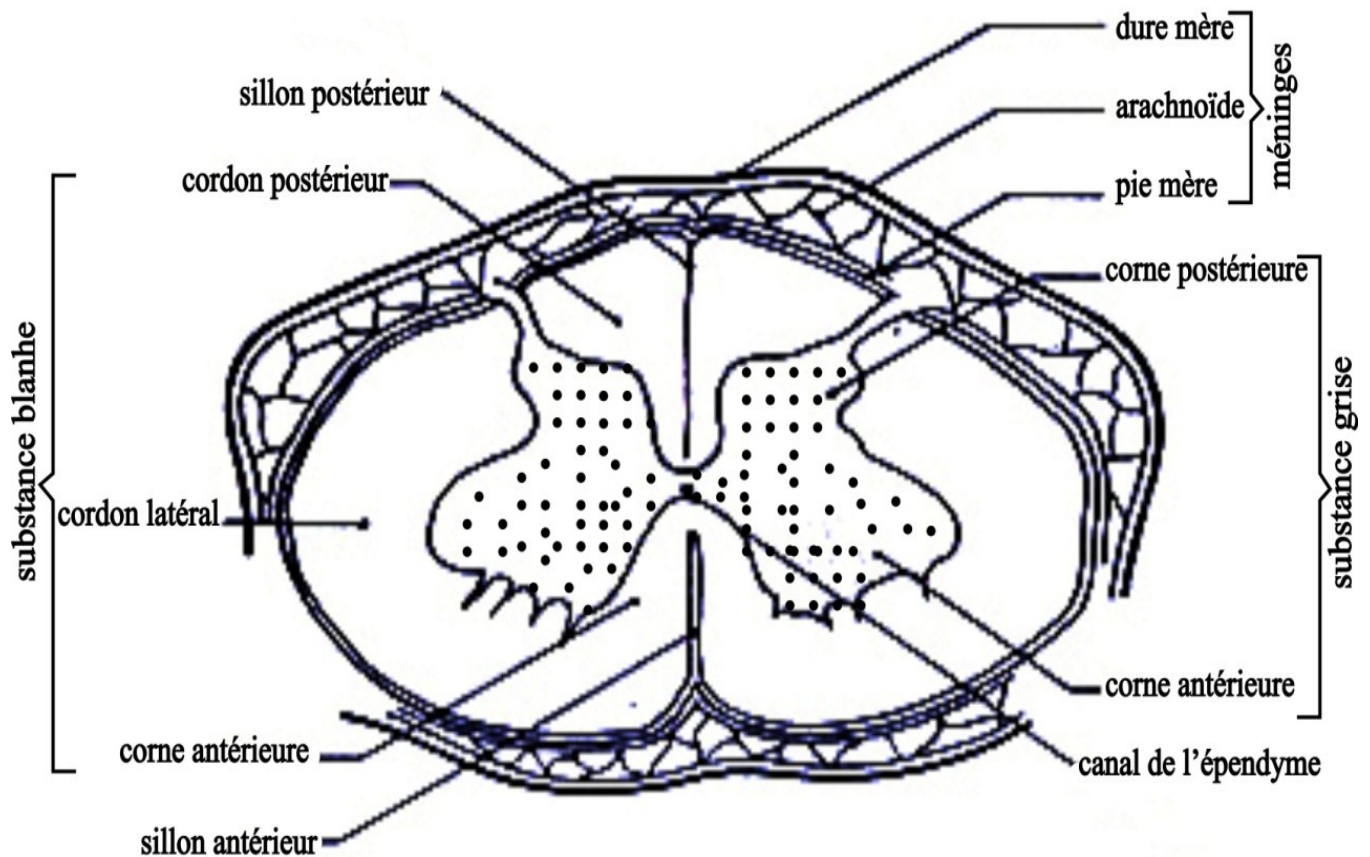
- le cerveau formé de deux hémisphères cérébraux séparés par une scissure inter-hémisphère. Chaque hémisphère est formé de replis appelé circonvolution cérébrale ;
- le cervelet comprenant un lobe médian et étroit appelé vermis ;
- le bulbe rachidien dont le prolongement donne la moelle épinière
- les tubercules quadrijumeaux ou lobe optique
- épiphyse.



Coupe longitudinale de l'encéphale de l'homme.

B. Moelle épinière

- la coupe transversale de la moelle épinière montre 2 régions distinctes au centre. On a la substance grise en forme de H formé de 2 cornes, l'une antérieure, large et courte et l'autre postérieure longue et effilée.
- à la périphérie, on a la substance blanche subdivisée en 2 moitiés symétriques par 2 sillons ou scissure, l'un postérieur étroit et profond et l'autre antérieur large et peu profond.
- les lignes d'émergence des nerfs rachidiens subdivise chaque moitié en 3 cordons (cordons antérieur, latérale, postérieur).



- Structure de la moelle épinière

C. Méninges

L'encéphale et la moelle épinière sont protégés par 3 enveloppes appelées.

- La dure mère : c'est une enveloppe fibreuse et résistante en contact direct avec la face interne des os du crâne . Elle a un rôle protecteur et constitue la membrane la plus externe.
- l'arachnoïde : elle est faite d'un réseau de fibres de toiles d'araignée. L'espace sous l'arachnoïde des remplis d'un liquide céphalo-rachidiens qui permet à l'encéphale de flotter (amortissement des chocs). L'espace entre la dure-mère et l'arachnoïde est appelée espace sous dural.
- La pie-mère : c'est la membrane intime à l'encéphale et à la moelle épinière. Elle a un rôle nourricier.

II- SYSTEME NERVEUX PERIPHERIQUE

A. Les nerfs crâniens

Ils innervent les parties de l'organisme non atteinte par les nerfs rachidiens. Ce sont des nerfs mixtes possédant à la fois des fibres sensitives et des fibres motrices. Ils sont au nombre de 12 paires.

B. Les nerfs rachidiens

De chaque côté de la moelle épinière s'implante 2 racines nerveuses : l'une antérieure issue de la corne antérieure de la moelle ; l'autre postérieure s'enfonce dans la corne postérieure. Ces 2 racines se réunissent pour former un nerf rachidien. Les nerfs rachidiens sont donc des nerfs qui partent de la moelle épinière. Il existe 31 paires de nerfs rachidiens disposés symétriquement des côtés de la moelle épinière. Les racines postérieures des nerfs rachidiens portent des renflements appelés ganglions spinaux. Ces nerfs innervent de différentes parties du corps et sont formés des fibres sensitives et motrices (nerfs mixtes).

LE TISSU NERVEUX ET SES PROPRIETES

Les objectifs pédagogiques.

L'élève doit être capable de :

- 1- Connaître la cellule nerveuse et ses différentes parties.**
- 2- Identifier les types de synapses.**
- 3- Connaître les propriétés d'un nerf.**
- 4- Connaître l'origine et la mesure des potentiels d'action et de repos.**
- 5- Reproduire et Interpréter les potentiels d'action.**
- 6- Identifier les effets des excitations sur le Potentiels d'action.**
- 7- Calculer la vitesse de conduction de l'influx nerveux.**

Introduction

L'axe cérébro-spinal est constitué de deux substances fondamentales: une substance blanche et une substance grise.

L'étude microscopique de ces deux substances permet de connaître les constituants du tissu nerveux et ses propriétés.

I- STRUCTURE DU TISSU NERVEUX.

1. Etude microscopique de la substance grise.

Un prélèvement de la substance grise observé microscope montre au fort grossissement des corps cellulaires qui sont de forme étoilée. Chaque cellulaire ou péricaryon présente deux type de prolongement :

- Des dendrites qui sont de petits prolongements.
- L'axone ou cylindraxe qui est un long prolongement.

Au microscope électronique on trouve dans le hyaloplasme d'un corps cellulaire, un noyau avec des nucléoles, le dictyosome, les mitochondries les corps de nissl ou ergastoplasme, les neurofibrilles, les lysosomes les ribosomes.

2. Etude microscopique de la substance blanche.

L'observation au microscope d'un prélèvement de substance blanche montre des fibres nerveuses. Chaque fibre nerveuse présente un axone. Il existe deux types de fibres nerveuses : les fibres myélinisées et les fibres amyélinisées.

Les fibres myélinisées sont entourées d'une gaine appelées gaine de myéline qui est aussi recouverte par une gaine de Schwann. Le long de la fibre nerveuse, les deux gaines peuvent disparaître par endroits pour former des étranglements de Ranvier.

Les fibres amyélinisées sont celles dont l'axone n'est pas recouvert de gaines (axones nus).



Observation microscopique d'une substance grise.

Observation microscopique d'une substance blanche.

3. Recherché de liens entre corps cellulaires et fibres nerveuses.

a- Expérience de dégénérescence Wallérienne.

Waller sectionne le nerf rachidien d'un animal. Il constate que la portion périphérique dégénère tandis que la portion centrale survit et est même capable de régénérer la portion périphérique dans les conditions expérimentales. la portion centrale renferme donc les corps cellulaires tandis que la portion périphérique renferme les fibres nerveuses. Les corps cellulaires et les fibres nerveuses sont donc liés.

b- Observation médicale.

Le virus de la poliomyélite détruit les corps cellulaires situés au niveau des cornes antérieures de la moelle épinière et cela entraîne la dégénérescence des fibres nerveuses correspondantes et la paralysie des membres innervés par ces fibres.

Un corps cellulaire et une fibre nerveuse font partie d'une même cellule appelée cellule nerveuse ou un neurone.

4. Etude des neurones.

a- Définition.

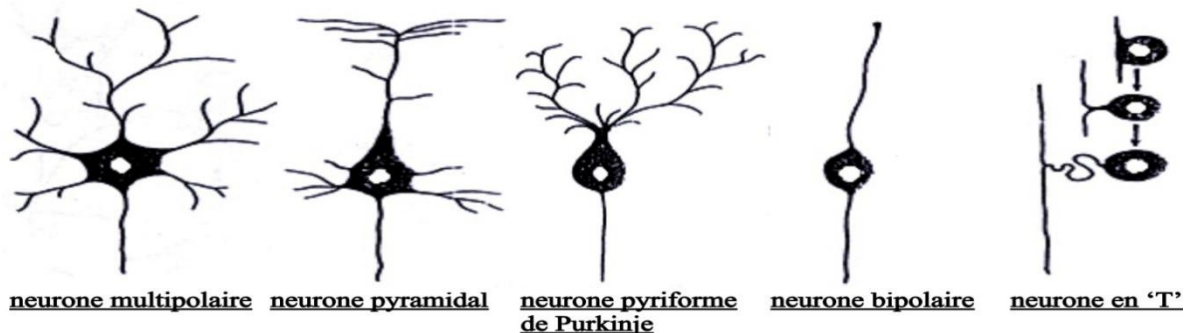
Un neurone ou une cellule nerveuse est une cellule formée d'un corps cellulaire et d'une fibre nerveuse.

b- Les types de neurone.

Il existe cinq types de neurones :

- Les neurones multipolaires : ils sont contenus dans la corne antérieure de la moelle épinière.
- Les neurones pyramidaux : ils sont situés au niveau du cortex cérébral
- Les neurones pyriformes de Purkinje : ils sont contenus dans le cortex cérébelleux (cervelet)
- Les neurones bipolaires : ils sont situés au niveau de la rétine.
- Les neurones en T ou neurones unipolaires : ils sont contenus dans les ganglions spinaux.

Structure d'un neurone



Les différents types de neurones

Remarque : les neurones sont des cellules spécialisées car ils sont incapables de se diviser dans l'organisme. Chaque individu naît avec un stock de neurone qui ne peut renouveler.

5. Notion de synapses.

a- Définition.

Une synapse est une zone de contact entre deux neurones ou entre un neurone et un autre organe (muscle par exemple).

b- Les types de synapses.

Il existe deux types de synapses : les synapses neuromusculaires (ou plaque motrice) et les synapses neuro-neuroniques.

b1 : La plaque motrice ou synapse neuromusculaire.

Une plaque motrice est une zone de contact entre un neurone et une fibre musculaire.

b2 : Synapses neuro-neuroniques (neuro-neurales).

Une synapse neuro-neuronique est une zone de contact entre deux neurones.

Il existe trois sortes de synapses neuro-neuroniques :

- **Synapse axo-dendritique** : c'est une synapse entre l'axone d'un neurone et les dendrites d'un autre neurone.
- **Synapse axo-somatique** : c'est une synapse réalisée entre l'axone d'un neurone et le corps cellulaire d'un autre neurone.
- **Synapse axo-axonique** : c'est une synapse entre deux axones de deux neurones.

Ultrastructure d'un neurone avec les différents types de synapses.

II- PROPRIÉTÉS D'UN NERF.

A- Structure d'un nerf.

Une coupe transversale d'un nerf montre des faisceaux de fibres nerveuses. Chaque faisceau est entouré d'une gaine conjonctive. Entre les faisceaux, on trouve un tissu conjonctif contenant des

vaisseaux sanguins. Les fibres nerveuses sont des structures fondamentales d'un nerf car elles confèrent au nerf ses propriétés fondamentales.

Coupe transversale d'un nerf.

B- Mise en évidence des propriétés d'un nerf.

- **Expérience et observation** : On détruit l'encéphale d'une grenouille (grenouille spinale ou grenouille dont il ne reste que la moelle épinière comme centre nerveux) puis on met à nu son nerf sciatique qui est relié au muscle gastrocnémien. Lorsqu'on excite le nerf sciatique, on note la contraction du gastrocnémien.

- **Interprétation** : Le nerf répond à des excitations efficaces : Il est donc excitable. Le nerf a conduit l'influx nerveux vers le muscle : il est conducteur d'influx.

- **Conclusion** : le nerf a deux propriétés fondamentales qui sont :

- L'excitabilité : le nerf répond à une excitation efficace
- La conductibilité : le nerf conduit l'influx nerveux jusqu'à un effecteur.

+ L'excitabilité du nerf.

L'excitabilité est la propriété qu'à une fibre nerveuse à répondre à une excitation efficace.

1. Les excitants.

Un excitant est un corps ou une substance qui est capable de faire naître l'influx nerveux sur une cellule.

Il existe trois types d'excitants :

- Les excitants physiques : c'est le cas du choc électrique
- Les excitants chimiques : c'est le cas des acides et des bases
- Les excitants mécaniques : c'est le cas des chocs élastiques, les piqures, les pincements.

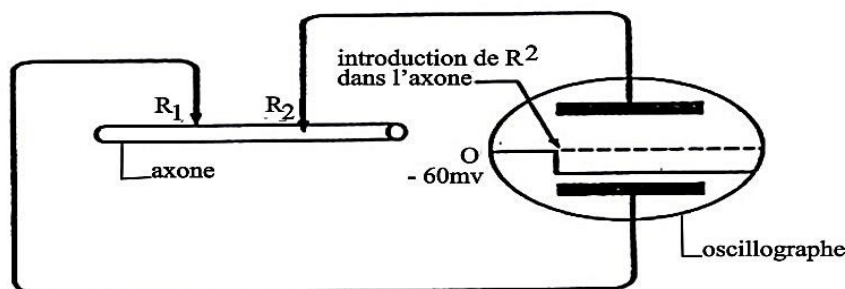
2. Le potentiel de repos.

a- Définition.

Le potentiel de repos ou potentiel transmembranaire est la différence de potentiel qui existe entre l'extérieur et l'intérieur d'une fibre nerveuse non excitée.

b- Mesure du potentiel de repos.

Pour mesurer le potentiel de repos, on utilise deux électrodes réceptrices l'une placée à la surface et l'autre à l'intérieur d'une fibre nerveuse. Ces deux électrodes sont reliées à un oscillographe.



Dispositif d'enregistrement d'un potentiel de repos.

c- Origine du potentiel de repos.

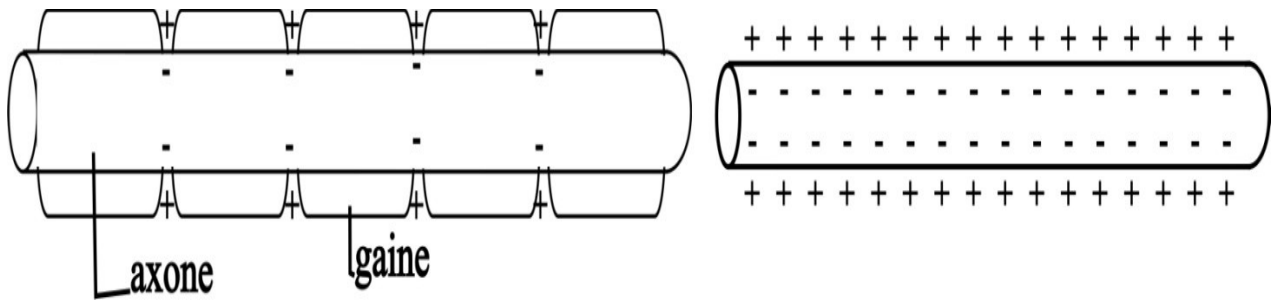
Le potentiel de repos est dû à une inégale répartition des ions K^+ et Na^+ de part et d'autre de la membrane de la fibre nerveuse.

L'inégale répartition des ions est due au fait que la membrane des fibres nerveuses est plus perméable aux ions K^+ qu'aux ions Na^+ au repos comme le montre le tableau suivant :

Cations	Milieu intracellulaire	Milieu extracellulaire
K^+	155 milli osmol/l	5 milli osmol/l
Na^+	12 milli osmol/l	145 milli osmol/l

d- Polarité d'une fibre nerveuse au repos.

Une fibre nerveuse au repos est chargée positivement à sa surface et négativement à l'intérieur



Polarité d'une fibre myélinisée au repos.

Polarité d'une fibre amyélinisée au repos.

3. Effets des excitations.

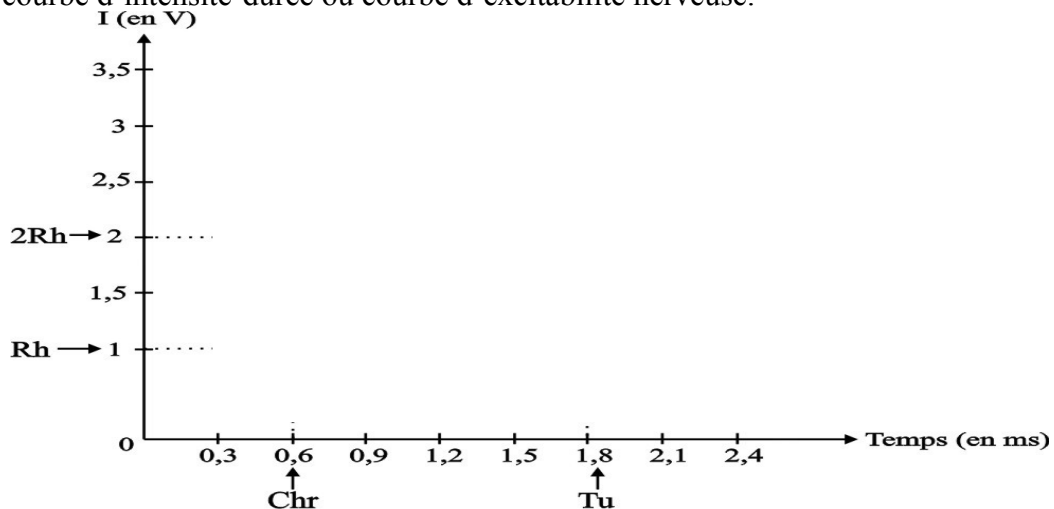
a- Notion de seuil d'excitabilité.

Le seuil d'excitabilité est la plus petite valeur d'intensité de stimulation qui donne une réponse sur un nerf ou une fibre nerveuse.

Pour déterminer le seuil d'excitabilité sur une fibre nerveuse, on porte sur cette fibre des intensités de stimulation variables et on note pour chaque intensité la durée d'application. Les valeurs obtenues sont consignées dans un tableau comme suit :

Temps (ms)	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
Intensité (V)	3,3	2,0	1,5	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0

A partir des valeurs du tableau ci-dessus, on trace la courbe d'intensité de stimulation en fonction du temps ou courbe d'intensité-durée ou courbe d'excitabilité nerveuse.



Courbe d'intensité de stimulation en fonction du temps.

A partir de la courbe, on détermine les paramètres suivants :

La rhéobase : c'est l'intensité minimale ou intensité seuil ou intensité liminaire. Sa valeur sur cette courbe est $Rh = 1V$.

- **Temps utile** : c'est la durée minimale d'application de l'intensité rhéobasique. Sa valeur est $Tu = 1,8$ ms.

La chronaxie : c'est une durée minimale d'application d'une intensité double de la rhéobase. Sa valeur est $Chr = 0,6$ ms.

b- Les facteurs agissant sur l'excitabilité.

L'excitabilité d'un nerf ou d'une fibre nerveuse dépend de plusieurs facteurs tels que :

- La chronaxie : une fibre nerveuse est d'autant plus excitable lorsque sa chronaxie est d'autant plus faible. Si deux fibres nerveuses ont la même chronaxie, la plus excitable est celle qui a la plus faible rhéobase.

- La rhéobase : une fibre nerveuse est d'autant plus excitable lorsque sa rhéobase est d'autant plus faible. Si deux fibres nerveuses ont la même rhéobase, la plus excitable est celle qui a la plus faible chronaxie.
- L'éther est une substance qui augmente la chronaxie nerveuse.
- Le curare : c'est un poison d'origine végétale qui empêche la transmission de l'influx nerveux du nerf au muscle.
- La température : une température élevée entraîne une augmentation de la chronaxie.

c- Potentiel d'action.

c₁- Définition

Le potentiel d'action est la réponse électrique d'un nerf ou d'une fibre suite à une excitation efficace.

c₂- Origine du potentiel d'action (PA).

Le potentiel de repos est dû à une entrée massive des ions Na^+ dans la fibre nerveuse et à une sortie des ions K^+ de la même fibre.

c₃- Mesure du potentiel d'action.

Pour mesurer le potentiel d'action, on utilise deux électrodes excitatrices et deux électrodes réceptrices. Ces dernières sont reliées à un oscillographe.

c₄- Les types de potentiel d'action.

Il existe deux types de potentiel d'action : les potentiels d'action diphasiques et les potentiels d'action monophasiques.

1- Les potentiels d'action diphasiques.

α - Mesure des potentiels d'action diphasiques.

Pour mesurer les potentiels d'action diphasiques, on utilise deux électrodes excitatrices et deux électrodes réceptrices toutes placées à la surface de la fibre nerveuse.

Dispositif d'enregistrement d'un PA diphasique.

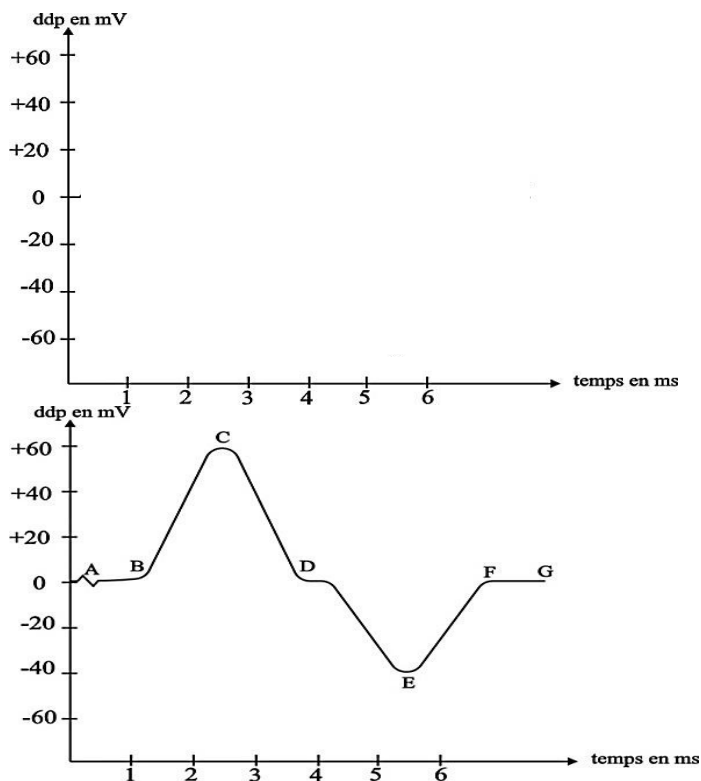
β - Les types de potentiels diphasiques.

Il existe deux types de PA diphasiques : le PA diphasique symétrique et le PA diphasique asymétrique.

β -1 : PA diphasique symétrique.

Le potentiel d'action diphasique symétrique s'obtient lorsque les deux électrodes réceptrices sont éloignées l'une de l'autre. C'est un PA dont l'amplitude de la première dépolarisation est égale à celle de la deuxième dépolarisation.

- Le tracé d'un PA diphasique symétrique (électroneurogramme diphasique).
- Interprétation du tracé.
- **OA** : différence de potentiel égale à zéro. Toutes les électrodes sont au même potentiel.
- **A** : c'est l'artefact de stimulation qui indique le moment où l'excitation atteint le nerf ou la fibre nerveuse.
- **AB** : c'est la phase de latence qui correspond au temps mis par l'influx nerveux pour atteindre la première électrode réceptrice.
- **BC** : c'est la phase de dépolarisation sous la première électrode réceptrice. Elle est due à l'entrée massive des ions Na^+ dans l'axone.
- **CD** : c'est la phase de repolarisation sous la première électrode réceptrice. Elle est due à la sortie des ions K^+ du même axone.
- **DE** : c'est la phase de dépolarisation sous la deuxième électrode réceptrice. Elle est toujours due à une entrée massive des ions Na^+ dans l'axone.
- **EF** : c'est la phase de repolarisation sous la deuxième électrode réceptrice, due à la sortie des ions K^+ de l'axone.
- **FG** : c'est le retour à l'état initial grâce au transport actif des pompes sodiques.



PA diphasique symétrique

PA diphasique asymétrique

β -2 : PA diphasique asymétrique.

Le potentiel d'action diphasique asymétrique s'obtient lorsque les deux électrodes réceptrices sont rapprochées l'une de l'autre. C'est un PA dont les amplitudes de la première et de la deuxième dépolarisation sont différentes.

Son interprétation est identique à celle d'un PA diphasique symétrique.

2- Potentiel d'action monophasique.

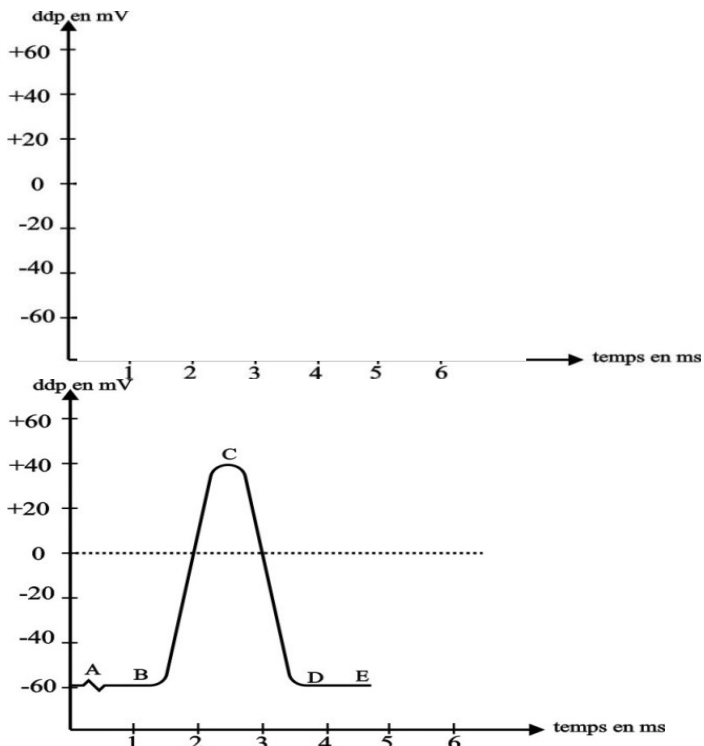
α - Enregistrement du potentiel d'action monophasique.

Pour enregistrer un PA monophasique, on utilise deux électrodes excitatrices et deux électrodes réceptrices dont l'une est placée à la surface et l'autre à l'intérieur de l'axone(ou sur une portion lésée de l'axone).

Dispositif d'enregistrement d'un PA monophasique.

β - Interprétation du PA monophasique.

- **OA** : c'est le potentiel de repos qui est dû à une inégale répartition des ions Na^+ et K^+ le long de l'axone.
- **A** : c'est l'artéfact de stimulation qui est le moment précis où l'excitation est portée sur la fibre nerveuse.
- **AB** : c'est la phase de latence qui est le temps mis par l'influx nerveux pour atteindre la première électrode réceptrice.
- **BC** : c'est phase de dépolarisation due à l'entrée des ions Na^+ dans l'axone.
- **CD** : c'est la phase de repolarisation due à la sortie des ions K^+ de l'axone.
- **DE** : c'est la phase d'hyperpolarisation due à une sortie persistante des ions K^+ .
- **EF** : c'est le retour au potentiel de repos dû au transport actif de la pompe sodique.



PA monophasique avec hyperpolarisation PA monophasique sans hyperpolarisation

d- Variation de l'intensité de stimulation.

d₁- Cas d'une fibre isolée.

Lorsqu'on applique une série d'excitation successive d'intensité croissante sur une fibre nerveuse isolée on constate que :

- Pour des excitations en dessous du seuil ; il n'y a pas de réponse. La fibre nerveuse obéit à la loi de seuil.
- Au seuil d'excitation, on obtient un PA d'amplitude d'emblée maximale. La fibre nerveuse obéit à la loi de tout ou rien.

Potentiel d'action dû à des stimulations d'intensité croissante sur une fibre nerveuse.

d₂- Cas d'un nerf.

Lorsqu'on porte une série d'excitation d'intensité croissante sur un nerf, on constate que :

- Pour des excitations inférieures au seuil (I_1), il n'y a pas de réponse. Le nerf obéit aussi à la loi de seuil.
- Au-delà du seuil d'excitabilité (d' I_2 à I_4), l'amplitude des PA augmente avec l'intensité de stimulation. Le nerf obéit à la loi de recrutement. Le nerf étant formé de plusieurs fibres nerveuses, plus l'intensité de stimulation augmente, plus le nombre de fibres nerveuses excitée augmente.
- Lorsque l'on augmente toujours l'intensité de stimulation (I_5), l'amplitude des PA ne varie plus. Dans ce cas, toutes les fibres nerveuses contenues dans le nerf sont déjà recrutées.

Potentiel d'action dû à des stimulations d'intensité croissante sur un nerf.

e- Notion de périodes réfractaires.

Une période réfractaire est une durée pendant laquelle une fibre nerveuse ou un nerf demeure inexcitable ou donne de faible réponse par rapport à la normale.

Il existe deux sortes de périodes réfractaires :

- **La période réfractaire absolue** : c'est une durée pendant laquelle la fibre nerveuse demeure inexcitable et ceci quelque soit l'intensité de stimulation.
- **Période réfractaire relative** : c'est une durée pendant laquelle une fibre nerveuse donne de faibles réponses par rapport à la normale.

Périodes réfractaires.

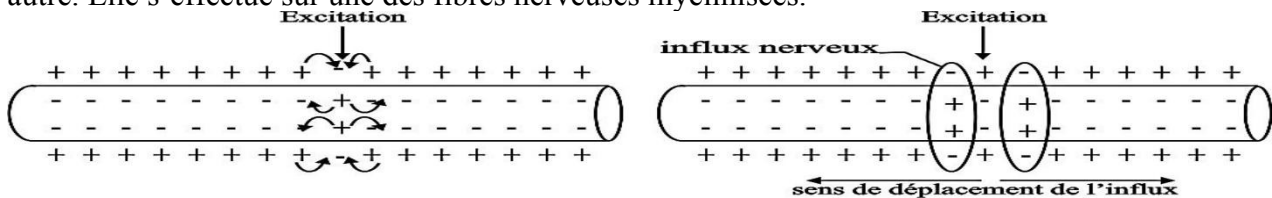
+ La conductibilité nerveuse.

La conductibilité est la propagation de l'influx nerveux le long d'un nerf.

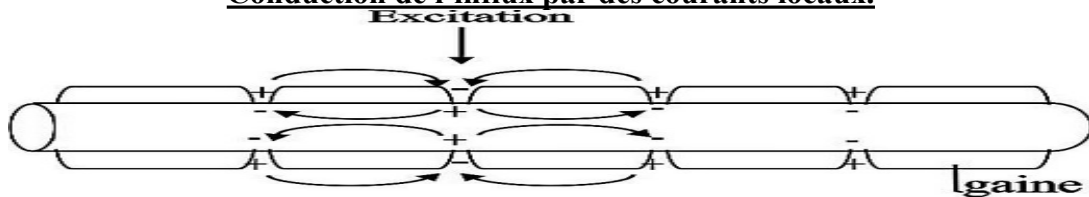
1. Mécanisme de la conduction de l'influx nerveux.

La conduction de l'influx nerveux se fait de deux façons :

- **La conduction par des courants locaux** : Il s'agit d'une conduction de l'influx de proche en proche. Elle se fait sur les fibres nerveuses amyélinisées.
- **La conduction saltatoire** : Il s'agit d'une conduction de l'influx d'un nœud de Ranvier à un autre. Elle s'effectue sur une des fibres nerveuses myélinisées.



Conduction de l'influx par des courants locaux.



Conduction saltatoire.

2. Sens de conduction de l'influx nerveux.

Sur une fibre nerveuse isolée, l'influx est conduit dans les deux sens. Dans l'organisme, la conduction de l'influx nerveux se fait sur une fibre nerveuse en allant du corps cellulaire vers l'arborisation terminale.

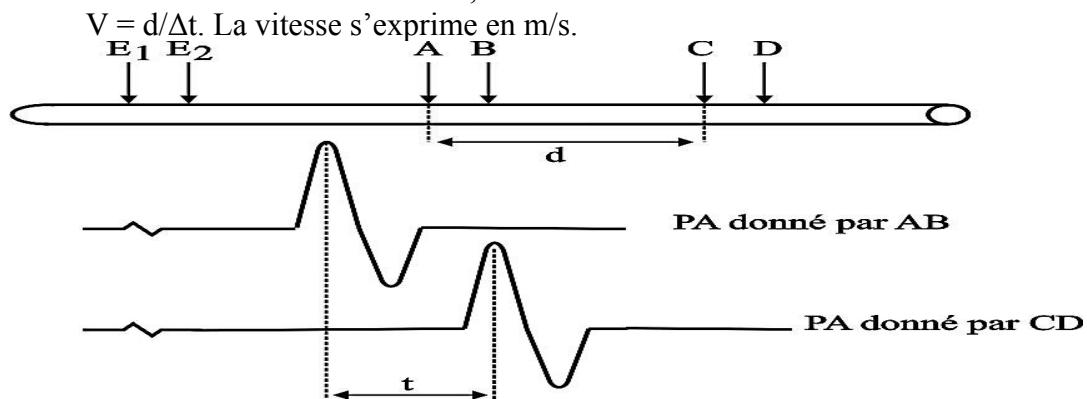
Au niveau des synapses, l'influx nerveux se propage de l'arborisation terminale d'un neurone présynaptique vers le corps cellulaire d'un neurone post synaptique ou vers une fibre musculaire (plaque motrice).

3. Vitesse de conduction de l'influx nerveux.

a- Mesure de la vitesse de conduction de l'influx.

Pour mesurer la vitesse de conduction de l'influx nerveux, on peut utiliser un dispositif d'enregistrement comprenant deux électrodes excitatrices et quatre électrodes réceptrices toutes placées à la surface d'une fibre nerveuse isolée.

On obtient à l'aide de ce dispositif deux PA diphasiques. A l'aide du dispositif d'enregistrement, on détermine la distance et à l'aide des deux PA, on détermine la durée.



Mesure de la vitesse de conduction de l'influx nerveux.

Remarque : si un nerf renferme des fibres nerveuses de vitesse de conduction différentes, la conduction de l'influx le long de ce nerf se fait selon la vitesse de conduction des fibres. Ainsi les

fibres nerveuses ayant une vitesse de conduction élevée donnent leur PA. On obtient pour ce même nerf, un PA plurimodal

b- Facteurs agissant sur la vitesse de conduction nerveuse.

- **La nature des fibres nerveuses** : la vitesse de conduction est élevée au niveau des fibres nerveuses myélinisées et faible au niveau des fibres nerveuses amyélinisées.
- **Le diamètre des fibres nerveuses** : la vitesse de conduction est élevée lorsque le diamètre de la fibre nerveuse est aussi élevé.
- **La température** : la vitesse de conduction augmente avec la température.

III- LA TRANSMISSION DE L'INFLUX NERVEUX AU NIVEAU DES SYNAPSES

La transmission de l'influx au niveau des synapses s'effectue grâce à la libération des neuromédiateurs ou neurotransmetteurs dans la fente synaptique. Cette transmission se fait dans u seul sens à savoir :

- De l'arborisation terminale d'une fibre nerveuse présynaptique vers les dendrites d'une autre fibre dans le cas d'une synapse neuro-neuronique.
- De l'arborisation terminale d'une fibre nerveuse vers la fibre musculaire s'il s'agit d'une plaque motrice.

A- Les neuromédiateurs.

Un neuromédiateur ou médiateur chimique est une substance chimique ou biochimique libérée par les terminaisons nerveuses et qui permet la transmission de l'influx nerveux.

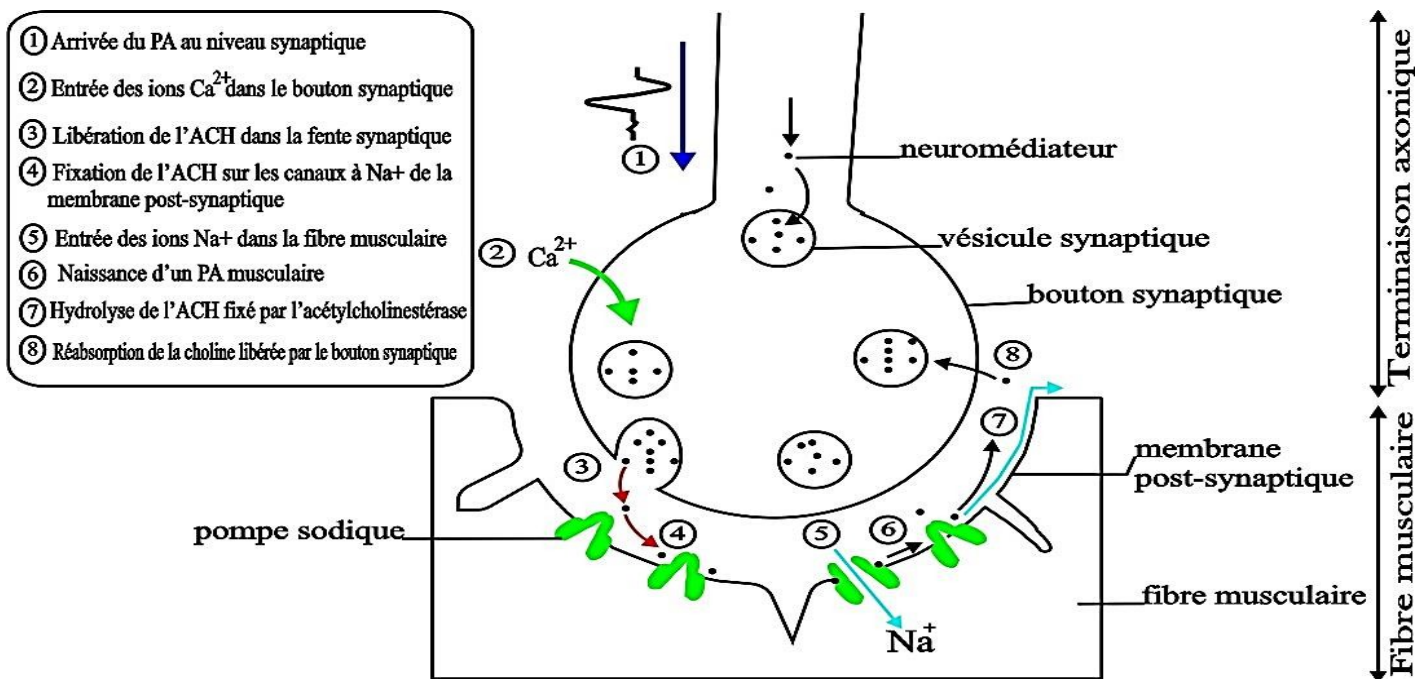
Les neuromédiateurs sont élaborés aucours de la protéosynthèse et snt stockés sous forme de vésicules synaptique au niveau des terminaisons nerveuses. Parmi les neuromédiateurs, on peut citer : l'acétylcholine, la dopamine, la noradrénaline la GABA.

B- Mécanisme de la transmission synaptique.

Ce mécanisme diffère selon qu'il s'agit d'une synapse neuro-neuronique ou d'une plaque motrice.

1. Mécanisme de la transmission synaptique au niveau d'une plaque motrice.

- Arrivée du PA au niveau du bouton présynaptique
- Entrée massive des ions Ca^{2+} dans le bouton présynaptique
- Libération de l'ACH dans la fente synaptique par exocytose
- Fixation de l'ACH sur les récepteurs situés sur la membrane post-synaptique
- Entrée des ions Na^{+} à travers la membrane post-synaptique, ce qui provoque une dépolarisation de cette membrane.
- Naissance d'un PA musculaire
- Hydrolyse de l'ACH libérée par l'acétylcholinestérase.



Mécanisme ionique de la transmission de l'influx au niveau d'une plaque motrice.

3. Mécanisme de la transmission synaptique au niveau d'une synapse neuro-neuronique.

La transmission synaptique au niveau d'une synapse neuro-neuronique dépend de la nature du synapse et du neuromédiateur libéré. On distingue: des synapses excitatrices et des synapses inhibitrices.

a- Les synapses excitatrices.

Ce sont des synapses au niveau desquelles sont libérés des neuromédiateurs excitateurs et des potentiels post-synaptiques excitateurs (PPSE). Le neuromédiateur libéré dans la fente synaptique se fixe sur les récepteurs post-synaptiques et provoque une entrée des ions Na^+ dans la fibre post-synaptique. Cette entrée des ions Na^+ entraîne une dépolarisation locale de la membrane post-synaptique appelée PPSE. Un neuromédiateur qui déclenche une PPSE est un neuromédiateur excitateur.

b- Les synapses inhibitrices.

Ce sont des synapses au niveau desquelles sont libérés des neuromédiateurs inhibiteurs et des potentiels post-synaptiques inhibiteurs (PPSI).

Le neuromédiateur inhibiteur libéré dans la fente synaptique se fixe sur les récepteurs de la membrane post-synaptique et provoque la sortie des ions K^+ de la fibre et l'entrée des ions Cl^- dans la fibre post-synaptique. Cette membrane devient donc hyperpolarisée et donne un PPSI.

PPSE ET PPSI

c- La sommation des potentiels post-synaptiques : intégration

Lorsque plusieurs neurones font synapses avec un seul neurone (motoneurone), la naissance de l'influx nerveux au niveau de ce motoneurone se fait à la suite d'une sommation algébrique de tous les potentiels post-synaptiques venant de tous les neurones. Il s'agit d'une intégration des potentiels post-synaptiques : le motoneurone a donc une propriété intégratrice.

Il existe deux types de sommation :

- **La sommation temporelle** : c'est la somme algébrique des PPS venant d'une même motoneurone au cours du temps.
- **La sommation spatiale** : c'est la somme algébrique de plusieurs PPS venant de plusieurs neurones.

Si l'intégration du message nerveux au niveau du motoneurone conduit à un PPSE suffisant, ce dernier déclenche un PA sur le motoneurone. Par contre si le PPSE n'est pas suffisant, il n'y a pas de PA sur le motoneurone.

Si l'intégration du message nerveux au niveau du motoneurone conduit à un PPSI suffisant, ce dernier déclenche une hyperpolarisation sur le motoneurone.

Conclusion : Généralisation des manifestations électriques.

L'influx nerveux est un ensemble de phénomène électrique qui peut-être enregistré. Au niveau du cerveau, son enregistrement constitue l'électroneurogramme. Les phénomènes électriques sont aussi décelables au niveau de toutes les autres cellules de l'organisme car toute cellule vivante est chargée positivement à sa surface et négativement à l'intérieur.

.....

TRAVAUX DIRIGES

Exercice 1

On dégage un nerf rachidien d'un batracien avec ses racines antérieure et postérieure. On place sur le nerf des électrodes excitatrices E1, puis en O1, O2 et O3 des électrodes réceptrices reliées à 3 oscillographes :

Les électrodes O1 et O2 sont situées de part et d'autre du ganglion spinal (ou ganglion rachidien), elles sont distantes de 4 mm. Les électrodes O3 sont situées sur la racine antérieure ; on évalue la distance entre O2 et O3 à 2 mm.

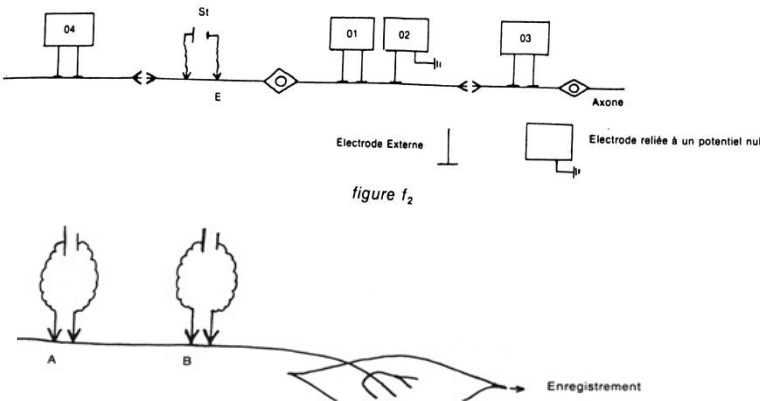
Schématisez le dispositif expérimental avec les différentes électrodes en place (ne pas tenir compte de l'échelle). Sachant qu'à la suite d'une excitation portée en E1 , l'influx nerveux parvient en O1 au temps $t_1 = 0$ en O2 au temps $t_2 = 0,2$ milliseconde, et en O3 au temps $t_3 = 0,45$ milliseconde.

Calculez la vitesse de l'influx entre O1 et O2 et entre O2 et O3 .

Comment expliquer cette variation de la vitesse ? (Indiquer 2 raisons possibles).

Exercice 2

La figure f2 représente une chaîne de neurones. Deux électrodes excitatrices sont placées au point E (sur une dendrite) et en O1, O2, O3 et O4 on place quatre oscillographes cathodiques.



On applique successivement, par les électrodes excitatrices, des courants électriques dont les intensités sont données dans le tableau ci-dessous. On détermine pour chaque intensité le temps d'excitation minimum nécessaire pour obtenir une réponse (observée sur l'écran de l'oscillographe O1).

Intensités en milli-ampères	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,7	1,2
Temps d'excitation en millisecondes	2	1	0,9	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1

- Construire la courbe $1 = f(t)$ en prenant, par exemple, pour échelle : 1 cm pour 0,2 msec.
- Interprétez cette courbe et donnez les valeurs caractéristiques concernant l'excitabilité de la fibre nerveuse considérée.
 - On existe de nouveau la fibre avec un courant d'intensité $I_1 = 0,2$ m A pendant un temps $t_1 = 0,3$ ms. Qu'observe-t-on sur l'écran de O1 et sur celui de O2 Justifiez votre réponse.
 - même question avec un courant d'intensité $I_2 = 0,3$ m A et un temps $t_2 = 0,6$ ms. Justifiez votre réponse.
- 3) On porte en E une excitation efficace :

- Qu'observe-t-on sur l'écran de chacun des oscillographes (O1, O2, O3 et O4) ?
- Des mesures ont montré que la vitesse de l'influx dans cette fibre est de 50m/s, la distance entre E et O3 de 12 mm et le temps mis par l'influx entre E et O3 de 0,34 ms. Interprétez ces résultats.

Exercice 3

La figure 1 suivant représente une unité structurale du système nerveux

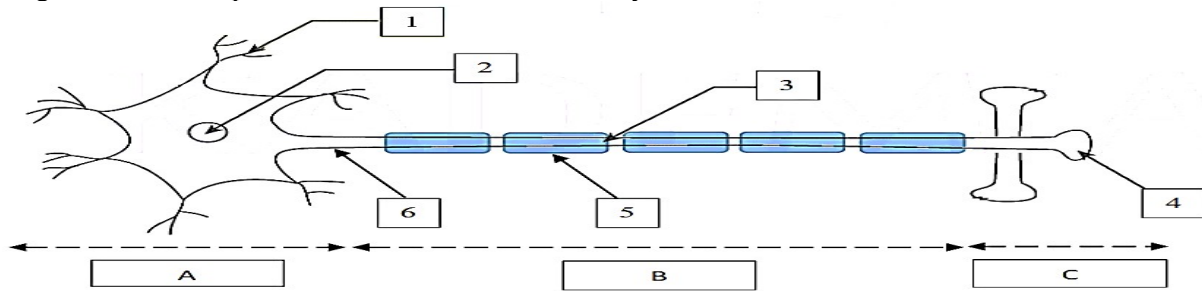
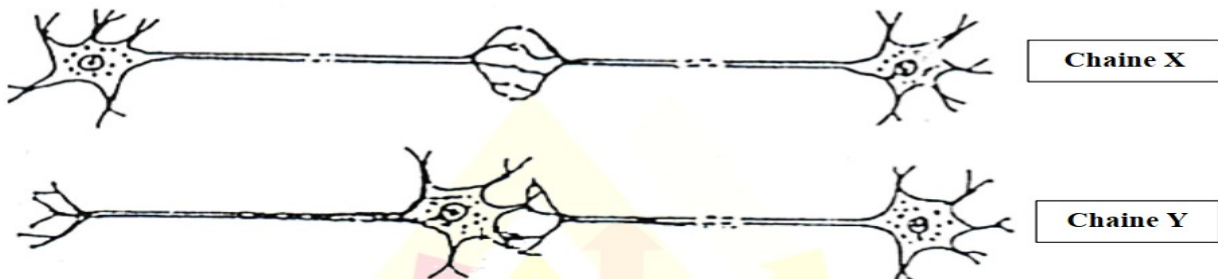


Figure 1

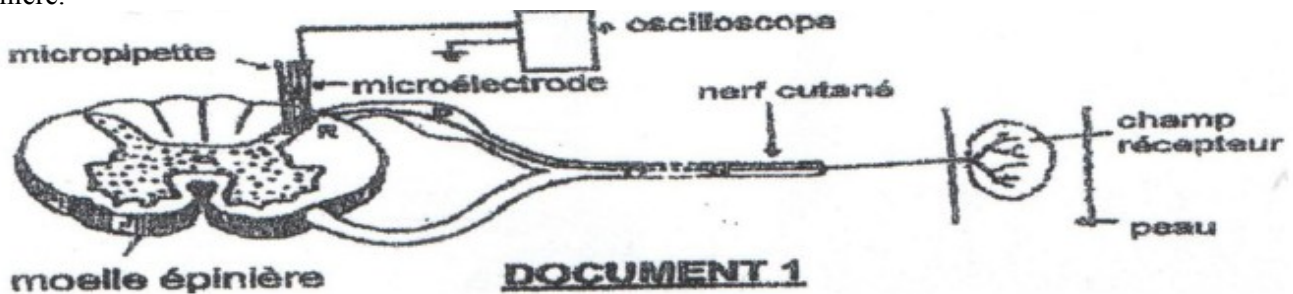
- Identifiez les parties A, B et C et dites dans quelle(s) structure(s) on peut les observer.
- Indiquez la légende correspondant aux numéros (1 à 6) et donnez un titre à la figure 1.
- Expliquez brièvement, comment on a pu mettre en évidence le rapport structural entre les parties A et B.
- La figure 2 représente deux chaînes neuroniques X et Y.
Indiquez, en le justifiant, la chaîne neuronique exacte.



Exercice 4

La sensation douloureuse cutanée fait intervenir des capteurs périphériques, des systèmes de câblage et un système d'intégration.

Nous nous proposons d'étudier la façon selon laquelle la moelle épinière intervient dans la transmission du message nerveux. Le document 1 ci-dessous représente la liaison nerveuse entre la peau et la moelle épinière.

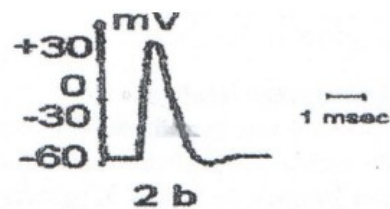


On implante au niveau des neurones de la corne dorsale de la moelle épinière (zone R) une microélectrode, servant à l'enregistrement de la réponse de ces neurones et une micropipette utilisée pour l'injection éventuelle de substances actives. La microélectrode est reliée à un oscilloscope.

Diverses expériences réalisées à partir de ce dispositif expérimental ont donné les résultats représentés par le document 2.

Une forte stimulation électrique de la peau provoque une sensation de douleur brève, apparaissant rapidement, appelée «douleur rapide». Puis survient une sensation douloureuse plus tardive mais plus longue appelée «douleur lente».

Le document 2a représente l'enregistrement obtenu ; l'un des éléments de cette réponse amplifiée correspond au document 2b. Le document 2c montre l'enregistrement obtenu après application de la morphine à l'aide de la micropipette.



- 1) Nommez, le phénomène enregistré en 2b.
- 2) Analysez cet enregistrement.
- 3) Faites une interprétation chimique de cet enregistrement.
- 4) Comparez les enregistrements 2a et 2c.
- 5) Déduisez en l'effet de la morphine. Le nerf cutané de cette expérience est dilacéré. Le document 3 montre les résultats d'une observation microscopique de ce nerf dilacéré.



Par ailleurs, on a mesuré le diamètre des fibres nerveuses A et B et calculé la vitesse de l'influx propagation de nerveux le long de ces fibres. Les résultats obtenus figurent dans le tableau ci-dessous :

Caractères fibres	Diamètre (μm)	Vitesse (m/s)
A	1 à 4	6 à 24
B	0,5 à 1	1 à 6

- 6) Comparez la structure des deux fibres du document 3.
- 7) Etablissez des relations entre la structure d'une fibre et la vitesse de propagation de l'influx nerveux.
- 8) A partir de ces relations, indiquez les origines de la «douleur rapide» et de la «douleur lente» en justifiant vos réponses.

Exercice 5

Pour étudier le mécanisme de la transmission synaptique, on réalise les expériences suivantes à l'aide du dispositif schématisé dans le document 1.

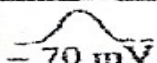
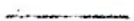
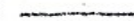
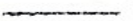
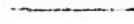
enregistrements témoins après stimulation des fibres afférentes						
M ₁	20 mV  - 70 mV 					
M ₂	- 70 mV   10 mV					
enregistrements obtenus après dépôt en B1 et en B2 de						
	aspartate	GABA	Ac. valproïque dépôt seul	dépôt puis stimulation de N	picROTOXINE dépôt seul	dépôt puis stimulation de N
M ₁	 - 70 mV					
M ₂	 - 70 mV					

Figure 1

Figure 2

Document 2 : RESULTATS EXPERIMENTAUX

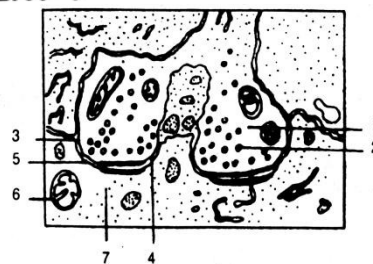
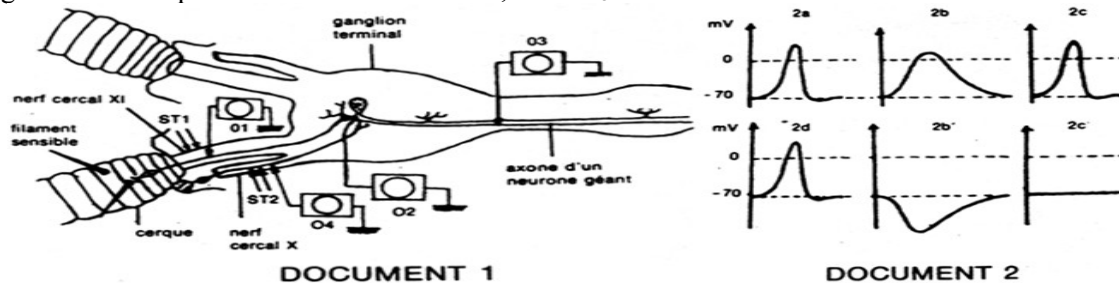
- 2) a- Indiquez pour chaque synapse, la nature du neurotransmetteur.
- b- Justifiez votre réponse.
- 3) Formulez deux hypothèses dans chacun des cas pour expliquer, au niveau des synapses, le mode d'action :

- a- de l'acide valproïque
- b- de la picrotoxine.

Exercice 6 (5,5pts)

La chaîne nerveuse de la blatte constitue un matériel expérimental de choix pour l'étude de la communication entre les neurones et delà, parce qu'elle contient des neurones de grande taille, faciles à isoler, " les neurones géants "

I. Le document 1 représente, la partie postérieure de la chaîne nerveuse d'une blatte. On porte une excitation efficace ST1 sur le nerf cercal XI et on enregistre les phénomènes électriques produits à l'aide des 3 oscilloscopes O₁, O₂ et O₃, (voir document 1). Les courbes 2a, 2b et 2c du document 2 représentent, les enregistrements respectivement obtenus sur O₁, O₂ et O₃.



1) Dites en quoi consistent les phénomènes enregistrés. (0,75pt)

2) Quel est l'effet de la stimulation du nerf cercal XI sur le neurone géant ? (0,25pt)

Une autre stimulation ST2 de mêmes caractéristiques que la précédente, est appliquée sur le nerf cercal X, les tracés 2d, 2b' et 2c' du document 2 représentent, les enregistrements obtenus respectivement sur les oscilloscopes O₄, O₂ et O₃.

3) Que remarquez-vous par rapport à l'expérience précédente ? (0,75pt)

4) Quelles caractéristiques du fonctionnement synaptique sont ainsi mises en évidence ? (0,5pt)

II. Le document 3 montre l'ultrastructure d'une synapse neuro-neuronique.

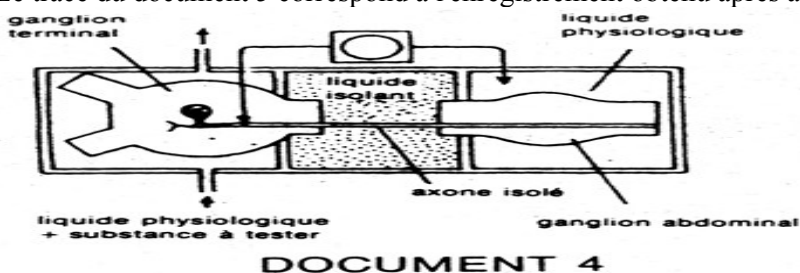
1) Reportez les chiffres de ce document sur votre copie et écrivez les légendes correspondantes. (0,75pt)

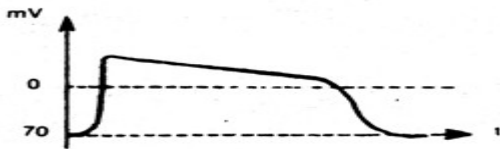
L'analyse du mode d'action des neurones cercaux XI et X de la blatte a montré qu'ils ne produisent pas un même médiateur; le neurone cercal XI produit de l'acétylcholine alors que le neurone cercal X produit de l'acide gamma-aminobutyrique (GABA). D'autre part, on sait que la membrane post-synaptique (membrane du neurone géant), comporte des canaux ioniques associés à des récepteurs qui sont activés par les neuromédiateurs ; ces canaux ioniques sont de trois types : les uns sont destinés aux ions sodium, les autres aux ions potassium et les autres enfin aux ions chlore,

3) Reproduisez ces deux derniers tracés (2b et 2b') sur votre copie et indiquez au-dessous, sous la forme de courbes, les mouvements ioniques qui expliquent chacune de leurs phases. (1pt)

2) En vous basant sur le document 3, faites deux schémas fonctionnels expliquant les enregistrements 2b et 2b'. (1,5pt)

Le tracé du document 5 correspond à l'enregistrement obtenu après application de ce polypeptide.





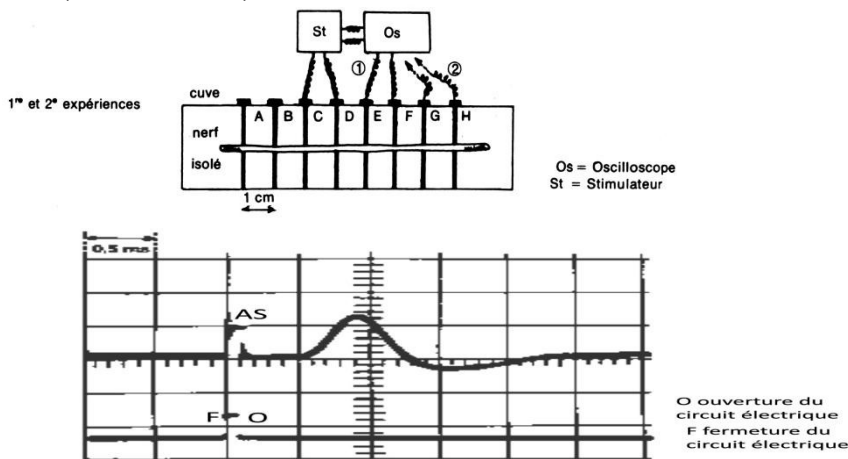
DOCUMENT 5

- 1) Analysez ce tracé.
- 2) En tenant compte de vos réponses aux questions du II, précisez les sites d'action de ce venin et expliquez son mode d'action.

Exercice 7

I. Un nerf sciatique de grenouille, fraîchement prélevé, est placé au contact d'une série d'électrodes dans une " cuve à nerf ". Les électrodes sont désignées par des lettres de A à H et seules les électrodes branchées fonctionnent. On relie à un stimulateur les électrodes C et D qui deviennent les électrodes stimulatrices. Pour des raisons qu'il n'est pas nécessaire de préciser ici, seul l'établissement du courant (F = fermeture du circuit) produit une excitation efficace qui prend naissance sous l'électrode D (cathode).

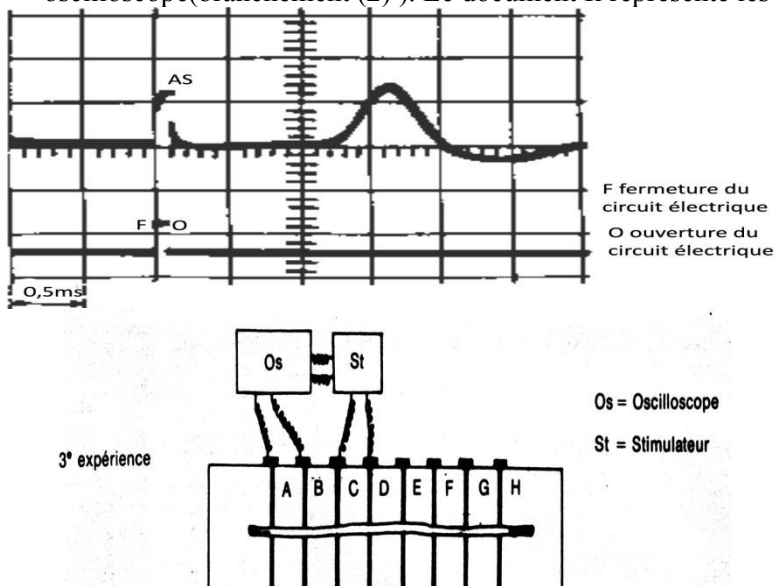
Première expérience : On relie respectivement les électrodes E et F aux plaques horizontales inférieure et supérieure d'un oscilloscope par l'intermédiaire d'un amplificateur ; ces électrodes sont des électrodes réceptrices (branchement 1).



Document I

On effectue une excitation efficace et on observe les tracés représentés sur le document I : le stimulateur étant relié à une voie de l'oscilloscope, le tracé inférieur montre l'excitation et le tracé supérieur (l'autre voie de l'oscilloscope) montre l'enregistrement obtenu sur le nerf

Deuxième expérience : Après avoir débranché les électrodes E et F, on relie les électrodes G et H au même oscilloscope (branchement 2). Le document II représente les tracés obtenus sur l'écran de l'oscilloscope.



Document II

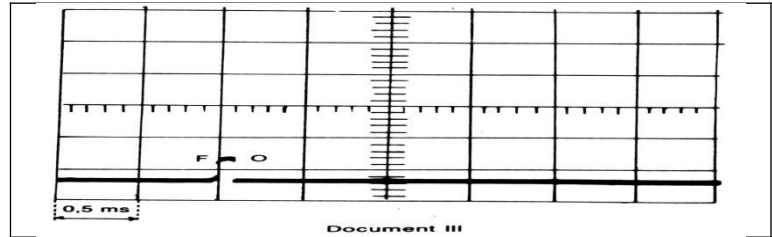
1) Que représente la déviation du spot notée AS et à quoi correspond-elle ?

2) Comparez les deux tracés supérieurs des documents I et II en relevant les ressemblances et les différences essentielles.

Évaluez le temps perdu qui sépare l'établissement du courant du début de la réponse du nerf sur le document I (t_1) et sur le document II (t_2).

3) Sachant que les électrodes de la cuve sont équidistantes de 1 cm, calculez, en utilisant les deux enregistrements, la vitesse de l'influx nerveux en mètres par seconde.

II. Troisième expérience : En gardant les mêmes électrodes stimulatrices C et D, on relie respectivement les électrodes réceptrices A et B aux plaques horizontales inférieure et supérieure du même oscilloscope. Puis on porte sur le nerf, à l'aide du stimulateur relié à l'oscilloscope, une excitation efficace de même intensité et de même durée que celles utilisées à la première expérience.



1) Représentez sur le document III

l'enregistrement qui sera obtenu sur

l'oscilloscope, en tenant compte du temps

perdu [= temps de latence propre du nerf (0,15 ms) + temps de conduction de l'influx nerveux (0,35 ms par cm parcouru)].

2) Quelle précision supplémentaire concernant la propagation de l'influx nerveux apporte cette troisième expérience ?

3) La propriété, ainsi mise en évidence, existe-t-elle dans le fonctionnement normal du système nerveux d'un organisme vivant ? Justifiez brièvement votre réponse.

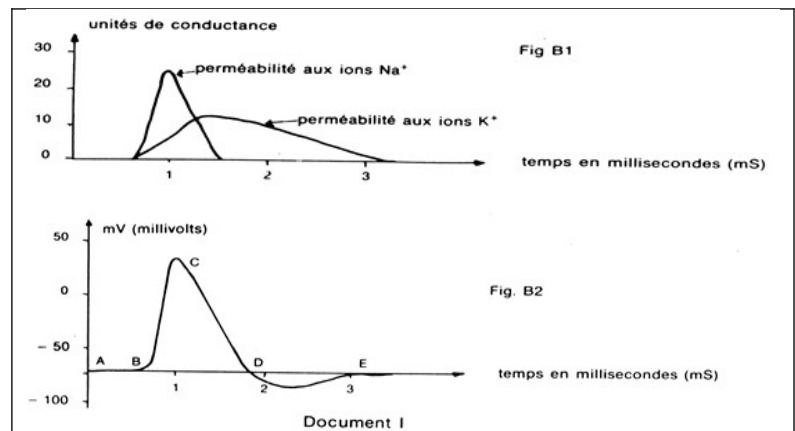
Remarque : Les parties verticales du tracé de AS et de FO ne se distinguent pas, car la densité lumineuse est trop faible à la vitesse considérée,

Exercice 8

Au cours du passage d'un influx nerveux dans un neurone, on a mesuré en fonction du temps :

- Les variations de la perméabilité membranaire aux ions sodium et potassium : cette perméabilité est évaluée par la mesure de la conductance (voir figure B1).

- Les variations du potentiel de membrane (voir figure B2). Établissez une relation entre le mouvement des ions et les variations du potentiel observées afin d'interpréter les phases de la courbe B2.



Exercice 9

Trois boutons synaptiques A, B et C appartenant à trois axones différents sont en contact avec un neurone D (document II).

Les trois axones A, B et C sont reliés

chacun à un stimulateur qui permet de les exciter séparément. Une microélectrode est enfoncée dans le neurone post-synaptique D tandis que la seconde électrode est simplement plongée dans le liquide environnant. Les deux électrodes sont reliées à un dispositif d'enregistrement des phénomènes électriques.

L'intensité du courant stimulant reste constante pendant la réalisation de l'expérience. En appliquant plusieurs stimulations sur les axones A, B et C, on a enregistré les électroneurogrammes représentés par le document III.

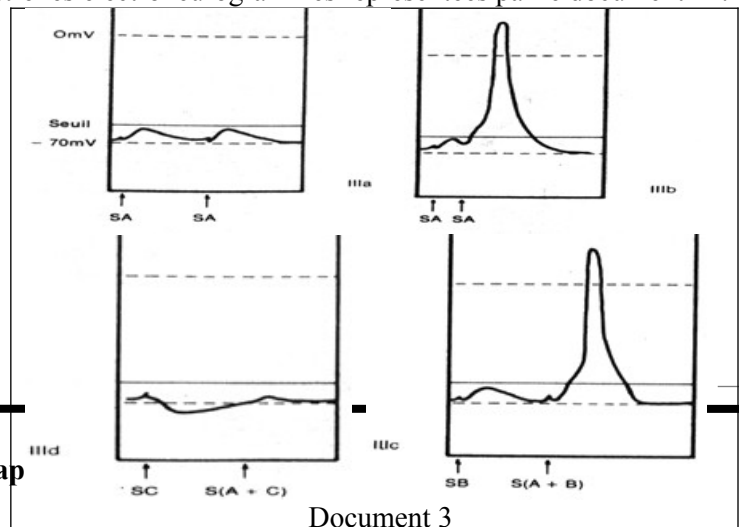
On signale que : SA signifie stimulation de l'axone A

SB signifie stimulation de l'axone B

SC signifie stimulation de l'axone C

S(A+B) signifie stimulation simultanée de l'axone A et de l'axone B.

S(A+C) signifie stimulation simultanée de l'axone A et de l'axone C.



La ligne horizontale en trait plein indique le seuil de dépolarisation pour lequel la cellule émet des potentiels d'action.

1°) Analysez et interprétez les électroneurogrammes obtenus.

2°) En déduire le rôle de chacun des 3 boutons synaptiques A, B, C par rapport au neurone D.

Exercice 10

I- 1/ La figure A représente la coupe longitudinale de l'encéphale d'un vertébré.

1°) Annotez la figure, sans la reproduire, sur votre copie.

2°) - On a prélevé en deux endroits différents de l'encéphale précédant un peu de tissu que l'on a étudié. Les figures B et C représentent les résultats de cette étude.

a) Identifiez les éléments du tissu nerveux représentés.

b) Indiquez, avec précision, les endroits où les prélèvements ont été faits.

c) - Quelle(s) relation(s) existe-t-il entre les deux éléments précédents ? Citez deux faits expérimentaux ayant permis la mise en évidence de ces relations.

d) Faites un schéma de synthèse, avec titre et légende, illustrant cette relation.

3°) - A l'aide de schémas annotés, représentez les relations entre l'unité physiologique que vous venez de dessiner et les muscles.

II/ - On se propose d'étudier certaines propriétés du nerf.

On utilise pour cela un nerf sciatique de Grenouille que l'on dispose dans une cuve porte-électrodes.

On porte sur le nerf des électrodes excitatrices et des électrodes réceptrices. (voir document D).

La courbe (a) du document E représente la réponse enregistrée au niveau des électrodes 1 et 2, à la suite d'une stimulation électrique du nerf.

1°) - Quel phénomène cette courbe met-elle en évidence au niveau du nerf ?

2°) - Reproduisez et analysez la courbe (a).

3°) On porte la même stimulation mais on recueille la réponse (b) au niveau des électrodes 3 et 4.

Comparez les courbes (a) et (b) du document E (On a fait coïncider les deux artefacts de stimulation).

Quelle propriété du nerf est ainsi mise en évidence ?

4°) Les électrodes 1 et 3 sont distantes de 3,4 cm.

Exprimez quantitativement la propriété précédente.

5°) Pour une stimulation de même intensité que précédemment on recueille la réponse (c) au niveau des électrodes 5 et 6.

Comment expliquez-vous la différence entre la courbe (c) et les deux courbes précédentes ?

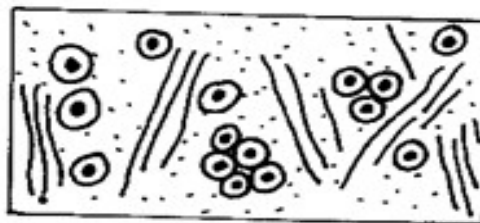
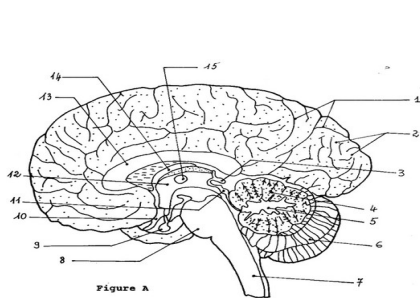


Figure B

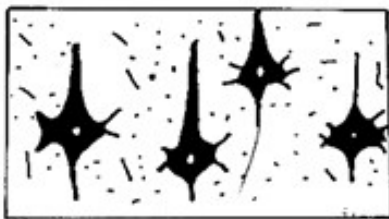
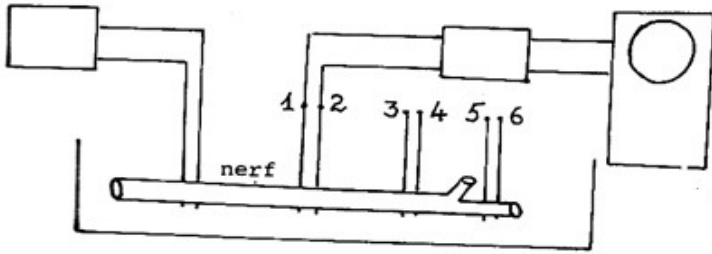
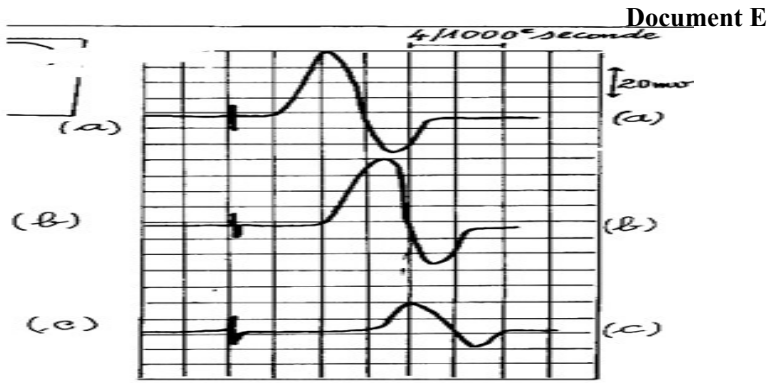


Figure C



DOCUMENT D



LES ACTIVITES REFLEXES

Les objectifs pédagogiques.

L'élève doit être capable de :

- 1- Définir un réflexe**
- 2- Identifier et définir les types de réflexes.**
- 3- Connaître les structures intervenant dans les réflexes.**
- 4- Connaître les caractères et l'importance des réflexes.**

INTRODUCTION

La vie d'un animal est caractérisée par ses réactions vis-à-vis des facteurs du milieu extérieur. Certaines d'entre elles sont effectuées à la suite des réflexions, d'autres échappent au contrôle de l'individu : ce sont *des actes réflexes*.

I. LES REFLEXES INNES

A. Observations de quelques réflexes chez l'homme

Chatouillons légèrement la plante du pied à un individu étendu sur le dos ; les orteils fléchissent et il peut même retirer la jambe : **c'est le réflexe plantaire.**

Un sujet assis sur le bord d'une table jambe pendante reçoit un coup sec sur le tendon situé au-dessous de la rotule ; on observe une extension brusque de la jambe : **c'est le réflexe rotulien.**

Lorsque nous touchons un objet brûlant, nous retirons brusquement la main.

Dans les 3 cas, la réaction se produit à la suite d'une excitation ; elle est *innée, involontaire, inéluctable, stéréotypée et automatique* : c'est un acte réflexe.

B. Etude des réflexes médullaire chez la grenouille

1. Préparation de l'animal

On se sert d'un animal spinal. On le suspend à une potence pattes pendantes ; on prépare des solutions d'acide de différentes concentrations.

Lorsqu'on plonge l'extrémité d'une des deux pattes postérieures dans une solution d'acide concentrée, il y a retrait de ladite patte ; il s'agit d'un **stimulus chimique.**

Lorsqu'on pince fortement un orteil (stimulus mécanique) ou on plonge la patte dans l'eau glacée (stimulus thermique) ou même on lui applique un courant électrique (stimulus électrique) en faisant varier l'intensité, la grenouille réagit toujours bien qu'en l'absence de son encéphale : il s'agit d'un **réflexe médullaire.**

2. Mise en évidence des éléments intervenant dans un arc réflexe

Dans l'arc réflexe de notre expérience, les structures suivantes interviennent :

- **les récepteurs** : ce sont des terminaisons nerveuses de la patte qui élabore l'influx nerveux.
- **un premier conducteur d'influx vers la moelle épinière** : c'est un conducteur centripète, sensitif, afférent.
- **un centre nerveux** (moelle épinière).
- **un deuxième conducteur d'influx du centre vers l'organe réducteur** : c'est un conducteur centrifuge moteur efférent.
- **un effecteur** qui réagit (muscle).

3. Réponses obtenues avec les différentes concentrations d'acide : *les lois de Pfluger*

Plongeons la patte de notre grenouille dans une solution acide très diluée. Pas de réponse : *la rhéobase n'est pas atteinte.* Pour des concentrations de plus en plus élevées :

- une réaction localisée limitée aux orteils : **c'est la loi de la localisation**
- une contraction de la patte entière : **c'est la loi de l'unilatéralité**
- une contraction des deux pattes postérieures : **c'est la loi de la symétrie ou réflexe bilatéral**
- contraction des quatre pattes : **c'est la loi d'irradiation**
- contraction du corps entier avec dépôt sur le dos des morceaux de coton imbibés d'acide concentré : **c'est la loi de généralisation.**

Réflexes médullaires chez la grenouille : les lois de Pfluger.

C. Support histologique des réflexes

1. Schéma d'un arc réflexe simple

2. Rôle des différentes racines : expérience de Magendie

Magendie dispose de 3 chiens. Sur le premier, il impose une section, la racine postérieure du nerf sciatique et il fait des expériences suivantes :

- **Excitation du nerf rachidien : pas de réponse**
- **Excitation du bout périphérique de la racine postérieure : pas de réponse**
- **Excitation du bout central : réponse du muscle.**

Il conclut que la racine postérieure du nerf rachidien contient des fibres sensibles et centripètes. Magendie dans un deuxième temps sectionne la racine antérieure sciatique du 2^{ème} chien et passe aux expériences suivantes :

- **Excitation du bout central : pas de réponse**
- **Excitation du bout périphérique : réponse du muscle**

Il conclut que la racine antérieure contient des fibres motrices centrifuges.

Sur le 3^{ème} chien, il sectionne le nerf rachidien : donc le nerf rachidien renferme des fibres sensitifs et les fibres motrices : **c'est un nerf mixte.**

3. La dégénérescence Wallérienne

Wallère effectue 3 ou 4 sections :

1^{ère} section : les fibres du bout périphérique dégèrent : les péricaryons des fibres sensitifs sont situés du côté de la moelle épinière.

2^{ème} section : les fibres du bout central dégèrent : les péricaryons des fibres sensitifs sont dans le ganglion spinal.

3^{ème} section : les fibres du bout périphérique dégèrent : les péricaryons des fibres motrices sont dans la substance grise.

4^{ème} section : les fibres du bout périphérique dégèrent : les péricaryons sont situés du côté de la moelle épinière.

Compte tenu du sens de l'influx nerveux, on peut dire que les fibres du nerf rachidien atteintes par la dégénérescence sont des dendrites, les neurones unipolaires ou en T alors que les fibres du tronçon central de la racine postérieure en sont les axones.

De même, les fibres du tronçon périphérique de la racine antérieure sont des axones des neurones multipolaires des cornes antérieures de la moelle épinière.

Expérience de Magendie et de la dégénérescence Wallérienne.

4. Le trajet de l'influx nerveux

- **Cas du réflexe unilatéral**

Les observations que nous venons de faire et d'autres expériences plus délicates conduisent à dire que le trajet suivi par l'influx nerveux comporte des neurones unipolaires sensitifs, des neurones multipolaires moteurs, des neurones d'association (arc réflexe).

- **Cas du réflexe bilatéral**

Pour expliquer le passage de l'influx dans les neurones moteurs situés du côté opposé, on a admis l'existence des neurones d'associations horizontaux dits commissuraux.

- **Cas d'irradiation**

Il y a cette fois-ci transmission de l'influx nerveux à différents niveaux de la moelle épinière, ce qui conduit à admettre l'existence de neurones verticaux.

D. Caractères des réflexes innés

- Ils sont inéluctables et spécifiques à l'espèce
- Ils sont héréditaires
- Ils sont adaptés
- Ils sont coordonnés.

E. La diversité des réflexes innés

1. En fonction du Centre Nerveux

- les réflexes médullaires : réflexes rotulien, plantaire
- les réflexes bulbo-protubérantiels : battement de paupières, réflexe cardio-modulaire
- les réflexes cérébelleux : locomotion, équilibration
- les réflexes cérébraux : réflexes provoqués par les 5 organes de sens.

2. En fonction de la localisation

a) **Les réflexes extéroceptifs**

Ce sont les réflexes dont les récepteurs sont situés à la surface du corps ; ils possèdent des neurones intermédiaires.

b) **Les réflexes proprioceptifs**

Ils ont leur point de départ dans les récepteurs situés dans l'organisme même qui réagit (muscle, articulation) Ex. : réflexe de la vie de relation, réflexe achilléen ; ils n'ont pas de neurones intermédiaires.

c) **Les réflexes intéroceptifs**

Ce sont les réflexes dont les récepteurs se trouvent à l'intérieur de l'organisme. Les récepteurs reçoivent des informations émanant de l'intérieur du corps. Ce sont les réflexes de la fonction de nutrition.

II. **LES REFLEXES CONDITIONNELS**

A. **Sécrétion salivaire**

La vue d'un repas appétissant fait venir la salive dans la bouche. Cette observation et beaucoup d'autres ont poussé **PAVLOV** à entreprendre une série d'expériences dans le but d'expliquer ce fait. Il montre qu'il existe des réflexes d'un type particulier : *les réflexes conditionnés* ; ils ont greffés sur un réflexe inné.

B. **Mécanisme inné de la sécrétion salivaire**

Lorsqu'on présente un morceau de viande à un chien, le contact de ce dernier avec les papilles gustatives de la langue déclenche les sécrétions salivaires. On peut suivre la quantité sécrétée en pratiquant une incision sur le canal de la glande salivaire et en y introduisant une canule pour le recueil de la salive

On constate que la sécrétion qui était régulière augmente pendant la mastication et devient plus importante pour un aliment sec. Cette sécrétion ne dépend pas de la volonté et s'observe chez tous les chiens. C'est un réflexe inné comportant :

- un récepteur sensoriel
- un conducteur centripète
- un centre nerveux
- un conducteur centrifuge
- un effecteur (glandes salivaires)

C. **Expérience de PAVLOV**

Un chien porteur de fistule salivaire est enfermé dans un local clos isolé et insonorisé. Un système de Sangle le maintient sur place. Depuis une pièce voisine des dispositifs permettent d'appliquer au chien des excitations visuelles (lumière) auditives (production d'un son inhabituel), cutanée (courant électrique). De plus un système de passe plat permet de donner à l'animal son repas.

- PAVLOV présente un morceau de viande au chien, il secrète abondamment la salive : c'est un réflexe inné.

- Un métronome en marche près de l'animal, ce dernier tourne la tête puis s'habitue sans sécréter la salive : c'est un réflexe d'investigation ; le métronome étant un stimulus neutre.

- Puis à chaque fois qu'on veut présenter le repas à l'animal, on lui fait entendre le bruit. Au bout de quelques jours, *le bruit* seul suffit pour déclencher *la salivation*.

Un circuit nerveux s'est substitué à un autre. Une nouvelle liaison s'est donc établie entre le centre auditif et le centre salivaire. Le bruit qui était sans effet sur la sécrétion salivaire est devenu une excitation efficace. Ce nouveau réflexe et le *réflexe conditionnel ou acquis*.

Réflexes innée et conditionnel de salivation.

Trajets suivis par l'influx nerveux au cours des réflexes innés et conditionnels.

D. Caractère des réflexes conditionnels

- Ils se créent à partir des réflexes innés ; l'excitant conditionnel primitivement sans action est associé plusieurs fois à l'excitant absolu.
- Il ne s'installe que si le stimulus conditionnel précède le stimulus absolu.
- L'excitant conditionnel doit être bien déterminé et ne doit pas être accompagné d'autres stimuli prêts à détourner l'attention de l'animal.
- Pour se maintenir le réflexe conditionnel doit être entretenu par une association régulière des 2 stimuli
- Ils sont individuels
- Ils exigent l'intégrité de l'encéphale

E. Importance des réflexes conditionnels

- Ils adaptent plus ou moins l'individu à son organisme
- Le dressage des animaux, l'éducation
- Acquisition des actes automatiques.

III- ACTIVITES SPONTANÉES.

Un individu dans l'attente de son prochain en chemin, s'arrête, s'abaisse, cueille une fleur d'un arbuste, la triture, la regarde et la jette. Une telle activité n'est pas une réponse inéluctable à une stimulation. Elle n'est donc pas provoquée par une stimulation extérieure.

Elle est volontaire, la personne est libre de son acte. D'autre part, cet acte est imprévisible. De tels actes non provoqués, non réfléchis, imprévisibles mais volontaires constituent une activité spontanée. Mais où s'élaborent les influx engendrant ces actes ? Quels en sont les sièges.

A. Siège de l'activité spontanée

1. Expérience

- une grenouille spinale demeure immobile mais elle nage maladroitement si on la jette dans l'eau.
- de même, un pigeon décérébré reste inerte, cependant il vole si on le lance en l'air, marche si on le pousse et avale si on lui introduit dans le gosier.

Si au lieu de détruire tout l'encéphale, on ne détruit que le cortex cérébral, on observe les mêmes réactions. L'animal sans cortex est réduit à l'état d'automate perd toute activité spontanée le cortex cérébral est *le siège de la motricité somatique*.

2. Les aires motrices

L'encéphale comporte des aires ou zones du cortex qui sont indispensables à l'accomplissement des mouvements spontanés. Ce sont les *aires motrices*.

La destruction totale ou partielle de la zone située en avant du *sillon de Rolando* entraîne une paralysie de tout le corps ou d'une partie du corps.

De plus, l'excitation des territoires précis de cette zone déclenche les mouvements d'une partie précise de côté opposé.

Les expériences montrent que ce n'est pas tout le cortex qui intervient dans la motricité volontaire mais c'est la zone située en avant du *sillon de Rolando* ; cette zone se subdivise en 2.

a) **L'aire de projection motrice**

Elle est située juste en avant du sillon de Rolando. Les influx sensitifs arrivant dans les cerveaux sont renvoyés, projetés, entraînant les différentes parties du corps sous forme d'influx moteur. Dans cette aire les différentes parties du corps sont représentées par des territoires bien précis dont la surface est proportionnelle au nombre et à la finesse de leur mouvement et non au volume.

b) **L'aire psychomotrice**

C'est une aire qui est située en avant de l'aire de projection motrice. Son ablation n'entraîne pas de paralysie mais l'incapacité pour le sujet de coordonner ses mouvements, d'adapter ses gestes et à

sa volonté. C'est dans cette zone qu'on trouve le centre de l'écriture et celui de langage parlé. Ces centres sont situés dans l'hémisphère gauche pour les droitiers et l'hémisphère droit pour gauchers.

La lésion de ces centres entraîne l'agraphie et l'aphasie.

Localisations cérébrales motrices

B. Les voies motrices (trajet de l'influx nerveux)

Il existe deux voies motrices :

- Les voies afférentes de la sensibilité tactile
- Les voies de la motricité volontaire.

1. Les voies afférentes de la sensibilité tactile.

Ce sont des voies sensitives. Elles débutent au niveau des organes récepteurs par les terminaisons nerveuses de la peau, atteignent la moelle épinière, passent par le bulbe rachidien et dont une partie fait synapse au niveau des noyaux gris du bulbe. Toutes les fibres font synapse au niveau du thalamus avant de déboucher au niveau de l'aire de sensibilité générale (aire psychomotrice).

2. Les voies de la motricité volontaire.

Ces voies débutent au niveau des aires motrices et parviennent aux effecteurs. Elles regroupent deux voies : les voies directes et la voie indirecte.

a- Les voies directes ou voies monosynaptiques.

Les fibres nerveuses venant de l'aire motrice traversent les noyaux du tronc cérébral, se croisent au niveau du bulbe rachidien avant d'atteindre la moelle épinière là où elles font synapse avec un motoneurone.

b- La voie indirecte ou polysynaptique.

Les fibres nerveuses partent de l'aire prémotrice, traversent les noyaux du tronc cérébral, croisent les fibres des voies directes au niveau du bulbe rachidien avant d'atteindre la moelle épinière. Le long de cette voie, les fibres nerveuses effectuent plusieurs synapses dont trois dans l'hémisphère cérébral, une dans le bulbe rachidien et une dernière dans la moelle épinière.

La voie afférente de la sensibilité tactile Les deux grandes voies de la motricité volontaire

Conclusion

Dès la naissance, l'organisme humain s'adapte aux variations de son environnement. Ces variations de son environnement. Ces variations perçues par l'un de nos récepteurs sensoriels sont capables de déclencher les réponses dans de nombreuses parties de notre corps. L'analyse qu'en fait notre système nerveux central conduit le plus souvent l'individu à réagir d'une manière complexe mais organisée.

Les expériences que nous acquérons s'intègrent peu à peu et tendent modifier notre sensibilité initiale. C'est donc par activité réflexe que, progressivement et par intégration successive, notre système comportemental se construit, comportement déclenché par les stimuli externes mais aussi les stimuli ayant pour origine la physiologie de l'organisme.

.....

TRAVAUX DIRIGES

Exercice 1

Des rats à jeun sont soumis à une série d'expériences consistant à parcourir un labyrinthe pour atteindre leur nourriture. On réalise un essai par jour, et pour chaque essai on note le temps de parcours.

Les résultats obtenus sont notés dans le tableau 1 suivant :

Numéros des essais	1	2	3	5	6	7	8	9	10
Temps de parcours en	16 0	15 0	80	60	55	2 5	20	20	20

4 4 1) Nommez le type de réaction mise en évidence dans cette expérience.

2) Justifiez votre réponse.

3) Tracez la courbe représentant le temps de parcours en fonction des essais en prenant pour échelle 1cm pour 1 essai et 1cm pour 20 secondes.

4) Analysez cette courbe.

Après le 10ème essai, ces rats sont nourris normalement pendant 10 jours, puis on reprend la même expérience pour 3 essais. Les résultats obtenus sont notés dans le tableau 2 ci-dessous :

Numéros des essais	1	2	3
Temps de parcours en	12	12	11
	1	0	9

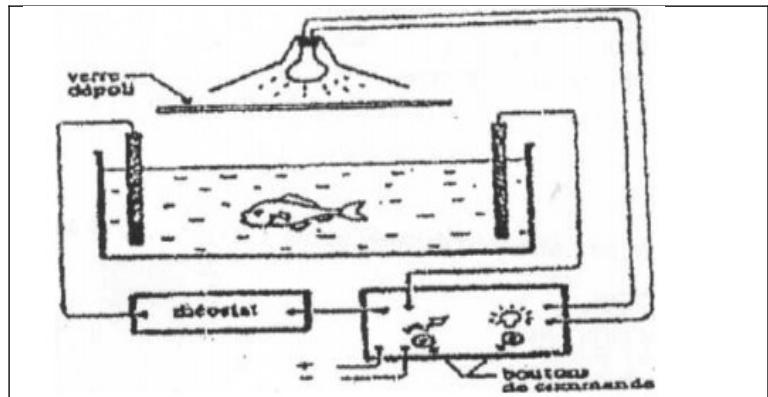
5) Analysez ces résultats.

6) Expliquez ces résultats.

7) Déduisez-en deux caractères importants de la réaction étudiée.

Exercice 2

Un poisson rouge est introduit dans un aquarium (à parois opaques non réfléchissantes), rempli d'eau, placé dans la pénombre (voir document 1).



DOCUMENT 1

Ce poisson est soumis à deux stimuli :

- Soit un stimulus donnant un éclaircissement homogène de la cuve

- Soit un stimulus électrique provoqué par deux électrodes identiques auxquelles on applique une tension réglable grâce à un rhéostat placé sur le circuit.

Les commandes des deux stimuli sont indépendantes.

A- Le poisson est soumis à des stimulations lumineuses jusqu'à disparition des réactions de l'animal.

B- Des chocs électriques de 15 volts appliqués, déterminent chez le poisson une réaction nette, inéluctable : accélération rapide de nage.

1) a- Nommez la réaction du poisson : en A et en B.

b- dites ce que représente dans chaque cas le stimulus appliqué.

c- Expliquez la disparition de la réaction du poisson en A.

Expérience 1

Le stimulus lumineux appliqué pendant 4 secondes est immédiatement suivi des chocs électriques pendant une seconde.

On réalise 10 séries (numérotées de 1 à 10) essais. Le tableau 1 du document 2 donne les résultats obtenus.

Expérience 2

L'expérience se poursuit sur le même poisson par 4 séries de 10 essais : mais, seule, est appliquée la stimulation lumineuse durant 4 secondes. Le tableau 2 indique les résultats obtenus.

Série d'essai

Tableau 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
+	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+
+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+
+	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+
+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+
+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+
+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+
+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+
+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+
+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+
+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+
+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+

Tableau 2

	1	2	3	4
+	+	-	-	-
+	-	-	-	-
+	+	+	-	-
+	+	+	-	-
+	+	-	-	-
+	-	-	-	-
+	-	-	-	-
+	-	-	-	-
+	-	-	-	-
+	-	-	-	-

10 résultats de la série d'essais n° 1
 + : réaction nette de l'animal - : autres cas

DOCUMENT 2

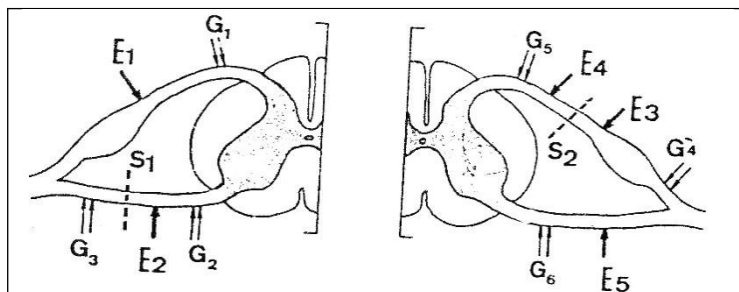
- 2) représentez sur le même graphique, le nombre de réactions nettes en fonction du numéro de série, les résultats du tableau 1 et du tableau 2 du document 2.
- 3) a- Analysez le tracé de l'expérience 1.
b- Faites en une interprétation.
- c- Représentez clairement sous forme schématique le trajet suivi par l'influx nerveux intervenant dans la réponse du poisson au cours de la 10^{ème} série d'essais de l'expérience 1.
- 4) a-Analysez le tracé de l'expérience 2.
b- Faites en une interprétation.
- c- Déduisez en une des caractéristiques de cette réaction.

Exercice 3

I.- Le principe de l'expérience de Magendie chez le chien permet de préciser le sens et la nature des influx nerveux mais ne fournit pas la localisation des corps cellulaires. Cette expérience s'appuie d'une part sur des observations réalisées sur l'animal après son opération d'autre part sur les résultats obtenus par certaines excitations artificielles portées sur les régions sectionnées des racines.

Cette expérience étant supposée connue, indiquez :

- a) L'emplacement exact des sections
 - b) Les capacités sensorielles et motrices de l'animal après chaque section.
 - c) L'emplacement exact des excitations et leurs conséquences physiologiques.
- II- Dans une seconde phase d'expérience, on enregistre les potentiels d'action sur des oscilloscopes cathodiques (indiqués G sur les schémas après avoir réalisé sur deux animaux différents les sections S1 et S2)
- a) Précisez, pour chaque section, quels oscilloscopes indiqueront le passage d'un potentiel d'action, quand on excite :
 - En E1 puis en E2 pour la section S1
 - En E3, E4 puis E5 pour la section S2.
 - Justifiez à chaque fois votre choix.
 - b) Quels compléments d'informations apportent ces expériences par rapport à celle de Magendie.



LE MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE

Les objectifs pédagogiques.

L'élève doit être capable de :

- 1- Reproduire et annoter une cellule musculaire**
- 2- Connaitre le fonctionnement d'une myofibrille**
- 3- Décrire le mécanisme de la contraction musculaire.**
- 4- Interpréter un myogramme.**
- 5- Identifier les actions de certaines substances et des excitations sur le fonctionnement du muscle.**

INTRODUCTION

Les activités volontaires et réflexes mettent en jeu plusieurs muscles qui sont des organes effecteurs et actifs des mouvements.

Il existe deux types de muscle :

- les muscles lisses : ils sont localisés au niveau des viscères.
- Le muscle cardiaque : il constitue le myocarde.
- Les muscles striés squelettiques : ils sont insérés sur les os.

Notre étude portera sur les muscles striés squelettiques qui consiste à explorer son organisation afin de connaître son mécanisme de fonctionnement

I- STRUCTURE DES MUSCLES STRIES SQUELETTIQUES.

A- Observation à l'œil nu (observation macroscopique).

Une coupe transversale d'un muscle en fuseau montre des faisceaux de fibres musculaires. Chaque faisceau est entouré d'une enveloppe conjonctive. Entre les faisceaux, on distingue des vaisseaux sanguins et des nerfs.

B- Observation au microscope optique.

Une fibre musculaire observée au microscope apparaît comme une cellule géante comprenant : une membrane ou sarcolemme, un cytoplasme et plusieurs noyaux périphériques.

Le cytoplasme renferme un pigment rouge appelé la myoglobine mais surtout de nombreux filaments centraux appelés les myofibrilles. Chaque myofibrille est constituée par une alternance de bandes claires et de bandes sombres. Chaque disque sombre est traversé par une bande claire appelée **zone H**. Chaque disque clair est traversé par un fin trait noir appelé **strie Z**. La **strie Z** délimite l'unité fonctionnelle et structurale : **le sarcomère**. Un sarcomère constitue l'unité contractile.

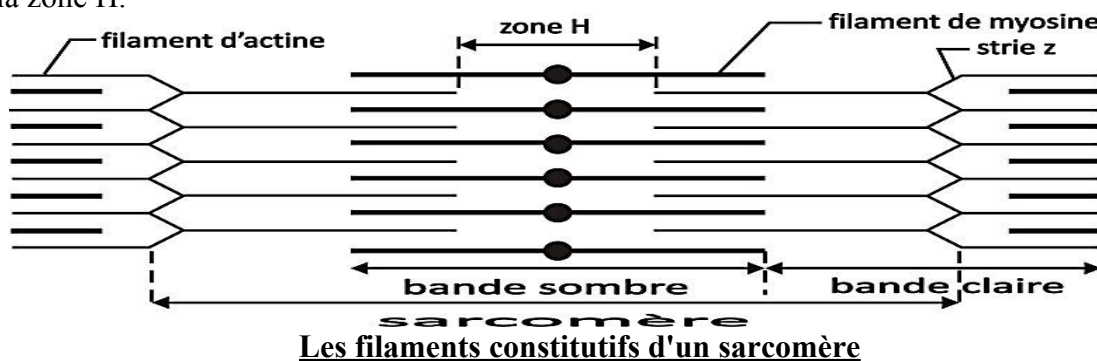
La fibre musculaire présente deux sortes de striations :

- Une striation transversale due à l'existence de bandes claires et de bandes sombres le long des myofibrilles.
- Une striation longitudinale due à la disposition des myofibrilles parallèlement entre elles et parallèlement au grand axe de la fibre musculaire.

C- Observation au microscope électronique.

L'ultrastructure d'une myofibrille montre qu'elles sont constituées de deux types de filaments : **les filaments d'actine et les filaments de myosine**.

Les bandes claires sont constituées de filaments fins appelés filaments d'actine qui sont de nature protidique. Au milieu de chaque bande claire, les filaments d'actine s'unissent pour former la strie Z. Les bandes sombres sont formées par les filaments d'actine et des filaments épais ou filaments de myosine. Les filaments de myosine sont de nature protidique et sont sous forme de bâtonnets terminés chacun par une tête globulaire. Au milieu de chaque bande sombre, on a une zone dépourvue de filament d'actine c'est-à-dire une zone ne renfermant que des filaments de myosine : c'est la zone H.



Le sarcomère est une unité contractile constituée par un ensemble de filaments d'actine et de myosine compris entre deux stries Z consécutives.

II- ETUDE DE LA CONTRACTION MUSCULAIRE.

La contraction musculaire regroupe : les phénomènes mécaniques, chimiques, électriques et thermiques.

A- Etude des phénomènes mécaniques de la contraction musculaire.

1. Observations.

Au cours d'un mouvement de flexion de l'avant-bras sur le bras, le biceps se gonfle c'est-à-dire se contracte alors que le triceps se relâche c'est-à-dire se décontracte. Biceps triceps sont donc deux muscles antagonistes car ils effectuent des mouvements en sens contraire.

2. Enregistrement des phénomènes mécaniques de la contraction musculaire.

On utilise un dispositif comprenant :

- Un myographe c'est l'appareil enregistreur des contractions musculaires. Il est constitué :
 - * un cylindre enregistreur sur le quel est enroulé un papier enregistreur et qui tourne à une vitesse lente. Les courbes obtenues sont appelées myogrammes.
 - * Un levier M qui enregistre les courbes ou myogrammes sur le papier.
 - * Un levier T qui enregistre la durée des courbes.
 - * Un levier S qui indique l'instant précis de la stimulation.
- Le stimulateur : il permet d'exciter le nerf relié au muscle.
- Le chronographe : il sert à enregistrer la durée des contractions musculaires.

3. Etude des myogrammes.

Le myogramme est une courbe graphique donnée par un myographe.

a- Réponse du muscle à une excitation isolée.

Une excitation isolée et efficace portée sur un nerf relié à un muscle permet d'obtenir une secousse musculaire isolée qui se présente comme suit :

Secousse musculaire isolée.

Une secousse musculaire comporte trois phases :

- AB : c'est la phase de latence qui correspond au temps mis par l'influx nerveux pour atteindre le muscle.
- BC : c'est la phase de contraction due au raccourcissement du muscle. Sa durée est BE et son amplitude est CE.
- CD : c'est la phase de relâchement due à la décontraction du muscle. Sa durée est ED.

b- Réponses musculaires à des excitations d'intensités croissantes.

On porte des excitations efficaces et de plus en plus croissantes sur un nerf relié à un muscle. On observe les myogrammes suivants :

Contractions musculaires obtenues par une série de stimulations d'intensité croissante

Interprétation des myogrammes :

- Entre S1 et S7, l'amplitude des secousses musculaires augmente avec l'intensité de stimulation. Cette augmentation est due au recrutement progressif des fibres musculaires lorsque l'intensité de stimulation augmente.
- Entre S7 et S14, l'amplitude des secousses reste constante car toutes les fibres musculaires sont déjà excitées.
- Entre S14 et S15, l'amplitude baisse lorsque la stimulation augmente à cause de la fatigue musculaire due à l'accumulation de l'acide lactique dans les fibres musculaires.

c- Réponses musculaires à deux excitations d'intensités maximales.

Lorsqu'on porte deux excitations d'intensités maximales sur un nerf relié à un muscle, on constate que :

- Si les deux excitations sont espacées l'une de l'autre, on obtient deux secousses musculaires isolées et d'amplitudes maximales.
- Si la deuxième excitation atteint le muscle pendant la phase de relâchement de la première secousse, on obtient deux secousses musculaires partiellement fusionnées : c'est la fusion incomplète.
- Si la deuxième excitation atteint le muscle pendant la phase de contraction de la première secousse, on obtient une secousse unique avec un sommet plat : c'est la fusion complète.

Myogramme obtenu avec deux excitations d'intensité maximale

d- Réponse musculaires à deux excitations d'intensités liminaires.

Lorsqu'on porte deux excitations d'intensités égales et liminaires sur une préparation nerf-muscle, on constate que :

- Si les deux excitations sont suffisamment espacées l'une de l'autre, on obtient deux secousses isolées de même amplitude minimale.
- Si la deuxième excitation atteint le muscle pendant la phase de relâchement de la première secousse, on obtient une deuxième secousse rapprochée de la première mais ayant une amplitude plus élevée que la première secousse. Cette légère augmentation d'amplitude est due à une sommation partielle entre la première et la deuxième excitation.
- Si la deuxième excitation atteint le muscle pendant la phase de contraction de la première secousse, on obtient une secousse unique d'amplitude plus grande à cause de la sommation totale entre les deux excitations.

Myogramme obtenus avec deux excitations d'intensité liminaire

e- Réponse musculaires à des excitations rapprochées.

Lorsqu'on porte des excitations d'intensités maximales et rapprochées sur une préparation nerf-muscle, on constate que :

- Si chaque excitation atteint le muscle pendant la phase de relâchement de la secousse précédant, on obtient un enregistrement formé de secousses incomplètement fusionnées au sommet appelées tétanos imparfait.
- Si chaque excitation atteint le muscle pendant la phase de contraction de la secousse précédant, on obtient un enregistrement fait de secousses complètement fusionnées appelées le tétanos parfait.

Le tétanos

4. Mécanisme de la contraction musculaire.

a- Observation d'une fibre musculaire au repos et en contraction.

L'état d'une fibre musculaire au repos comparé à son état lorsqu'il est en activité, montre que :

- Les myofibrilles diminuent de taille lorsqu'elle est en contraction.
- Les disques clairs, les sarcomères et les zones H diminuent aussi de longueur lors de la contraction.
- Les disques sombres ne varient pas en longueur pendant la contraction.

b- Mécanisme de la contraction musculaire.

- L'arrivée de l'influx nerveux au niveau de la fibre musculaire provoque la libération des ions Ca^{2+} dans la fibre musculaire.
- Attachement actine-myosine.
- Glissement des filaments d'actine le long des filaments de myosine.
- Absorption active des ions Ca^{2+} libérés et hydrolyse du phosphate par la phosphatase.

La contraction musculaire et son interprétation

Le mécanisme de glissement des molécules motrices

c- Propriétés du muscle.

- Excitabilité

- Contractilité
- Extensibilité
- Elasticité
- Tonicité.

B- Phénomènes électriques de la contraction musculaire.

Existence de différence de potentiel entre l'extérieur et l'intérieur d'une fibre musculaire ; c'est le potentiel de repos de l'ordre de -90 mv donc le sarcolemme est chargé positivement à l'extérieur et négativement à l'intérieur.

Lorsqu'on excite le muscle, on enregistre à l'aide d'un oscillographe à double entrée à la fois le myogramme (phénomène mécanique) et un Potentiel d'Action (phénomène électrique). La superposition de deux courbes montre que le Potentiel d'Action se situe dans la phase de latence du myogramme. Le phénomène mécanique est dû à la dépolarisation de la fibre musculaire.

Enregistrement simultané du mécanogramme (en traits pleins) et l'électromyogramme (en tirets).

La plaque motrice

C- Phénomènes chimiques et énergétiques de la contraction musculaire.

1. Observations des phénomènes chimiques et énergétiques de la contraction musculaire.

L'analyse du sang à l'entrée et à la sortie d'un muscle au repos et du même muscle en activité donne les valeurs consignées dans le tableau suivant :

	Muscle au repos	Muscle en activité
Oxygène utilisé (en L)	0,03	5,2
Co2 produit (en L)	0,22	5,95
Glucides utilisés (en g)	0,3	8,4
Lipides utilisés (en g)	0	0
Protides utilisés (en g)	0	0
PH musculaire	7,1	7,9

L'analyse des résultats du tableau montre qu'un muscle :

- consomme plus de glucides et d'oxygène lorsqu'il est en activité ;
- rejette plus de CO₂ lorsqu'il est en activité ;
- n'utilise ni de protides ni de lipides ;
- a un Ph basique lorsqu'il est en activité alors que son Ph est neutre au repos.

2. Les réactions chimiques et énergétiques.

Il se produit deux types de réactions : les réactions d'hydrolyse des molécules énergétiques et les réactions de régénération des molécules énergétiques.

a- Les réactions d'hydrolyse des molécules énergétiques.

Elles ont lieu au début de la contraction musculaire et entraînent la libération de l'énergie nécessaire à la contraction musculaire. Elles sont de deux types :

ATPase

- **L'hydrolyse d'ATP : ATP** **ADP + Pi + E.**

la libération du Pi dans le muscle entraîne la baisse du PH au début de la contraction musculaire.

- L'hydrolyse de la phosphocréatine : **Phosphocréatine** **Créatine + Pi + E**

La libération de la créatine entraîne la basicité du milieu musculaire.

Les énergies libérées par hydrolyse d'ATP et de la phosphocréatine constituent la chaleur initiale de la contraction.

b- Les réactions de régénération des molécules énergétiques.

La régénération des molécules énergétiques se fait selon deux voies : les voies rapides et les voies lentes.

b1 : Les voies rapides.

Elles regroupent les réactions aérobies suivantes :

- ADP + Phosphocréatine ATP + créatine.
- 2ADP ATP + AMP.
- Créatine + AMP + E Phosphocréatine

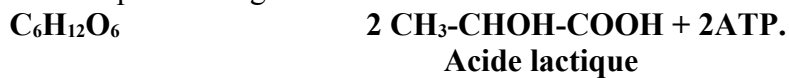
b2 : les voies lentes.

Elles regroupent deux types de réactions : l'oxydation du glucose et la fermentation du glucose.

- L'oxydation du glucose : Elle se déroule dans les mitochondries (cycle de Krebs) et entraîne la production d'énergie.



- La fermentation du glucose : elle a lieu lors d'un travail musculaire soutenu, en absence d'oxygène et conduit à la formation de l'acide lactique. Ce dernier s'accumule dans le tissu musculaire entraine les crampes ou fatigues.



D : Phénomènes thermiques de la réaction.

L'activité musculaire est accompagnée d'un dégagement de chaleur enregistrable par le principe des thermopiles.

Au cours de la contraction musculaire, il se produit deux types de chaleurs : la chaleur initiale et la chaleur retardée.

- La chaleur initiale : elle provient de l'hydrolyse de l'ATP et de la phosphocréatine. La chaleur initiale est de trois sortes :**

- * *Chaleur d'activation légèrement en avant sur la contraction musculaire.*
- * *Chaleur de soutien contemporaine à la contraction.*
- * *Chaleur de relâchement produite au cours de relâchement.*

$$\text{Chaleur d'activation} + \text{Chaleur de soutien} = \text{Chaleur de contraction}$$

- La chaleur retardée ou chaleur de restauration : elle est produite à la fin de la contraction musculaire et correspond à l'énergie produite pendant les voies lentes.*

III- REGULATION DE L'ACTIVITE MUSCULAIRE.

Chaque muscle strié squelettique est innervé par un neurone moteur et chaque fibre nerveuse fait synapse avec une ou plusieurs fibres musculaires. Le contact entre une fibre nerveuse et une fibre musculaire constitue une plaque motrice. Le contact entre une fibre nerveuse et plusieurs fibres musculaires constitue une unité motrice.

Dans un muscle, il existe deux types d'unités motrices :

- **Les unités motrices lentes** : elles sont à l'origine des contractions musculaires de faibles amplitudes mais durables.
- **Les unités motrices rapides** : elles sont à l'origine des contractions musculaires de grandes amplitudes mais de courtes durées.

Le système nerveux contrôle aussi le fonctionnement des muscles qui sont toujours en léger état de contraction appelée le tonus musculaire.

IV- ACTION DE CERTAINES SUBSTANCES SUR L'ACTIVITE MUSCULAIRE.

1. Action du curare.

Le curare bloque la transmission de l'influx nerveux au niveau de la plaque motrice en se fixant sur les récepteurs à acétylcholine situés au niveau de la membrane post-synaptique (membrane de la fibre musculaire). Le curare entre donc en compétition de site avec l'acétylcholine : il s'agit d'une

compétition inhibitrice. Il existe un curare synthétique appelé le flaxédil qui a la même action que le curare.

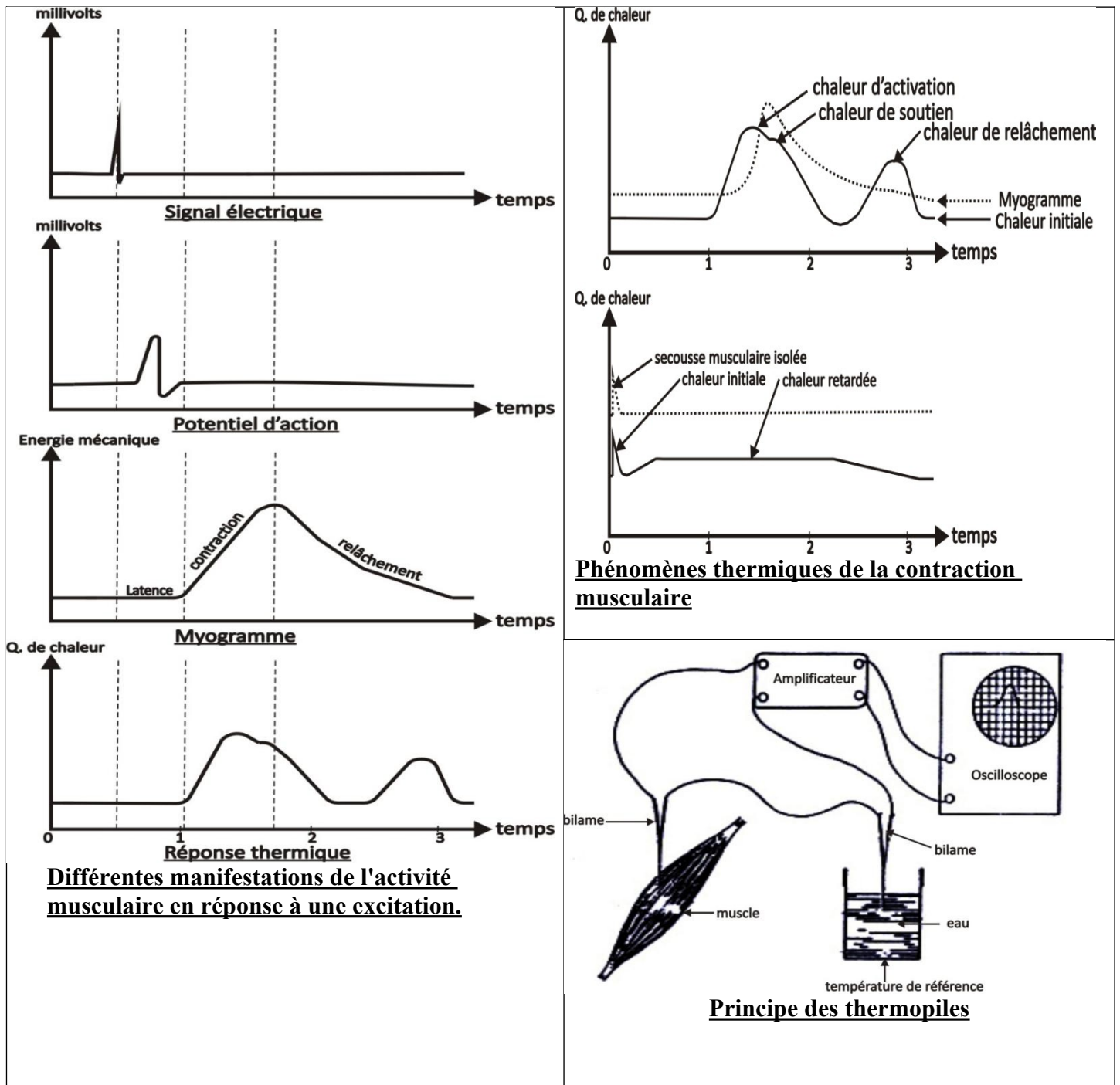
2. Action de l'atropine.

L'atropine inhibe les récepteurs post synaptiques entraîne la non utilisation de l'acétylcholine libérée dans la fente synaptique. Cet acétylcholine libérée passe dans le sang et provoque l'accélération du rythme cardiaque (tachycardie) et la dilatation du diamètre de la pupille.

3. Action de la prostigmine.

Elle renforce la transmission neuromusculaire de l'influx nerveux en renforçant l'action du neuromédiateur.

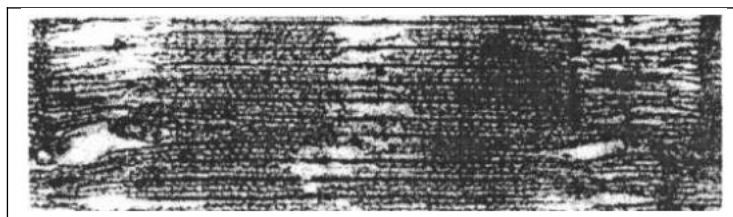
Il existe d'autres substances qui renforcent la transmission neuromusculaires comme : l'ésérine, la cocaïne etc.



TRAVAUX DIRIGES

Exercice 1

Le document 1 ci-dessous représente le détail d'une myofibrille au cours de la contraction. Nommez l'unité structurale de la myofibrille.



Document

1) On place in-vitro dans des milieux différents, soit des myofilament de myosine, soit des myofilaments

d'actine, ou les deux à la fois. On observe la formation éventuelle de figures semblables à celles du document On mesure dans chaque milieu la production de chaleur et l'évolution de la quantité d'ATP (Adénosine Triphosphate) Les résultats sont donnés dans le tableau du document 2.

	Conditions expérimentales	Figures	Production de chaleur	Évolution de la concentration en ATP
1	Expérience 1 : Actine+ ATP+Ca ⁺	Absentes	Nulle	éAu voclutnioen
2	Expérience2 : Mvosine+ATP+Ca ⁺	Absentes	Faible	Dimfai inbulection
3	Expérience3 : Myosine+ Actine+ATP+Ca ⁺	Présentes	Importante	Diminution importante
4	Expérience 4 : Myosine+Actine+ATP	Présentes	Faible	Dimfai inbulection

Document2

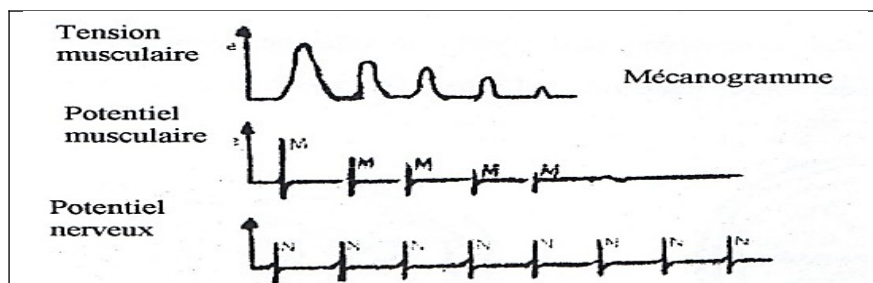
2) a- Indiquez dans quelle expérience il y a contraction de la myofibrille.

b-Justifiez votre réponse.

3) En vous appuyant sur les données du document et en vous aidant de vos connaissances, expliquez les résultats de l'expérience 3.

Exercice 2

La myasthénie est une maladie rare qui aboutit à la paralysie totale. On vous propose les données médicales et expérimentales suivantes. On porte sur le nerf moteur d'un muscle malade des stimulations répétées d'intensité et de durée suffisante. La



tension provoquée par la réponse mécanique de ce muscle est enregistrée sur l'écran d'un oscillographe : les tracés obtenus sont appelées mécanogrammes (voir document ci-dessus). Ce document propose également l'enregistrement simultané des activités électriques de ce muscle (tracé M) et de son nerf (tracé N) consécutive aux stimulations.

Alors que le muscle n'est plus excitable par l'intermédiaire de son nerf, on constate qu'il répond encore normalement à une stimulation portée directement sur lui.

Chez les myasthéniques la jonction neuro-musculaire répond moins bien à l'acétylcholine que chez les individus sains. Par ailleurs le nombre de récepteurs musculaires à l'acétylcholine est très diminué chez les individus atteints de myasthénie. On combat les crises de myasthénie par administration de molécules qui inhibent l'acétylcholinestérase.

1) a- Analysez le document.

b- Conclure.

2) Expliquez pourquoi le muscle répond à une excitation portée sur lui-même.

3) Nommez la zone du fonctionnement des fibres nerveuses et musculaires.

4) a- Expliquez le mécanisme de fonctionnement de cette zone.

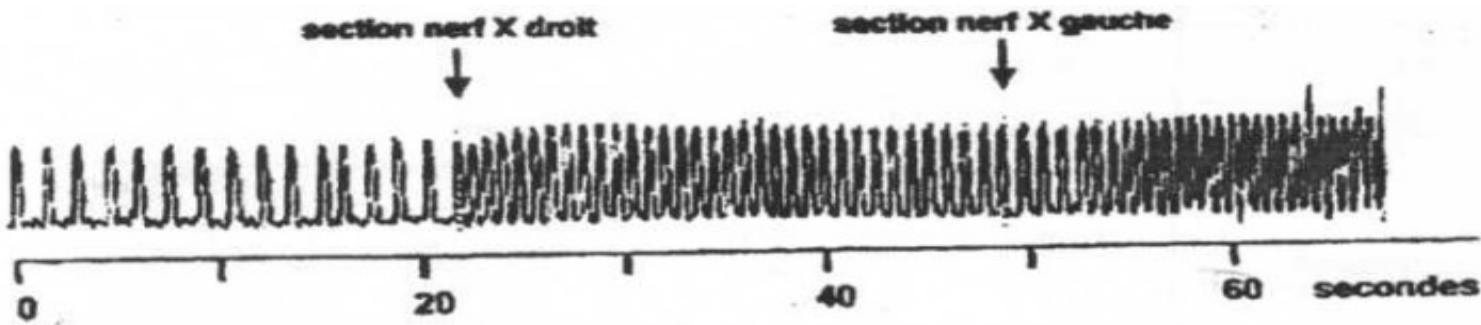
b- Où est localisé le dysfonctionnement qui crée la paralysie?

5) Justifiez le traitement proposé pour combattre la myasthénie.

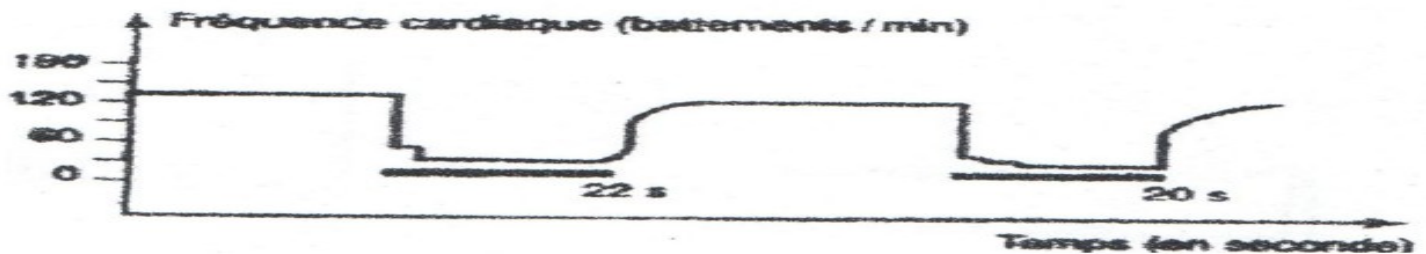
Exercice 3

Le cœur est un organe doué d'automatisme. Cependant, son fonctionnement subit l'influence du système nerveux dans l'organisme.

On étudie l'action des nerfs X sur le rythme cardiaque. Pour cela, on réalise des expériences de section sur un chien anesthésié. Les résultats obtenus sont les suivants :



- 1) Décrivez ces résultats.
- 2) Formulez une hypothèse pour expliquer le rôle des nerfs X sur le fonctionnement du cœur.
- 3) On réalise des expériences de stimulations pendant 22 secondes, puis pendant 20 secondes des bouts périphériques de ces nerfs X sectionnés. Les résultats obtenus sont ceux du document suivant :



- a- Décrivez l'évolution de la fréquence cardiaque.
- b- Ces résultats confirment-ils votre hypothèse formulée à la 2ème question ? Justifiez votre réponse.

Exercice 4

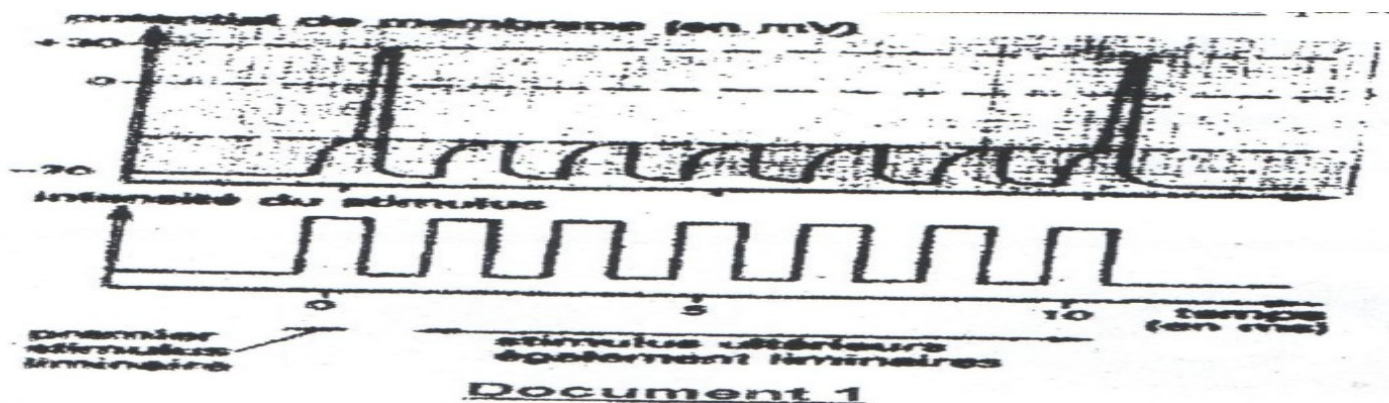
Le tableau ci-dessous donne les résultats des mesures de diamètre et de vitesse de propagation de quelques fibres nerveuses placées toutes à la même température.

Analysez les données du tableau.

Diamètre des Fibres (μm)	Vitesse de propagation Moyenne (m.s ⁻¹)	Fibres nerveuses
Fibre à myéline de mammifère (A)	20	120
Fibre à myéline de mammifère	10	60
Fibre à myéline de mammifère	3	11
Fibre sans myéline de mammifère	0,5	1
Fibre sans myéline de mammifère (B)	700	25

Déduisez de votre analyse les facteurs qui favorisent la grande vitesse de propagation du message nerveux. Expliquez la différence de vitesse de conduction entre la fibre A et la fibre B.

B- Le document 1 traduit les réponses d'une fibre nerveuse plusieurs stimuli liminaires qui lui sont portés.



Document 1

Expliquez l'expression soulignée dans le texte.

Analysez les réponses de la fibre nerveuse.

Expliquez ces résultats ;

Déduisez de votre explication le sens de propagation du potentiel d'action le long d'une fibre nerveuse.

Exercice 5

Dans le cadre d'une étude des propriétés du cœur et de l'action du système nerveux sur son activité, on réalise certaines expériences.

Le montage de la figure 1 du document 2 correspondant à la perfusion d'un cœur de grenouille fraîchement isolé du corps de l'animal ;

On enregistre sur un cylindre tournant à vitesse constante les réactions mécaniques du cœur suite aux expériences suivantes :

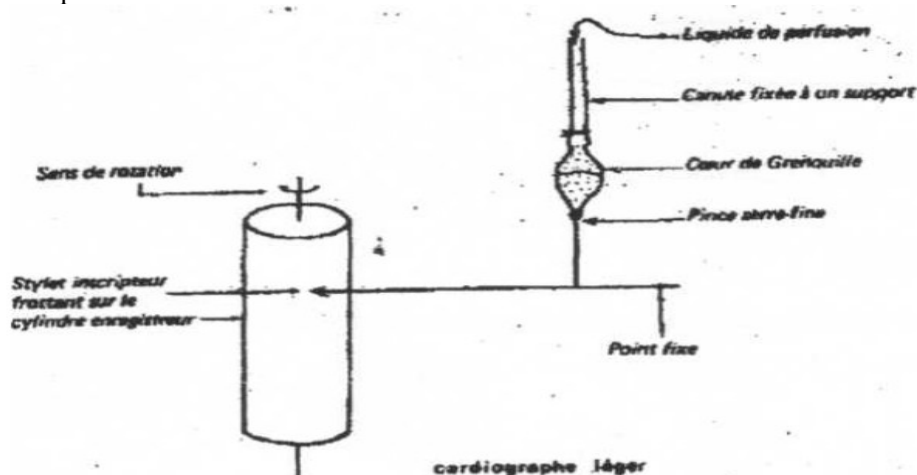


Figure 1

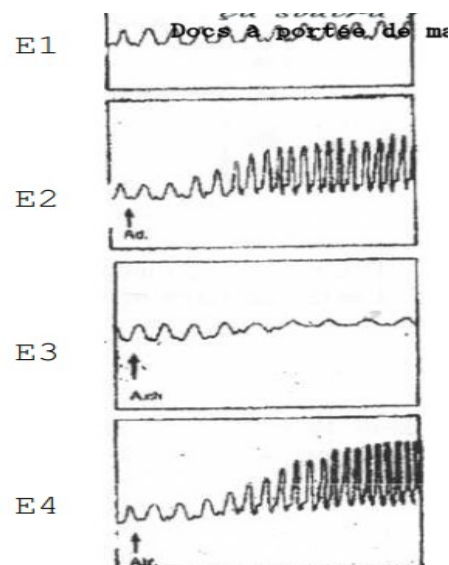


figure 2

Document 2

Expérience 1 : aucune manipulation : on obtient l'enregistrement E1 de la figure 2 du document 2.

On ajoute successivement différentes substances dans le liquide baignant le cœur. Les flèches indiquent le moment de l'introduction du produit. Entre chaque expérience, le cylindre est arrêté et on remplace le liquide par du liquide neuf oxygéné et ayant la même température ; ce qui revient en quelque sorte à effectuer un rinçage de l'organe.

Expérience 2 : addition de quelques gouttes d'adrénaline au liquide baignant le cœur : on obtient l'enregistrement E2 de la figure 2 du document 2.

Expérience 3 : addition de quelques gouttes d'acétylcholine au liquide baignant le cœur : on obtient l'enregistrement E3 de la figure 2 du document 2 ;

Expérience 4 : addition de quelques gouttes d'atropine au liquide baignant le cœur : on obtient l'enregistrement E4 de la figure 2 du document 2.

Analysez l'enregistrement E1.

Indiquez la propriété fondamentale du cœur que démontre E1.

Analysez les enregistrements E2, E3 et E4.

Tirez une conclusion pour les enregistrements E2, E3 et E4.

Exercice 6

Au cours de l'étude du mécanisme de contraction des muscles squelettiques, des chercheurs ont identifiés deux catégories de fibres musculaires A et B ayant des caractéristiques différentes :

caractéristiques	Fibres A	Fibres B
1- Temps nécessaire pour atteindre la tension maximale (ms).....		80
2- Force développée.....	30	+
3- métabolisme dominant	+-++	Oxydatif (aérobie)
4- Présence de mitochondries.....	Glycolyse (anaérobie)	+++
5- Nombre de capillaire par fibre.....	+3+	4,5
6- Myoglobine (transport de O ₂ dans la fibre).....	+-++	+++
7- Réserves en substrats :		
- glycogène	+	++
- triglycérides.....	+++	+++
8- Enzyme hydrolysant l'ATP		+

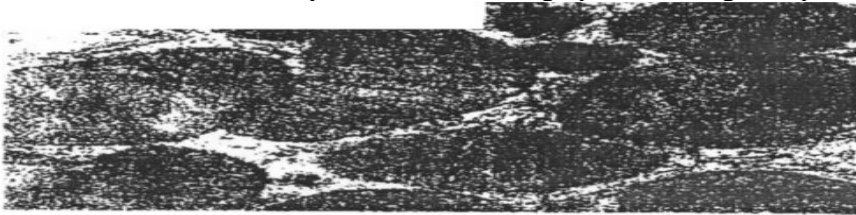
1) A partir des données du tableau, expliquez la différence de vitesse entre ces deux catégories de fibres,

2) a- Précisez celle qui résiste à la fatigue.

b- Justifiez votre réponse.

3) Déduisez la voie prédominante de la production de l'énergie de chaque catégorie de fibres.

Le document ci-dessous représente l'électronographie d'un organe présent dans ces fibres.



4) a- Représentez de façon simplifiée cet organe.

b- annotez-le.

Exercice 7

La myasthénie est une maladie assez rare se traduisant par un mauvais fonctionnement du système musculaire moteur. Elle aboutit rapidement à la paralysie bien que les muscles soient intacts.

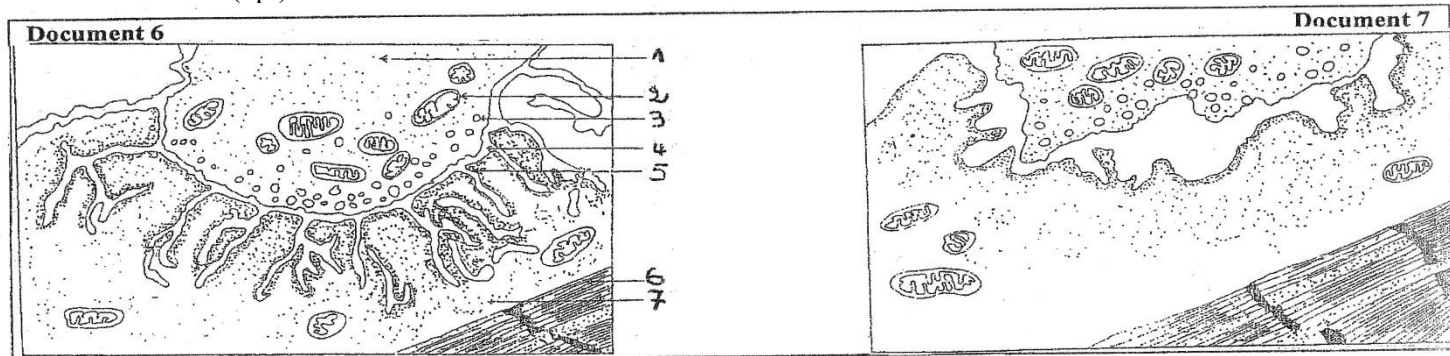
Le document 6 montre une liaison neuromusculaire d'un homme sain et le document 7 celle d'un homme atteint de myasthénie.

1/ A l'aide des chiffres donnez les légendes du document 6. (1,5 pt)

2/ A l'aide de vos connaissances et du document 6, rappelez brièvement le fonctionnement de la structure représentée. (1 pt)

3/ Déterminez les différences d'ultrastructure entre les deux liaisons neuromusculaires des documents 6 et 7. (1 pt)

4/ En quoi ces différences peuvent-elles expliquer le mauvais fonctionnement du système musculaire chez l'individu malade ? (1pt)

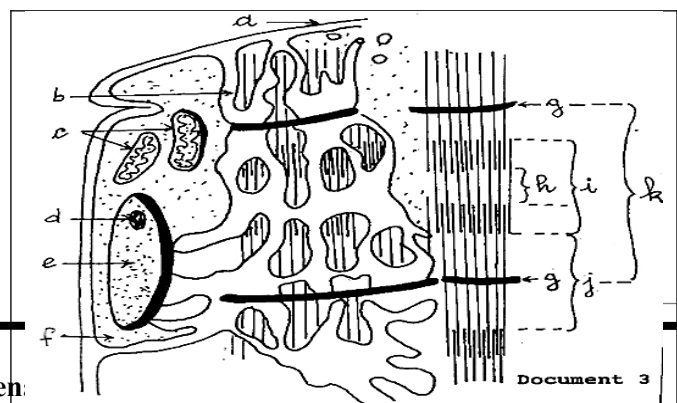


B- On dilacère un muscle gastrocnémien. L'observation microscopique des éléments isolés a permis d'établir le document 3.

Annotez le document sur votre copie, en utilisant les lettres données. (Il ne vous est pas demandé de le reproduire).

2) - Précisez :

a) - la nature biochimique des éléments constitutifs de (i) et (j) et leur rôle dans la contraction.

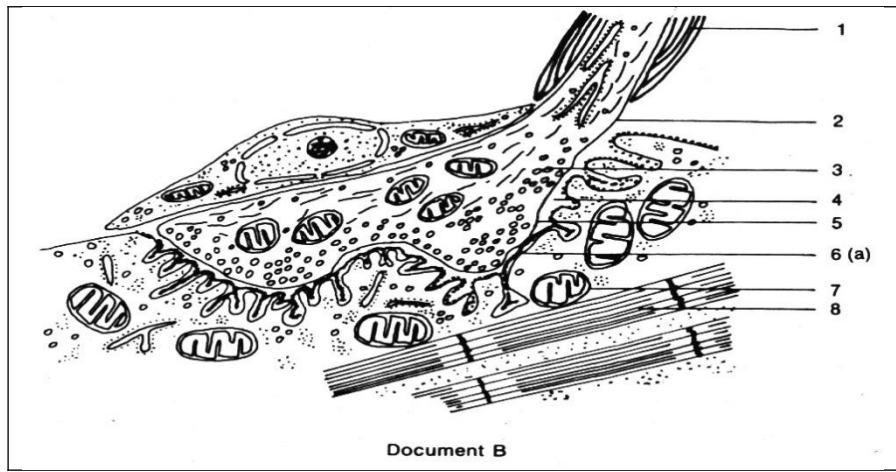


b) - le rôle joué par (c)

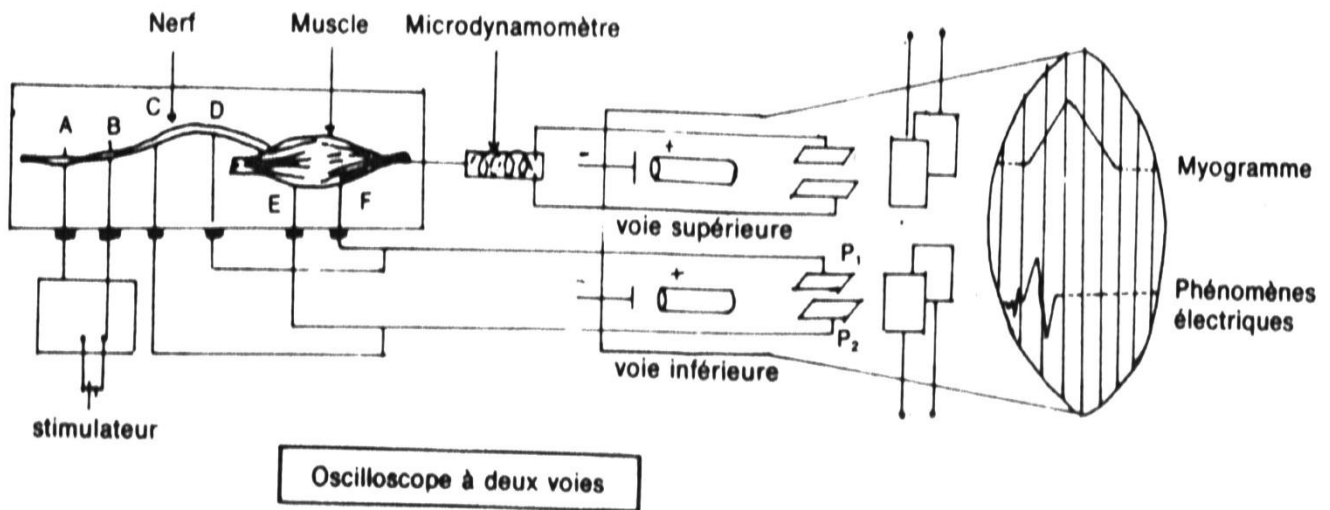
Exercice 8

On injecte au niveau de la jonction neuromusculaire une substance chimique, la tubocurarine, et l'on porte sur le nerf une excitation efficace. Cette excitation n'est suivie d'aucune réponse musculaire.

- 1) Sachant que la tubocurarine se fixe sur les récepteurs de l'élément a du document B, expliquez l'absence de réponse musculaire.
- 2) Annotez le document B : vous reporterez sur votre copie la légende correspondant à chaque numéro du document.



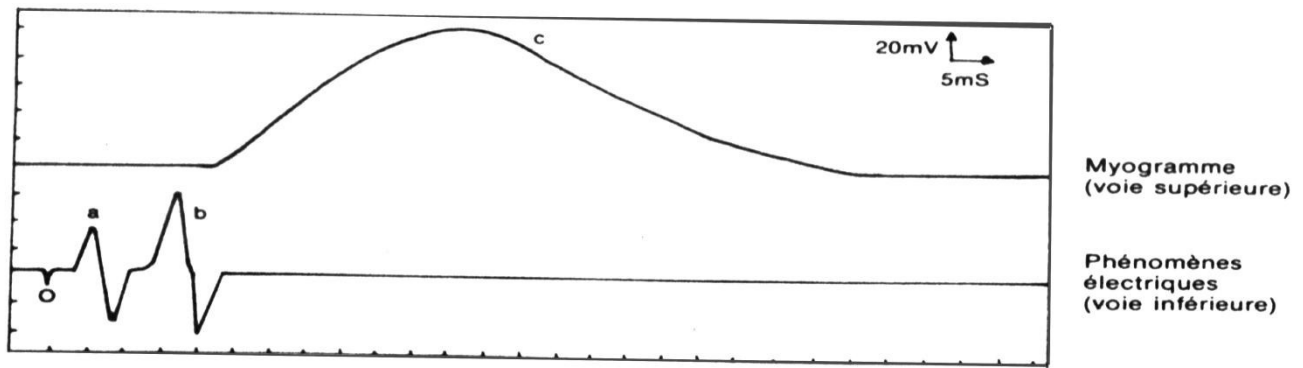
a. Le document n°1 représente un montage destiné à étudier expérimentalement la préparation nerf-muscle d'une grenouille.



Document 1

La voie supérieure de l'oscillographe traduit les phénomènes mécaniques de la contraction musculaire ; la voie inférieure est reliée d'une part aux électrodes C et D placées à la surface du nerf, d'autre part aux électrodes E et F placées à la surface du muscle.

On envoie alors une stimulation unique d'intensité et de durée convenables : on enregistre sur l'écran de l'oscillographe les courbes représentées de manière schématique par le document n°2 ; le point O correspond à l'artéfact de stimulation.



Document 2

1°) Que représentent les courbes a, b et c ? Quelles relations établissez-vous entre elles ?

2°) a. Analysez aussi complètement que possible la courbe c, en la reproduisant sur votre copie.

b. On cherche maintenant à préciser les mécanismes qui permettent le passage de l'influx moteur entre le nerf et le muscle à l'aide des données suivantes :

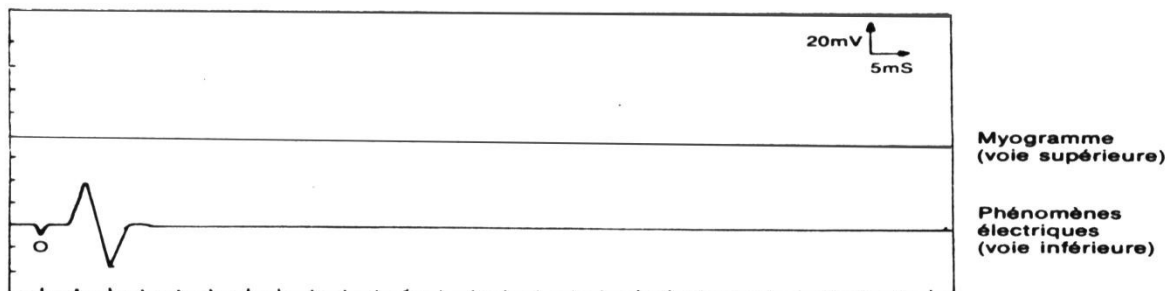
Expérience I : on fait agir durant quelques minutes au niveau de la préparation nerf-muscle une solution de Flaxédil ; puis on porte une stimulation convenable sur le nerf ; avant d'enregistrer, on observe que le muscle ne se contracte pas.

3°) Quelles hypothèses pouvez-vous formuler ?

Expérience II : l'action du Flaxédil étant maintenue, on porte une nouvelle excitation,

Sur le nerf : on obtient l'enregistrement figuré sur le document n°3,

Sur le muscle directement : on observe une réponse musculaire (contraction).



Document 3

4°) A partir de ces résultats, quelle hypothèse retenez-vous à propos de l'action du flaxédil ? Au niveau de quelle structure histologique cette substance intervient-elle ?

Expérience III : en utilisant une autre préparation nerf-muscle, on injecte à l'aide d'une micropipette de l'acétylcholine au niveau de la jonction neuromusculaire : on constate alors à ce niveau des phénomènes de dépolarisation sans qu'aucune stimulation ne soit portée sur le nerf (les électrodes A et B sont débranchées) ; il en résulte une contraction musculaire.

Observation du document n°4 : celui-ci représente le coupe partielle d'une jonction neuromusculaire de grenouille observée au microscope électronique (x50 000 environ).

5°) Complétez la légende de ce document n°4.

6°) En vous appuyant sur l'ensemble des données précédentes et sur vos connaissances, expliquez les phénomènes qui ont lieu au niveau de la jonction neuromusculaires (une dizaine de lignes).



vésicules contenant de l'acétylcholine

espace synaptique

L'ACTIVITE

Les objectifs pédagogiques.

L'élève doit être capable de :

- 1- Mettre en évidence l'automatisme cardiaque.
- 2- Mesurer et enregistrer les effets de l'automatisme.
- 3- Analyser et interpréter les électrocardiogrammes.
- 4- Analyser et interpréter les effets des excitations sur l'activité cardiaque.
- 5- Connaitre l'action de certaines substances sur l'activité cardiaque.
- 6- Déterminer la fréquence cardiaque

INTRODUCTION

Le cœur est un muscle creux dont les contractions assurent la circulation du sang dans l'organisme. Les contractions du cœur sont dues aux muscles cardiaques qui sont formés de fibres spécialisées dans la contraction involontaire et ce qui permet au cœur de fonctionner de façon autonome.

I- L'AUTOMATISME CARDIAQUE.

L'automatisme est une réaction indépendante d'un organe vis-à-vis des autres organes.

Un organe autonome est un organe qui possède en lui-même les causes de son propre fonctionnement.

A- Mise en évidence de l'automatisme cardiaque.

Expériences et observations.

Lorsqu'on ouvre la cage thoracique d'une grenouille décérébrée et déméduillée, on remarque que ce cœur continu à battre. Si on isole ce cœur et qu'on le plonge dans un liquide physiologique de Ringer, ce cœur continu à battre même en dehors de l'organisme. Lorsqu'on perfuse un cœur à l'aide du liquide de Ringer, ce cœur continu à battre normalement.

Conclusions

Le cœur fonctionne d'une façon autonome. L'origine du fonctionnement du cœur se trouve dans le cœur lui-même.

Remarque : si le cœur fonctionne d'une façon autonome, c'est qu'il possède des sièges d'automatisme.

Mise en évidence de l'automatisme cardiaque.

Fibres musculaires du myocarde.

B- Mise en évidence des sièges d'automatisme cardiaque.

1°) Anatomie et histologie du cœur.

a- Le cœur des mammifères.

Le cœur des mammifères est constitué de muscles cardiaques appelés myocarde. Ce dernier est constitué de fibres musculaires striées appelées fibres myocardiques et de tissu nodal.

Chaque fibre myocardique renferme :

- Des fibrilles qui sont en position périphérique et sont bifurquées (en forme d'Y) et anastomosées entre elles. Ces fibres présentent des stries scalariformes qui sont des cloisons entourés d'éléments conjonctifs.

- Des noyaux centraux.

Le tissu nodal est formé de fibres cardiaques pauvres en fibrilles et ayant l'aspect de cellules embryonnaires. Le tissu nodal comprend :

- Le nœud sinusal ou nœud de Keith et Flack qui est un amas de tissu nodal situé dans la paroi de l'oreillette droite au point d'arrivée des veines caves supérieures.

- Le nœud septal ou nœud auriculo-ventriculaire ou nœud de Tawara qui est un amas de tissu nodal situé au niveau cloison auriculo-ventriculaire droite.

- Le faisceau de His formé de tissu nodal de grande taille et est issu du nœud septal. Il se subdivise en deux branches et chaque branche va dans un ventricule. Chaque branche émet des ramifications dans le ventricule correspondant formant ainsi le réseau de Purkinje.

Cœur des mammifères montrant le tissu nodal.

b- Le cœur des batraciens.

Le cœur de grenouille est formé de deux oreillettes et d'un ventricule unique. Les veines caves s'associent au niveau des oreillettes pour former le sinus veineux. Ce cœur renferme aussi un tissu nodal constitué de ganglions qui sont des amas cellulaires embryonnaires. Ces ganglions sont localisés dans le sinus veineux, dans les oreillettes et dans le ventricule.

Cœur de grenouille.

2°) Mise en évidence des sièges d'automatisme.

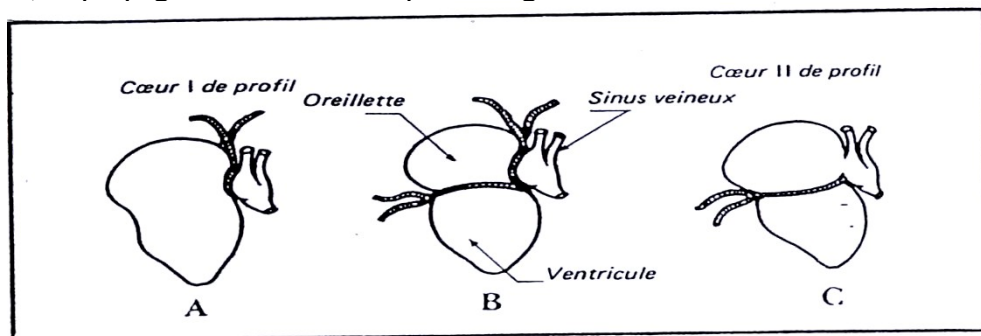
a- Expérience de ligature de Stannius.

Elle consiste à poser des ligatures à différents endroits des cœurs de grenouilles.

On pose une ligature entre les oreillettes et le sinus veineux d'un cœur de grenouille. On constate que les oreillettes et le ventricule s'arrêtent de battre mais le sinus veineux continue à battre à un rythme normal. Il existe donc un siège d'automatisme dans le sinus veineux.

On pose une deuxième ligature entre les oreillettes et le ventricule du même cœur. Le ventricule se remet à battre mais à un rythme plus lent que celui du sinus veineux. Il existe donc un deuxième siège d'automatisme dans le ventricule. Ce second siège est sous le contrôle du siège du sinus veineux.

Sur un deuxième cœur, on pose une ligature entre les oreillettes et le ventricule. Sinus et oreillettes battent normalement. Le ventricule, après un temps d'arrêt, reprend ses contractions mais à un rythme très lent. Les excitations qui sont à l'origine des battements du cœur naissent au niveau du sinus veineux, se propagent aux oreillettes puis atteignent le ventricule.



Expérience de ligature de STANNIUS.

b- Expérience sur le cœur des mammifères.

La suppression du tissu nodal entraîne un arrêt du cœur des mammifères : donc le siège d'automatisme du cœur des mammifères se trouve dans le tissu nodal.

La destruction du nœud sinusal entraîne le ralentissement du rythme cardiaque : donc le nœud sinusal est le siège qui impose son rythme au cœur. Le nœud sinusal est l'entraîneur cardiaque ou le pacemaker.

II- LA CARDIOGRAPHIE.

C'est l'étude du cœur au moyen d'un cardiographe. Le cardiographe est un appareil qui donne le tracé des mouvements du cœur.

1°) Technique d'enregistrement.

a- Dispositif expérimental.

Pour enregistrer les battements cardiaques chez la grenouille, on utilise un dispositif expérimental appelé le cardiographe à balancier qui comprend :

- Un levier : il est mobile autour d'un axe. Une des extrémités du levier est reliée à la pointe du cœur par une pince métallique. L'autre extrémité est munie d'un stylet inscripteur. Ce dernier permet d'enregistrer les battements cardiaques sur un papier.
- Un cylindre enregistreur : il tourne à une vitesse très lente. Sur le tambour du cylindre est enroulé un papier enregistreur.
- Un chronographe : il sert à enregistrer la durée des contractions cardiaques sur le papier.

Cardiographe à balancier.

b- Principe du cardiographe.

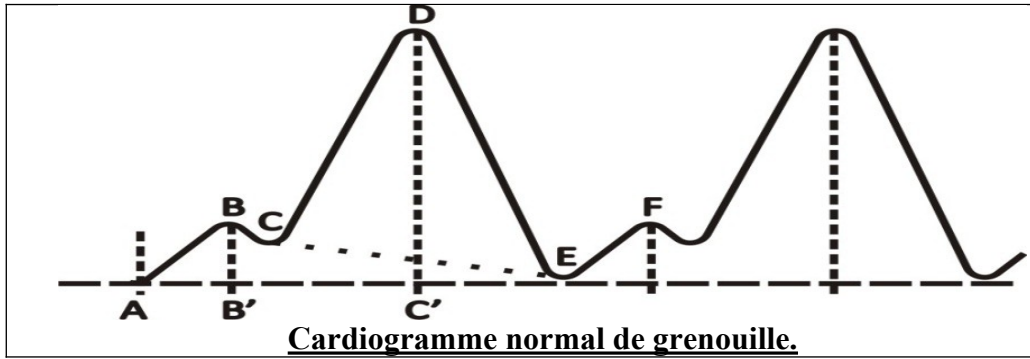
Le cardiographe à balancier est un simple levier mobile autour d'un axe dont un bras est relié à la pointe du cœur et l'autre bras est muni d'un stylet inscripteur. Les battements cardiaques provoquent le déplacement du stylet qui inscrit sur un papier.

2°) Etude du cardiogramme normal.

On distingue cardiogramme normal de grenouille et celui de l'Homme.

a- Cardiogramme normal de grenouilles.

a₁ : Le tracé.



a₂ : Analyse du tracé.

ABCD représente une révolution cardiaque. Sa durée est AE. Une révolution cardiaque comporte : l'activité des oreillettes et l'activité du ventricule.

- ABC : c'est l'activité des oreillettes. Elle comporte deux phases :
 - AB : la phase de contraction des oreillettes ou systole auriculaire. Son amplitude est BB' et sa durée est AB'.
 - BC : le début de la phase de relâchement des oreillettes ou diastole auriculaire. La phase de relâchement correspond à BE et sa durée est B'E.

Remarques : Une phase de relâchement se termine quand commence une nouvelle phase de contraction. B'E est supérieur à AB' : donc les oreillettes se reposent plus qu'elles ne travaillent.

- CDE : c'est l'activité du ventricule. Elle comprend deux phases :
 - CD : la systole ventriculaire. Son amplitude est DD' et sa durée est C'D'.
 - DE : le début de la diastole ventriculaire. Toute la phase de diastole ventriculaire correspond à D'F'.

Remarques : C'D' est inférieur à D'F' : le ventricule se repose plus qu'il ne travaille. Les durées systoliques sont inférieures aux durées diastoliques : le cœur se repose plus qu'il ne travaille et c'est la raison pour laquelle il est infatigable. D'E correspond au repos général du cœur ou diastole générale.

a₃ : Détermination de la fréquence cardiaque.

La fréquence cardiaque ou rythme cardiaque est le nombre de battements du cœur par minute.

Pour déterminer la fréquence cardiaque, on procède comme suit :

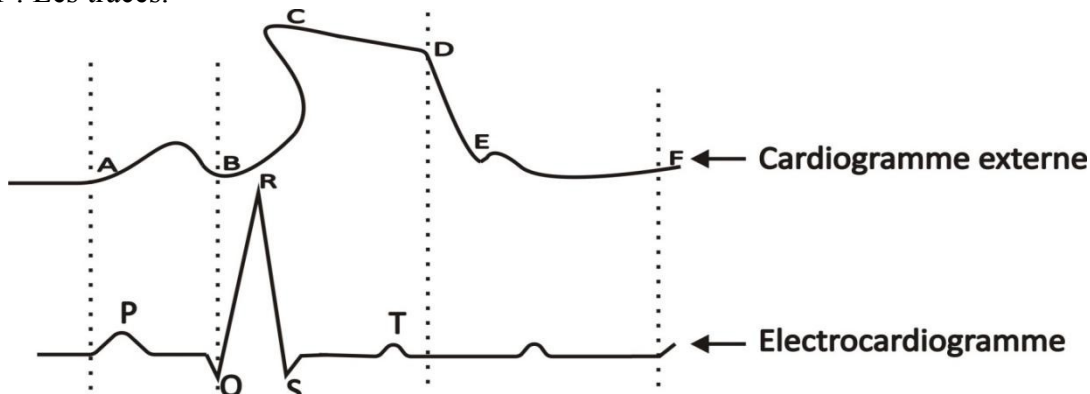
- On détermine la durée d'une révolution cardiaque (AE) en se référant au graphe et à l'échelle.
- On effectue la règle de trois comme suit :

$$\begin{array}{ccc}
 1 \text{ battement cardiaque} & & AE \\
 F & & 60 \text{ secondes.} \\
 F = \frac{60 \text{ s} \times 1 \text{ batt}}{AE}
 \end{array}$$

b- Le cardiogramme et l'électrocardiogramme de l'Homme.

Le cardiogramme externe et l'électrocardiogramme (ECG) de l'Homme s'obtiennent à l'aide du cardiographe de Marey. L'électrocardiogramme traduit l'activité électrique (PA).

b1 : Les tracés.



Cardiogramme externe et électrocardiogramme de l'Homme.

b2 : Analyse des tracés.

- ABCDEF : c'est l'activité mécanique du cœur (cardiogramme externe). elle comprend :
 - AB : L'activité des oreillettes comprenant la systole auriculaire et la diastole auriculaire
 - BCDEF : l'activité des ventricules comprenant :

BC : la systole ventriculaire à forte pression.

CD : c'est le plateau systolique qui est une systole ventriculaire à pression constante.

DE : c'est la diastole ventriculaire.

EF : c'est la diastole générale du cœur. La légère oscillation observée après E correspond à la fermeture des valvules sigmoïdes.

- PQRST correspond à l'électrocardiogramme. Elle est composée de trois types d'ondes :
 - L'onde P : elle correspond à la dépolarisation des oreillettes.
 - L'onde QRS : elle correspond à la dépolarisation des ventricules.
 - L'onde ST : elle correspond à la repolarisation des ventricules.

III- EFFETS DES EXCITATIONS ELECTRIQUES SUR L'ACTIVITE CARDIAQUE.

1°) Excitations du ventricule.

Lorsqu'on porte des excitations efficaces sur le cœur de grenouille on constate que :

- Si l'excitation atteint le cœur pendant la systole ventriculaire, on ne note aucune modification du rythme cardiaque. Donc pendant la systole ventriculaire, le cœur est en période réfractaire absolue.
- Si l'excitation atteint le cœur pendant la diastole ventriculaire, on note une contraction anticipée appelée une extrasystole non décadente suivie d'un repos compensateur.

Cardiogramme montrant les effets des excitations portées sur le ventricule.

2°) Excitation du sinus veineux.

- L'excitation du sinus veineux, d'un cœur en systole ne provoque aucune modification du rythme cardiaque. Un cœur en systole est en période réfractaire absolue.
- L'excitation du sinus veineux d'un cœur en diastole entraîne extrasystole décadente qui n'est pas suivie d'un repos compensateur.

Les extrasystoles : a : extrasystole décalante obtenue suite à l'excitation du sinus veineux ; b : extrasystole non décalante suivie d'un repos compensateur obtenue suite à l'excitation du ventricule.

IV- ACTIONS DU SYSTEME NERVEUX SUR L'ACTIVITE CARDIAQUE.

1°) Innervation cardiaque.

Le cœur des mammifères est innervé par des nerfs provenant de deux systèmes nerveux : le système orthosympathique et le système parasympathique.

Schéma de l'innervation cardiaque chez les mammifères.

a- Le système parasympathique.

Il est formé par trois nerfs dont deux sensitifs (nerfs de Hering et de Cyon) et un moteur.

- **Le nerf de Hering** : c'est le nerf qui relie le sinus carotidien au centre cardiomodérateur qui est situé dans le bulbe rachidien. Le nerf de Hering est un nerf sensitif. Lorsqu'on sectionne le nerf de Hering et qu'on excite les deux bouts, on constate que seul le bout central donne une réponse.
- **Le nerf de Cyon ou nerf du cross aortique** : c'est le nerf qui relie le cross aortique au centre cardiomodérateur. Le nerf de Cyon est aussi un nerf sensitif car l'excitation de son bout central après section donne une réponse de la part du cœur.
- **Le nerf vague ou nerf X ou nerf pneumogastrique** : c'est le nerf qui part du centre cardiomodérateur et fait synapse avec le plexus cardiaque. Le nerf vague est un nerf moteur car seul l'excitation de son bout périphérique donne une réponse.

b- Le système orthosympathique.

Il est formé par les nerfs orthosympathiques sensitif et moteur qui font tous synapse au niveau ganglion étoilé.

- **Le nerf orthosympathique sensitif** : c'est le nerf qui relie les oreillettes au centre cardioaccélérateur qui est situé dans la moelle épinière.

- **Le nerf orthosympathique moteur** : c'est le nerf qui relie le ventricule au centre cardioaccélérateur

2°) Actions du système nerveux cardiaque.

a- Actions du système nerveux parasympathique.

- La section des deux nerfs vagues dans le cou d'un chien entraîne une accélération permanente de son rythme cardiaque : le nerf vague a une action modératrice sur le rythme cardiaque. C'est donc un nerf cardiomodérateur.

- La stimulation du bout périphérique d'un nerf vague sectionné entraîne le ralentissement du rythme cardiaque, une diminution des amplitudes des contractions puis l'arrêt du cœur en diastole : le vague est un nerf cardiomodérateur moteur. Ce cœur reprend les contractions si l'excitation se poursuit : c'est le phénomène d'échappement. L'échappement est dû aux contractions provenant des sièges d'automatisme du cœur.

- Des excitations rapprochées portées sur le nerf vague d'une tortue entraînent un ralentissement du rythme cardiaque encore appelé bradycardie, une diminution des amplitudes de contraction suivie de l'arrêt du cœur en diastole et d'un échappement.

Effets des excitations du vague sur le cœur de tortue.

- L'excitation du vague d'un chien entraîne une baisse de la pression artérielle suivie de l'échappement : la baisse de la pression artérielle est due au ralentissement du rythme cardiaque qui entraîne la baisse du sang dans les vaisseaux sanguins. La pression artérielle du chien montre deux types d'oscillations : les grandes oscillations et les petites oscillations. Les grandes oscillations correspondent aux mouvements respiratoires et les petites oscillations correspondent à la pression artérielle. Cette dernière varie entre deux valeurs : un minima et un maxima.

- La section des nerfs de Héring et de Cyon d'un chien entraîne une accélération permanente de son rythme cardiaque : les nerfs de Héring et de Cyon ont une action modératrice sur le rythme cardiaque. Ce sont des nerfs cardiomodérateurs.

- L'excitation du bout central de chacun des nerfs de Héring et de Cyon entraîne un ralentissement du rythme cardiaque une diminution des amplitudes de contraction et un arrêt du cœur en diastole. Les nerfs de Héring et de Cyon sont des nerfs cardiomodérateurs sensitifs.

Effets des excitations du pneumogastrique sur la pression artérielle chez le chien.

- L'excitation des nerfs de Cyon et de Héring entraîne aussi un ralentissement du rythme cardiaque et une diminution des amplitudes de contraction. La section des deux nerfs entraîne une accélération du rythme cardiaque : les nerfs de Cyon et de Héring sont des nerfs cardiomodérateurs.

- L'excitation du bout central de ces deux nerfs entraîne un ralentissement du rythme cardiaque : les nerfs de Cyon et de Héring sont des nerfs sensitifs.

b- Actions du système nerveux orthosympathique.

- La stimulation du ganglion étoilé d'un chien entraîne une accélération de son rythme cardiaque suivie d'échappement : le système nerveux orthosympathique a donc une action accélétratrice sur le rythme cardiaque c'est-à-dire qu'il entraîne une augmentation du rythme cardiaque et des

- amplitudes des contractions.

Effets des excitations du ganglion étoilé sur le rythme cardiaque du chien.

- La section des nerfs orthosympathiques entraîne un ralentissement du rythme cardiaque et une diminution de l'amplitude des contractions.

V- ACTIONS DE QUELQUES SUBSTANCES SUR L'ACTIVITE CARDIAQUE.

Pour étudier l'action des substances chimiques sur l'activité cardiaque, on utilise la technique du cœur perfusé. Cette dernière consiste à perfuser un cœur isolé à l'aide de Ringer dans lequel on introduit des substances dont on veut tester les effets sur le cœur.

1°) Action de l'Acétylcholine(ACH).

- Expérience : on perfuse un cœur de grenouille à l'aide du Ringer. On introduit dans ce liquide physiologique, une solution d'acétylcholine et après on élimine la solution d'ACH du milieu.
- Observation : Avant l'introduction de l'ACH, on note un rythme cardiaque normal et une amplitude des contractions normale du cœur. Après l'introduction de l'ACH dans le milieu, on observe un ralentissement du rythme cardiaque et une diminution de l'amplitude des contractions et l'arrêt du cœur en diastole. Le retour au Ringer entraîne une reprise des contractions.
- Conclusion : L'ACH a une action modératrice sur le rythme cardiaque.

Remarques : l'action de l'ACH est comparable à celle obtenue lors de l'excitation du système nerveux parasympathique. L'action de l'ACH est aussi semblable à celle d'une solution de KCl et de NaCl (5%).

Action de l'Acétylcholine sur le cœur de tortue.

2°) Action de l'Adrénaline (ADR).

- Expérience : on introduit une solution d'adrénaline dans le Ringer utilisé pour perfuser un cœur.
- Observation : on observe une accélération du rythme cardiaque, une augmentation des amplitudes de contraction et un arrêt du cœur en systole.
- Conclusion : l'ADR a une action accélératrice du rythme cardiaque.

Remarques : L'action de l'ADR est comparable à celle obtenue lors de l'excitation du système orthosympathique. Elle a la même action qu'une solution de CaCl_2 à 9% sur le cœur.

Action de l'Adrénaline sur le cœur de grenouille.

VI- NOTION DE MÉDIATEUR CHIMIQUE.

1°) Expérience de LOEWI.

- Expérience : On dispose de deux cœurs de grenouille A et B reliés entre eux par un pont et chaque cœur est relié à un système d'enregistrement grâce à un stylet inscripteur. Le cœur A est isolé avec son nerf vague. Les deux cœurs sont perfusés à l'aide d'un liquide de Ringer qui passe du cœur A au cœur B et vice versa. On excite le vague du cœur A.
- Observation : On obtient deux cardiogrammes A et B. le cardiogramme A montre un ralentissement du rythme cardiaque, une diminution des amplitudes des contractions et un arrêt du cœur A en diastole suivi d'un échappement. Le cœur B montre les mêmes phénomènes que ceux du cœur A mais avec un retard.

Expérience de LOEWI et les cardiogrammes donnés par les cœurs A et B.

- Interprétation :
- l'excitation du nerf vague du cœur A entraîne la libération d'Acétylcholine dans le liquide de perfusion. L'acétylcholine provoque d'abord le ralentissement du rythme cardiaque, la diminution des amplitudes de contraction et l'arrêt du cœur A en diastole. Cette acétylcholine est véhiculée par le liquide de Ringer dans le cœur B pour provoquer les mêmes phénomènes sur le cœur B. le retard des phénomènes observés sur le cœur B est dû au temps mis par l'acétylcholine pour atteindre le cœur B. le phénomène d'échappement observé au niveau des deux cœurs est dû à la destruction de l'Acétylcholine par la cholinestérase.

2°) Expérience sur les cœurs de crapaud.

Lorsqu'on réalise les mêmes expériences sur les cœurs de crapaud, on note plutôt une accélération du rythme cardiaque, une augmentation des amplitudes de contractions et un arrêt des cœurs en systole. Dans ce cas, le médiateur libéré par l'excitation du vague est la noradrénaline qui a une action accélératrice sur le rythme cardiaque.

QUELQUES REPONSES ADAPTATIVES DU CŒUR.

1°) Influence de la pression sanguine.

- Le pincement de la carotide d'un cœur entraîne une chute de la pression artérielle. En effet, le pincement entraîne une accumulation du sang dans cross aortique qui provoque l'étirement des muscles du cross et l'excitation des barorécepteurs. Cette excitation fait naître un influx nerveux qui est conduit par le nerf de Hering vers le centre cardiomodérateur. Ce dernier provoque le ralentissement du rythme cardiaque, ce qui se traduit par la baisse de la pression artérielle.
- La pose de la ligature sur la carotide entraîne une hypertension dans le sinus carotidien. Cette redevient normale si on enlève la ligature. L'hypertension dans ce cas est due à l'excitation des barorécepteurs situés dans les carotides suivie de la naissance d'influx qui chemine le long du nerf de Cyon vers le centre cardiomodérateur (CCM). Le nerf de Cyon inhibe le CCM laissant ainsi le cœur sous le seul contrôle du centre cardioaccélérateur (CCA).
- Une augmentation de la pression dans l'oreillette droite entraîne une augmentation du débit cardiaque. En effet, l'augmentation de la pression artérielle dans l'oreillette droite entraîne l'excitation des mécanorécepteurs et la naissance d'influx conduit par les fibres orthosympathiques sensibles vers le CCA. Ce dernier, excité, provoque une tachycardie.

2°) Influence de la teneur du sang en CO₂

Au cours d'un effort musculaire, la teneur du sang en CO₂ augmente, le PH et le taux d'oxygène diminue et on note aussi une tachycardie. L'augmentation du taux de CO₂ dans le sang entraîne une excitation des chémorécepteurs (récepteurs sensibles à la composition chimique du sang) situés au niveau de la carotide et de l'aorte sont excités. Cette excitation fait naître un influx qui est conduit par les fibres orthosympathiques sensibles au CCA qui est excité et qui provoque l'accélération du rythme cardiaque.

3°) Influence de l'émotion.

L'émotion est à l'origine de l'accélération du rythme cardiaque car elle entraîne la naissance de l'influx au niveau du cortex cérébral. Cet influx atteint le bulbe rachidien qui excite à son tour les capsules surrénales par l'intermédiaire du nerf splanchnique. Ces capsules surrénales libèrent de l'adrénaline dans le sang, ce qui provoque la tachycardie.

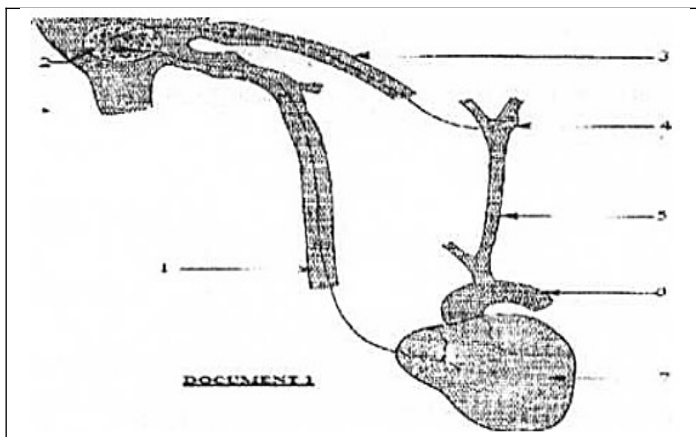
.....

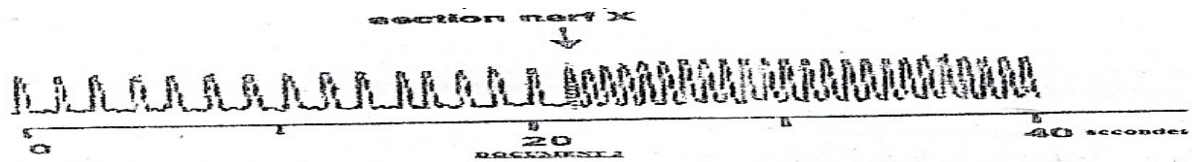
TRAVAUX DIRIGES

Exercice 1

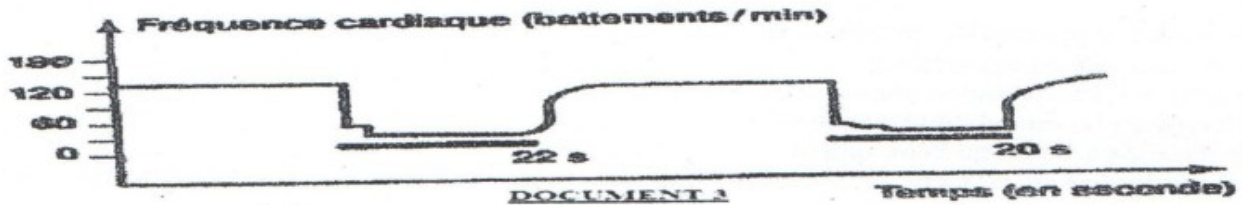
Le cœur est un organe doué d'automatisme. Cependant, son fonctionnement subit l'influence du système nerveux dans l'organisme. Le document 1 ci-dessous montre l'innervation cardiaque partielle d'un mammifère.

- 1) Annotez le document 1 à l'aide des chiffres. On étudie l'action du nerf X sur le rythme cardiaque. Pour cela, on réalise une expérience de section sur un chien anesthésié. Le résultat obtenu est représenté par le document 2 ci-dessous :





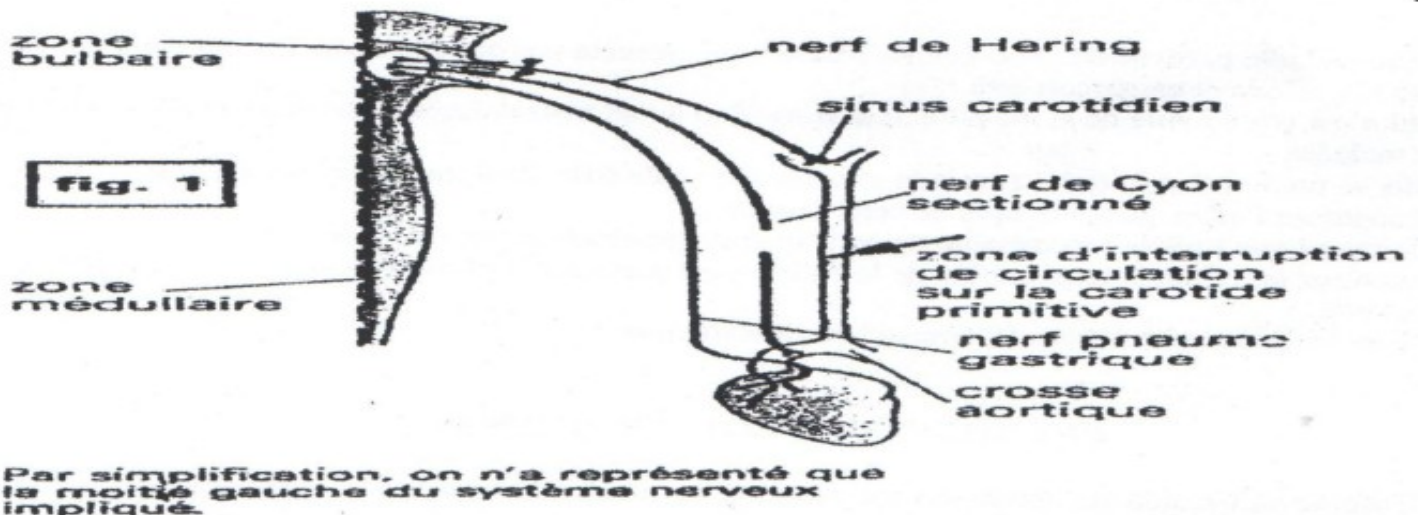
- 2) Décrivez ces résultats.
- 3) Formulez une hypothèse pour expliquer le rôle du nerf X sur le fonctionnement du cœur.
- 4) On réalise des expériences de stimulations pendant 22 secondes, puis pendant 20 secondes du bout périphérique de ce nerf X sectionné. Les résultats obtenus sont ceux du document 3 cidessous :



- a. Analysez ces résultats
- b. Dites si ces résultats confirment votre hypothèse formulée à la 3ème question.
- c. Justifiez votre réponse.

Exercice 2

A- L'adaptation de l'activité cardiaque aux variations de la pression artérielle fait intervenir des dont certains sont représentés sur la figure 1.



Pour établir un des mécanismes en cause, on propose une série d'expériences réalisées chez les mammifères de même espèce dont les nerfs de Cyon sont sectionnés.

- Expérience 1 : Lorsqu'on porte une stimulation au niveau de la zone bulbaire, on observe un ralentissement cardiaque.
 - Expérience 2 : Lorsque les nerfs pneumogastriques sont sectionnés, la fréquence cardiaque augmente. L'excitation des bouts centraux n'est suivie d'aucun effet.
- Donnez les renseignements liés aux résultats des expériences 1 et 2.

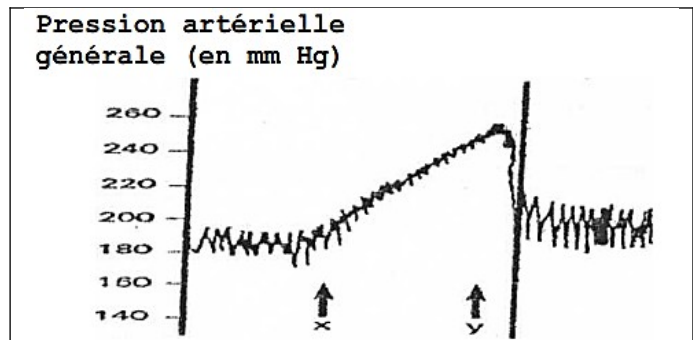
B- On se demande de quelle manière la zone bulbaire et les nerfs pneumogastriques peuvent intervenir dans la correction apportée à une variation de pression artérielle.

Les expériences suivantes sont réalisées sur un animal dont les nerfs pneumogastriques sont intacts.

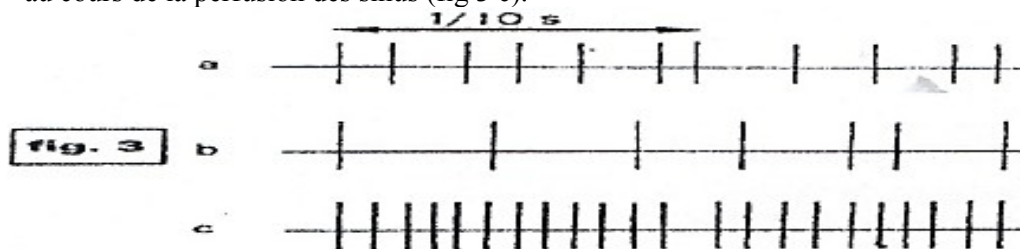
- Expérience 3 :

a- On interrompt la circulation dans les carotides primitives en pinçant au niveau indiqué. La pression artérielle générale enregistrée au niveau de l'artère de la cuisse de l'animal augmente (figure 2 x).

b- On envoie dans les sinus du sang à haute pression à l'aide d'une pompe ; la pression artérielle générale diminue alors (figure 2 y).



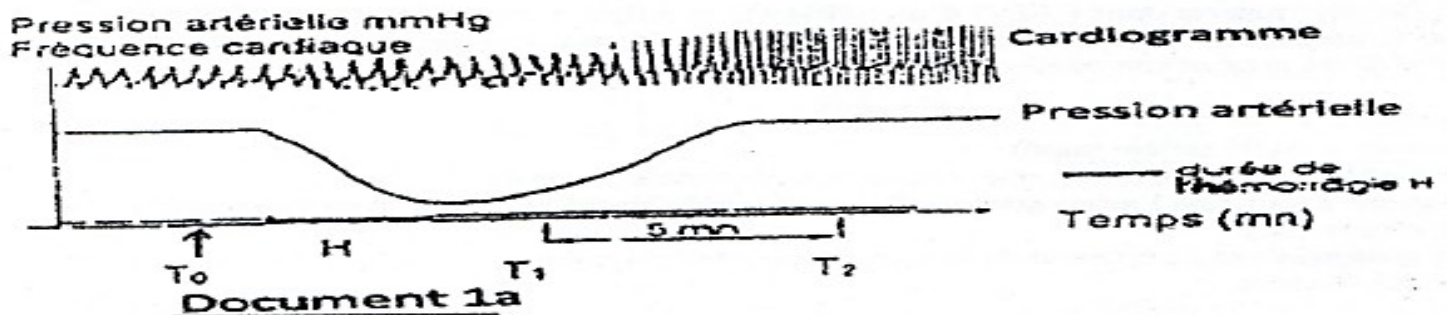
- c- On enregistre, en même temps, l'activité électrique d'une fibre d'un nerf de Herring :
- avant l'interruption de la circulation (fig 3 a)
 - pendant cette interruption (fig 3 b)
 - au cours de la perfusion des sinus (fig 3 c).



- 1) Interprétez les résultats des expériences 3 a et 3 b.
- 2) Calculez la fréquence des potentiels :
 - a- avant l'interruption de la circulation.
 - b- pendant l'interruption.
- 2) c- au cours de la perfusion.
- 3) Établir la relation entre l'activité électrique du nerf de Herring et la fréquence des potentiels.

Exercice 3

Chez les mammifères, la tension artérielle se maintient à un niveau suffisant pour assurer l'irrigation des différents tissus. De nombreux facteurs peuvent, cependant, provoquer des variations de la pression artérielle. Examinons ce qui se passe, en cas d'hémorragie, chez l'Homme (document la et document lb).



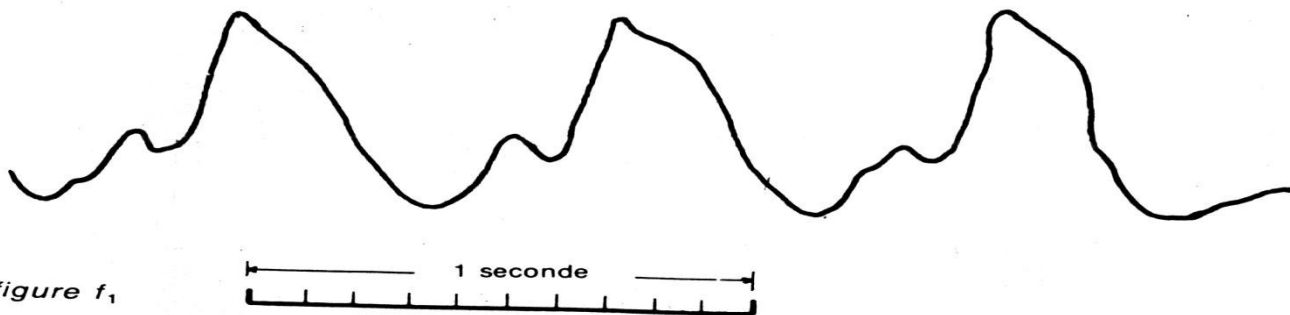
	Avant l'hémorragie To	Après l'hémorragie	
		Mesures au temps T ₁	Mesures au temps T ₂
Débit cardiaque en ml de sang expulsé par min	5250	2800	4470
Pression artérielle	12,5/7,5	8/5,5	11,5/7,5
Fréquence cardiaque	70	70	90

Document 1b

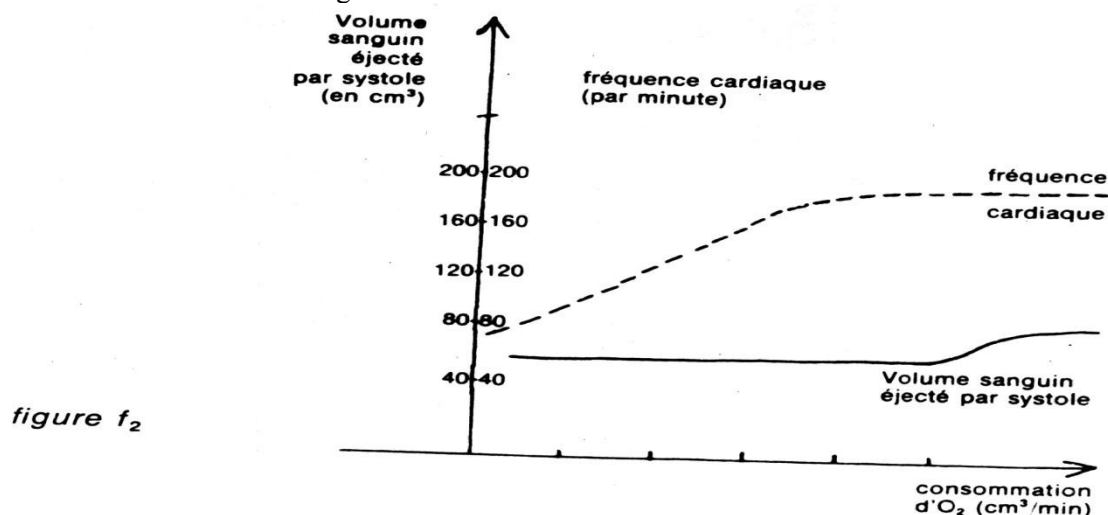
- 1) Analysez les documents la et lb.
- 2) Annotez le document 2 en reportant sur la copie les chiffres.
Le document 3 représente l'enregistrement recueilli sur une fibre du nerf de Héring ou de Cyon en fonction de la pression artérielle régnant dans le sinus carotidien que l'on a isolé et que l'on perfuse au moyen d'une pompe permettant de faire varier la pression du liquide de perfusion. L'excitation du centre bulbaire où naissent les pneumogastriques entraîne le même effet (bradycardie) que l'excitation du bout central des nerfs de Héring.
- 3) a- Dites ce que représente chaque trait vertical.
b- analysez le document 3.
c- En tenant compte de vos connaissances et des informations ci-dessus expliquez la bradycardie observée.

Exercice 4

On étudie l'activité du cœur de l'Homme en plaçant sur le thorax, au niveau de la pointe du cœur un cardiographe externe qui enregistre les pulsations du cœur à travers la paroi thoracique. Pour un homme adulte, sédentaire et au repos, on obtient le tracé de la figure f₁



- 1) Localisez une révolution cardiaque sur le tracé (Figure f_1) ; évaluez sa durée à 1/10ème de seconde près. Calculez la fréquence du rythme cardiaque de cet homme. Faites l'étude des divers accidents de la courbe en fonction des phases de la révolution cardiaque.
- 2) Le rythme du cœur Isolé de l'Homme est de l'ordre de 120 à 130 battements par minute ;
- Comparez ce rythme à celui du cœur (de l'Homme) en place que vous venez de calculer. Quelle conclusion logique doit-on tirer de cette comparaison ?
 - Quel mécanisme nerveux et chimique peut-on faire intervenir pour expliquer la différence trouvée ?
- 3) On se propose d'étudier les réactions du cœur au cours de l'effort musculaire. Cet effort est alors évalué grâce à la consommation d'oxygène mesurée en $\text{cm}^3/\text{minute}$ pendant la durée de l'exercice. On enregistre en même temps :
- d'une part, la fréquence cardiaque,
 - d'autre part, le volume sanguin éjecté à chaque systole.
- On obtient les courbes de la figure f_2 .



- Faites une analyse de la variation de la fréquence et de celle du volume sanguin éjecté, en fonction du volume d'Oxygène consommé, c'est-à-dire en fonction de l'effort.
 - Au cours de l'exercice, quelle est la réaction cardiaque la plus immédiate et la plus importante ? (justifiez votre réponse en Vous appuyant sur les courbes).
- 4) En conclusion, quels sont les mécanismes, étudiés en cours qui permettent cette adaptation du cœur à l'effort.

- A) 1. a) Donnez un titre et une légende complète au schéma de la figure 1 (Voir document I)
- Quel nom donne-t-on à l'ensemble indiqué par les flèches 1, 3, 5 et 7
 - Quel rôle joue cet ensemble dans l'activité cardiaque et comment ce rôle a-t-il été mis en évidence ?
2. Pour étudier l'activité cardiaque, on procède habituellement par l'enregistrement des contractions du myocarde. Décrivez le dispositif expérimental utilisé. Quel nom lui
3. Grâce à un tel dispositif, on a enregistré chez la grenouille le tracé de la figure 2.
- Analysez ce tracé. Quel nom lui donne-t-on ?
 - Reproduisez à une plus grande échelle une révolution cardiaque en délimitant avec précision les différentes phases.
 - Évaluez en nombre de battements/minute, le rythme cardiaque de la Grenouille étudiée.
4. a) Au cours de l'enregistrement, on a porté directement sur le myocarde deux stimulations électriques aux instants t_1 et t_2 . Le résultat obtenu est indiqué sur la figure 3.A
- Dégagez de l'analyse de ce tracé une propriété particulière du myocarde.
- On soumet alors le myocarde à une strie d'excitations répétées et rapprochées. (80 excitations/seconde). La figure 3.B indique le résultat obtenu. Que pensez-vous de ce résultat ?
 - L'excitation du Gastrocnémien de la Grenouille à la même fréquence a donné le résultat de la figure 3.C.

L'ŒIL ET LA VISION

comparaison une nouvelle propriété particulière du myocarde. A quoi est liée cette propriété ?

B) 1.- Les tracés cardiographiques des figures 4 et 5 sont obtenus après action des substances chimiques (Acétylcholine et Adrénaline) sur le cœur et après excitations électriques des nerfs cardiaques.

a) Analysez ces tracés et dites quels sont les effets des facteurs extrinsèques sur le cœur.

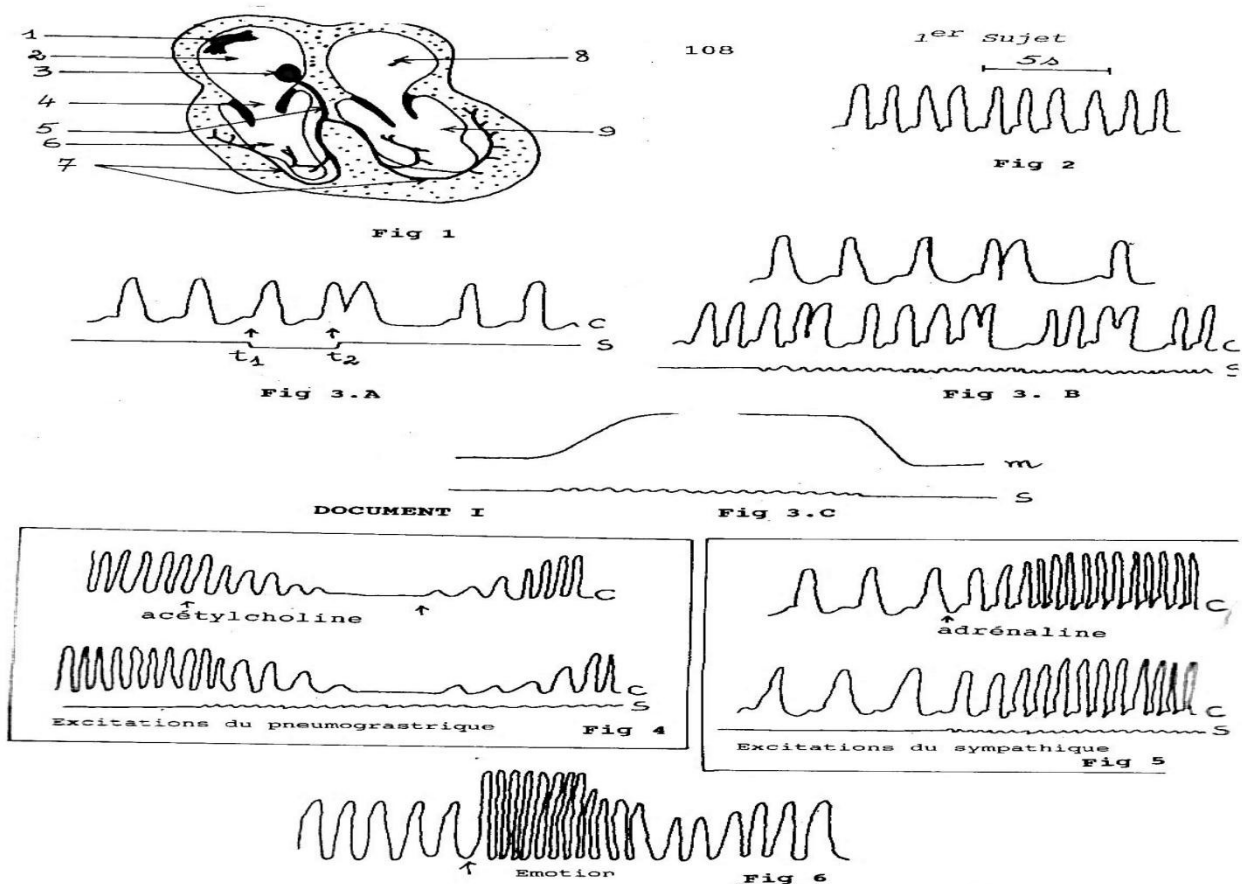
b) Quelle hypothèse pouvez-vous proposer pour expliquer le mécanisme d'action du système nerveux sur le cœur ?

c) Décrivez avec provision une expérience classique permettant de confirmer cette hypothèse.

2.- Le Cardiographe externe a permis d'enregistrer le tracé de la figure 6 chez un sujet humain ayant été soumis à une forte émotion au cours de l'expérience.

Par quelle hypothèse pourriez-vous expliquer l'action des fortes imitions sur le rythme cardiaque ?

3.- Compte tenu de tout ce qui précède, essayez de préciser en quelques lignes à quoi se résume le rôle du système nerveux dans l'activité cardiaque.



Les objectifs pédagogiques.

L'élève doit être capable de :

- 1- Connaître la structure de l'œil.**
- 2- Mettre en évidence la formation d'image dans l'œil.**
- 3- Décrire le mécanisme de l'accommodation.**
- 4- Interpréter une coupe de rétine.**
- 5- Connaître le fonctionnement de la rétine.**

INTRODUCTION

L'œil est l'organe le plus précieux et le plus perfectionné. Il nous renseigne sur le monde qui nous entoure et permet de voir les formes, les couleurs etc.

L'étude de l'œil portera sur son anatomie, son mécanisme de fonctionnement et quelques anomalies de son fonctionnement.

I- ANATOMIE DE L'ŒIL.

L'œil est logé dans l'orbite et comprend : le globe oculaire et les organes annexes.

1) Les organes annexes de l'œil.

On distingue:

- Les paupières et les cils :
Ils protègent le globe oculaire contre la poussière et une lumière trop forte.
- Les sourcils : ils dévient la lumière venue du front.
- Les glandes lacrymales : elles élaborent les larmes qui nettoient le globe oculaire et lubrifient sa face antérieure.
- Les muscles : ils assurent les mouvements du globe oculaire. Ils sont au nombre de six dont quatre muscles droits et deux muscles obliques.

Les éléments constitutifs de l'œil Humain.

2) Le globe oculaire.

Il est formé des membranes et des milieux transparents.

a- Les membranes ou enveloppes du globe oculaire.

On distingue de l'extérieur vers l'intérieur :

- La sclérotique

C'est la membrane dure, externe et protectrice de l'œil. Elle est relativement épaisse et sa face antérieure transparente forme la cornée protégée par une fine membrane appelée conjonctive.

- La choroïde

C'est une membrane noire imprégnée de mélanine, très riche en vaisseaux sanguins. Elle joue le rôle de chambre noire. Vers l'avant elle s'écarte de la cornée pour former une trame musculaire appelée iris qui est percé d'un orifice : la pupille.

- La rétine

Elle est mince et constitue la membrane nerveuse de l'œil. Elle est très sensible car constituée de récepteurs spécifiques de la lumière (photorécepteurs). Au pôle postérieur de l'œil la rétine présente une tache jaune dont le centre légèrement déprimé forme une fossette : c'est la fovéa. Au point de sortie du nerf optique, la rétine présente une petite tache blanchâtre légèrement déprimée appelée point aveugle ou papille optique.

b- Les milieux transparents du globe oculaire.

Les milieux transparents du globe oculaire sont au nombre de quatre. On distingue d'avant en arrière :

- La cornée transparente.

La sclérotique devient transparente dans sa partie antérieure formant ainsi la cornée de contour ovale chez le bœuf. Indice de réfraction : 1,33.

- Humeur aqueuse

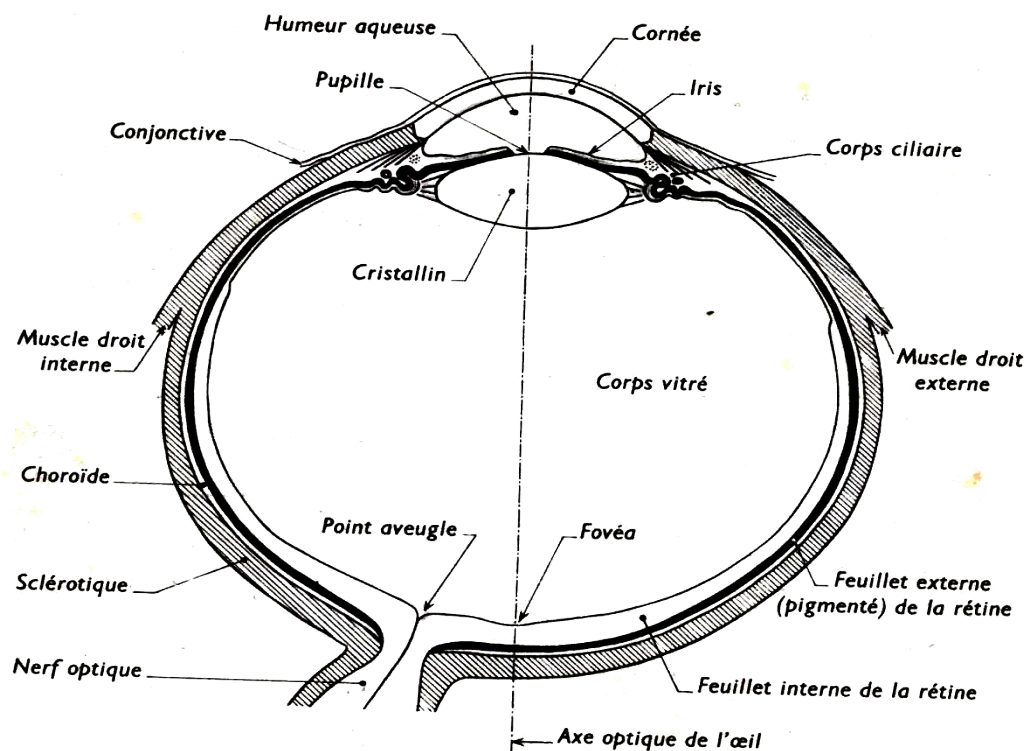
Il s'agit d'une faible quantité de liquide qui remplit la chambre antérieure de l'œil dont la limite se situe entre la cornée et l'iris. Indice de réfraction : 1,33

- Le cristallin

Il est plaqué contre la face postérieure de l'iris. C'est une sorte de lentille biconvexe formée d'un grand nombre de lamelles superposées. Il est suspendu par un système de fibres au niveau de la zone ciliaire (ligaments suspenseurs) qui contient aussi un muscle ciliaire en anneau. Indice de réfraction 1,44.

- Humeur vitrée

Elle est contenue dans la chambre postérieure de l'œil et limitée par une membrane appelée hyaloïde. Indice de réfraction : 1,33.



Coupe semi-schématique de l'œil Humain.

II- PHYSIOLOGIE DE L'ŒIL.

A- Mécanisme optique de la vision.

Il regroupe la formation des images et la mise au point de ces images sur la rétine.

1) La formation des images.

Pour mettre en évidence la formation des images dans l'œil, on effectue l'expérience de l'œil décapé.

a- Expérience de l'œil décapé.

On découpe dans la partie postérieure du globe oculaire frais d'un bœuf, une fenêtre que l'on referme à l'aide d'un papier translucide. Ce globe oculaire est placé dans un bloc de plâtre. On dispose à un mètre de ce globe oculaire une boîte à lumière percée au sommet d'une fente en T. Il se forme sur le papier translucide du globe oculaire une image réelle, plus petite et renversée de la fente en T.

Cette expérience prouve que les images des objets se forment dans l'œil et ses images sont réelles, renversées et plus petites.

Expérience de l'œil décapé.

b- Expérience de mise en évidence de la formation d'image sur la rétine.

Plaçons devant un œil frais de bœuf une bougie allumée à une distance de 3 mètres dans une chambre.

Nous constatons que l'image de la se forme sur la rétine mais renversée. De plus cette image est moins grande que l'objet réel. Une image réelle, petite et renversée.

L'image des objets se forme sur la rétine mais renversée. D'autre part, l'ensemble des milieux transparents de l'œil fonctionnent comme les objectifs d'un appareil photographique.

Appareil photographique	Pellicule	Chambre noire	Diaphragme	Lentilles
Œil	Rétine	Choroïde	Iris	Milieux transparents

Tableau de comparaison entre l'œil et l'appareil photographique.

c- Principe de construction graphique d'une image.

La construction d'une image d'un objet obéit aux lois optiques suivantes :

- Tout rayon parallèle à l'axe optique d'une lentille passe par le foyer image de la lentille.
- Tout rayon passant par le centre optique de la lentille n'est pas dévié.
- Tout rayon passant par le foyer objet d'une lentille est dévié parallèlement à l'axe optique de l'œil.

d- Caractéristiques optiques de l'œil Humain.

L'ensemble des milieux transparents de l'œil est équivalent à une lentille unique convergente dont la distance focale $f = 17 \text{ mm}$ et dont le foyer image est situé sur la rétine : c'est l'œil réduit de Listing. La convergence de cet œil est

$$V = \frac{1}{f} \quad V = \frac{1}{0,017} \quad V = 60 \text{ dioptries.}$$

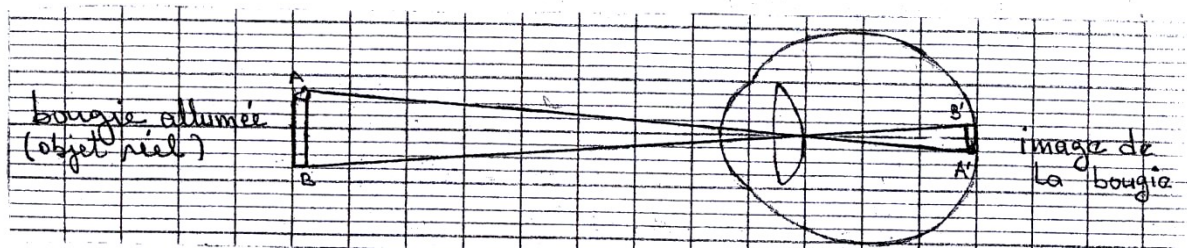
Tout rayon lumineux qui entre dans l'œil, subit trois déviations qui ont lieu à la limite entre les milieux transparents d'indices de réfractions différentes. Toute déviation obéit à la loi fondamentale de Descartes qui est :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2.$$

n_1 et n_2 sont les indices de réfraction. i_1 est l'angle d'incidence et i_2 est l'angle de réfraction.

Pour un objet rapproché de l'œil, l'image se forme en arrière de la rétine.

Lorsqu'un objet est situé à l'infini, son image se forme directement sur la rétine.



2) Mise au point des images sur la rétine : l'accommodation.

L'accommodation et la mise au point des images sur la rétine.

a- Observations.

- Fermons les yeux pendant quelques secondes, puis regardons les objets situés devant nous. Ses objets éloignés nous paraissent d'emblée distincts, mais les objets rapprochés donnent tout d'abord une image floue qui devient nette que si l'œil fournit l'effort nécessaire. Cet effort correspond à une mise au point ou accommodation.
- La cataracte qui est une maladie liée à l'opacité du cristallin entraîne la chute de la vue.

b- Mise en évidence de l'accommodation : Expérience de Purkinje.

Une expérience dite de Purkinje permet d'expliquer et de comprendre le comportement du cristallin dans le mécanisme de l'accommodation.

- Dans une salle obscure, on place une bougie allumée latéralement et en avant de l'œil d'un sujet qui, pendant toutes les expériences ne déplacera pas la tête. On observe sur le fond noir de la pupille, trois images de la bougie obtenues par réflexion :

- Une image droite, très brillante apparente car très lumineuse, donnée par le dioptré cornéen (face antérieure de la cornée) : I_1

- Une image droite, peu apparente (moins brillante) car peu lumineuse, donnée par le dioptré de la face antérieure du cristallin : I_2

- Une image renversée, plus petite que la précédente, donnée par le dioptré de la face postérieure du cristallin : I_3 .

- La bougie étant toujours allumée, on invite le sujet à regarder droit devant lui un objet assez éloigné puis un autre objet proche. Pendant cette opération, on suit attentivement les trois images de la bougie. L'observation minutieuse révèle, lorsque le regard du sujet passe de l'objet éloigné à l'objet rapproché :

- L'image I_1 reste inchangée, alors que I_2 devient plus petite ; l'image I_3 a légèrement diminué de hauteur. La modification de taille des images I_2 et I_3 indique qu'il s'est produit au cours de

l'accommodation, une diminution des rayons de courbure des faces cristalliniennes, principalement de la face antérieure qui devient nettement plus bombée.

- Le diamètre de la pupille diminue
- Les axes optiques des deux yeux convergent vers l'objet pour le fixer.

Ces trois modifications constituent ce qu'on appelle la triade de fixation c'est – à – dire les composantes de l'accommodation.

Cette expérience montre que l'accommodation a lieu au niveau de la face antérieure du cristallin.

Expérience de Purkinje.

c- Mécanisme de l'accommodation.

L'accommodation est due à la déformation de la face antérieure du cristallin qui devient plus bombée, ce qui augmente la vergence du cristallin. Cette déformation est provoquée par la contraction des muscles ciliaires et et par le relâchement des ligaments suspenseurs.

Remarque : l'accommodation est un phénomène réflexe.

d- Les limites de l'accommodation.

Au cours de l'accommodation la déformation du cristallin est d'autant plus forte que l'objet regardé est plus rapproché. Cette déformation atteint son maximum pour une distance de vision des objets en deçà de la quelle on a une vision floue : c'est la distance minimale de vision distincte.

La distance minimale de vision distincte s'appelle le Punctum proximum (P.P.). Le PP varie avec l'âge ; elle augmente avec la vieillesse comme le montre le tableau suivant.

Ages	10	15	20	30	40	50	60
Distance en cm du PP	7	8	10	15	25	40	100

Cet éloignement progressif du PP est dû à une diminution de l'élasticité du cristallin.

La distance au-delà de laquelle tout objet est vu nettement sans accommodation s'appelle la Punctum remotum.

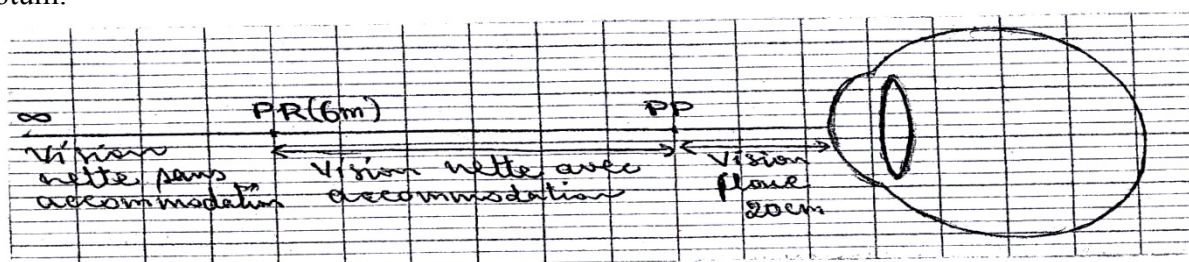


Schéma montrant les limites de l'accommodation.

e- La diaphragmation.

Au cours de l'accommodation, on note une réduction du diamètre de la pupille qui conduit à l'élimination des rayons marginaux permettant ainsi la netteté de l'image ; les faisceaux lumineux issus de l'objet observé deviennent petits et se rapprochent de l'axe optique : c'est la diaphragmation. Il s'agit également d'un phénomène réflexe.

3) Les anomalies de l'œil.

Les anomalies optiques de l'œil sont des déficiences du système optique de l'œil encore appelé les amétropies. On distingue:

- La presbytie : c'est une anomalie de l'œil due à la diminution du pouvoir accommodateur de l'œil à cause de la perte de l'élasticité du cristallin. Elle se corrige par le port de verres convergents.
- La myopie : le myope voit mal les objets éloignés. Les images se forment en avant de la rétine. L'œil myope est donc trop long. La myopie se corrige par le port des verres divergents.
- L'hypermétropie : l'hypermétrope voit mal les objets rapprochés. Les images se forment en arrière de la rétine. Cet œil est donc trop court. L'hypermétropie se corrige par le port de verres convergents.

- L'astigmatisme : un œil astigmatique voit l'image d'un point comme une ligne. Elle est due à une courbure irrégulière au niveau de la cornée transparente et du cristallin. Elle se corrige par le port de verres cylindriques.
- Le strabisme : c'est une anomalie due à une mauvaise orientation des axes optiques des deux yeux. Les anomalies présentant cette anomalie louchent.
- L'amblyopie : c'est une anomalie liée à la faiblesse de l'acuité visuelle.

IV- STRUCTURE ET ROLE DE LA RETINE.

A- Structure de la rétine.

1°) Observation et interprétation d'une coupe de rétine.

Une coupe longitudinale de la rétine montre au microscope quatre couches granuleuses alternant avec quatre couches réticulées. De la choroïde vers l'humeur vitrée, on distingue :

- **La zone pigmentée** : elle est constituée de cellules pigmentaires c'est-à-dire des cellules contenant de la mélanine.
- **La zone striée** : elle est formée par le prolongement ou axones des cellules visuelles. Les prolongements des axones des cellules à cône sont sous forme de cône et ceux des cellules à bâtonnet sont en forme de bâtonnet.
- **La couche granuleuse externe** : elle est formée par les corps cellulaires de cellules visuelles qui sont de deux types : les cellules à cône et les cellules à bâtonnet.
- **La zone réticulée externe** : c'est une zone de synapse entre les cellules visuelles et les neurones bipolaires.
- **La couche granuleuse moyenne** : elle est formée par les corps cellulaires des neurones bipolaires.
- **La zone réticulée interne** : c'est une zone de synapse entre les neurones bipolaires et les neurones multipolaires.
- **La couche granuleuse interne** : elle est formée par les corps cellulaires des neurones multipolaires.
- **La couche fibreuse** : elle est formée par l'axone des neurones multipolaires.

Structure de la rétine : a : coupe observée au microscope optique ; b : dessin d'analyse de cette coupe ; c : schéma d'interprétation.

2°) variation de la structure rétinienne.

La structure de la rétine n'est pas homogène en tous ses points. Ainsi :

- Au niveau de la fovéa ; on ne trouve que des cellules à cônes. De plus, le nombre de cellules à cônes est égal à celui des cellules bipolaires et des cellules multipolaires. Au niveau de la fovéa, la rétine a une structure linéaire.
- Dans la zone extra fovéale, on trouve un mélange de cellules à cônes et de cellules à bâtonnet. De plus, plusieurs cellules visuelles font synapse avec un seul neurone bipolaire et plusieurs neurones bipolaires font synapse avec un seul neurone multipolaire. Dans la zone extra fovéale, la rétine présente une structure pyramidale ou convergente.
- Dans la zone périphérique de la rétine, on ne trouve que des cellules à bâtonnet et la rétine a une structure pyramidale.
- Au point aveugle, de la rétine, il n'existe pas de cellules visuelles.

Rétine centrale Rétine moyenne Rétine périphérique
C : cellule à cône b : cellule à bâtonnet.

Variation structurale de la rétine Ultrastructure des cellules à cône et à bâtonnet.

3°) Mise en évidence du point aveugle de la rétine : Expérience de Mariotte.

L'expérience permet de montrer qu'au point aveugle, il n'existe pas de cellules visuelles.

Un sujet ferme son œil gauche et fixe une croix à côté de laquelle se trouve un point avec son œil droit.

La croix et le point sont réalisés sur un papier.

Un observateur place d'abord le papier au P.P. du sujet : ce dernier voit nettement la croix et le point.

L'observateur recule lentement le papier de l'œil du sujet : à une certaine distance, le sujet ne voit plus le point. L'image du point en ce moment s'est formée sur le point aveugle. Cela montre qu'au point aveugle, il n'existe pas de cellules visuelles.

Expérience de Mariotte : a : Dispositif expérimental. b : Schéma explicatif : la disparition du cercle correspond à la position 2.

B- Activités électriques au niveau de la rétine.

1°) Excitation de la rétine.

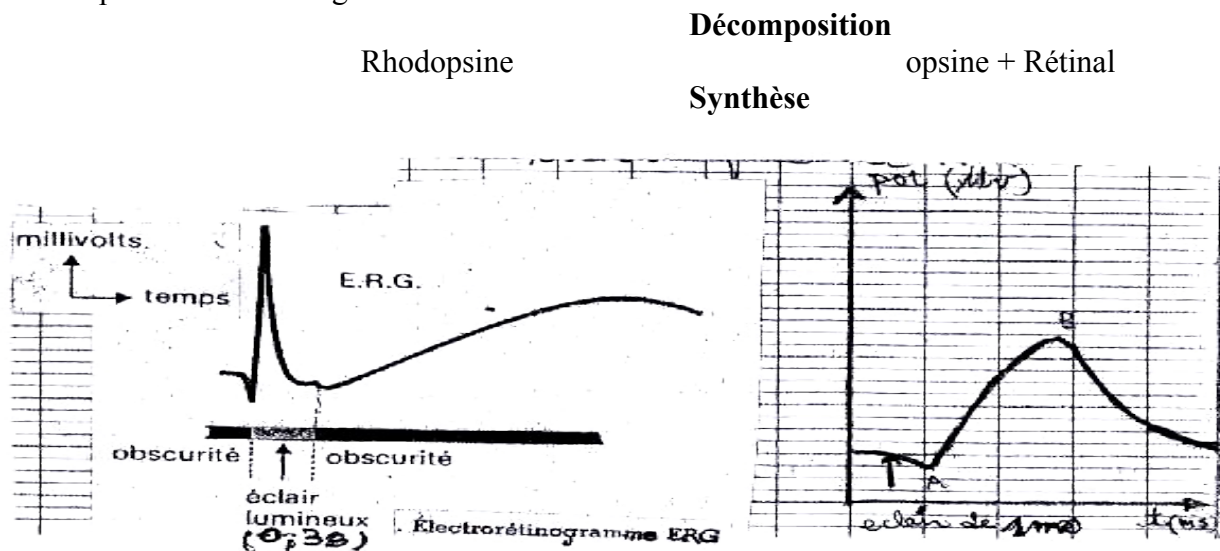
L'excitant normal de la rétine est la lumière. Le seuil d'excitabilité de l'œil humain est très faible.

L'œil humain n'est sensible qu'aux radiations lumineuses comprises entre le rouge et le violet.

2°) Manifestation électrique au niveau de la rétine.

En absence d'excitation, la rétine est chargée négativement contre la cornée et positivement du côté du corps vitré. La rétine a donc un potentiel de repos. Lorsqu'on envoie une excitation lumineuse isolée dans l'œil, on enregistre un PA de l'œil appelé l'électrorétinogramme (ERG) et présente deux phases :

- Une phase de dépolarisation : elle est due à la décomposition des pigments rétinien en particulier la rhodopsine en opsinine et rétinale par la lumière. La rhodopsine est contenue dans les cellules à bâtonnet. Cette décomposition provoque la dépolarisation des cellules visuelles et la naissance d'un influx qui est conduit vers les neurones multipolaires.
- Une phase de repolarisation : elle est due à la synthèse de la rhodopsine à partir de l'opsinine et du rétinale en présence de l'énergie.



Electrorétinogramme (ERG)

Remarque : l'influx qui naît à la suite de l'excitation des cellules visuelles se propage en sens inverse de celui de la lumière.

C- Physiologie de la rétine.

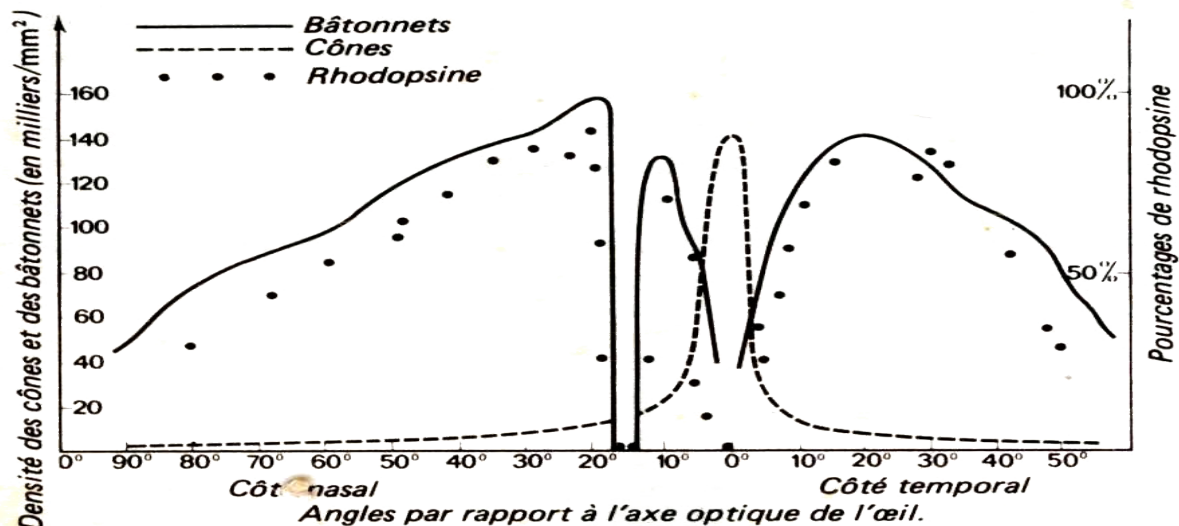
1°) Le pouvoir séparateur de l'œil.

a- Définition.

Le pouvoir séparateur de l'œil est l'angle que forment deux points distants de 3 mm et placé à 10m avec le centre optique de l'œil. Pour un œil normal, le pouvoir séparateur est de $0^{\circ}1'$.

b- Variation de la densité des cellules visuelles en fonction de l'angle visuel.

La densité des cônes et des bâtonnets ainsi que la quantité de rhodopsine varient en fonction des angles par rapport à l'axe optique de l'œil comme le montre la figure ci-après :



Courbe de densité des cônes, des bâtonnets et de la rhodopsine en fonction de l'angle visuel.

Interprétation des graphes :

- lorsque l'angle visuel est égal à 0°, on a un pic de cônes. La rétine centrale ne renferme que des cônes.
- Entre 0 et 15°, on note une diminution de la densité des cônes et une augmentation de la densité des bâtonnets qui atteint son pic du côté nasal (130 milliers/mm³) et du côté temporal (140 milliers/mm³). Dans la zone extra fovéale, il existe peu de cônes et beaucoup de bâtonnets.
- 15 et 20° vers la gauche, se trouve une zone dépourvue des cellules visuelles et de rhodopsine : c'est le point aveugle.
- Au-delà de 20° vers le côté nasal et temporal, il n'existe que les cellules à bâtonnets dont le taux diminue lorsque l'angle augmente : la rétine périphérique ne renferme que des bâtonnets.
- La courbe de la quantité de rhodopsine est presque confondue à celle de la densité des bâtonnets : les bâtonnets renferment la rhodopsine.
- Il s'agit d'un œil droit car le point aveugle est situé à gauche de la fovéa.

2°) L'acuité visuelle.

a- Définition.

L'acuité visuelle est l'inverse du pouvoir séparateur.

$$Av = \frac{1}{P}$$

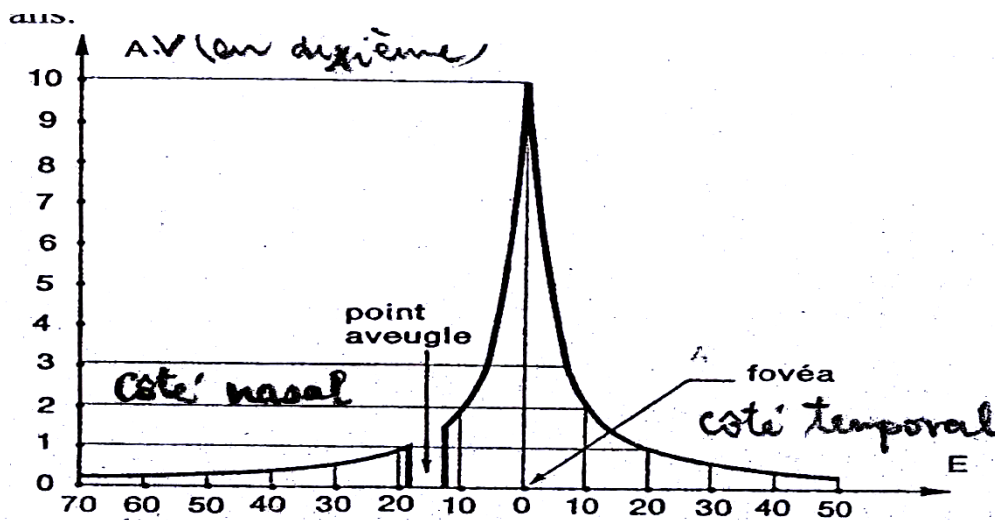
Pour un œil normal, l'acuité visuelle est de $\frac{1}{1} = \frac{10}{10}$ ème (dix dixième).

Pour un œil normal et pour un angle de 1mn, les images de deux points sont distants de 4 microns sur la rétine. Le diamètre d'une cellule à cône est de 1,5 micron. L'image de ces deux points se forme sur deux distincts séparés par un troisième.

b- Les facteurs de l'acuité visuelle.

L'acuité visuelle varie selon plusieurs facteurs tels que :

- La distance minimale de vision distincte (PP).
- Position de l'image sur la rétine : c'est seulement au niveau de la fovéa que les objets sont vus avec des détails.
- Le seuil d'excitabilité : il est élevé au niveau de la fovéa et faible au niveau de la rétine périphérique. C'est la raison pour laquelle la rétine centrale est responsable de la vision diurne et la rétine périphérique est responsable de la vision crépusculaire.
- L'âge : elle est basse chez les enfants d'au plus un an ($4/10^{\text{ème}}$) et atteint $10/10^{\text{ème}}$ à l'âge de 4ans.



Variation de l'acuité visuelle (AV en dixième) en fonction de l'excentricité par rapport à la fovéa(en degrés).

c- Mesure de l'acuité visuelle.

Pour mesurer l'acuité visuelle chez un individu, on utilise plusieurs méthodes :

- **Les optotypes** : ce sont des lettres de tailles décroissantes écrites sur un tableau. Un sujet à vision normale, doit pouvoir identifier ces lettres à une distance donnée.
- **La mire de Foucault**: elle est constituée par un tableau quadrillé à l'aide des traits distants de 1mm. Un individu ayant une bonne acuité visuelle doit pouvoir distinguer ces traits lorsqu'il est placé à 3m du tableau.
- **L'anneau de Landolt** : il s'agit d'un anneau noir muni d'une brisure plus ou moins large (1,5 mm). Un individu de bonne acuité visuelle doit pouvoir distinguer cette cassure lorsqu'il est situé à 5m de l'anneau.

Dispositifs de mesure de l'acuité visuelle : a : l'anneau de Landolt ; b : Les optotypes ; c : La mire de Foucault

3°) La vision diurne, la vision crépusculaire et la vision des couleurs.

a- Observations.

- L'analyse de la rétine des animaux diurnes montre essentiellement des cônes alors que la rétine des animaux nocturne montre des bâtonnets.
- L'observation de la rétine certains animaux qui ne voient pas les couleurs (chat, rats) révèle une absence totale des cônes.
- La carence en vitamine A (précurseur de la rétinale) entraîne une cécité crépusculaire appelée héméralopie.

b- Rôles des cônes et des bâtonnets.

Les cônes sont responsables de la vision diurne et de la vision des couleurs.

Les bâtonnets sont responsables de la vision crépusculaire.

c- La vision des couleurs.

La vision des couleurs est assurée par les cônes.

Lorsqu'on mesure les taux d'absorption des radiations lumineuses par les cellules à cône, les valeurs obtenues permettent de tracer le graphe exprimant les taux d'absorption dans les radiations lumineuses comme suit :

Taux d'absorption des cônes en fonction des longueurs d'ondes.

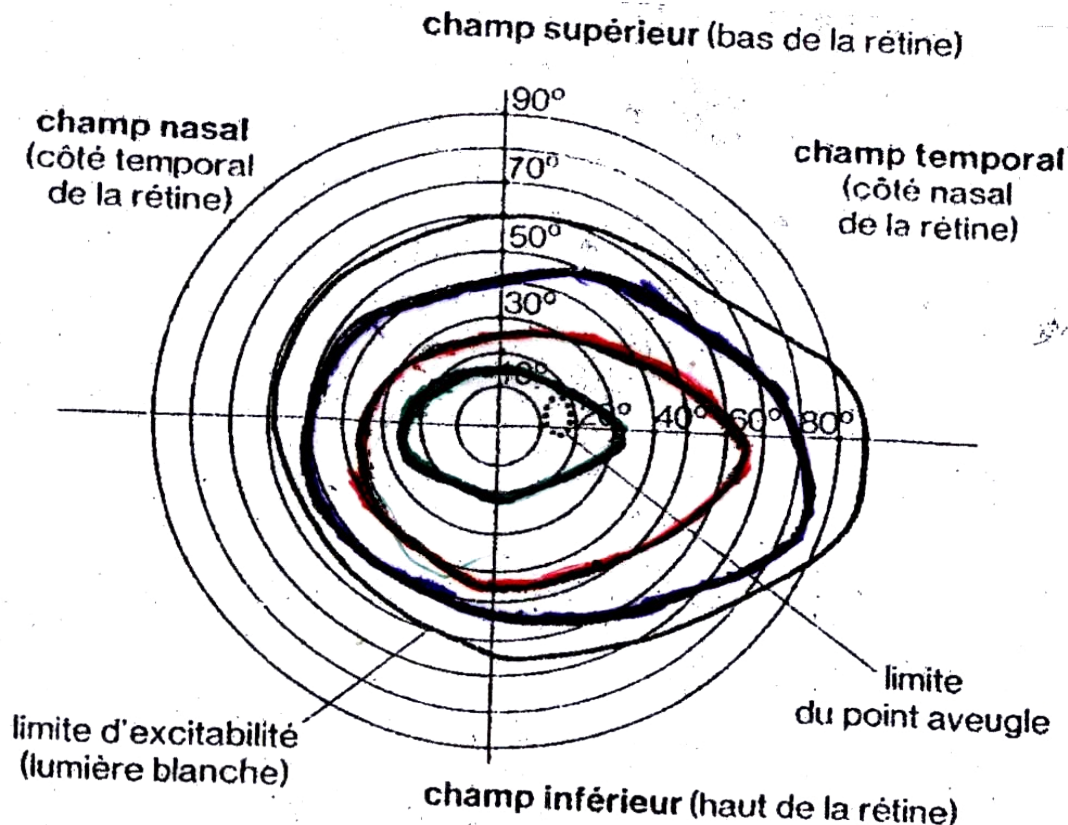
L'analyse du graphe montre que les cônes présentent trois maximums d'absorption : un dans le rouge (650 nm), un dans le vert (550 nm) et le dernier dans le bleu (450 nm). Cette montre qu'il existe trois catégories de cônes : une sensible au rouge, une sensible au vert et une dernière catégorie sensible au bleu.

La présence des trois catégories de cône explique bien le daltonisme qui est dû l'absence d'une catégorie de cônes (sensible au vert ou au rouge) au niveau de la fovéa des daltoniens.

L'existence des trois catégories de cône démontre aussi la théorie trichromatique de Young. En effet, cette théorie montre qu'on peut obtenir toutes les autres couleurs à partir des trois couleurs primaires qui sont : verte, bleu et rouge.

4°) Le champ visuel.

Le champ visuel est la portion de l'espace dans laquelle doit se situer un objet pour être vu par œil immobile.



Champ visuel de l'œil droit pour les lumières verte ; rouge ; bleu et blanche.

L'analyse d'un champ visuel montre que :

- Il est plus étendu du côté temporal que du côté nasal.
- Il est plus étendu vers le bas que vers le haut.
- Il est plus étendu pour la lumière blanche et de moins en moins étendu pour les radiations bleu, rouge et verte.

Chaque œil a son champ visuel mais les deux champs peuvent s'interférer pour former le champ de vision binoculaire.

V- TRANSMISSION DU MESSAGE RETINIEN ET SON INTERPRETATION.

La transmission du message rétinien se fait à travers les voies nerveuses optiques (nerfs optiques).

1°) Les voies nerveuses optiques.

Elles sont formées par les nerfs optiques qui conduisent le message sensoriel à l'encéphale.

a- Structure.

Les voies nerveuses optiques sont constituées par deux sortes de fibres nerveuses :

- Les fibres indirectes ou croisées: elles proviennent du côté nasal de la rétine, se croisent entre elles pour former un chiasma avant d'aller faire synapse avec d'autres fibres (au niveau des couches optiques) qui se rendent au centre visuel du côté opposé.
- Les fibres directes : elles proviennent de la rétine temporale et font synapse avec d'autres fibres au niveau des couches optiques sans se croiser entre elles. Ces fibres communiquent avec le centre visuel situé du même côté.

b- Conséquence de la section des nerfs des voies optiques sur la vision.

Lorsqu'on effectue des sections à différents endroits des voies optiques, on note des effets sur les champs visuels comme le montre la figure ci-après.

Les voies nerveuses optiques et les conséquences de leurs sections sur la vision.

Par exemple, la section des nerfs optiques au niveau du chiasma (section 3), entraîne une cécité du côté temporal pour les deux yeux.

2°) Les centres visuels.

Les centres visuels sont situés au niveau du cortex des lobes occipitaux de l'hémisphère cérébral. Un centre visuel est formé de deux types d'aires :

- **L'aire de projection visuelle ou aire primaire** : elle est responsable de la sensation visuelle. Elle reçoit les informations sous forme d'influx nerveux venant de la rétine. La lésion de l'aire de projection visuelle entraîne la cécité totale.
- **L'aire psycho-visuelle** : elle est située en avant de chaque aire de projection visuelle. Elle interprète les informations rétinienne en images concrètes des objets vus. La destruction de l'aire psycho-visuelle entraîne la non reconnaissance des objets : c'est l'agnosie visuelle ou la cécité psychique.

Les centres visuels situés au niveau du cerveau ont alors pour rôle d'analyser, d'interpréter et de redresser les images formées sur la rétine. De même, ils combrent l'absence d'images au niveau du point aveugle. Compte tenu du rôle des centres visuels dans la vision, on dit qu'on voit avec le cerveau et non avec les yeux.

VI- LES PERCEPTIONS VISUELLES ET LES FAUX JUGEMENTS.

La perception visuelle est l'identification d'un objet à partir duquel vient une excitation.

1°) la perception du relief.

Elle se fait grâce à la vision binoculaire qui permet de percevoir le paysage qui nous entoure sous toutes ses formes et dimensions.

2°) La perception des mouvements.

Elle est possible grâce à la poursuite de l'objet en mouvement avec les deux yeux. Le déplacement de l'image sur la rétine et l'absence d'image sur le point aveugle sont corrigés par le cerveau.

3°) Les faux jugements.

Ce sont les erreurs d'interprétation du cerveau. Ils sont de deux types :

- La perception visuelle ambiguë : il s'agit de différentes interprétations données à propos de la vision d'un seul objet par plusieurs personnes.
- Les illusions d'optiques : ce sont des perceptions erronées de la réalité. On dit que le cerveau se trompe.

Les faux jugements sont dus à l'influence des facteurs externes sur le cerveau comme : l'émotion, les milieux socioculturels.

.....

TRAVAUX DIRIGES

Exercice 1

1°) Identifiez et orientez cette reproduction d'une microphotographie (figure f1).

2°) Placez à côté du document fourni son interprétation schématique précise.

3°) Etudiez le rôle des éléments de la zone a dans la physiologie de cet organe.

2°) En analysant ce document, que pouvez-vous déduire à propos de :

La sensibilité des différentes zones de la rétine ?

La structure de la rétine ?

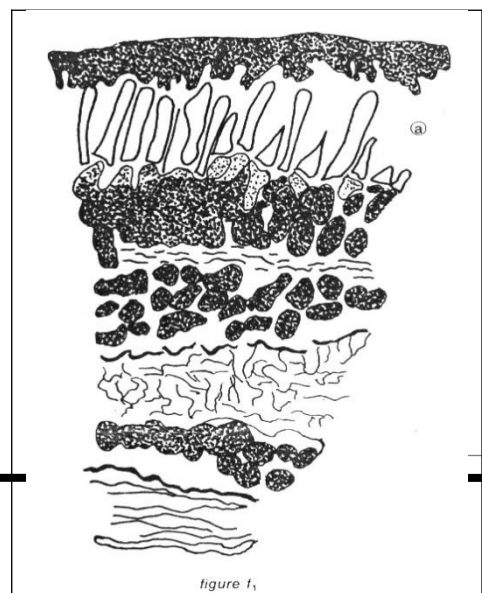


figure 1.

3°) Donnez alors une représentation schématique de cette structure entre 0° et 30°, côté nasal.
 Quelles précisions concernant la variation de l'acuité visuelle vous permet d'apporter ce schéma ?

Exercice 2

On présente sur un écran 20 mots de quelques lettres à des sujets normaux et droitiers dont l'œil droit est fermé. Le temps de présentation de chaque mot est très court (10 ms). Ces sujets écrivent avec la main droite les mots qu'ils identifient. Les résultats de cette expérience sont représentés sur la figure 1.

1°) Que vous apprend l'analyse précise de cette courbe de la figure 1 ?

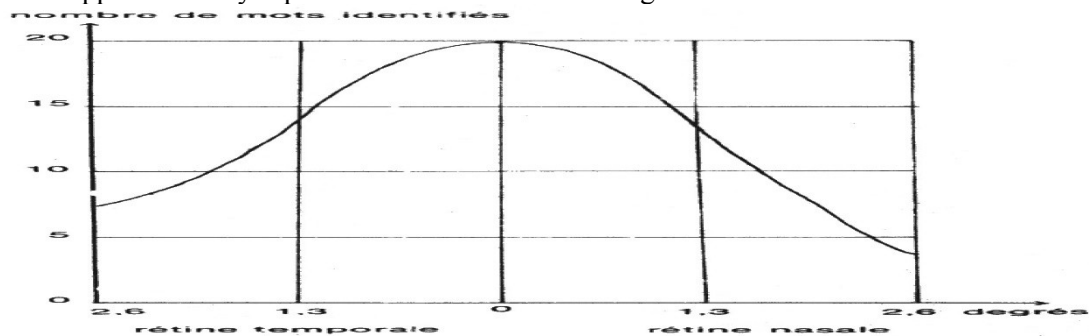


figure 1

La figure 2 représente la structure histologique d'une partie de l'œil et la répartition des récepteurs qui entrent dans sa constitution.

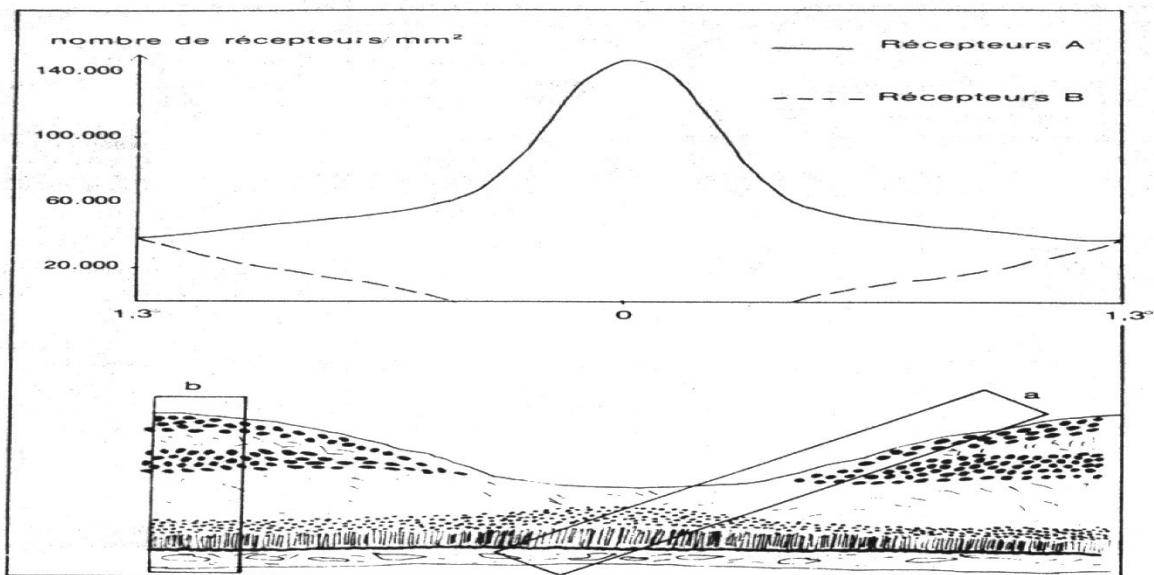


figure 2

2°) Identifiez, annotez et orientez cette structure.

3°) A quoi correspondent les récepteurs A et B de la figure 2 ?

4°) Représentez par un schéma simple annoté des structures caractéristiques des zones encadrées sur la figure 2.

5°) Quels renseignements pouvez-vous tirer de la comparaison des courbes des figures 1 et 2 ? Les schémas réalisés à la question 4 vous permettent-ils d'apporter des précisions ? Justifiez votre réponse.

L'analyse des troubles divers du langage ou aphasies a permis de découvrir dans l'hémisphère cérébral gauche des sujets droitiers un centre de compréhension des mots écrits situé dans l'aire psychovisuelle et un centre moteur de l'écriture situé dans l'aire psychomotrice. On sait d'autre part que les fibres de chaque tache jaune sont soit directes soit croisées selon qu'elles sont temporales ou nasales.

6°) En vous appuyant sur toutes ces données et sur vos connaissances, comment expliquez-vous que le nombre de mots identifiés soit différent pour les deux côtés, temporal et nasal ?

Exercice 3

I/- Le schéma 1 du document A est une coupe de l'œil d'un Mammifère.

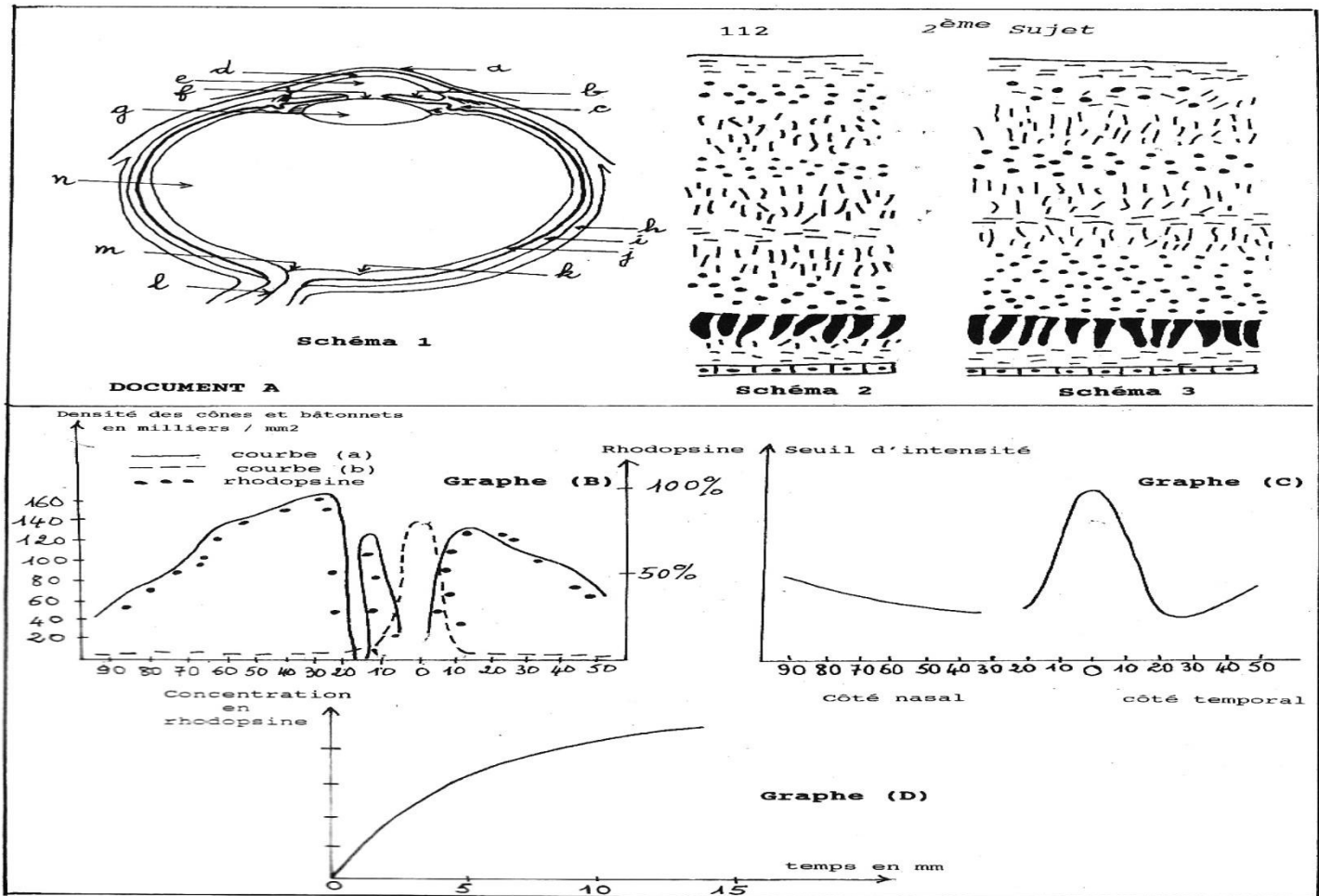
1/ Annotez-la sans la reproduire en utilisant les lettres indiquant les différentes parties.

2°/ Les schémas 2 et 3 du même document A sont réalisés à partir de préparations microscopiques de l'élément j (document A schéma 1) à des niveaux différents.

a) Analysez ces schémas et déduisez-en les niveaux où les coupes ont été replissées.

b) Faites un schéma d'interprétation Annoté du schéma 3 en précisant le sens de l'influx et celui de la lumière.

II/ - Le graphe B donne pour un œil - d'une part la densité des cônes et des bâtonnets (en Milliers par millilitre carré) représentée par les courbes a et b.



- d'autre part, les quantités de rhodopsine (pourpre rétinien) indiquées par les points (ces quantités sont exprimées en pourcentage).

Analysez ce graphe et indiquez en donnant vos raisons, s'il s'agit d'un œil droit ou gauche.

III/ A l'aide d'une source lumineuse dont on peut faire varier l'intensité on recherche le seuil d'intensité à partir duquel la lumière est perçue suivant les différentes directions par rapport à l'axe optique de l'œil. Des résultats sont notés sur le graphe C.

Que peut-on déduire de cette courbe en ce qui concerne la sensibilité et le fonctionnement des différentes régions de la rétine ?

IV/ On place un individu en lumière intense puis à l'instant on le plonge dans l'obscurité, on mesure alors la concentration en rhodopsine de la rétine d'un de ses yeux (en unités arbitraires).

Interprétez la courbe obtenue (Graphe D)

V/ - Un sujet placé à 60 cm devant un tableau noir fixe une croix blanche, l'œil droit étant fermé.

On déplace devant lui un disque blanc depuis la croix vers le haut, vers le bas, vers la gauche et vers la droite jusqu'à ce que ce sujet ne voit plus le disque. On obtient les résultats exprimés dans la même unité de graduation : droite 3,5 ; gauche 5,8 ; haut 3,6 ; bas : 4,8.

1° Prendre 1 cm comme unité et représenter graphiquement ces résultats.

2° Comment appelle-t-on la figure ainsi obtenue ?

3° On fait les mêmes mesures sur le même œil en lumière rouge, en lumière verte et en lumière bleue. On a les résultats suivants :

Sens du déplacement	Lumière bleue	Lumière rouge	Lumière verte
Haut	2,7	1,9	1,3
Bas	3,6	2,6	1,9
Gauche	4,1	3,5	1,3
Droite	2,6	1,9	1,3

Représentez graphiquement ces résultats et analysez le graphique obtenu.
Quelles conclusions peut-on tirer de toutes ces mesures quant à la sensibilité de la rétine ?

VI/ 1). On a effectué des sections sur des portions de nerf optique voir document E.

a) La section (1) du nerf optique gauche entraîne une cécité totale de l'œil gauche.

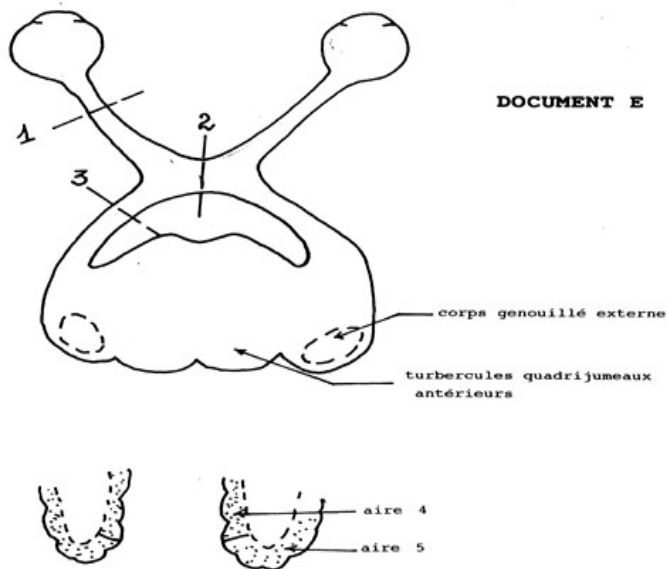
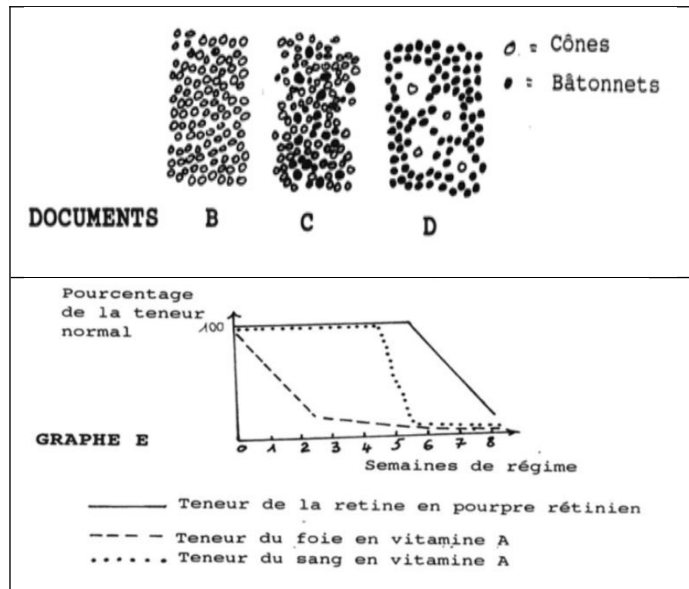
b) La section (2) entraîne :

- Une cécité droite pour le champ visuel de l'œil droit ;
- Une cécité gauche pour le champ visuel de l'œil gauche.

c) La section (3) entraîne :

- Une cécité droite pour le champ visuel de l'œil droit;
- Une cécité gauche pour le champ visuel de l'œil gauche.

Représentez les différents champs visuels en hachurant les régions non perçues par le sujet.



2). Une lésion de l'aire corticale (4) provoque une cécité totale.

Une lésion de l'aire corticale (5) provoque une agnosie visuelle, c'est-à-dire que l'individu voit mais ne reconnaît pas ce qu'il voit.

a) sachant que les fibres optiques font synapses dans les corps genouillés externes représentez en vous aidant des informations précédentes, le trajet de ces fibres sur le document E.

Exercice 4

1) Les documents B, D représentent des coupes torrentielles de rétine.

a) Commentez-les et précisez le niveau de la rétine où ces coupes ont été réalisées.

b) Donnez une interprétation schématique de la structure de cette membrane de l'œil au niveau des documents B

et D.

Indiquez sur les schémas le sens de l'influx nerveux et celui de la lumière.

2) Certains animaux à vision nocturne ont la rétine riche en cellules à bâtonnets ; D'autres animaux à vision diurne ont la rétine riche en cellules à cônes. Dans la pénombre, l'œil ne perçoit que des différences de luminosité alors qu'en pleine lumière, les couleurs sont visibles.

A partir de ces observations, quel rôle attribue-t-on aux cellules à cônes et à bâtonnets ?

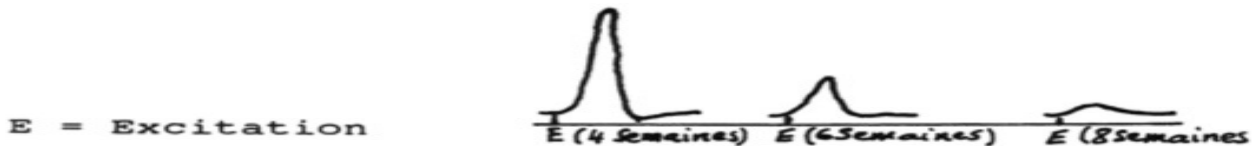
3) a) On soumet des rats blancs à un régime carencé en vitamine A. Au bout de 8 semaines de régime, on a le graphe E.

Interprétez-le. Quelles conséquences pouvez-vous prévoir au sujet de la vision de ces rats ?

b) On excite la rétine au cours de l'expérience décrite ci-dessus et on enregistre les phénomènes électriques ou électrorétinogrammes (ERG). On a les résultats représentés en F

- Interprétez les phénomènes

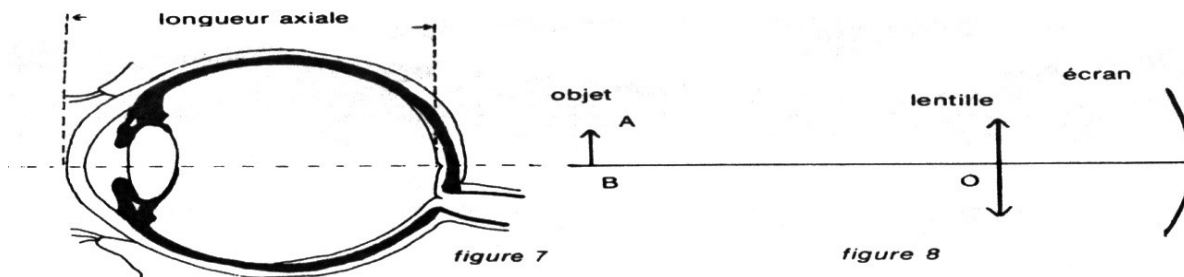
- Montrez le lien existant entre ces phénomènes et les résultats observés en E.



Document F

Exercice 5

I. La figure 7 représente la coupe d'un œil humain. On peut réduire l'ensemble du système optique à une lentille convergente de centre O (voir la figure 8).



1°) Nommez les éléments naturels de l'œil remplacés par la lentille.

2°) a. Où le foyer image de cette lentille doit-il se trouver pour que l'image d'un objet AB, situé à l'infini, se forme nettement sur l'écran ?

b. Dessinez le trajet des rayons lumineux dans ce cas.

3°) a. En conservant le même système optique, représentez sur un autre schéma le trajet des rayons lumineux lorsque l'objet est rapproché.

b. Que faut-il modifier si l'on veut que l'image se forme nettement au même emplacement que précédemment (question 2) ?

c. Par que mécanisme l'œil humain parvient-il à maintenir la netteté de l'image dans ce cas ? Expliquez brièvement ce mécanisme.

II. Comme les autres organes, l'œil subit un phénomène de croissance. Nous étudierons ici son influence sur les mécanismes optiques.

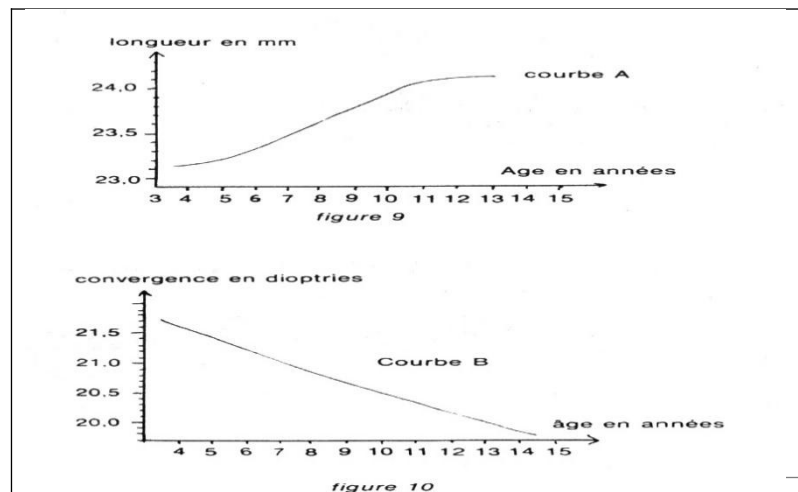
La courbe A de la figure 9 illustre l'évolution de la longueur axiale moyenne du globe oculaire entre 3 et 15 ans.

1°) a. Analysez la courbe A.

b. Sachant que la variation de la longueur de la chambre antérieure est négligeable après 3 ans, quelle conséquence la croissance étudiée a-t-elle sur la position de la rétine par rapport au cristallin ?

La courbe B de la figure 10 illustre l'évolution de la convergence du cristallin en fonction de l'âge.

2°) a. Analysez la courbe B.



b. Quelle est la conséquence de cette évolution sur l'emplacement de l'image d'un objet situé à l'infini, par rapport au système optique ?

3°) En vous aidant des réponses données précédemment, expliquez pourquoi la netteté de la vision n'est, en général, pas perturbée par la croissance ?

III. Chez certains sujets, l'allongement du globe est important, de sorte que la longueur axiale, atteint 26 à 30 mm au lieu de 23 ± 1 mm (pour un œil normal).

1°) Dans ces conditions, où se formera l'image d'un objet situé à l'infini ?

2°) De quelle anomalie souffrent ces sujets ?

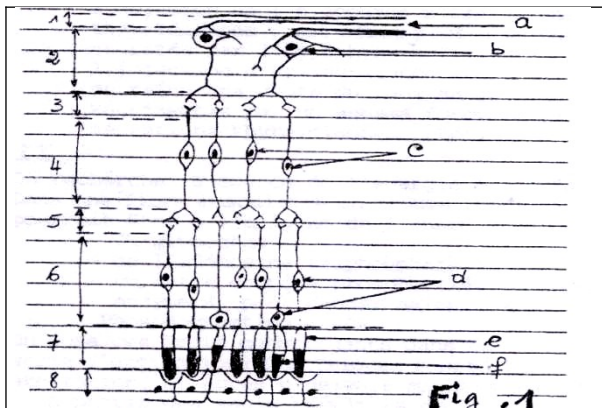
Exercice 5

La figure 1 ci-après représente le schéma d'interprétation d'une coupe de rétine.

1. A l'aide des numéros et des lettres, annotez cette figure.

2. Sur une coupe antéropostérieure de l'œil de l'homme que vous dessinerez et annoterez complètement, indiquez l'endroit où la coupe de la figure 1 a été faite ?

Justifiez la réponse.



3. La figure n°2 ci-après représente l'ultrastructure d'une cellule de la figure 1.

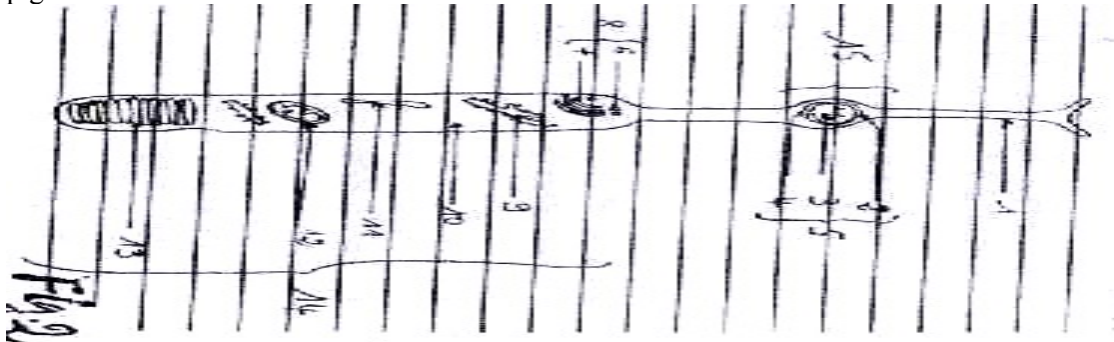
a- Annotez cette figure à l'aide des numéros.

b- Quel est le rôle des éléments 8, 9, 12 de cette figure dans la cellule ?

c- Décrivez une technique mettant en évidence les constituants chimiques de l'élément 5.

d- En 1876 BOLL découvre dans la rétine, un pigment rose localisé dans la partie basale des cellules.

Donnez le nom de ce pigment. Décrivez une expérience mettant en évidence l'action de la lumière sur ce pigment.



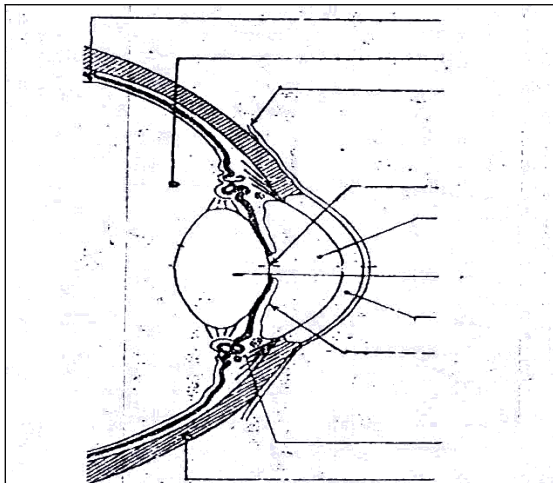
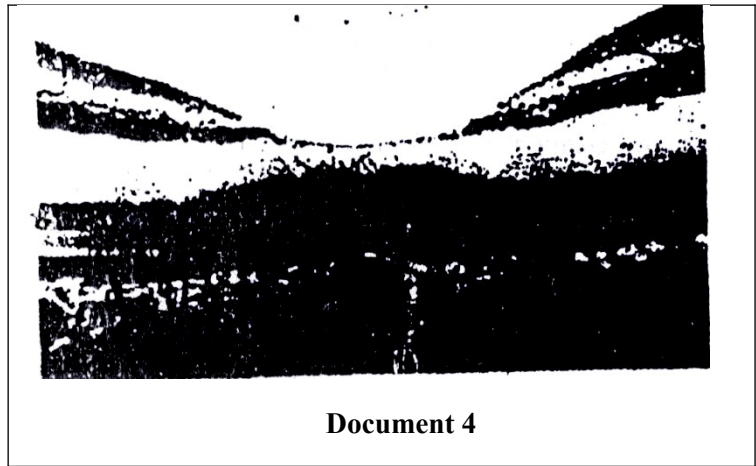
Exercice 1

1) Réaliser un dessin fidèle du document 3. Vous accompagnez ce dessin de légende correspondant aux traits de rappel de la photographie. (1,5pt)

2) Le document 4 est une microphotographie d'une coupe réalisée à travers une membrane de l'œil.

a- De quelle membrane s'agit-il ? Justifiez la réponse. Précisez la localisation de la coupe. A partir du même document faire un schéma permettant de montrer les particularités de structure de cette région. (1,5pt)

b- Quelles sont les expériences permettant de mettre en évidence son rôle dans la vision ? Préciser ce rôle puis le lien qui existe entre la structure histologique de cette région et ses particularités fonctionnelles.



3) Un disque noir muni d'un secteur blanc, document 5 tourne à vitesse de 50 tours par seconde dans une pièce normalement éclairée. Le disque nous apparaît entièrement blanc.

a- Comment peut-on expliquer cette observation ? (0,5pt)

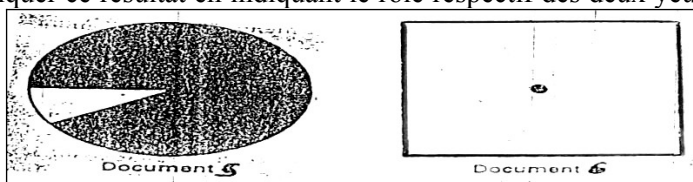
b- Quelles applications ont été tirées de cette particularité du fonctionnement de la rétine. (0,5pt)

4) Un observateur, dont la vision est normale, regarde un point de l'espace (par exemple le point du document 6), à l'aide des deux yeux.

D'un doigt il pousse légèrement l'un des deux yeux, latéralement vers le haut ou vers le bas.

Il perçoit alors deux points qui s'éloignent plus ou moins l'un de l'autre au cours des déplacements de l'œil.

Expliquer ce résultat en indiquant le rôle respectif des deux yeux et des structures nerveuses dans ce phénomène.



(1pt)

LES RELATIONS HORMONALES

Les objectifs pédagogiques

L'élève doit être capable de :

- 1- Connaître la structure de certaines glandes endocrines comme : la thyroïde, le pancréas, le complexe hypothalamo-hypophysaire.
- 2- Connaître les hormones élaborées par chaque glande ainsi que le rôle de chaque hormone dans l'organisme.
- 3- Interpréter les effets produits lors de l'ablation, la greffe, l'injection des extraits glandulaires et de la parabiose.
- 4- Décrire le mode d'action d'une hormone.
- 5- Connaître le mode de régulation des hormones glandulaires.

INTRODUCTION

Les relations hormonales ou humorales sont des relations fonctionnelles qui existent entre différents organes du corps et qui s'effectuent grâce aux hormones rejetées dans le sang.

Une hormone est une substance produite et libérée dans le sang par les glandes endocrines et qui est capable d'agir sur un autre organe. La science qui étudie les hormones est l'endocrinologie.

Les glandes endocrines qui sont entre autres : le pancréas, la thyroïde, le complexe hypothalamo-hypophysaire.

I- ETUDE DU PANCRÉAS.

1°) Découverte de la sécrétine.

- La section des nerfs pancréatiques n'empêche pas la sécrétion du suc pancréatique : la sécrétion du suc pancréatique n'est pas déclenchée par voie nerveuse.
- L'injection d'une solution d'acide chlorhydrique dans le duodénum déclenche la sécrétion du suc pancréatique. Par contre, l'injection de la même solution d'acide directement dans le sang n'a aucun effet sur la sécrétion pancréatique : l'acide chlorhydrique agit sur le duodénum qui à son tour élabore et libère une substance dans le sang. Cette substance libérée provoque la sécrétion du suc pancréatique. La substance libérée a été nommée plus tard la sécrétine. Toute substance ayant la même action que la sécrétine fut nommée Hormone par Starling.

2°) Etude expérimentale de l'action de la sécrétine.

- **Expérience :** on anesthésie un rat à jeun en lui injectant dans l'abdomen une solution de l'uréthane (somnifère). On intube une de ces veines jugulaire à l'aide d'une canule munie d'une aiguille à injection. On intube également son canal cholédoque à l'aide d'un cathéter relié à une règle graduée (pour mesurer la sécrétion du suc pancréatique). On pose une ligature du côté du foie pour éviter le mélange entre la sécrétion biliaire et la sécrétion pancréatique. On effectue l'injection d'une solution de sécrétine dans la veine jugulaire intubée et on mesure toutes les trois minutes la sécrétion pancréatique.

Dispositif expérimental de mesure de la sécrétion du suc pancréatique.

- **Observations :** A partir des valeurs obtenues, on trace la courbe exprimant le volume du suc pancréatique en fonction du temps de même que la courbe de vitesse de sécrétion du suc pancréatique en fonction du temps.

Courbes de volume du suc pancréatique et de la vitesse de la sécrétion du suc pancréatique en fonction du temps.

- **Interprétation :** Avant l'injection de la sécrétine, la sécrétion du suc pancréatique est faible car l'animal est à jeun. Après injection de la sécrétine, la sécrétion pancréatique augmente après un temps de latence. Le temps de latence correspond au temps de transport de la sécrétine par le sang et à l'activation des cellules pancréatiques. L'augmentation de la sécrétion pancréatique est due à l'action durable qu'exerce la sécrétine sur les cellules du pancréas.

3°) Histologie du pancréas.

L'observation microscopique d'une coupe de pancréas montre deux groupes de cellules :

- Les acini : un acinus est un amas de cellules pyramidales groupées autour d'une cavité centrale et qui est en relation avec l'extérieur grâce à un canal collecteur. Les acini assurent la production du suc pancréatique. Ils constituent le pancréas exocrine.

- Les îlots de Langerhans : ce sont des amas de cellules pleines, dépourvues de canaux collecteurs. Ils sont formés par deux types de cellules : les cellules α et les cellules β .

* Les cellules α : elles assurent la production d'une hormone qui est le glucagon.

* Les cellules β : elles assurent la production de l'insuline.

Les cellules de Langerhans constituent le pancréas endocrine.

Remarque : le pancréas est une glande mixte car elle assure à la fois une fonction endocrine (production d'hormone) et une fonction exocrine (production du suc pancréatique).

Coupe de pancréas de cobaye.

4°) Rôles du pancréas.

Pour découvrir le rôle du pancréas, on réalise des expériences d'ablation, de greffe, d'injection d'extraits pancréatiques et de parabiose.

a) Expériences et interprétations.

- La pancréatectomie chez un animal, une absence de sécrétion de suc pancréatique, des troubles digestifs et une hyperglycémie : le pancréas intervient dans la digestion et dans le contrôle de la glycémie.
- L'ablation dans $\frac{3}{4}$ du pancréas n'a aucun effet sur la digestion ni sur la glycémie donc le rôle du pancréas ne dépend pas de son volume c'est-à-dire les cellules du pancréas sont réparties d'une façon homogène.
- La ligature des canaux pancréatiques entraîne des troubles digestifs et la dégénérescence des acini. Les acini interviennent dans la digestion en élaborant le suc pancréatique qui s'écoule à travers les canaux pancréatiques.
- La greffe du pancréas à un chien dépancraté entraîne la disparition des troubles liés au diabète. Le pancréas intervient dans la régulation de la glycémie par voie hormonale.
- L'injection intraveineuse d'extrait d'îlot de Langerhans à un chien pancréatectomisé entraîne la disparition des troubles liés au diabète. Les îlots de Langerhans élaborent les hormones qui interviennent dans la régulation de la glycémie.

b) Rôle de l'insuline.

L'insuline produite par les cellules β des îlots de Langerhans provoquent la baisse de la glycémie. C'est une hormone hypoglycémisante.

En effet, l'insuline stimule la glycogénogenèse au niveau du foie et l'utilisation du glucose par les cellules. Elle favorise aussi la conversion du glucose en lipides dans les cellules adipeuses.

La libération de l'insuline se fait par exocytose et dépend du taux de glucose sanguin comme le montre la courbe suivante :

C) Courbe de sortie d'insuline en fonction du taux de glucose sanguin.

Les hormones hyperglycémisantes.

Les hormones hyperglycémisantes sont des hormones qui favorisent l'augmentation du taux de glucose sanguin. Parmi ces hormones, on note le glucagon, le cortisol et l'adrénaline.

- **Le glucagon :** il favorise l'augmentation de la glycémie en provoquant l'utilisation des lipides et des protéides et en freinant l'utilisation du glucose par les cellules. De plus il stimule la glycogénolyse (hydrolyse du glycogène). C'est donc une hormone de manque de glucose.

Remarque : L'insuline et le glucagon sont deux hormones antagonistes.

- **Le cortisol :** il est une hormone sécrétée par la partie corticale des capsules surrénales. Il freine l'entrée du glucose dans les cellules et favorise les effets du glucagon

- **L'adrénaline :** elle est sécrétée par la partie médullaire de la médullo-surrénale provoque la glycogénolyse en cas d'émotion : c'est pourquoi l'adrénaline est appelée une hormone d'urgence.

6) Régulation de la sécrétion des hormones du pancréatique.

La libération des hormones pancréatiques est 7°C de la glycémie.

- Lorsque la glycémie augmente, on a croissance d'insuline.
- Lorsque la glycémie baisse, on a croissance du glucagon pour ramener la glycémie à la normale.

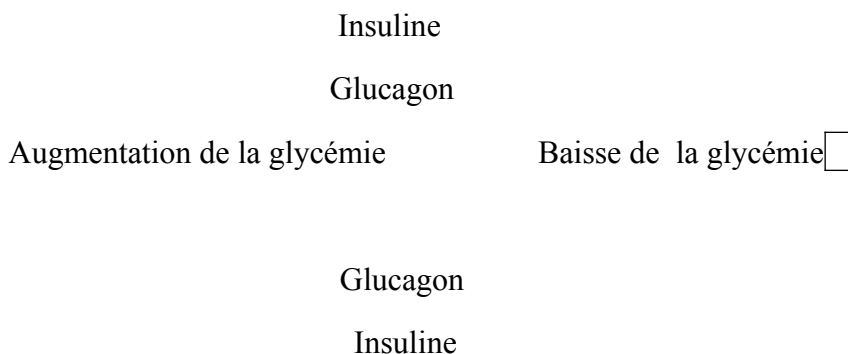


Schéma de régulation de sécrétion pancréatique par la glycémie.

7) Régulation de la glycémie.

La régulation de la glycémie se fait selon deux voies : voie hormonale, voie nerveuse. C'est une régulation neuro- hormonale. Cette régulation est schématisée comme suit :

Schéma de la régulation neuro-hormonale de la glycémie : RF : releasing factors ; IN : influx nerveux

II- TUDE DE LA THYROÏDE.

A- Structure de la thyroïde.

C'est une glande située au niveau du cou en avant de la base de larynx. Une coupe de thyroïde observée au microscope montre des vésicules sphériques appelées des follicules thyroïdiens. Il existe 3 types de follicules thyroïdiens.

- Les vésicules de grandes tailles : elles sont gorgées des colloïdes et sont donc à l'état de repos
- Les vésicules moyennes qui sécrètent du colloïde
- Les petites vésicules qui rejettent les hormones thyroïdiennes dans le sang.

Entre les vésicules thyroïdiennes, on a un tissu conjonctif contenant des vaisseaux sanguins.

B- Physiologie de la thyroïde.

1) Observation des troubles thyroïdiens.

- L'hypothyroïdie (baisse de l'activité thyroïdienne) provoque chez l'homme un myxœdème qui est la rétention d'eau dans les tissus cutanés. Cette maladie se manifeste aussi bien chez l'enfant que chez l'adulte et se caractérise généralement par une baisse de métabolisme basal, des troubles nerveux, le nanisme (chez l'enfant).
- La carence en iode dans l'alimentation entraîne le goitre non obligatoire et l'observation de la thyroïde d'un sujet atteint de ce goitre montre des vésicules hypertrophiées c'est –à – dire bourrées de colloïdes.
- L'hyperthyroïdie entraîne la maladie de basedow ou goitre exophtalmique.
- Elle se caractérise par une augmentation du volume du cou, une saillie prononcée du globe oculaire, une augmentation du métabolisme basal.

2) Etude expérimentale de l'activité thyroïdienne.

- La thyroïdectomie entraîne une diminution du métabolisme et une somnolence chez les chiens, un nanisme chez les rats, l'absence de métamorphose chez les têtards donnant ainsi des

têtarde géants : La thyroïde intervient dans la croissance, dans la régulation du métabolisme et sert dans la métamorphose chez les têtards.

- La greffe d'une portion de thyroïde à un animal thyroïdectomisé entraîne la disparition des troubles liés à la thyroïdectomie. L'action de la thyroïde se fait à partir des hormones qu'elle produit.
- L'injection d'extrait thyroïdien à un animal privé de sa thyroïde corrige aussi les troubles liés à la thyroïdectomie. La thyroïde agit par voie hormonale.
- Si on injecte des extraits thyroïdiens à un animal normal, on observe chez ce dernier, une élévation de la température, un amaigrissement, une tachycardie.

3) Les hormones thyroïdiennes.

Parmi les hormones thyroïdiennes la plus connue est la **thyroxine**. Cette dernière est une hormone formée à partir de la combinaison entre la thyroxine et 3 ou 4 molécules d'iode.

Thyroxine + 3I triiodothyrosine (I3)
Thyroxine + 4I tétraiodothyrosine (I4)

Le mécanisme de synthèse des hormones thyroïdiennes est le suivant :

- capture de l'iode par les vésicules thyroïdiennes
- combinaison diode avec une protéine pour la donner la thyroglobuline qui s'accumule dans les vésicules sous forme de colloïdes
- L'hydrolyse et libération des hormones thyroïdiennes dans le sang.

4) Actions des hormones thyroïdiennes.

5) Régulation de l'activité Thyroïdienne.

La régulation de l'activité thyroïdienne se fait par voie nerveuse et hormonale.

C'est une régulation neuro hormonale. En effet, l'hypophyse élabore une hormone appelée la thyrostimuline (TSH) qui stimule la croissance des hormones thyroïdiennes. Les taux d'hormones thyroïdiennes dans le sang contrôlent par rétrocontrôle +ou- la position de la TSH

La régulation nerveuse est déclenchée par l'émotion, le climat et l'alimentation. Au cours d'une émotion, on note l'excitation du centre émotionnel de l'hypothalamus et ce stimule l'hypophyse qui croît la TSH.

Régulation de l'activité thyroïdienne.

III- LE COMPLEXE HYPOTHALAMO-HYPOPHYSIAIRE.

A- Anatomie et structure.

L'hypophyse est une glande située à la base du crâne. Elle est reliée à l'hypothalamus par la tige hypophysaire ou pituitaire. L'hypophysaire est constituée de 2 lobes :

- hypophyse antérieure ou anté- hypophyse ou adénohypophyse qui provient de la poche de la Rathke.
- hypophyse post ou la posthypophyse provient du prolongement de l'hypothalamus. entre les 2 lobes, on trouve une zone intermédiaire appelé le pars inter média.

Schéma du complexe hypothalamo-hypophysaire.

B- Physiologie de l'hypophyse.

1) Observations.

L'hyper activité de l'hypophyse avant la naissance donne le gigantisme.

- l'hyper activité après la naissance donne un développement exagéré des extrémités du corps.

L'hypo activité provoque le nanisme.

2) Les hormones hypophysaires.

On distingue les hormones anté - hypophysaires et les hormones post hypophysaires.

a) Les hormones antéhypophysaires.

Ce sont :

- Hormones de croissance ou hormone somatotrope (STH).son action est proche de celle de la thyroxine. Son insuffisance entraîne l'infantilisme mais son excès provoque le gigantisme. Elle stimule la croissance du cartilage de conjugaison et l'anabolisme.
- La TSH : elle stimule la thyroïde par la croissance des hormones thyroïdiennes.
- L'ACTH ou la corticostimuline ou hormone corticotrope : elle agit sur le contexte surrénal et assure le maintien du poids de cette glande.
- La prolactine : elle stimule la croissance du lait.
- Les gonadostimulines : FSH et LH (confère la réflexion)

b) Les hormones post hypophysaires.

Ce sont :

- L'ocytocine qui intervient dans les contractions internes et provoque l'éjection lactée ou l'écoulement lacté.
- l'ADH (Hormone Antidiurétique ou vasopressine). Elle stimule la réabsorption d'eau au niveau des tubes urinifères.

Remarque : Les hormones hypophysaires obéissent souvent au mécanisme de Field back. Leur libération est aussi sous le contrôle de l'hypothalamus.

IV- FONCTIONNEMENT D'UNE CELLULE SÉCRÉTRICE.

1) Elaboration et rejet d'une hormone protéique.

L'élaboration d'une hormone protéique suit le même processus qu'une synthèse protéique (confère premier chapitre).

La synthèse a lieu au niveau du REG et transportée par lui (REG). Chaque protéine est suivie d'une transformation et de stockage au niveau du golgi. Elle est rejetée dans le sang par le phénomène d'exocytose.

2) Mode d'action des hormones.

Les hormones protéiques se fixent sur la membrane des cellules cibles, ce qui provoque la transformation de l'APT en AMPC (Adénosine, Mono Phosphate Cyclique) qui est appelé un second message hormonal.

La MPC active à son tour le système enzymatique de la cellule cible. Par contre, les hormones stéroïdes pénètrent dans les cellules cibles puis se fixent sur des récepteurs pour former un complexe hormone – récepteur.

Ce complexe migre dans le noyau et se fixe sur la chromatine et active la transcription.

Conclusion : Les hormones produites par les glandes endocrines agissent sur les organes cibles qui à leur tour produisent d'autres hormones. Il existe donc des relations hormonales entre divers organes de l'organisme. Le fonctionnement des glandes est soumis à une régulation neuro – hormonale. Les relations hormonales nécessitent l'intervention du sang et du milieu intérieur qui assurent le transport des hormones vers les organes cibles.

.....

TRAVAUX DIRIGES

Exercice 1

La thyroïde est une glande (30 g chez l'homme) située chez les mammifères au voisinage de la trachée artère. Elle n'est reliée au reste de l'organisme que par des liaisons sanguines et nerveuses.

1. On réalise chez les lapins un certain nombre d'expériences.

- Expérience 1 : thyroïdectomie (ablation totale de la thyroïde). Les animaux présentent de nombreux troubles parmi lesquels on retiendra : une baisse (20%) du métabolisme basal, une bradycardie (ralentissement du rythme cardiaque) une hypothermie (baisse de la température interne), de l'inappétence et de l'apathie.
- Expérience 2 : thyroïdectomie suivie d'une greffe péritonéale de thyroïde. Aucun trouble n'apparaît.

- Expérience 3 : parabiose entre lapin normal et lapin thyroïdectomisé. Aucun trouble n'apparaît chez les deux animaux.

- Expérience 4 : thyroïdectomie suivie d'injection d'extraits thyroïdiens convenablement dosés. Aucun trouble n'apparaît.

- Expérience 5 : on injecte des extraits hyperdosés à un animal. On note de l'hyperthermie et de la nervosité, une tachycardie (augmentation du rythme cardiaque) une élévation du métabolisme basal (20 à 30%).

a/ Tirez une conclusion de chacune de ces expériences.

b/ Donnez une conclusion générale en ce qui concerne le rôle et le mode d'action de la thyroïde.

2. On a montré que la thyroïde synthétisait une substance dont voici la formule :

a/ Quelle est le nom de cette substance ?

b/ Cette substance est une protéine ? Justifiez.

c/ Cette substance est sécrétée dans le sang à une concentration de $5 \cdot 10^{-8} \text{ g.l}^{-1}$. Introduite à cette concentration, dans une culture de cellules, elle provoque une augmentation du nombre et de la taille des mitochondries. Quelles corrélations existe-t-il entre cette expérience et les effets de l'hyperthyroïdie ?

d/ Pour quelles raisons cette substance est-elle classée parmi les hormones ?

e/ Par un schéma annoté faites la localisation et la vascularisation de la thyroïde.

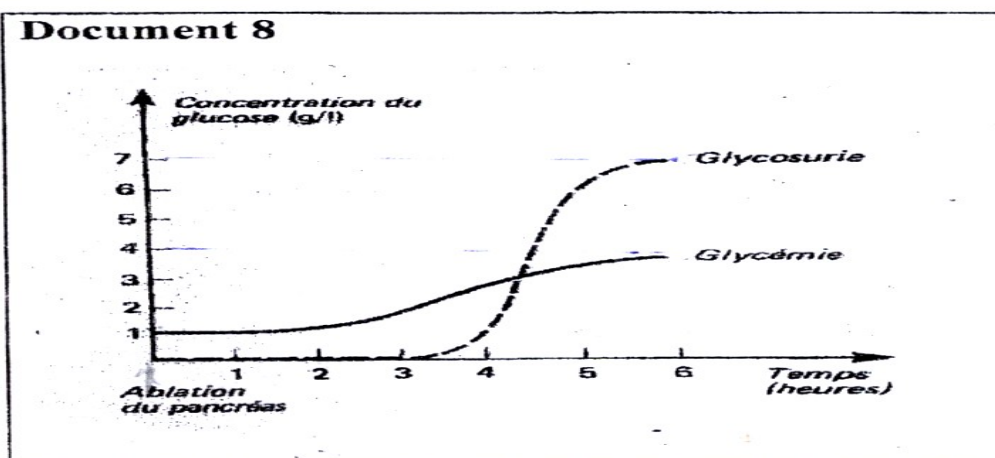
Exercice 2

L'ablation du pancréas, chez un chien, entraîne l'apparition de troubles caractéristiques du diabète sucré.

1. Le document 8 traduit les variations de la glycémie et de la glycosurie. De l'analyse comparée de ces courbes, déduire certaines conséquences de l'ablation du pancréas.

2. Pour combattre cette anomalie, on fit manger au chien dépancréaté des morceaux de pancréas : ce fut un échec. Par contre, l'injection intraveineuse d'extraits pancréatiques dont on a neutralisé les enzymes protéolytiques, soigne avec succès le diabétique.

Qu'indiquent ces résultats quant au rôle du pancréas vis-à-vis de la glycémie.



Exercice 3

Le maintien de la composition du milieu intérieur assure aux cellules des conditions de vie optimales. La constance de la glycémie est assurée par le pancréas et d'autres glandes. Diverses observations et expériences ont permis de déterminer le mécanisme de régulation de la glycémie.

1. On fait ingérer à deux chiens A et B à jeun une certaine quantité de glucose. Toutes les demi-heures puis toutes les heures on dose le glucose dans le sang (document 1).

Date du dosage	0h	0h30	1h	1h30	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h
Glycémie de A g/L	0,9	1,3	1,25	1,4	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Glycémie de B g/L	1,45	1,65	1,85	2,05	2,2	2,2	1,9	1,65	1,60	1,55	1,50

Document 1

a- Représentez sur le même axe les variations de la glycémie des deux chiens : prendre 1cm pour 1 heure et 2 cm pour 1g/L.

b- Comparez les deux courbes. Que peut-on de l'état du chien B ? Ce chien ne risque-t-il pas de présenter des anomalies de la sécrétion urinaire ? Justifier.

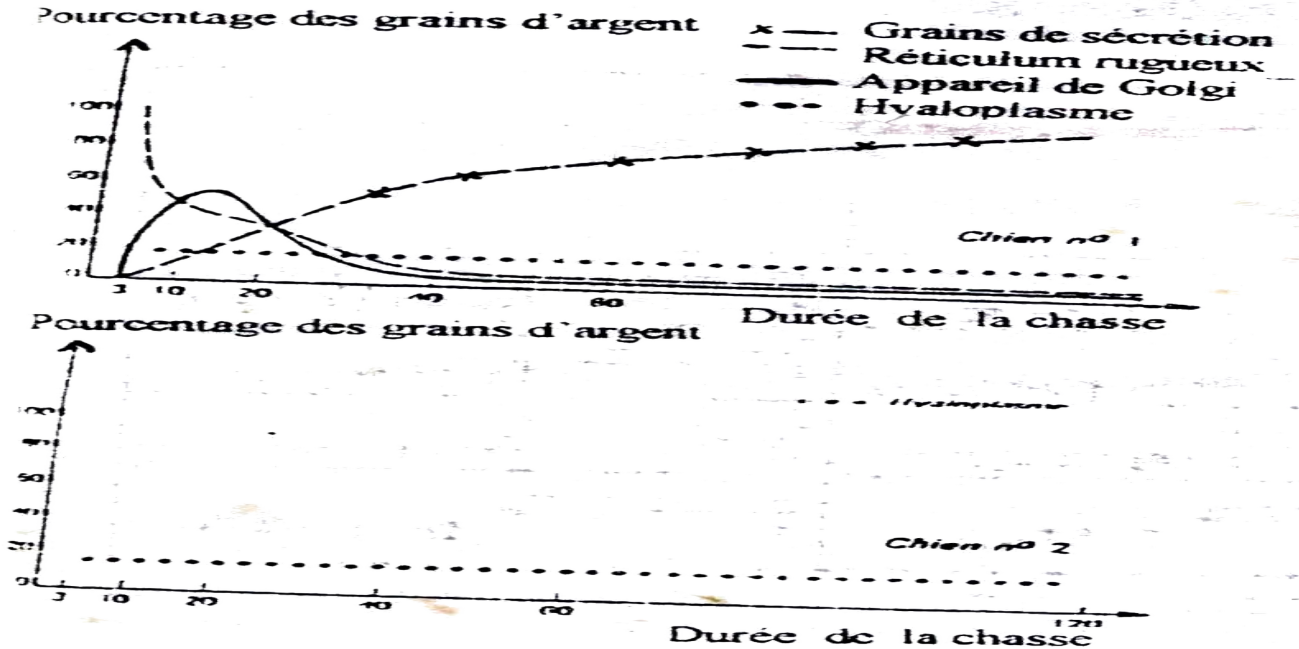
2. On injecte au chien A de l'alloxane ce qui provoque en quelques heures une augmentation de la glycémie à 2,5 g/L puis à 3,5g/L. les deux chiens reçoivent après par injection des extraits glandulaires pancréatiques. La glycémie est de 1g/L pour les deux chiens.

a- Comment agissent les extraits glandulaires ?

b- Faire le schéma annoté de la coupe histologique du pancréas et préciser la zone utilisée pour préparer les extraits.

c- Comment pourrait-on expliquer l'effet de l'alloxane ?

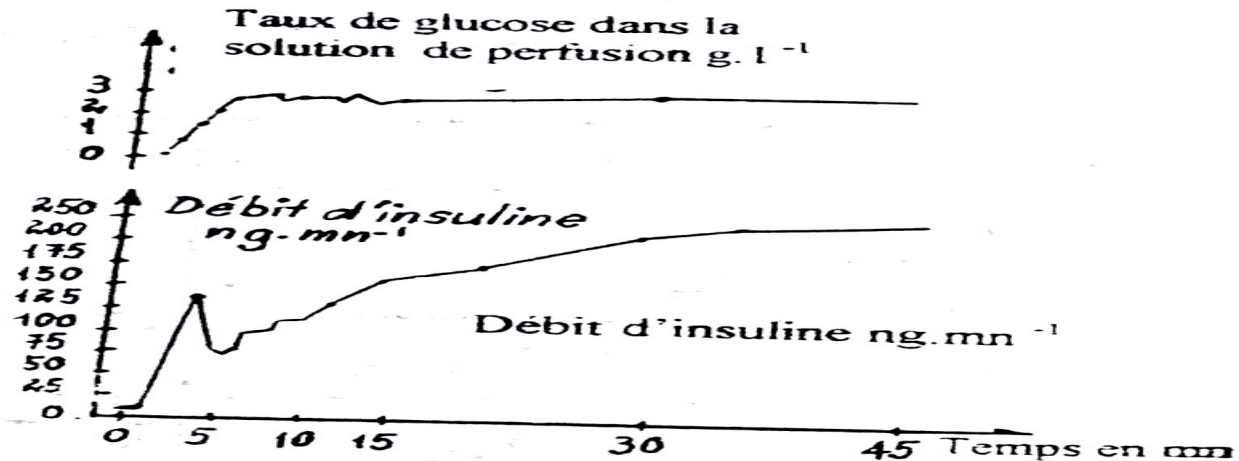
3. On découpe dans le pancréas des deux chiens de minces couches qui sont placées dans un milieu contenant de l'acide glutamique marqué au carbone ^{14}C (milieu chaud). Ce séjour de trois minutes est appelé « pulse ». Les tranches sont ensuite replacées dans un milieu froid. Ce séjour de durées variables est appelé « chasse ». Après quoi, les échantillons sont fixés et débités en couches ultrafines puis autoradiographiés. Pour chacune des structures considérées, les résultats sont exprimés en pourcentage du nombre total des grains comptés et sont représentés sur le graphique (document 2)



a- Analysez ces graphiques en précisant le rôle des diverses structures.

b- Quelle conclusion peut-on dégager concernant l'anomalie dont souffre le chien B ?

4. On isole le pancréas d'un rat, on le perfuse avec une solution de glucose dont la concentration passe de 0 à 3g/L entre t_0 et t_5 . On mesure parallèlement la libération de l'insuline (document 3).



DOCUMENT 3

a- Que vous apporte la comparaison des deux courbes ?

b- Etablissez une relation entre la production d'insuline dans cette expérience et l'activité de la cellule aux temps t_0 , t_5 et t_{30} . Les informations fournies par le document 2 sont-elles nécessaires pour répondre à cette question ?

Exercice 4 :

La thyroïde est une glande pesant environ 30g située à la base du cou sous le larynx.

1. a- Faites le schéma annoté montrant la localisation de la thyroïde de l'homme.

b- Qu'est-ce qu'une glande endocrine ?

c- Comment peut-on mettre en évidence la fonction endocrine d'une glande ?

d- Donnez-en deux exemples et précisez les substances sécrétées.

2. La thyroïde est constituée de vésicules de taille variable noyées dans un tissu conjonctif richement vascularisé.

A l'aide d'un schéma, identifiez et expliquez chacun des états des vésicules.

3. Sur un fragment de cette glande, incubé en présence de la tyrosine tritiée puis replacé en milieu normal, on réalise ensuite des coupes ; on détecte les molécules marquées successivement :

- dans les cellules de la paroi vésiculaire,
- dans la vésicule,
- à nouveau dans la cellule,
- dans le milieu intérieur.

a- Que met-on en évidence à partir de ces séries d'expériences ? Quel est alors le rôle de la thyroïde ?

b- Quels troubles pouvez-vous prévoir quant aux mauvais fonctionnements de la glande ?

4- Dans un organisme normal, le fonctionnement de la glande thyroïde est soumis à une régulation. Pour en comprendre le mécanisme, on réalise les expériences suivantes :

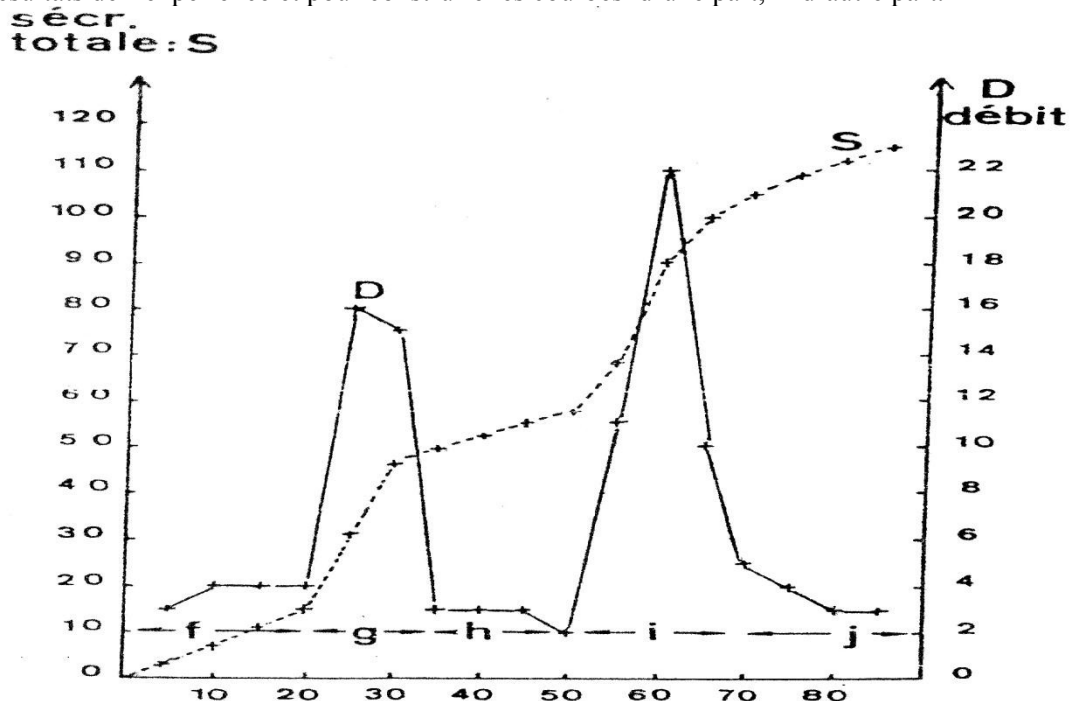
- l'ablation de l'hypophyse entraîne une chute du taux sanguin des sécrétions thyroïdiennes ; cet effet peu être compensé par l'injection d'une substance sécrétée par l'hypophyse antérieure appelée TSH.
- l'injection d'une substance sécrétée par la thyroïde, appelée substance T, entraîne une chute du taux sanguin de TSH.

Représentez par un schéma fonctionnel le mécanisme de régulation des sécrétions thyroïdiennes.

Exercice 5

On cherche à connaître le déterminisme de la sécrétion pancréatique. A cet effet, on réalise selon la technique classique la mise en place d'un cathéter dans le canal pancréatique d'un rat à jeun.

1) Expliquez sans entrer dans aucun détail de technique opératoire comment il faut procéder pratiquement pour relever les résultats de l'expérience et pour construire les courbes d'une part, D d'autre part.



2) Est-il vraiment nécessaire de construire les deux courbes pour interpréter complètement les résultats des expériences ?

3) Quels phénomènes physiologiques ou quelles interventions expérimentales peuvent expliquer les parties du graphique f, h, j d'une part g et i d'autre part ?

LE

SANG ET LE MILIEU

INTERIEUR

Les objectifs pédagogiques.

L'élève doit être capable de :

- 1- Connaître la composition du sang et du milieu intérieur.**
- 2- Mettre en évidence la composition du plasma et de l'urine.**
- 3- Faire une analyse comparative des constituants du sang et ceux de l'urine.**
- 4- Connaître le rôle du sang et du milieu intérieur.**
- 5- Connaître le mécanisme de la régulation du milieu intérieur.**
- 6- Connaître le mécanisme de régulation du milieu intérieur.**

INTRODUCTION.

Le sang est un tissu qui intervient dans le transport des nutriments et des déchets.

Le milieu intérieur est un milieu liquidien et interne de l'organisme des vertébrés dans lequel baignent les cellules avec lequel elle réalise des échanges. Le terme milieu intérieur est l'œuvre de Claude Bernard. Le milieu intérieur regroupe le plasma sanguin ; le liquide lacunaire et la lymphe circulante.

I- LA MISE EN EVIDENCE DES CONSTITUANTS DU SANG.

1) L'observation microscopique

Pour observer les constituants du sang, on fait le frottis sanguin. L'observation du frottis sanguin au microscope montre que le sang est formé d'un liquide appelé plasma dans lequel baignent des cellules telles que les hématies, les leucocytes et les globulins. Le sang est donc un tissu car il est formé de cellules sanguines.

2) Recherche des constituants du sang

On utilise 2 techniques : la sédimentation ou la centrifugation et la coagulation

a- La sédimentation

On dépose dans un tube essais du sang frais de bœuf rendu incoagulable. Au repos ou après centrifugation, des globules sanguines tombent au fond du tube et on observe au-dessus un liquide appelé le plasma

Remarque : Pour rendre du sang incoagulable, on ajoute des anticoagulants tels que l'oxalate d'ammonium, citrate de sodium.

On appelle hématocrite, la proportion des globules sanguines par rapport au volume de sang prélevé. Pour un homme normal elle est de 45%.

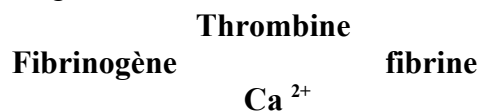
b) Coagulation du sang

On laisse au repos du sang frais de mouton dans un tube à essai. Quelques moments plus tard, le sang se prend en masse au dessus de laquelle on a un liquide appelé le sérum. La masse sanguine obtenue est appelée le caillot qui est formée par les globules rouges et la fibrine. A la surface de ce caillot, on a une couenne constituée de globules blancs.

A : la sédimentation ; B : la coagulation. Schéma montrant le mécanisme de la coagulation du sang

c) Mécanisme de la coagulation du sang

La coagulation du sang est due à la transformation du fibrinogène du plasma en fibrine. Cette transformation se fait grâce à la thrombine élaborée dans le foie et en présence des ions Ca^{2+}



Le sérum est donc du plasma sans fibrinogène.

Sérum = Plasma - Fibrinogène

3) Mise en évidence des constituants chimiques du plasma.

Pour mettre en évidence des constituants du plasma on utilise le test d'identification des substances minérales et organiques.

a) Mise en évidence des substances minérales.

Pour mettre en évidence des substances minérales dans le plasma, on utilise des réactifs appropriés (confère cours de 1^{ère}).

Remarque : L'analyse du plasma montre qu'il renferme de l'eau, des chlorures, les sulfates, du potassium, du calcium, les phosphates, des protéines, lipides et glucides.

II- LES CONSTITUANTS DE L'URINE.

L'analyse de l'urine montre qu'elle renferme des substances azotées, des sels minéraux.

1) Mise en évidence des substances minérales

On procède dans le cas du plasma en effectuant des réactions chimiques sur des prélèvements d'urines.

2) Mise en évidence des substances azotées :

L'urine contient des substances azotées qui sont : l'urée, l'acide urique, l'ammoniaque et la créatinine.

a) Expérience de mise en évidence

Expérience1 : On met dans un tube à essai de l'urine sur laquelle on ajoute de l'eau de javel. Il se produit une effervescence et un dégagement de gaz qui est de l'azote (N_2). Ce dégagement d'azote montre que l'urine contient des substances azotées. L'eau de javel étant oxydant décompose les substances azotées en CO_2 en eau et en N_2 .

La réaction d'oxydation de l'urée est la suivante :



Expérience2 : Dans un tube à essai on met un peu de l'urine sur laquelle on ajoute quelque pastille de potasse (KOH). Après chauffage il se dégage un gaz qui bleuit le papier rouge.

Ce gaz est l'ammoniaque (NH_3). Ceci est la preuve de la présence des substances azotées dans l'urine.

b) Le dosage de l'urée.

Pour doser l'urée dans l'urine, on utilise 2 méthodes : Méthode volumétrique et pondérale.

b1) Méthode pondérale

Elle consiste à précipiter l'urée contenue dans un volume v d'urine en utilisant le xanthidrol. 2 mol de xantholin s'unissent avec une mol d'urée pour former un précipité appelé le dixanthyl-urée qui a une masse $M = 7$ fois celle de l'urée. Ainsi pour déterminer la masse d'urée on divise la masse du précipité par 7.

b2) Méthode volumétrique

Elle consiste à brûler ou à oxyder l'urée dans un appareil appelé uromètre. On prélève un volume v d'urine dans un bêcher. On dépose dans le bocal de l'uromètre contenant un oxydant puissant appelé hypobromite de sodium (NaOBr) mélangé à la soude.

Uromètre

On détermine par lecture le volume d'air initial de la cloche de l'uromètre noté v_1 . On remue le bocal, le bêcher se renverse et l'urine se mélange à l'oxydant. Il se produit en ce moment une effervescence et un dégagement de gaz. A la fin de la réaction, on fait la relecture et on note le volume v_2 de la cloche ($v_2 > v_1$). Le volume de gaz dégagé est : $V = v_2 - v_1$ et ce gaz est l'azote. La réaction d'oxydation de l'urée par l'oxydant est la suivante :



$$\begin{array}{cc} 6000\text{cg (urée)} & 22400\text{cm}^3 (N_2) \\ 1\text{cg} & V (N_2) \\ V (N_2) = 3,73 \text{ cm}^3 & \end{array}$$

On sait que 1cg d'urée produit $3,73 \text{ cm}^3$ de N_2 sensiblement égal à 4 cm^3 . La masse d'urée contenue dans le volume d'azote V mesuré est :

$$\begin{array}{cc} 1\text{cg (urée)} & 4\text{cm}^3 (N_2) \\ m \text{ (urée)} & V \end{array}$$

$$m = \frac{V}{4} \text{ cm}^3$$

La masse d'urée contenue dans 1 litre d'urine est :

$$\frac{v/4 \text{ cg}}{M(\text{urée})} = \frac{2 \text{ cm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$$

$$M = \frac{1000}{4 \times 2} v$$

$$M(\text{urée}) = 125 v \text{ ou } M(\text{urée}) = 5/4 v$$

Remarque : En plus des constituants d'urine précités, l'urine contient aussi d'autres substances organiques tels que les enzymes, les hormones, les pigments, les acides gras.

III- COMPARAISON ENTRE LE PLASMA ET L'URINE.

L'analyse d'un litre d'urine et d'un litre de plasma d'un homme adulte en bonne santé donne les résultats suivants :

CONSTITUANTS	PLASMA	URINE
Eau	910	950
Cl ⁻	3,65	5-7
SO ₄ ²⁻	0,02	2
PO ₄ ²⁻	0,04	2
Na ⁺	0,25	3-6
K ⁺	0,2	2-3
Ca ²⁺	0,1	0,1-0,3
NH ₄ ⁺	0,001	1-2
Protéine	70	0
Lipide	6	0
Glucose	1	0
Urée	0,3	20
Acide urique	0,03	0,5
Créatinine	0,01	0,1
Acide hippurique	0	0,5

Analyse des données du tableau :

- Certaines substances comme l'eau, les chlorures, les sulfates, les phosphates, le sodium, le potassium, calcium sont présentes aussi bien dans que dans le plasma.
- D'autres substances comme lipides, protéides et glucose ne sont pas présentes dans l'urine normale. Les reins jouent un rôle de barrière.
- D'autres substances comme l'acide hippurique et l'ammoniaque n'existent que dans l'urine. Les reins jouent un rôle sécréteur.
- Certaines substances comme l'urée, acide urique, la créatinine sont plus concentrées dans l'urine que dans le plasma. Les reins jouent un rôle de filtre sélectif.

Remarque : le pouvoir épurateur ou la clearance des reins est le pouvoir que possèdent les reins à débarrasser le plasma de l'urée. Elle est définie par la formule suivante :

$$C = \frac{u \times v}{p}$$

C : clearance en cm³

u : concentration de l'urée dans l'urine

v : volume d'urine rejeté en min.

p : concentration de l'urée plasmatique.

IV- ROLE DU SANG ET DU MILIEU INTERIEUR.

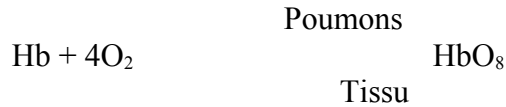
Le sang et du milieu intérieur interviennent dans le transport des gaz respiratoires, des nutriments et des déchets.

1) Transport des gaz respiratoires.

a- Transport d'oxygène.

L'oxygène est transporté sous deux formes :

- sous forme d'oxyhémoglobine (95%)



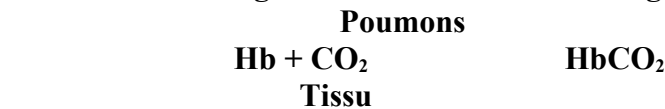
- sous forme dissoute dans le plasma (5%).

b- transport du CO₂.

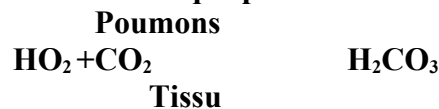
Le CO₂ est transporté sous plusieurs formes comme :

- forme dissoute dans le plasma

- forme combinée à l'hémoglobine ou forme carbohémoglobine



- sous forme d'acide carbonique par l'eau



- sous forme de bicarbonate de sodium dans le plasma et de potassium dans les hématies.

Vue d'ensemble des réactions assurant le transport des gaz respiratoires.

2-Transport des nutriments

Les nutriments sont transportés par le sang jusqu'aux cellules qui les utilisent pour produire de l'énergie, faire des synthèses etc.

3- Transport des déchets

Le sang transporte le gaz carbonique qui est un déchet vers les poumons. De même l'urée et l'acide urique venant du foie sont transportés par le sang pour être éliminées dans l'urine. L'urée provient de la dégradation des acides aminés en excès dans le foie. L'acide urique provient de la dégradation des nucléoprotéines dans le foie. Les excès d'eau et les sels minéraux sont considérés comme des déchets et sont transportés par le sang pour être éliminés dans l'urine.

V- LA CONSTANCE DU MILIEU INTERIEUR.

A- la constance de l'équilibre acido-basique.

Le P^H du milieu intérieur est une constance biologique proche de la neutralité. PH est sensiblement égal à 7,4 + ou -0,05. Toute perturbation de ce P^H donne des troubles graves dans l'organisme.

1) l'acidose

C'est l'acidification du milieu intérieur (P^H < 7).

Les causes de l'acidose sont :

- L'accumulation de l'acide lactique dans le sang suite à un travail musculaire intense et prolongé.
- Accumulation du CO₂ dans le sang suite à une ventilation pulmonaire insuffisante, car ce CO₂ se combine à l'eau du plasma pour l'acide carbonique.
- L'accumulation de l'acide sulfurique et l'acide phosphorique dans le sang suite à un régime alimentaire riche en protéines animales (viande etc.)
- Une forte acidose conduit au coma et à la mort de l'individu.

2) L'alcalose

C'est l'alcalinisation du milieu intérieur. ($P^H > 7$) les causes de l'alcalose sont :

- La baisse de la pression partielle du CO_2 suite à une hyperventilation pulmonaire.
- un régime alimentaire végétarien car ce régime est riche en ions Na^+ et K^+ qui sont utilisées pour produire des ions bicarbonates.

L'alcalose provoque des troubles respiratoires et neuromusculaires.

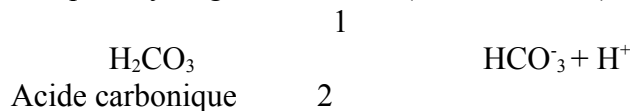
3- Mécanisme de régulation des équilibres acido-basique

Cette régulation est surtout assurée par le système tampon et aussi par les poumons et les reins.

a) Système Tampons.

Ce sont :

- Le couple acide carbonique - hydrogénocarbonate (H_2CO_3 / HCO_3^-)



En cas d'acidose, la réaction se produit dans le sens 2 ce qui donne la production d'acide carbonique qui est un acide faible, ce qui augmente le P^H .

En cas d'alcalose, la réaction se produit dans le sens 1 ce qui entraîne la libération des ions H^+ qui entraîne la baisse du P^H .

- Le couple bicarbonate de sodium –acide carbonique ($NaHCO_3 / H_2CO_3$) qui est le plus important.

Si un acide fort est introduit dans le sang, il est neutralisé par le bicarbonate de sodium comme suit :

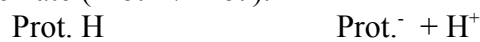


Le bicarbonate de sodium est donc une réserve alcaline du sang.

Si une base forte est introduite dans le sang elle sera neutralisée par l'acide carbonique comme suit :



- Le couple protéine-protéinate (Prot H/ Prot⁻).



b) Rôle des poumons et des reins dans la régulation.

En cas d'acidose, on note une hyperventilation pulmonaire, ce qui permet l'élimination massive du CO_2 provenant de la dissociation de l'acide carbonique. Ce ci permet de rehausser le P^H .

Au niveau des reins, on note une excrétion des ions H^+ dans l'urine qui devient acide et une réabsorption des ions HCO_3^-

En cas d'alcalose, on note une hyperventilation ce qui permet une accumulation du CO_2 dans le sang pour former l'acide carbonique qui baisse le P^H .

Au niveau des reins, on note une élimination des ions HCO_3^- qui devient basique.

B- L'équilibre hydrominéral.

La régulation de la balance hydrique et minérale est assurée essentiellement par les reins

1) Organisation des reins

Un rein est formé de plusieurs milliers d'unités fonctionnelles appelées le néphron.

Un néphron est constitué de 2 parties : un glomérule et un tubule. Ce dernier est relié à un tube collecteur.

2) Elaboration de l'urée

La formation de l'urine s'effectue en 2 étapes :

- **la filtration** : elle a lieu au niveau du glomérule c'est –à– dire au niveau de la capsule de Bowman. Il s'effectue à ce niveau la filtration du plasma pour former une pré-urine ou urine primitive qui à la même constitution que le plasma à l'exception des lipides et des protides.
- **La réabsorption** : elle a lieu au niveau des tubules. Elle est caractérisée par une réabsorption partielle ou totale de certains constituants de l'urine primitive vers le plasma. Ainsi, dans les conditions normales le glucose est réabsorbé activement de même que les ions HCO_3^-

La réabsorption du glucose peut être totale ou partielle compte tenue de la glycémie.

Exemple : Si la glycémie < 1 , il y a réabsorption totale du glucose. Si elle est > 1 , il y a Réabsorption partielle. Les reins interviennent ainsi dans la régulation de la glycémie.

L'eau et les sels minéraux sont aussi réabsorbés compte tenu de leur concentration dans le plasma. A la fin de la réabsorption tubulaire, on obtient une urine définitive après rejet des sécrétions tubulaires.

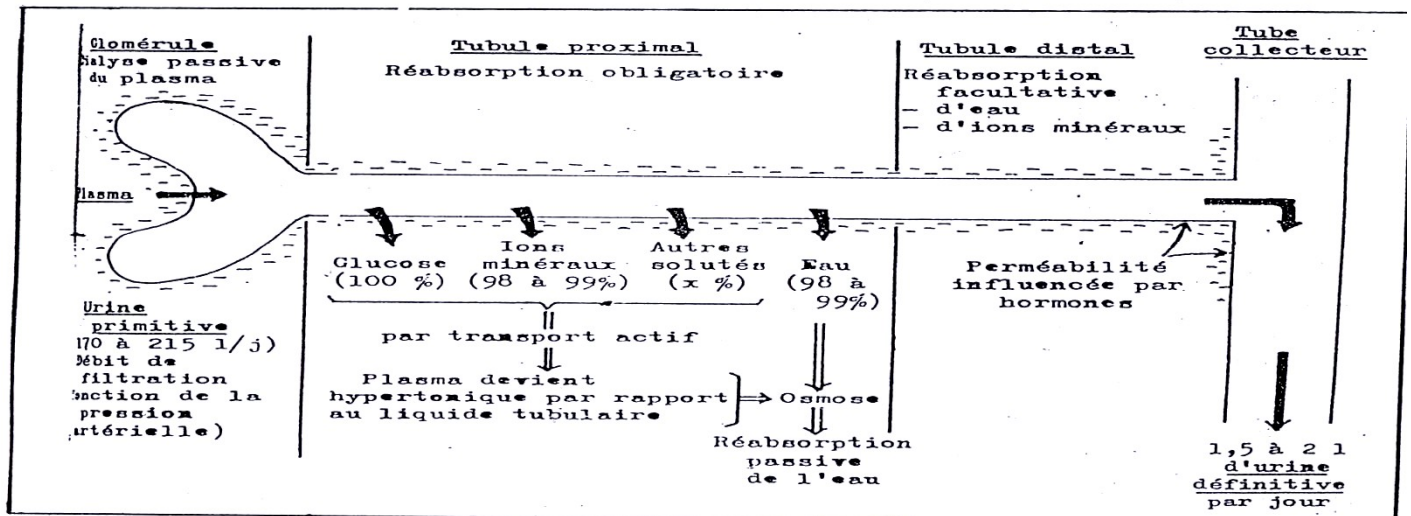


Schéma récapitulatif de la formation de l'urine.

A

A : coupe longitudinale du rein humain.

B

B : L'appareil urinaire.

3) Régulation de la pression osmotique

La modification de la pression osmotique du milieu intérieur est due à la variation de la concentration en eau et en sels minéraux.

L'augmentation de la pression osmotique du milieu intérieur est due à une perte d'eau ou à un excès de sels minéraux. Dans ce cas, l'organisme régule la pression en diminuant la diurèse (la quantité d'urine émise).

Dans ce cas l'urine éliminée est peu abondante mais très concentrée.

La baisse de la pression osmotique est due à un apport excessif d'eau ou à un déficit en sels minéraux.

En cas de la baisse de la pression osmotique ; l'organisme réagit en augmentant la diurèse. L'urine éliminée est abondante et moins concentrée.

4) Régulation de pression artérielle

Les modifications de la pression osmotique du plasma entraînent celle de la masse sanguine. Ainsi une augmentation de la pression artérielle entraîne une augmentation de la diurèse. De même, une diminution de la pression artérielle entraîne une diminution de la diurèse.

C- Régulation hormonale des activités rénales.

L'élaboration de l'urine par les reins est sous le contrôle des hormones hypophysaires et surrénaliennes.

1) Action de l'hormone antidiurétique (ADH)

L'ADH est une neurohormone produite par la post hypophyse. L'ADH augmente la réabsorption d'eau au niveau des tubules en augmentant leur perméabilité en eau.

2) Action des hormones surrénaliennes

La cortico- surrénale élabore 2 hormones qui sont : l'aldostérone et le cortisol.

- L'aldostérone (hormone stéroïde) provoque la réabsorption des ions Na^+ au niveau des tubules. L'urine devient ainsi peu concentrée, ce qui peut entraîner la réabsorption d'eau grâce à l'action de l'ADH.

Remarque :

L'aldostérone et l'ADH favorisent directement ou indirectement la réabsorption d'eau et la diminution de la diurèse.

Le cortisol augmente la filtration au niveau des glomérules. A faible dose, il favorise l'excrétion des ions Na^+ .

NB :

La régulation hormonale de l'élaboration de l'urine est couplée à une régulation nerveuse : C'est une régulation neurohormonale.

.....

TRAVAUX DIRIGES

Exercice 1

Le tableau ci-dessous indique les quantités habituelles d'urine émises par 24 heures par deux sujets A et B.

SUJETS URINE	Sujet A	Sujet B
Volume d'urine en 1/24h	1.5	2.5

TABLEAU DE LA QUANTITE D'URINE EN HEURES

L'ingestion par le sujet A de 1 litre d'eau pure, en moins d'une demi-heure, modifie passagèrement sa diurèse qui revient à la normale 3 heures après.

1) Précisez les modifications induites, dans le milieu intérieur par l'ingestion de cette quantité d'eau et la réaction des reins.

Chez le sujet B, sont injectés par voie intraveineuse, des extraits post hypophysaires. Le volume d'urine émis est alors de 1.5 l par jour.

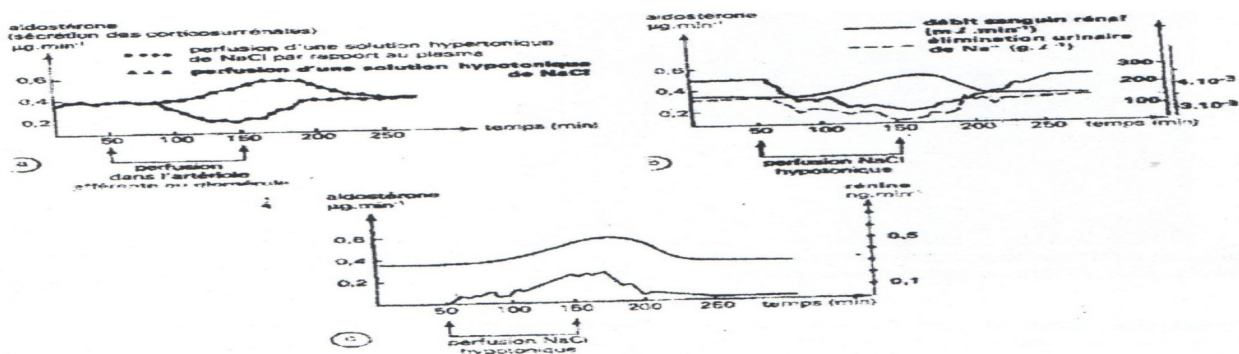
2) a- Quel(s) renseignement(s) pouvez-vous déduire de ce résultat expérimental ?

b- Identifiez alors l'origine de la maladie dont souffre l'un des deux sujets du tableau précédent.

3) Schématisez le mécanisme de la régulation intervenant chez le sujet A à la suite de l'ingestion de l'eau pure.

Exercice 2

L'aldostérone est une hormone qui intervient dans la régulation du milieu intérieur. Pour déterminer les conditions de sa sécrétion, on réalise des expériences dont les résultats sont représentés par les graphiques a ; b et c du document 4.



1) Donnez le rôle de l'aldostérone dans le maintien de l'équilibre du milieu intérieur.

2) Analysez chaque graphique.

3) Déduisez de votre analyse les conditions de sécrétion de l'aldostérone.

Exercice 3

Les tableaux ci-dessous donnent l'évolution de la sécrétion d'une hormone appelée l'aldostérone en fonction des concentrations

Sécrétion d'aldostérone (en pg h ⁻¹)	8	7	6	4,5	0
Concentration en Na ⁺ (en méq.l ⁻¹)	120	130	140	150	160

Sécrétion d'aldostérone (en pg.h)	0,75	3	6	8,5	10,50
Concentration en K ⁺ (en méq.l ⁻¹)	0	5	10	15	20

1 cm $\longrightarrow$ 1 $\mu\text{g.h}^{-1}$ d'aldostérone

Echelle : 1 cm $\longrightarrow$ 5 méq.l⁻¹ de K⁺

1 cm $\longrightarrow$ 10 méq.l⁻¹ de Na⁺

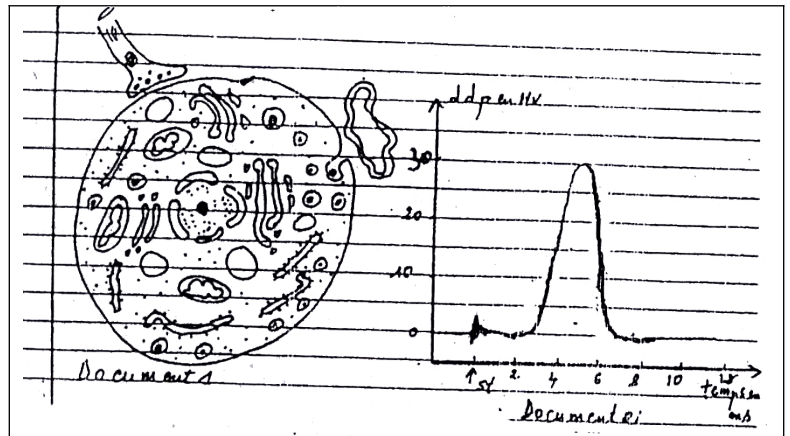
- 1) Tracez dans un même repère les courbes de variation de la sécrétion d'aldostérone en fonction des concentrations en Na⁺ et K⁺ en faisant coïncider 120 méq.l⁻¹ de Na⁺ avec 0 méq.l⁻¹ de K⁺.
- 2) Analysez ces Courbes.
- 3) Interprétez-les.
- 4) Expliquez la polyurie (excrétion abondante d'urine) chez un animal surrénalectomisé

Exercice 4

I- Le document 1 représente le schéma d'une électrographie de cellule de la médullo-surrénale avec son innervation et son irrigation. Pour certains aspects du fonctionnement de la médullo-surrénale, on réalise les expériences suivantes :

Expérience 1 : Après avoir dégagé le nerf splanchnique d'un rat, on enregistre l'activité représentée par le document 2 en réponse à une stimulation efficace.

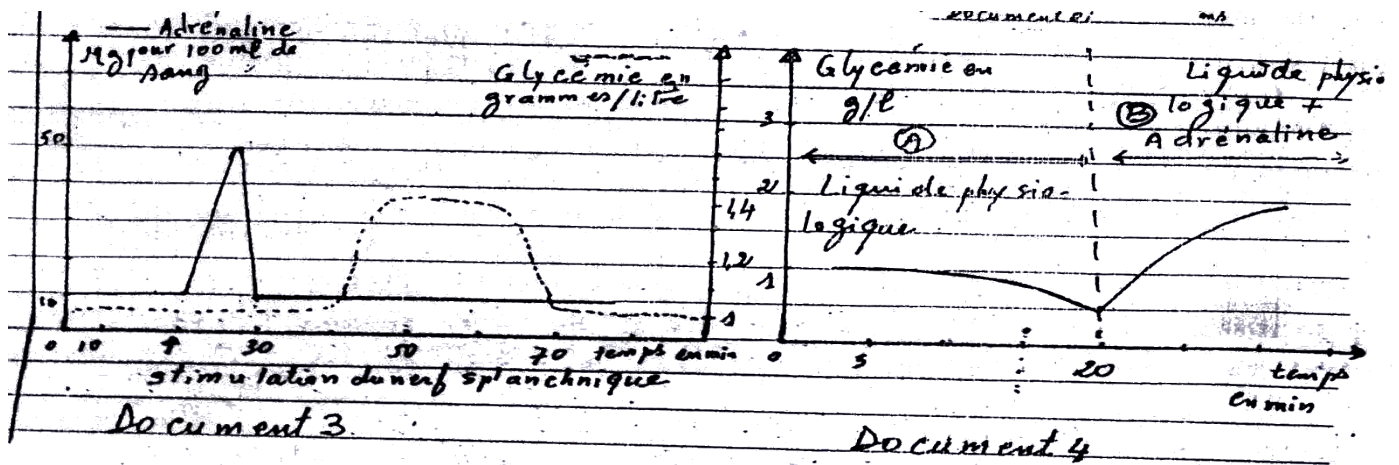
Expérience 2 : Un prélèvement immédiat de sang dans la veine à la sortie de la médullo-surrénale révèle une augmentation importante de la concentration d'adrénaline. Sur des cellules de médullo-surrénale en culture, on fait agir de l'Acétylcholine. Les cellules libèrent de l'adrénaline. Après destruction de certaines protéines membranaires de ces cellules, la libération d'Adrénaline n'a pas lieu même en présence d'Acétylcholine.



1. A partir de deux exemples précis, montrez qu'il existe dans la vie de la cellule des corrélations fonctionnelles entre certains de ces organites
2. Faites le schéma de montage qui a permis d'obtenir le document 2.
3. Reproduisez et annotez soigneusement le document 2.
4. Dites comment est né et est conduit le message nerveux enregistré au document 2 (le mode de conduction du message nerveux)
5. A partir des résultats expérimentaux ci-dessus et se référant au document 1, établissez l'enchaînement des événements aboutissant à la libération de l'Adrénaline par la cellule de la médullo-surrénale.
6. reproduisez le document 1, localisez ces événements sur ce document et légendez uniquement les ultrastructures impliquées. Précisez le mode de libération de l'Adrénaline visible sur le schéma.
7. A quelle catégorie de substance appartient l'Acétylcholine ? Définissez le terme.

II- On se propose de dégager le rôle de l'adrénaline libérée à partir des données suivantes :

1. Le document 3 représente les variations du taux d'adrénaline dans le sang et les variations de la glycémie à la suite d'une stimulation du nerf splanchnique.
2. Un foie isolé de l'organisme est perfusé dans un premier temps avec du liquide physiologique et dans un second temps avec le liquide physiologique additionné de 2 $\mu\text{g.L}^{-1}$ d'adrénaline. Les variations de la glycémie à la sortie du foie sont représentées par le document 4.
3. Après injection intraveineuse de 10 μg d'adrénaline radioactive à un rat, on prélève quelques minutes plus tard des cellules du foie de l'animal. Par centrifugation on sépare les différents constituants de ces cellules. La radioactivité ne se retrouve que sur les fractions membranaires.
 - a- A partir de ces résultats expérimentaux, dégagez les caractéristiques du mode d'action de l'adrénaline.
 - b- En déduire la catégorie de substance à laquelle elle appartient.



III- Sous forme de deux schémas dessinés en parallèles et judicieusement annotés, faites une étude comparative des deux types de substances illustrées par l'Acétylcholine et l'adrénaline et portant sur les cinq points suivants : Production- transport- réception- durée de mise en jeu et temps d'action de la substance- Réponse déclenchée.

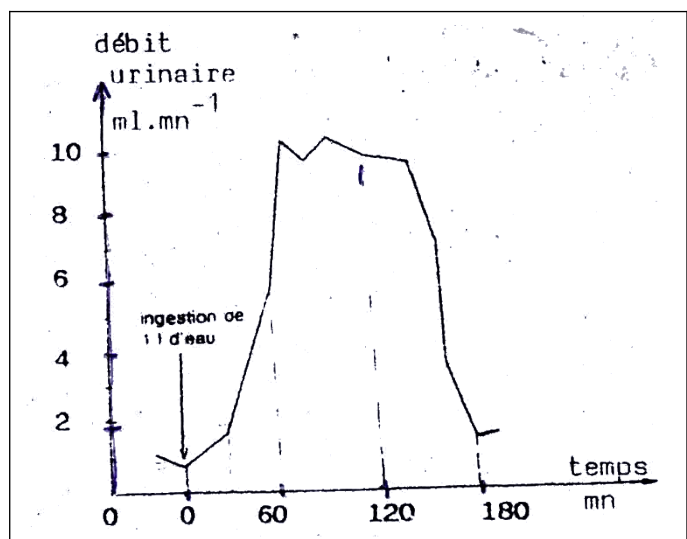
Exercice 5

I- la courbe ci-dessous représente le débit urinaire d'un individu à qui on a fait boire un litre d'eau.

1. Analysez cette courbe. Quel est l'effet provoqué par cette ingestion d'eau ?
2. Comment peut-on expliquer la réaction des reins ?

II- En 1849, Claude Bernard montre que:

- L'excitation par pique d'un point précis du bulbe rachidien provoque, chez l'animal, une hyperglycémie et une glycosurie.
- L'excitation du nerf splanchnique (orthosympathique) qui aboutit au foie, provoque une hydrolyse du glycogène hépatique.
- L'excitation des fibres du pneumogastrique (parasympathique) aboutissant au foie, augmente le taux de glycogène



- L'excitation du nerf splanchnique ou du pneumogastrique, provoque, respectivement, au niveau du pancréas une libération du glucagon et d'insuline. Enfin, l'excitation du nerf splanchnique innervant la médullosurrénale provoque une libération d'adrénaline.

Analysez cette série d'expériences, et tirez-en une conclusion en ce qui concerne la régulation de la glycémie.

Exercice 6

1. Chez un chien, on étudie le rôle du foie. Pour cela, on mesure la glycémie dans deux vaisseaux du foie. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous. Glycémie à l'entrée et à la sortie du foie :

	Glycémie (en mmol/L) ou (en g/L)	
	Vaisseau à l'entrée du foie	Vaisseau à la sortie du foie
Après une période de jeûne de courte durée	4 mmol/L ou (0.8 g/L)	5.5 mmol/L ou (1g/L)
Après un repas.	13.8 mmol/L ou (2.5 g/L)	5.5 mmol/L ou (1g/L)

a/ Faites le schéma des voies de distribution des nutriments issus de la digestion et indiquer celle empruntée par le glucose.

b/ Analysez les résultats expérimentaux à l'entrée et à la sortie du foie, afin d'en déduire son rôle ainsi mise en évidence.

2. Afin de préciser le rôle du foie, on mesure la teneur en glycogène hépatique durant une période de jeûne et après un repas riche en glucides. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

	Période de jeûne							Après un repas riche en glucide	
Jours	0	1	2	3	4	5	6	1	2
Teneur en glycogène (en g/Kg de	51	40,7	20,1	10,7	4,2	3,8	3,8	78,9	80,2

foie)									
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

a/ Analysez les résultats expérimentaux.

b/ En considérant ces deux types de mesures (glycémie et glycogène hépatique) donner le rôle précis du foie.

Exercice 2

La constance du milieu Intérieur est maintenue grâce à l'activité de divers organes en particulier les reins et le pancréas.

I- 1. Donner une définition claire et concise de la notion de milieu intérieur. (1pt)

2. Après avoir comparé la composition du plasma sanguin à celle de l'urine, donner le principe des expériences qui vous ont permis de mettre en évidence dans l'un ou l'autre de ces liquides la présence éventuelle de deux constituants organiques. (1pt)

3. Le tableau ci- dessous donne la concentration exprimée en g/l de diverses substances dosées dans le plasma et l'urine chez l'homme. La comparaison des concentrations dans le plasma et l'urine permet de déduire quelques aspects de l'activité rénale : lesquels ? (1pt)

Constituants	Protéine	Lipides	Glucose	Urée	Na+	Cl-	NH4+
Plasma	70	5.	0,8	0,2 à 0,4	3,25	3,65	0,001 à 0,002
Urine	0	0	0	15 à 30	3 à 6	5 à 7	1 à 3

II- 1. Les reins sont constitués de très nombreuses unités ou néphrons, richement vascularisées. Ils sont le siège de l'extraction la réabsorption de certaines substances au profit du plasma.

A fin de comprendre les rôles respectifs des deux parties principales du néphron, on fait des microponctions du liquide de la première partie dont on analyse la composition.. Le tableau ci- dessous présente quelques uns des résultats obtenus.

Substances	Masse molaire	Diamètre de la molécule (10.4um)	R
Urée	60	1,6	1,0
Glucose	180	2,5	1,0
Une protéine plasmatique	69000	35,5	0,01

NB : R est le rapport concentration dans le liquide glomérulaire sur la concentration dans le plasma sanguin.

a- Faire le schéma annoté du néphron. (1pt)

b- A partir de ces résultats et de ce donnés dans le première tableau, dites ce que vous pensez du rôle des deux parties principales du néphron, vis- à vis de l'urée, du glucose et d'une protéine plasmatique de grande masse molaire. (1pt)

Exercice 3

On cherche à connaître les mécanismes qui agissent sur le volume de la sécrétion urinaire pour ce faire, on réalise les expériences suivantes :

- Un rein isolé de chien est perfusé de manière à le maintenir en vie. Il produit en très grande quantité une urine très claire, de faible densité, pauvre en chlore.

- On intercale dans le circuit de perfusion une tête de chien qui est donc traversée par le liquide de perfusion avant que celui-ci n'atteigne le rein : la quantité de l'urine redevient normale et sa concentration est habituelle.

1) Comment le fait d'intercaler la tête de chien sur le circuit de perfusion agit-il ; par voie nerveuse ou par voie humorale ? (0,5pt)

2) Quel organe de la tête vous paraît susceptible d'intervenir de cette façon ? Pourquoi ? (1pt)

3) Pouvez-vous concevoir deux expériences indépendantes l'autre qui vous permettent de confirmer vos conclusion ? (1,5pt)

4°) Une injection de la solution de NaCl à 20 pour mille dans l'hypothalamus provoque une importante diminution du débit urinaire ; par contre après la section de la tige infundibulaire (formée de fibres en contact avec l'hypophyse), l'injection de cette solution, même dans la posthypophyse, ou la carotide ne modifie pas le débit.

- Des lésions des noyaux de l'hypothalamus entraînent un diabète insipide.

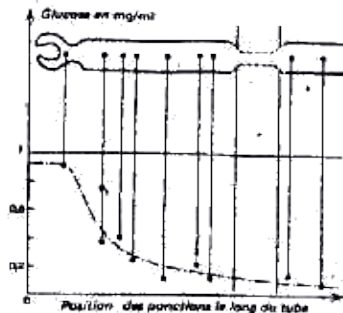
- L'injection d'extraits de tissu hypothalamiques provoque une action comparable à celle des extraits post-hypophysaires sur un animal normal et sur un animal ayant subi l'ablation de l'hypophyse.

Ces expériences confirment-elles les renseignements précédents ? Quels faits nouveaux vous révèlent-elles ?

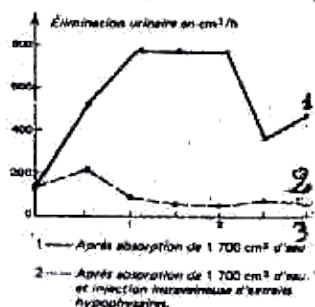
Exercice 4

L'urine, principal liquide d'excrétion, est fabriquée par les reins à partir du sang (en moyenne 5 litres d'urine par jour chez l'Homme). La comparaison de la composition de ces deux liquides biologiques permet d'avoir une idée globale du travail du rein (tableau 1).

Substances	Plasma	Urine définitive
Protides et lipides	80	0
Glucose	0,8 à 1	0
Eau	920	950
Cl-	3,65	5 à 7
Na+	3,3	3 à 6
K+	0,18	2 à 3
Urée	0,2 à 0,4	15 à 30
Acide urique	0,03	0,50
Créatinine	0,01	0,80
Acide hippurique	0	0,80
Ammoniaque	Traces	0,70



Doc. 1 Concentration du glucose dans le liquide tubulaire.



Doc. 2 Élimination urinaire chez un animal.

Tableau 1 : Composition du plasma et de l'urine définitive (teneur exprimée en g/l)

- Faites le schéma annoté de l'unité fonctionnelle et structurale du rein.
Le mécanisme de l'élaboration de l'urine peut-être en partie précisé à partir de diverses expériences ?
- On prélève le liquide glomérulaire à l'aide d'une micropipette. L'analyse de cette urine ou urine primitive a la même composition que le plasma mais ne contient ni les protides ni les lipides.
En quoi consiste la première étape de fonctionnement du rein ?
- Le débit du liquide glomérulaire est de 130 ml/ min chez l'homme pour l'ensemble des deux reins. Comparez les débits urinaire et glomérulaire. Quelles hypothèses pouvez-vous formuler ?
- la même technique de fonctionnement utilisée à la question 2 a pu être appliquée à différents segments du tube urinifère. Par perfusion, on fait passer du Ringer dans le tube urinifère, à une vitesse comparable à celle du liquide glomérulaire. Le Ringer subit au cours de ce passage une diminution de volume accompagnée d'une augmentation de sa concentration globale.
Interpréter cette observation. Qu'apporte-elle relativement aux hypothèses précédentes ? Par quel procédé, d'un point de vue pratique, pourrait-on compléter cette expérience ?
- Grace à la technique de microponctions, on a dosé le glucose des différentes portions du tube urinifère chez la grenouille. Les résultats du document 1 sont similaires à ceux de l'homme. Quel est l'intérêt de cette expérience ?
- Comparer la composition de l'urine définitive et du plasma à propos des substances autres que le glucose et l'eau. Quel autre aspect du rôle du tube urinifère peut-on en déduire ?
- Cette comparaison permet-elle de connaître le mécanisme mis en jeu pour toutes les substances figurant dans le tableau 1 ? Récapituler alors les principales fonctions du rein.
- Le diabète insipide est une maladie qui se manifeste chez l'homme par l'élimination d'urine diluée jusqu'à 20 litres et plus par jour. Ces troubles s'observent souvent à la suite de lésions de l'hypophyse postérieure. A l'aide de ces observations cliniques et de l'interprétation du graphique relatif à l'injection d'extraits hypophysaires (document 2), que rôle peut-on attribuer à l'hypophyse dans le contrôle du fonctionnement rénal ? Par quel mécanisme et à quel niveau pourrait-elle intervenir ?