

I

PHYSIOLOGIE ANIMALE :

PROBLEMES DE RELATION

RESUMES DE COURS

+

ENONCES

# FONCTIONNEMENT DU SYSTEME NERVEUX SPINAL

Le système nerveux spinal comprend la moelle épinière et les nerfs rachidiens qui sont formés de faisceaux de fibres nerveuses.

Les tissus nerveux dont est constituée la moelle épinière comporte essentiellement des cellules nerveuses ou neurones. Ces cellules, très spécialisées possèdent deux propriétés : l'excitabilité et la conductibilité.

L'inégale répartition des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  de part et d'autre de la membrane plasmique d'une fibre nerveuse au repos est génératrice du potentiel de repos.

Chaque neurone est plus ou moins excitable et répond par un phénomène électrique (= potentiel d'action) qui se propage sous forme d'une onde de négativité (influx nerveux).

La vitesse de conduction de l'influx nerveux dépend :

de la nature de la fibre nerveuse (myélinisée, amyélinisée)

du diamètre de la fibre nerveuse (les fibres à gros diamètre sont les plus excitables)

de la température du milieu extracellulaire.

Les neurones sont liés de façon complexe les uns aux autres grâce à des synapses. A leur niveau la transmission de l'influx nerveux s'effectue par l'intermédiaire d'un médiateur chimique ou neurotransmetteur (acétylcholine, noradrénaline...)

Les organes intervenant dans un réflexe médullaire et mis en évidence de manière expérimentale chez la grenouille sont les suivants :

un organe récepteur, sensible aux excitations : la peau ;

un nerf sensitif conduisant des influx nerveux centripètes ;

un centre nerveux, la moelle épinière ;

un nerf moteur conduisant des influx nerveux centrifuges;

un organe effecteur, le muscle strié squelettique responsable du mouvement observé.

## FONCTIONNEMENT D'UN ORGANE DES SENS : L'ŒIL

Les milieux transparents de l'œil (humeur aqueuse, cristallin, corps vitré) fonctionnent comme un système convergent.

Un objet éclairé renvoie des rayons lumineux qui, en traversant les milieux transparents de l'œil, donnent une image réelle, renversée et plus petite que l'objet.

Ces où l'objet est situé à l'infini : son image est ponctuelle et se forme sur le foyer image qui est confondu avec la rétine (vison nette).

Cas où l'objet est rapproché (moins de 6 m) : son image est initialement floue car formée en arrière de la rétine. Mais, grâce à une mise au point comportant deux mécanisme reflexes, l'accommodation et la diaphragmation, cette image est perçue de façon nette puisqu'elle est ramenée sur la rétine.

Les trois membranes de l'œil sont la sclérotique, la choroïde et la rétine. Celle-ci est formée de deux feuillets accolés :

Le feuillet externe de nature épithéliale, correspond à la couche pigmentaire ;

Le feuillet interne de nature nerveuse, comprend trois couches de cellules dont la plus externe est la couche de cellules visuelles ou photorécepteurs dont le segment externe est un cône ou un bâtonnet.

Lorsque les photons atteignent les photorécepteurs, ils sont alors absorbés par un pigment visuel (exemple la Rhodopsine) qui se décompose. Cette décomposition photochimique provoque l'excitation de la cellule visuelle donc la naissance de potentiels d'action.

Les deux types de cellules visuelles n'ont pas la même répartition dans la rétine.

Les cellules visuelles à bâtonnets, plus abondantes dans la rétine périphérique et très sensibles à l'intensité lumineuse, assurent la vision crépusculaire, globale et synthétique.

Les cellules visuelles à cônes, seules constituants de la rétine centrale, sont moins sensibles à l'intensité lumineuse et assurent la vision de détails (acuité visuelle maximale) ainsi que la vision diurne qui permet, seule, de distinguer les couleurs.

Dans la rétine humaine, il existe trois types de cônes qui renferment trois pigments différents dont deux ont été réellement isolés :

. Chlorolabe dont le maximum d'absorption se situe à 545 nm et qui correspond au vert.

. Erythrolabe dont le maximum d'absorption se situe à 590 nm et qui correspond au jaune-orange.

L'existence d'un troisième pigment, le cyanolable, sensible au bleu, n'est pas encore démontrée.

Les messages nerveux ainsi élaborés seront transmis progressivement vers les centres nerveux visuels à travers les voies optiques. Les fibres nerveuses provenant des deux demi-rétines nasales croisent au niveau du chiasma optique, alors que celles qui proviennent des deux demi-rétines temporales ne croisent pas.

L'interprétation du message rétinien est un phénomène cérébral où les sensations visuelles élémentaires se font au niveau de l'aire de projection visuelles, alors que la perception visuelle dans laquelle intervient la mémorisation, s'élabore au niveau de l'aire psychovisuelle.

## FONCTIONNEMENT DES CENTRES NERVEUX SUPERIEURS : QUELQUES ASPECTS

Sensible consciente : les informations provenant du milieu environnant sont reçues par les organes des sens (œil, oreille, narine, langue et peau).

Chacun de ces récepteurs sensoriels périphériques transmet au cortex cérébral un message codé sous forme de potentiels d'action.

Toutes les voies sensitives sont croisées ; elles font relais au niveau du thalamus ou couches optiques. Ces voies aboutissent à des territoires spécialisés du cortex ou aires-cérébrales (visuelle, auditive, olfactive, gustative et somesthésique) dans lesquels chaque information sensorielle est traitée en deux étapes (dans l'aire de projection puis dans l'aire psychosensorielle).

**Motricité volontaire** : l'activité motrice peut être le fruit d'une décision consciente de l'individu : il s'agit d'un acte volontaire.

En avant du sillon de Rolando se trouve l'aire motrice au niveau de laquelle prennent naissance des influx nerveux moteurs. Cette aire présente deux parties :

- . l'aire de projection motrice où ma musculature de corps est représentée proportionnellement à la complexité et à la finesse du mouvement réalisé (cette représentation est fonction du nombre d'unités motrices mises en jeu).
- . l'aire psychomotrice, à fonction associative, est le véritable point de départ des influx nerveux moteurs.

Les voies motrices qui conduisent les ordres moteurs se croisent d'une manière générale soit au niveau du bulbe soit au niveau de la moelle épinière et aboutissent aux effecteurs moteurs qui exécutent l'acte décidé.

Activité électrique spontanée du cortex : le cortex cérébral est le siège d'une activité électrique que l'on peut enregistrer à l'aide d'électrodes placées en des points précis du cuir chevelu.

L'enregistrement obtenu est un électroencéphalogramme (E.E.G)

## **FONCTIONNEMENT D'UN ORGANE MOTEUR : LE MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE**

Chaque stimulation efficace naturelle ou expérimentale engendre au niveau du muscle un potentiel d'action. Ce phénomène électrique déclenche une série de réactions biochimiques :

- . libération massive des ions Ca++ dans le sarcoplasme
  - . fixation des ions Ca++ sur une protéine (troponine) associée aux filaments d'actine suivie d'une libération des sites où peuvent s'attacher des têtes de myosine.

L'hydrolyse de l'A.T.P. favorisée par la présence des ions Ca<sup>++</sup> fournit l'énergie nécessaire aux mouvements des têtes de myosine qui vont crocheter les filaments d'actine : c'est la contraction musculaire.

- . l'énergie non utilisée se dissipe sous forme et chaleur
  - . la régénération de l'A.T.P. se fait suivant deux voies :  
voies rapides



## Voies lentes

L'oxydation d'une molécule de glucose dans la mitochondrie produit 38 molécules d'A.T.P.

La glycolyse anaérobie (fermentation lactique) d'une molécule de glucose forme 2 molécules d'A.T.P.

- . l'A.T.P intervient également dans le fonctionnement des pompes à calcium qui refoulent les ions Ca++ vers le réticulum ce qui permet la dissociation du complexe actomyosine : c'est le relâchement.

## L'ACTIVITE CARDIAQUE

Contrairement au muscle strié squelettique qui ne se contracte que s'il reçoit un reflux moteur, le muscle cardiaque se contracte rythmiquement en dehors de toute intervention nerveuse : on dit qu'il est doué d'automatique.

Le siège de cet automatisme réside dans le tissu nodal. Ce dernier est un ensemble de cellules (restées à l'état embryonnaire) groupées en nœuds et faisceaux et qui se dépolarisent spontanément et rythmiquement.

Le nœud sinusal impose son rythme (120 dépolarisations par minute) à l'ensemble du tissu nodal : on l'appelle « entraîneur du cœur » ou « pacemaker ». La transmission des dépolarisations spontanées de ce nœud aux autres parties du cœur demande un certain temps : c'est ce qui explique le décalage entre la systole auriculaire et systole ventriculaire.

Toute stimulation efficace du ventricule portée uniquement pendant la diastole donne une extrasystole non décalante suivie d'un repos compensateur.

L'inefficacité des stimulations du ventricule pendant la systole interdit toute tétonisation du tissu cardiaque en raison de sa longue période réfractaire ;

L'activité cardiaque est adaptée aux besoins de l'organisme. Cette adaptation est contrôlée par le système neuro-végétatif par l'intermédiaire de phénomènes réflexes.

Le système parasymphatique a une action modératrice permanente sur le cœur et comprend l'arc réflexe suivant :

. des récepteurs vasculaires situés au niveau du sinus carotidien et de la grosse aortique. Il en existe deux sortes :

Des barorécepteurs sensibles aux variations de la pression artérielle

Des chémorécepteurs stimulés, en particulier par une augmentation de la teneur du sang en CO<sub>2</sub>

Des nerfs sensitifs : nerf de Hering et nerf de Cyon

Un centre bulbaire cardio-modérateur

Un nerf moteur = nerf parasymphatique ou nerf vague ou Nerf x(10° nerf crânien ) dont les fibres agissent au niveau du nœud du sinusal en libérant de l'acétylcholine qui diminue le rythme et l'amplitude des contractions cardiaques (70 battements par minute)

Le système orthosympathique a une action accélératrice discontinue sur le fonctionnement du cœur. Ce système comprend :

Des récepteurs cardiaques situés au niveau des oreillettes

Des nerfs sensitifs cardiaques

Un centre bulbaire cardio-accélérateur qui contrôle un centre médullaire contenant les corps cellulaires des fibres motrices

Des voies orthosympathiques motrices qui, après un relais dans les ganglions étoilés, agissent sur le nœud sinusal en libérant de la noradrénaline qui augmente le rythme et l'amplitude des contractions cardiaques

Remarque :

En cas d'émotion ou lors d'un exercice musculaire intense, un centre bulbaire adrénalino-sécréteur, mis en jeu par l'hypothalamus, commande la médullosurrénale qui libère de l'adrénaline. Celle-ci se déverse dans le sang et provoque une accélération immédiate et intense du rythme cardiaque.

## FONCTIONNEMENT DU SYSTEME NERVEUX SPINAL

### I.A.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 oscillosgraphes :

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).

### I.A2

1) L'expérience suivante est pratiquée : après anesthésie générale et opération chirurgicale sur un chien, on obtient la préparation représentée par la figure f, : en posant ou en enlevant la pince sur l'artère on peut interrompre ou rétablir la circulation sanguine cérébrale. D'autre part, on peut mesurer l'excitabilité des neurones du cérébral à l'aide d'un excitateur et d'électrodes réceptrices reliées à un oscilloscope ; on détermine alors pour chaque temps d'excitation ( $t$ , exprimé en millisecondes), le voltage – seul (V.S. exprimé en volts) qui provoque la naissance de potentiels d'action.

a) On laisse d'abord la circulation libre et on mesure l'excitabilité des neurones du cortex cérébral. On obtient les résultats du tableau I ,

Tableau I

V.S. (volts)	0,15	0,15	0,15	0,25	0,4	0,6	1,2	4,7	8,2
t (ms)	24	13	3	2	1,5	0,9	0,6	0,4	0,1

Tracez la courbe V.S. =  $f(t)$  et interprétez-la

Définissez, puis déterminez les valeurs caractéristiques de l'excitabilité des neurones du cortex cérébral.

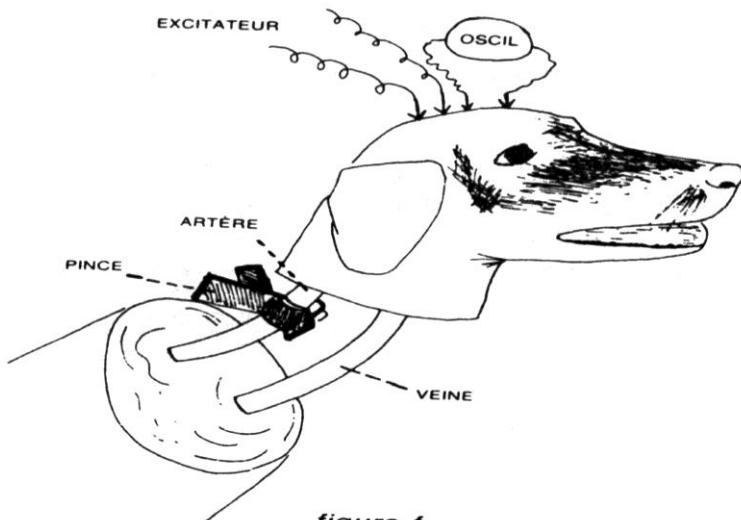


figure f<sub>1</sub>

B) On place ensuite la pince sur l'artère pendant deux minutes, puis après l'avoir enlevée par rétablir la circulation cérébrale, on mesure à nouveau l'excitabilité des neurones et on constate que :

- \* dans un premier temps, les neurones du cortex cérébral sont inexcitables
- \* dans un deuxième temps, un plus tard, on obtient les résultats du tableau II.

II tableau II

V .S. (volts)	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	2,8	4,8	6,4	8,5
t (ms)	24	21	17,5	16	14	11	8	6,5	5

- Tracer la courbe V.S. = f(t) .

- Déterminer alors les valeurs caractéristiques de l'excitabilité des neurones. Interprétez ces résultats.

c. Enfin, la pince restant en place sur l'artère la circulation cérébrale pendant 2 mn 30 sec. à 3 mn. On rétablit ensuite la circulation et on essaie de mesurer l'excitabilité des neurones. On constate, juste après le rétablissement de la circulation sanguine et même quelques jours plus tard, que les neurones du cortex cérébral restent inexcitables.

- Interpréter ces résultats et dites brièvement en conclusion (5 lignes environ) ce qu'a voulu montrer l'expérimentateur à l'aide de ces différentes manipulations.

2) Un individu est atteint d'une grave hémorragie due à l'éclatement de vaisseaux sanguins situés au niveau des lobes occipitaux du cerveau.

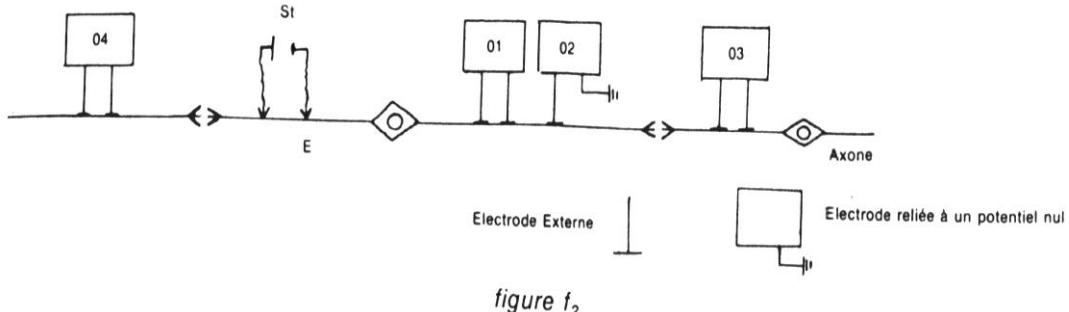
- Quelles conséquences cette hémorragie risque-t-elle d'entrainer pour les cellules nerveuses de cette zone du cerveau ?

- Cette même zone a une fonction bien précise ; laquelle ?

Quel trouble peut-on craindre alors chez cet individu ?

#### I.A3

La figure f2 représente une chaîne de neurones. Deux électrodes excitatrices sont placées au point E (sur une dendrite) et en O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et O<sub>4</sub> on place quatre oscilloscopes 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'oscillograph 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  $I = f(t)$  en prenant, par exemple, pour échelle : 1 cm pour 0,2 msec.

a. Interprétez cette courbe et donnez les valeurs caractéristiques concernant l'excitabilité de la fibre nerveuse considérée.

b. 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.

c. 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 :

a. Qu'observe-t- on sur l'écran de chacun des oscilloscopes (O1, O2, O3 et O4) ?

b. 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.

#### I. A4

On étudie la vitesse de l'influx nerveux du nerf sciatique d'une grenouille et du nerf sciatique d'un chien placés dans un dispositif dont on peut faire varier la température.

Le montage expérimental chez les deux animaux est schématisé sur la figure f3.



figure f<sub>3</sub>

On porte successivement une excitation électrique en A puis en B. Les points d'excitation sont distants de 5 cm chez la grenouille ; de 24 cm chez le chien.

La mesure de la différence entre deux latences des secousses musculaires correspondantes est inscrite dans le tableau ci-dessous.

Température du nerf	18°C	28°C	38°C
Grenouille	2 millisecondes	1 milliseconde	0,5 milliseconde
Chien	2,4 millisecondes	2,35 millisecondes	2,45 millisecondes

Calculez la vitesse de l'influx nerveux dans chaque cas. Comparez ces vitesses.

Quelle est l'influence de la température ?

#### I.A5

On porte à proximité du bulbe une excitation sur le nerf pneumogastrique.

Quels sont les facteurs nécessaires pour que l'excitation soit efficace ?

On place sur le nerf à proximité du cœur deux microélectrodes reliées à un oscilloscophe (galvanomètre sensible) à une distance de 3,3 cm du point où l'on porte l'excitation.

On réalise alors l'enregistrement de la figure f4. Interprétez l'enregistrement obtenu à l'oscilloscophe.

Quelle est la vitesse de l'influx nerveux le long du nerf pneumogastrique ?

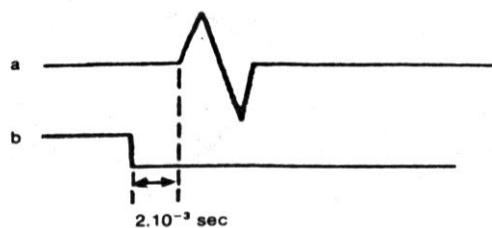


figure f<sub>4</sub>

Septembre 1973

#### I.A6

On met à nu le nerf sciatique d'une grenouille décérébrée et démédullée. A la surface de ce nerf, on applique deux électrodes excitatrices E1 et E2 et deux électrodes réceptrices R1 et R2 reliées à un oscilloscophe cathodique (voir Figure f5). On applique sur le nerf un choc électrique très bref

mais efficace seconde par exemple). L'intensité du choc électrique étant supposée être légèrement supérieure à l'intensité seuil.

On enregistre alors sur l'écran de l'oscilloscophe la courbe A.

Interprétez cette courbe.

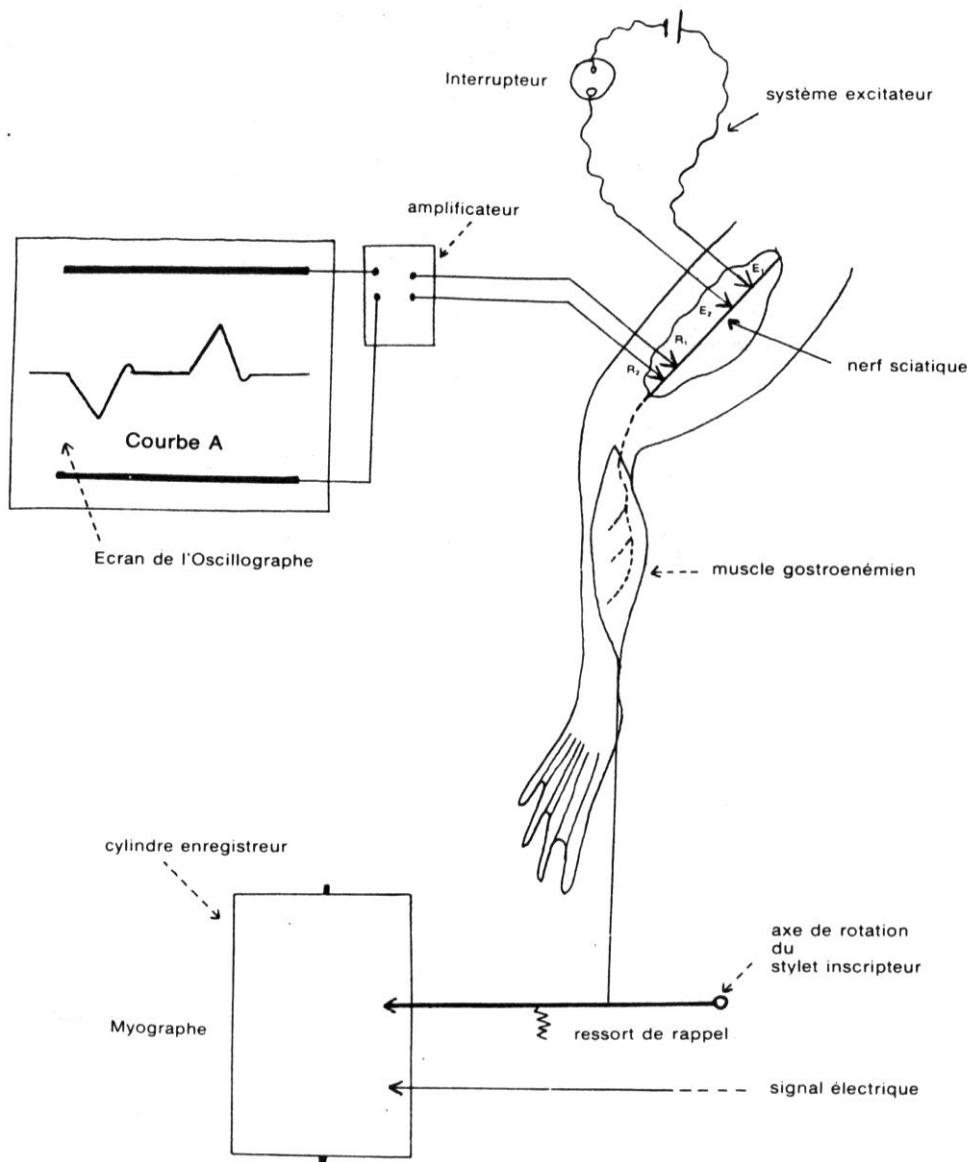


figure f<sub>5</sub>

Septembre 1974

### I. A7

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).

Etablissez une relation entre le mouvement des ions et les variations du potentiel observées afin d'interpréter les phases de la courbe B2.

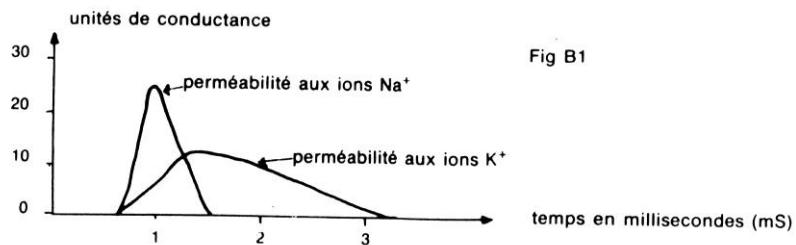


Fig. B1

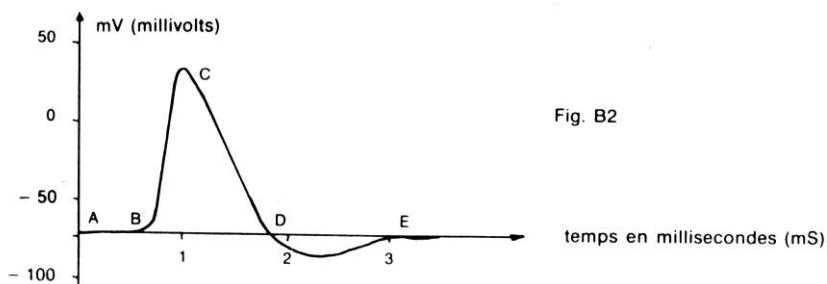


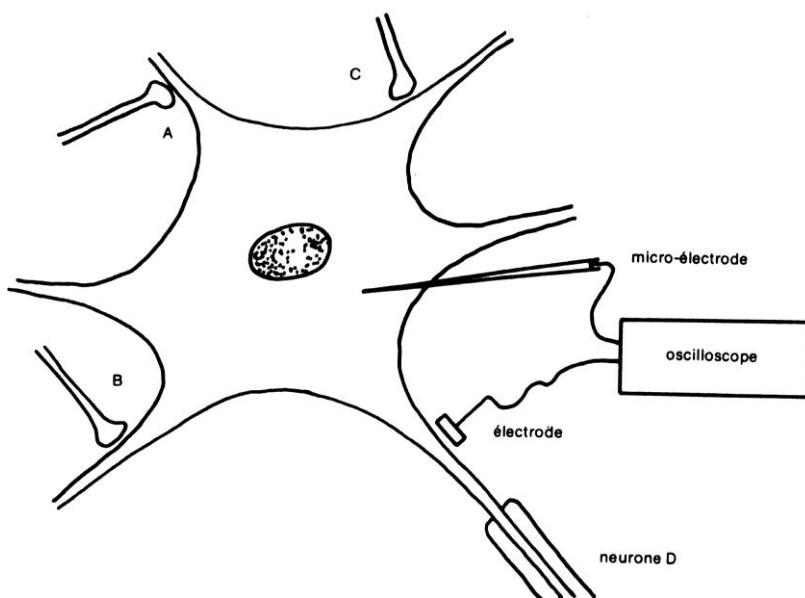
Fig. B2

Document I

Juin 1981

### I.A8

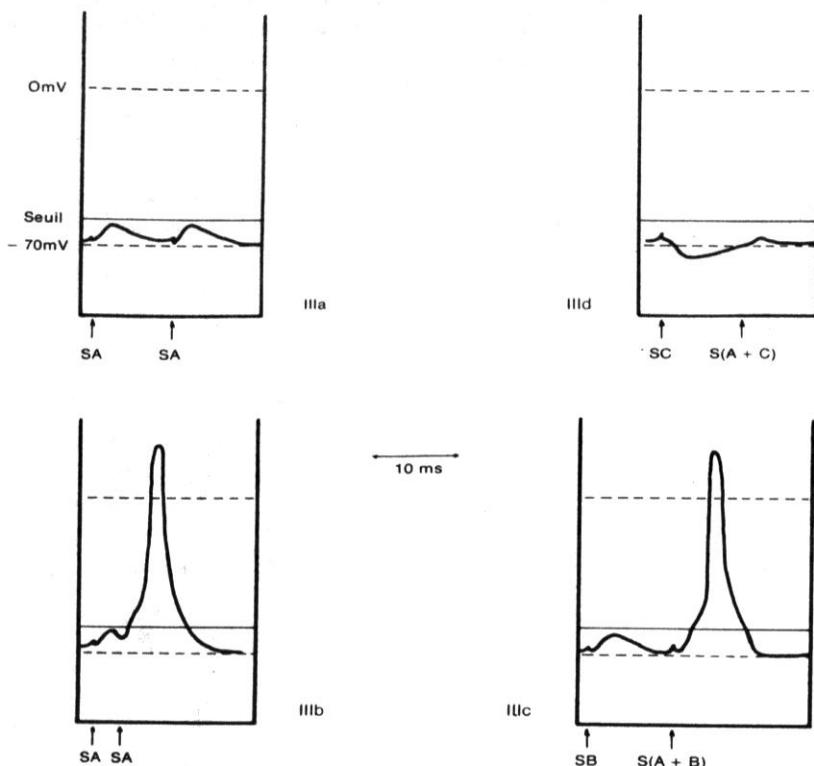
Trois boutons synaptiques A, B et C appartenant à trois axones différents sont en contact avec un neurone D (document II).



Document II

Les trois axones A, B et C sont reliés chacun à un stimulateur qui permet de les exciter séparément. Une microélectrode est enfoncee dans le neurone post-synaptique D tandis que la seconde électrode est simplement plongée dans le liquide environnant. Les deux électrodes sont reliés 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 représentées par le document III.



**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 interpréter les électroneurogrammes obtenus.

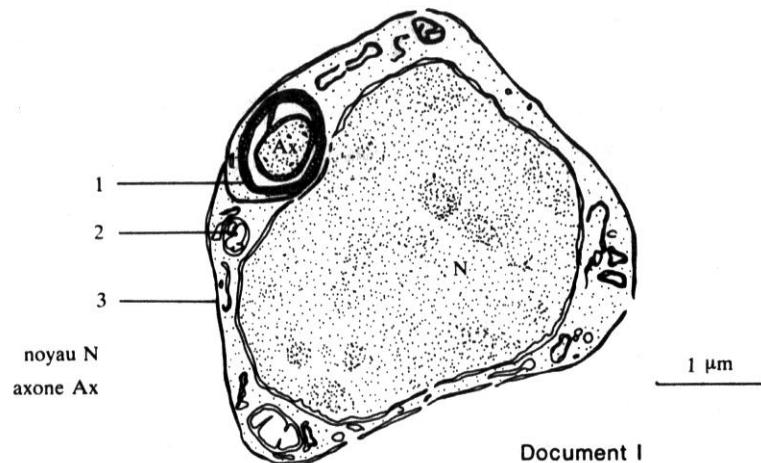
2°) En déduire le rôle de chacun des 3 boutons synaptiques A, B, C par rapport au neurone D.

#### I.A9

A°) Identifiez et annotez le document I.

B°) Expliquez brièvement comment se forme l'élément 1.

C°) Précisez à quel niveau la coupe a été faite ?



*Juin 1983*

### I. A10

#### Introduction

Certains céphalopodes, comme le calmar possèdent des cellules nerveuses géantes dont les axones ont un diamètre pouvant atteindre un millimètre. Il s'agit donc d'un matériel particulièrement intéressant pour l'expérimentation.

On place un axone isolé de calmar dans une cuve à électrodes contenant de l'eau de mer et on réalise le montage représenté par la figure 1.

I. Lorsqu'on applique une stimulation unique d'intensité suffisante pour provoquer l'excitation de l'axone, on observe sur l'écran de l'oscilloscope, le phénomène représenté par la figure 2.

- Nommez ce phénomène et analysez ses différentes phases.

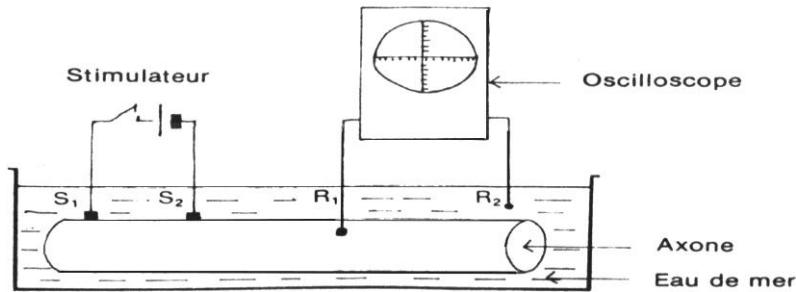


figure 1

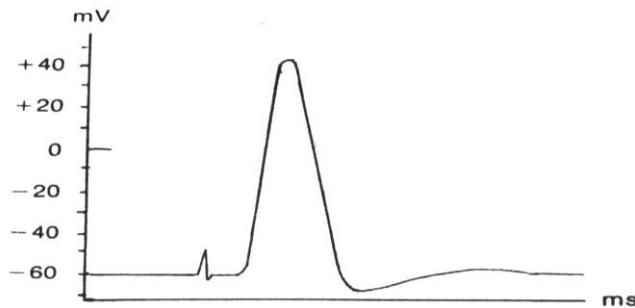


figure 2

**II.** Le tableau ci-dessous indique ces concentrations des ions sodium ( $\text{Na}^+$ ) et potassium ( $\text{K}^+$ ) dans l'axone, dans le sang de calmar et dans l'eau de mer.

Ions	Concentrations en millimoles par litre		
	Axoplasme	Sang du calmar	Eau de mer
Potassium	400	20	10
sodium	50	440	450

Analysez ce tableau et justifiez l'emploi de l'eau de mer comme milieu extracellulaire figure 1).

### III.

Afin de préciser le rôle et l'importance des différentes concentrations inscrites ci-dessus, on réalise les expériences suivantes :

Première expérience :

On modifie la concentration en ions  $\text{K}^+$  du liquide extracellulaire et on mesure pour chaque nouvelle valeur de cette concentration, le potentiel de repos (PR) correspondant. Les résultats sont représentés par la figure 3.

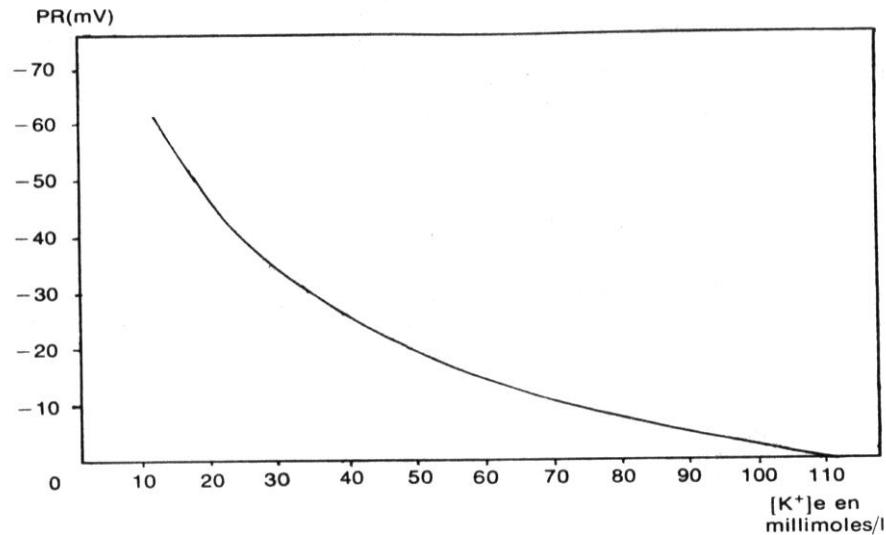


figure 3

1°) Que pouvez-dire de l'évolution de la valeur absolue du potentiel de repos en fonction de la concentration extracellulaire en ion K<sup>+</sup>?

#### Deuxième expérience

Une technique spéciale permet de vider l'axone de son contenu intracellulaire et de remplacer celui-ci par une solution dont on peut modifier la composition et la concentration ionique.

On perfuse un axone vidé de son axoplasme par de l'eau de mer puis on le place dans une cuve à électrodes contenant de l'eau de mer. On augmente ensuite, progressivement la concentration interne en potassium et on mesure pour chaque nouvelle valeur de cette concentration, le potentiel de repos correspondant. Les résultats de l'expérience sont représentés par la figure 4.

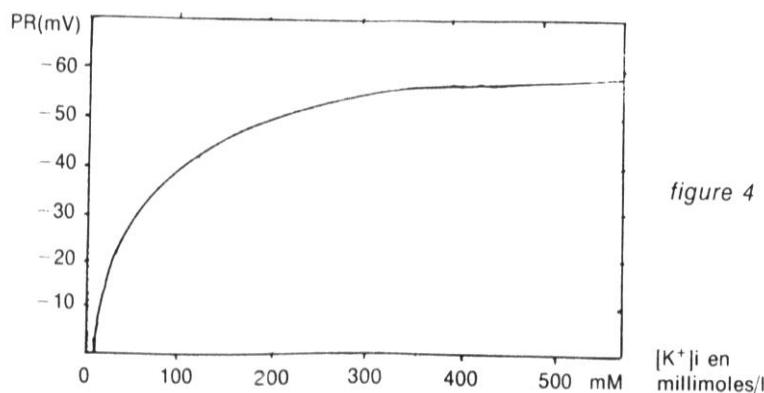


figure 4

2°) Analysez cette courbe et dites comment évolue la valeur absolue du potentiel de repos en fonction de la concentration intracellulaire en potassium.

3°) Compte tenu des renseignements apportés par les courbes des figures 3 et 4 et eb faisant appel à vos connaissances, expliquez l'origine du potentiel de repos.

**IV.** On se propose maintenant de préciser le rôle et l'importance de la concentration intracellulaire des ions Na<sup>+</sup>. L'axone de calmar est plongé dans différentes solutions contenant de moins en moins de Na<sup>+</sup>.

Le montage expérimental de la figure 1 permet d'observer, l'enregistrement du potentiel d'action, quand on porte sur l'axone, une stimulation efficace. La figure 5 montre les courbes obtenues pour chacune des concentrations extracellulaires en  $\text{Na}^+$  suivantes :

Courbe 1 : eau de mer : concentration en  $\text{Na}^+ = 450 \text{ mM/litre}$ .

Courbe 2 : 50% eau de mer + 50% de solution isotonique de glucose.

Courbe 3 : 33% eau de mer + 67% de solution isotonique de glucose.

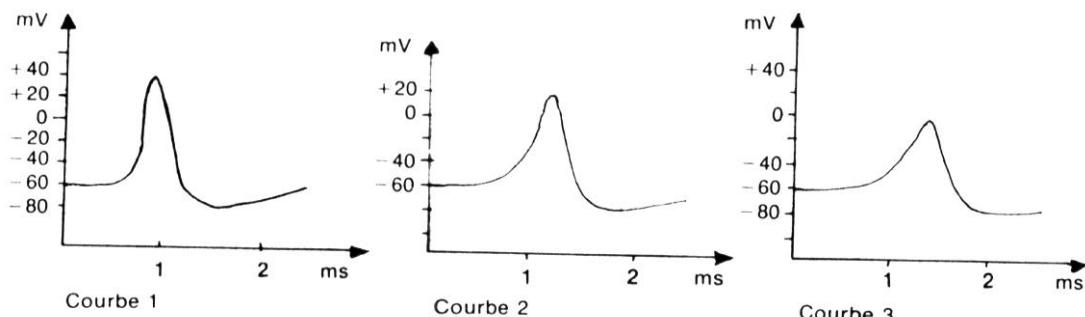


figure 5

1°) Donnez pour chaque valeur de la concentration extracellulaire en  $\text{Na}^+$ , l'amplitude du potentiel d'action correspondante.

2°) Comment varie cette amplitude en fonction de la concentration extracellulaire en  $\text{Na}^+$ ?

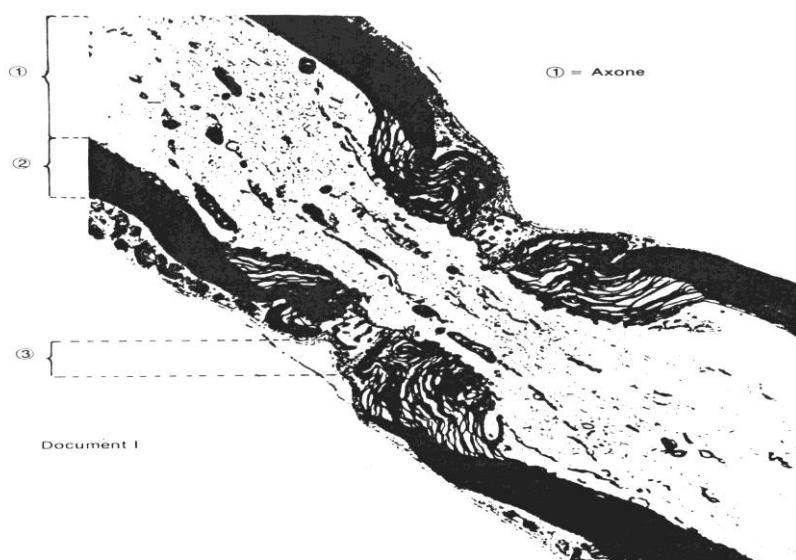
3°) Interprétez ces résultats.

I.A11

a. identifiez et annotez le document I.

b. Expliquez brièvement à quel niveau de l'axone la coupe a été faite.

c. Quel est, au niveau de cette structure histologique, le mécanisme de propagation du potentiel d'action et sa particularité physiologique ?



# FONCTIONNEMENT D'UN ORGANE DES SENS : L'ŒIL.

## I.B1

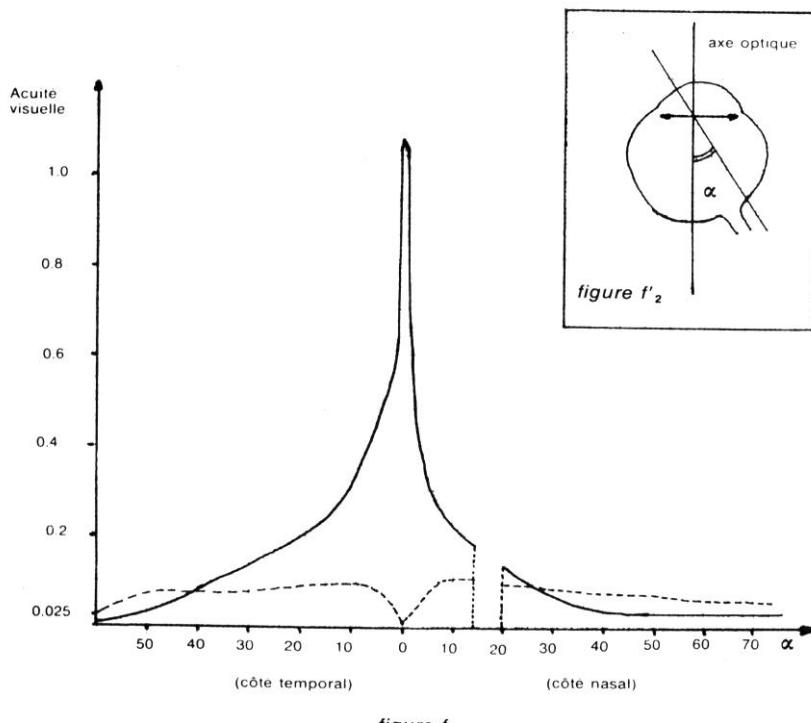
- 1°) Identifiez et orientez cette reproduction d'une microphotographie (figure f1).
- 2°) Placez à côté du document fourni son interprétation schématique précise.
- 3°) Etudiez le rôle des éléments de la zone a dans la physiologie de cet organe.



figure f<sub>1</sub>

## I.B2

- 1°) Définissez l'acuité visuelle.  
La figure f2 représente la variation de l'acuité au niveau de la rétine.  
En vision diurne (courbe en trait plein)  
En vision nocturne (courbe en pointillé).  
Est déterminée par la valeur de l'angle  $\alpha$  exprimé en degré (figure f'2).



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 ?

3°) Donnez alors une représentation schématique de cette structure entre  $0^\circ$  et  $30^\circ$ , côté nasal.

Quelles précisions concernant la variation de l'acuité visuelle vous permet d'apporter ce schéma ?

### I.B3

a. Dans une salle éclairée, un sujet fixe, avec un œil, deux bandes de papier noir de 1 mm de large chacune, collées sur un papier blanc et distantes de 1 mm.

La distance qui sépare le sujet de l'objet est de 3,5 m.

Sachant que le sujet distingue nettement les deux bandes de papier noir, et que l'angle formé par ces deux bandes et l'œil ( pris pour sommet) vaut une minute,

Calculez l'acuité visuelle et précisez l'endroit où se forment, dans l'œil, les images des deux bandes observées.

b. Pour connaître la structure de cette région de l'œil, le physiologiste T. TOMITA a réalisé une expérience sur l'œil de carpe (poisson qui possède une vision des couleurs proche de celle de l'Homme).

Sur chacune des cellules de cette région, il place des microélectrodes qui sont en relation avec l'oscilloscope, de façon à recueillir les phénomènes électriques éventuels. Chaque cellule est stimulée par des éclairs lumineux dont la durée et l'intensité sont constantes, mais dont la longueur d'onde est variable. Cette dernière varie de manière discontinue, de  $20 \text{ m}\mu$  d'un éclair au suivant ; chaque éclair dure 0,3 seconde ; il est suivi d'une période obscure de 0,6 seconde. Ainsi 14 valeurs de longueur d'onde sont successivement utilisées de 20 en  $20 \text{ m}\mu$  depuis 400 jusqu'à  $660 \text{ m}\mu$ .

Pour chaque cellule, il recherche la longueurs d'onde donnant une réponse électrique d'amplitude maximale et correspondant à la longueur d'onde la plus efficace du spectre visible.

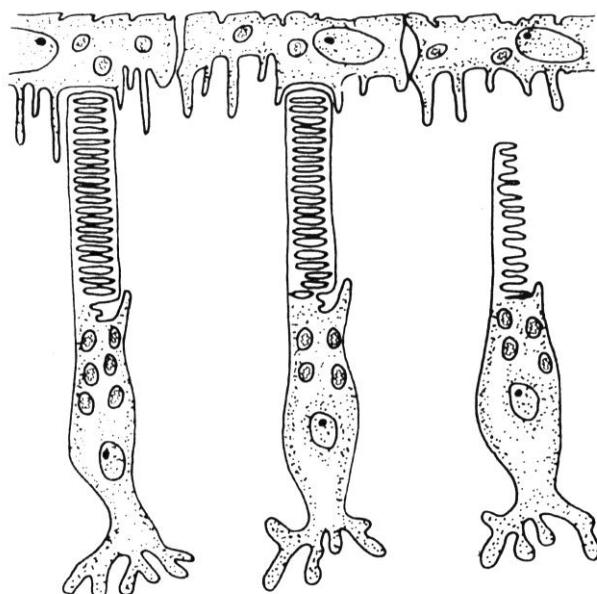
Cette expérience a porté sur 142 cellules et les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Classes : Longueurs d'ondes	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660
Fréquences : Ombre de cellules	0	0	10	11	2	1	9	6	2	4	20	58	18	1

1. Construisez le polygone de fréquence correspondant à cette distribution (on prendra 1 cm pour 20 mμ, et 1 cm pour 5 cellules).

2. Analysez le polygone de fréquence. Que pouvez-vous déduire à propos de la structure de la région de l'œil étudiée ?

3. Le document représente les cellules d'un tissu de l'œil. Encadrez sur ce document une cellule de la région étudiée. Placez une légende aussi complète que possible, et indiquez par une flèche le sens de l'influx pour cette cellule.



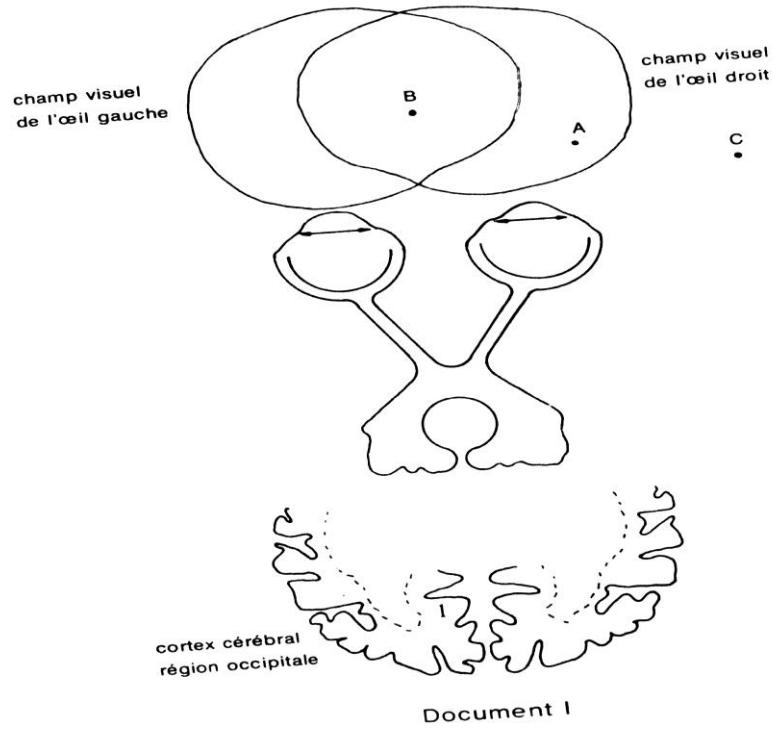
Document I

#### I.B4

1. de nouvelles techniques exploratoires permettent de nous renseigner sur ce qui se passe dans le cerveau quand un Homme voit, entend ou touche un objet. L. SOKOLOFF et M.E. PHELPS ont mis au point l'une de ces techniques qui repose sur le raisonnement suivant : plus une cellule nerveuse cérébrale est active, plus elle consomme du glucose. L'évaluation du taux de la glycolyse pour un groupe de neurones cérébraux permet donc de mettre en évidence l'intensité de leur travail. Afin d'évaluer ce taux, on fait consommer au sujet du glucose radioactif puis, on mesure la radioactivité des différentes zones cérébrales. La valeur de la radioactivité dans une région du cerveau est proportionnelle à l'activité de cette région.

Afin d'étudier les mécanismes visuels, un sujet est placé dans une salle obscure, ses yeux étant immobiles. Le document 1 précise les conditions de l'expérience.

1. Un objet éclairé est placé en A. la glycolyse augmente alors dans la zone 1 du cortex cérébral. Analysez et interprétez ce résultat.
2. Que se passe-t-il si l'objet est placé en B, où se situera dans le cortex l'augmentation de la glycolyse ?
3. Que se passe-t-il si l'objet est placé en C ?
4. Sur le document 1, indiquez les voies optiques correspondant aux résultats observés.



### I.B5

Une microphotographie de la rétine présente trois couches de « taches noires » que l'on compte dans trois zones différentes. Afin d'obtenir des résultats précis, on effectue au niveau de chaque zone trois comptages :

A1, A2, A3 pour la zone A,

B1, B2, B3 pour la zone B,

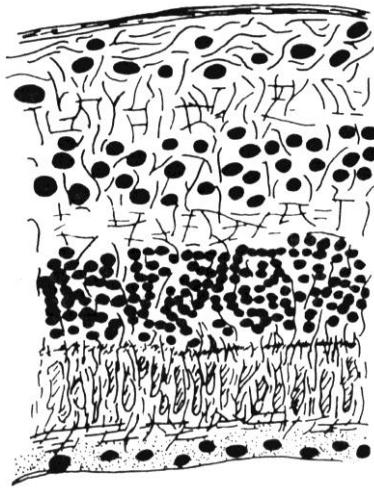
C1, C2, C3 pour la zone C.

Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau suivant :

	Zone A			Zone B			Zone C		
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Couche 1	90	80	80	70	64	69	0	0	0
Couche 2	91	79	84	8	10	6	0	0	0
Couche 3	89	80	80	1	1	1	0	0	0

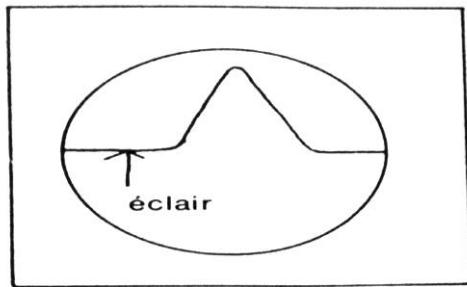
1°) Analysez et interprétez les résultats obtenus.

Le document 1 correspond à une représentation simplifiée d'une partie de la microphotographie étudiée précédemment.



Document I

- 2°) a. Annotez soigneusement ce document. Situez-le dans l'ensemble de la rétine.  
b. réalisez une interprétation schématique de la zone ici représentée.  
Une microélectrode reliée à un oscilloscope est introduite dans le corps cellulaire d'un élément de la couche 2 de la zone B ; la seconde électrode est maintenue à un potentiel fixe.  
Lorsqu'un éclair lumineux atteint la rétine, on enregistre sur l'oscilloscope le tracé schématisé sur le document II.



Document II

- 3°) a. Que traduit l'apparition de ce tracé ?  
b. A quel niveau prend naissance ce phénomène ?  
c. Expliquez les mécanismes qui en sont à l'origine.

# FONCTIONNEMENT DES CENTRES NERVEUX SUPERIEURS.

## I.C1

1°) La figure f1 représente la section d'un organe, la figure f2 en est un détail. A l'aide de ces deux figures, déterminez cet organe ; de quelle type de section s'agit-il ?

2°) Légendez les figures f1, f2 (détail de f1) et f3 (détail de f2).

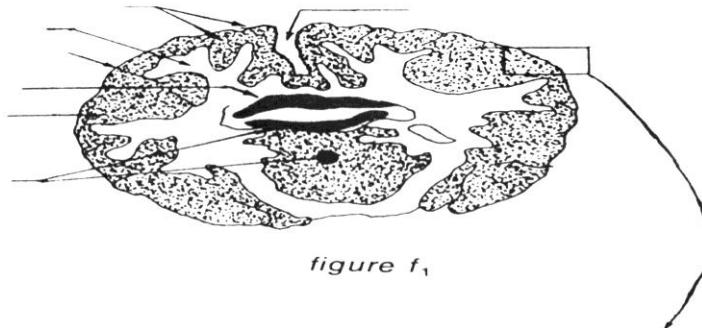


figure f<sub>1</sub>

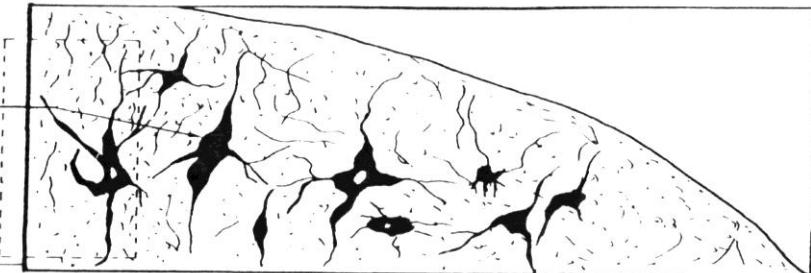


figure f<sub>2</sub>

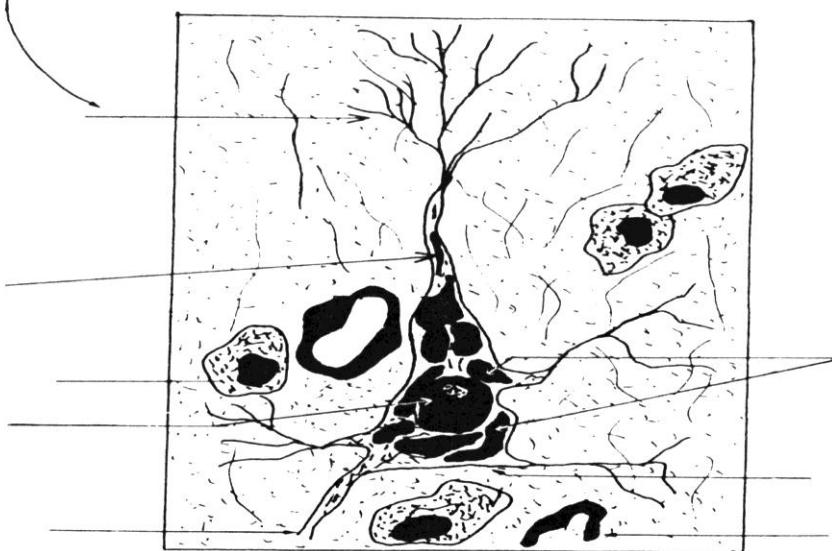


figure f<sub>3</sub>

## I.C2

Récemment, la mesure du débit sanguin a permis de mettre au point une méthode pour étudier le fonctionnement de certains organes, en particulier celui du cortex cérébral : u appareil perfectionné traduit les variations du débit sanguin dans différentes parties du cerveau par des zones de couleur qui

apparaissent sur un écran cathodique (voir schéma, figure f4) : on a ainsi obtenu les images représentées par les figures f5, f6, f7 et f8.

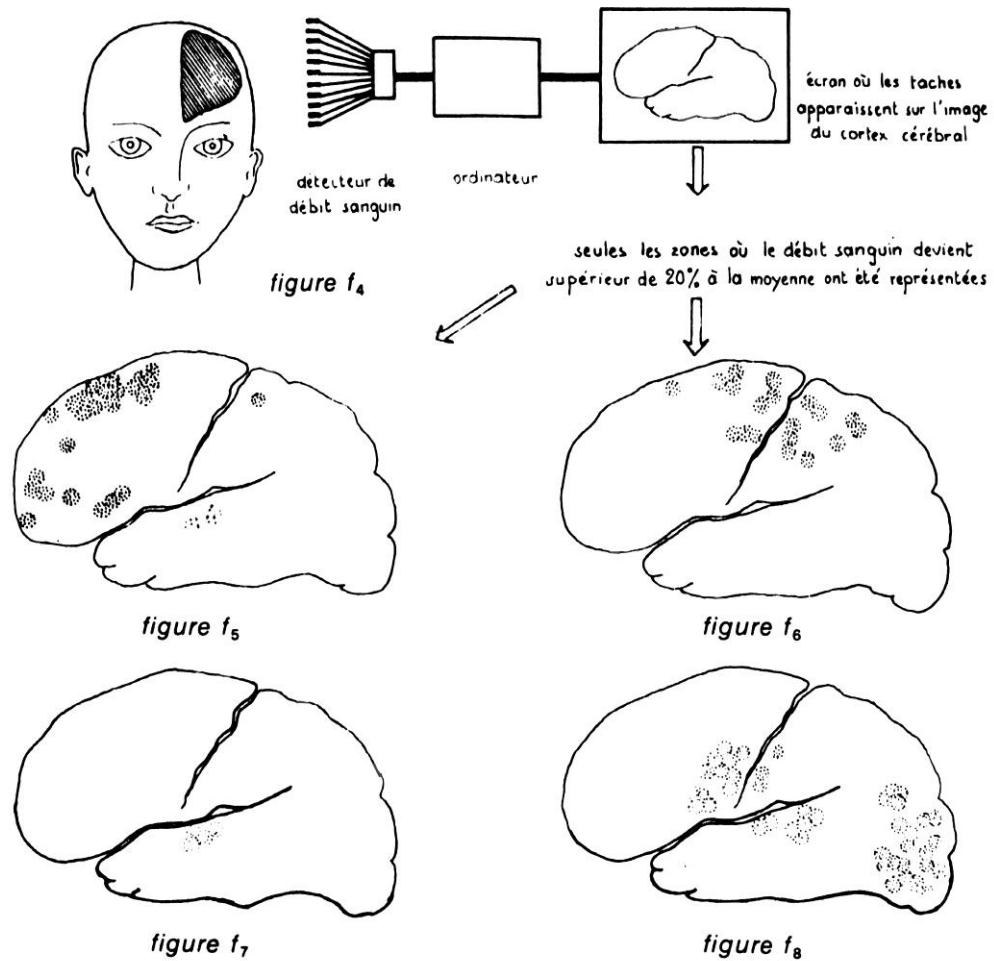


Figure f5 : le sujet au repos, les yeux fermés mais laisse aller ses idées en veillant seulement à ne pas s'endormir.

Figure f6 : le sujet effectue un mouvement volontaire (contraction des doigts de la main droite), sans ouvrir les yeux.

Figure 7 : ses yeux restant fermés, le sujet est en train de parler.

Figure 8 : le sujet lit un texte à haute voix.

1°) Indiquez les localisations cérébrales révélées par ces expériences. Dans le cas de l'expérience f6, obtiendrait-on la même image si le sujet effectuait le mouvement déjà indiqué mais dans la main gauche ? Justifiez votre réponse.

2°) A l'aide des renseignements fournis par les expériences précédentes, et de vos connaissances, établissez une carte complète des aires corticales sensitives et motrices de l'hémisphère cérébral gauche.

### I.C3

Le sommeil, période de repos indispensable à l'organisme est consécutif à un état de veille ; lorsque l'individu est éveillé, il est apte à répondre à toute excitation. Le document A1 représente, chez l'Homme, des enregistrements (électro-encéphalogramme = EEG) correspondant à différents états d'activité cérébrale.

1. Analysez l'enregistrement a.

2. Comment évoluent les ondes cérébrales quand le sujet passe à l'état de sommeil.

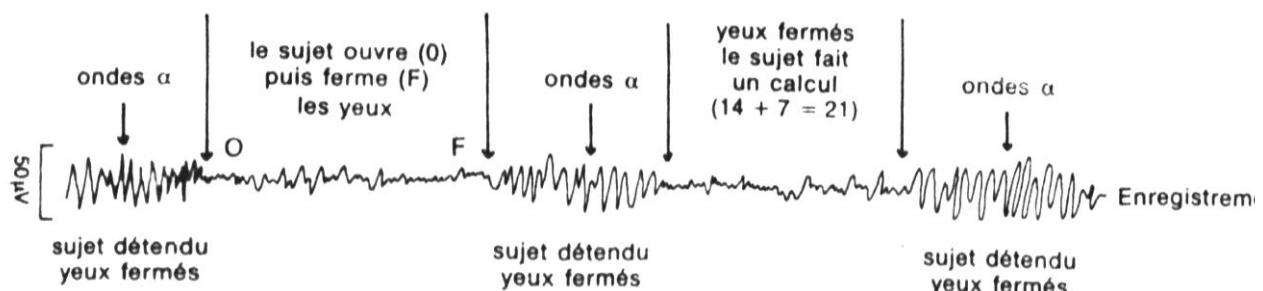
Certaines situations d'activité nécessitent un état de vigilance de chaque instant : c'est le cas par exemple de la conduite automobile, la nuit pendant plusieurs heures.

Pour connaître les limites de l'état de vigilance, on a mis au point certains tests (= expériences).

On mesure la fréquence cardiaque, la fréquence des mouvements des yeux et celles des ondes de type  $\alpha$  chez un sujet que l'on essaie de maintenir en état de vigilance. Le document A2 en traduit la représentation graphique après traitement par ordinateur.

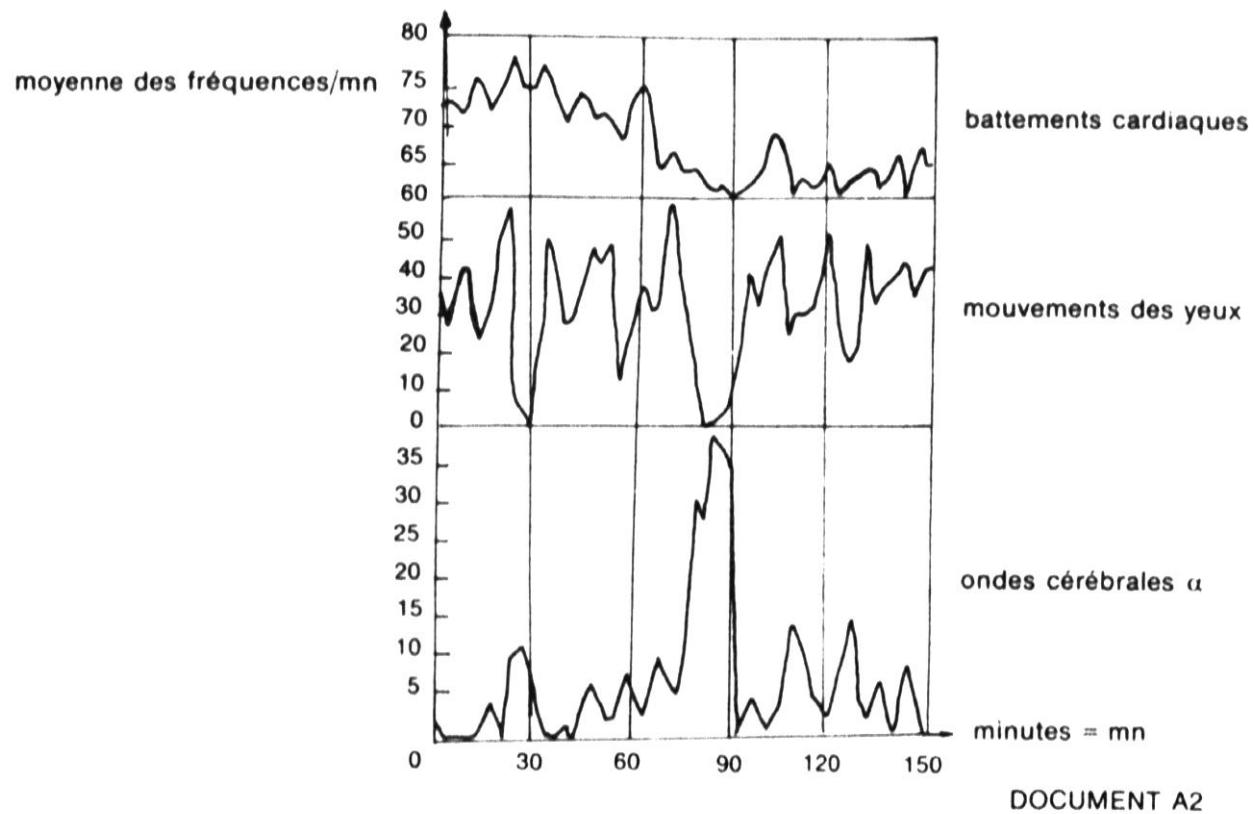
3°) Analysez les résultats obtenus dans l'intervalle de temps compris entre 60 mn et 90 mn ; qu'en déduisez-vous ?

4°) Que peut-on dire de ce sujet qu'on essaie de maintenir en état de vigilance ?



DOCUMENT A

— = 1 seconde (pour les 3 tracés a, b et c)  
1 S



# FONCTIONNEMENT D'UN ORGANE MOTEUR : LE MUSCLE STRIE.

## I.D1.

Au début du siècle, deux chercheurs, Chauveau et Kaufmann, analysant le sang artériel qui pénètre dans un muscle ainsi que le sang veineux qui en sort. Leurs résultats sont rappelés dans le tableau suivant :

En 1 heure par kilogramme de muscle	Muscle au repos	Muscle en activité
Volume de sang ayant traversé le muscle	12220 litres	56,325 litres
Oxygène utilisé	0,307 litres	5,207 litres
Dioxyde de carbone rejeté	0,220 litres	5,950 litres
Glucose utilisé	2,042 grammes	8,432 grammes
Lipides utilisés	0 grammes	0 grammes
Protides utilisés	0 grammes	0 grammes

1°) Quels sont les premiers renseignements que fournissent ces résultats expérimentaux concernant l'activité du muscle ?

2°) D'après les mêmes résultats, quelle hypothèse pourriez-vous formuler à propos des phénomènes chimiques à l'origine de la contraction musculaire ?

Plus tard, en 1941, deux autres chercheurs, Szent et Ghorgyi, démontrent que les protéines fibreuses isolées du muscle se raccourcissent d'environ 10% de leur longueur en présence d'ions  $K^+$  mais surtout d'un composé phosphoré, l'adénosine triphosphate ou ATP.

3°) Que vous suggère le phénomène de raccourcissement constaté dans cette nouvelle expérience ?

4°) Pouvez-vous maintenant :

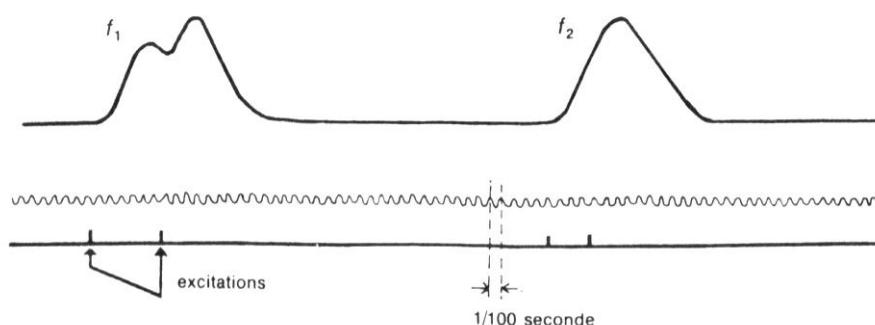
Préciser d'une part, l'origine de l'énergie nécessaire à la contraction musculaire ?

Expliquer d'autre part l'importante consommation de glucose constatée précédemment (tableau ci-dessus) ?

## I.D2

Sur une grenouille décérébrée et démédullée, on se propose d'étudier les enregistrements (myogrammes) donnés par le myographe, lors d'excitations électriques du gastrocnémien par l'intermédiaire du nerf sciatique.

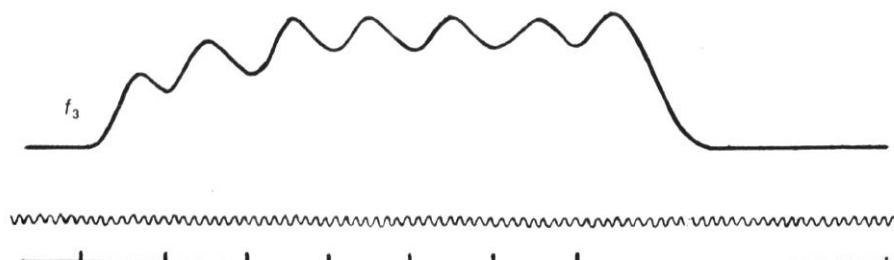
1°) Le cylindre étant animé d'un mouvement uniforme, on obtient, avec un courant d'intensité efficace, les enregistrements  $f_1$  et  $f_2$ . Pour chacun de ces enregistrements, trois stylets appuient sur le cylindre enregistreur. Le premier, relié au muscle, inscrit le myogramme proprement dit ; le second inscrit une oscillation à chaque centième de seconde ; le troisième, relié à un signal électromagnétique, indique l'instant précis des stimulations.



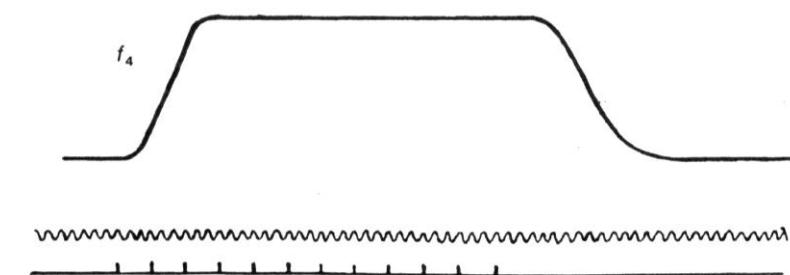
Etudiez et analysez aussi complètement que possible ces enregistrements. Interprétez la courbe du point de vue de son amplitude, forme, durée, etc.

2°) A l'aide d'un appareil approprié, (un trembleur), on envoie, au muscle, toujours par l'intermédiaire du nerf, une série d'excitations dont on peut faire varier la fréquence. Dans les mêmes conditions d'enregistrement que précédemment,

Avec une fréquence de 12 excitations par seconde, on obtient l'enregistrement f3.

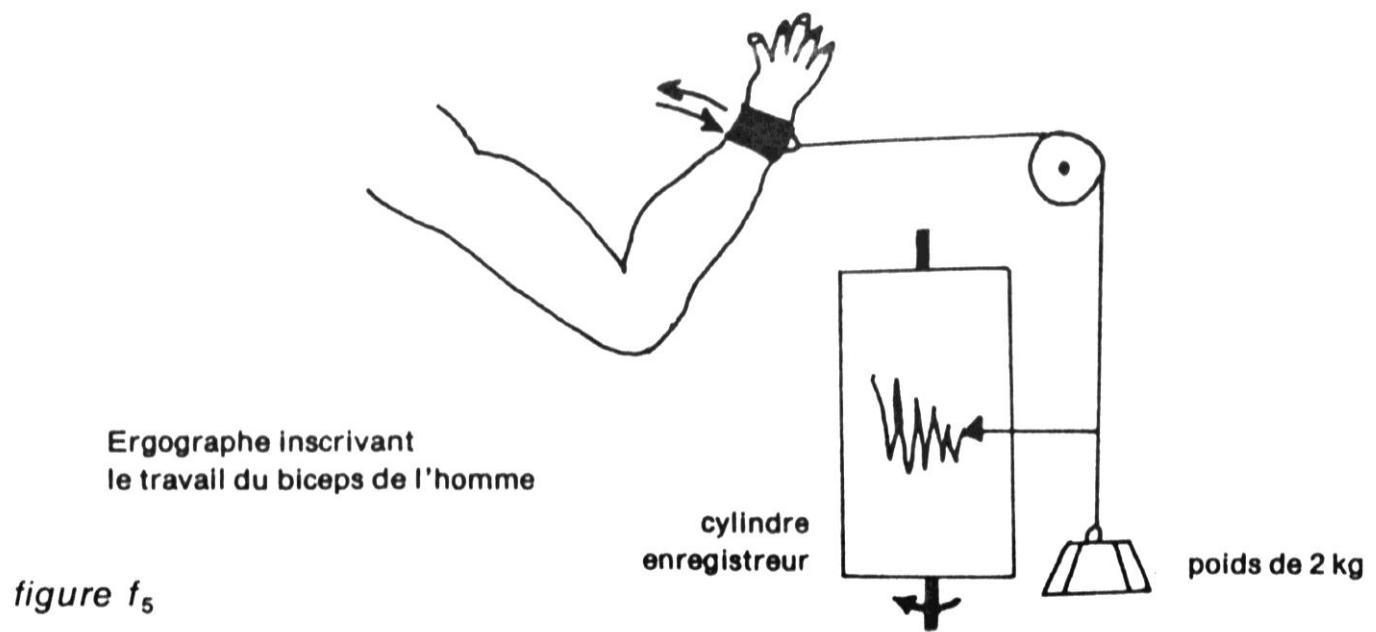


Avec une fréquence de 32 excitations par seconde, on obtient l'enregistrement f4.



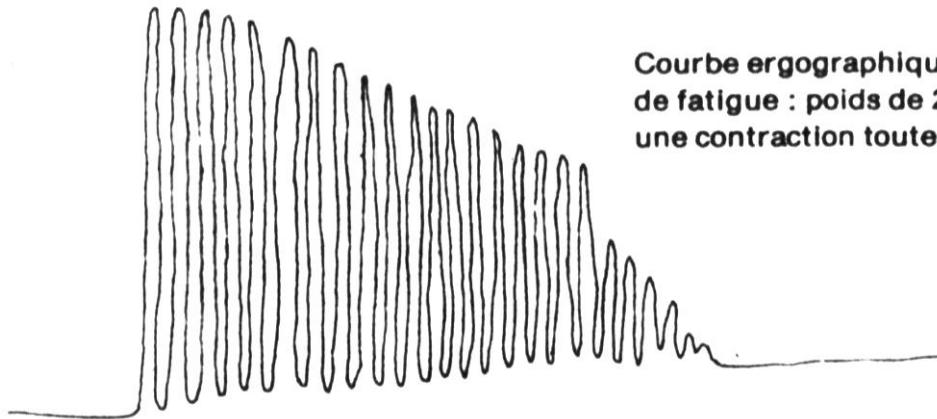
Analysez et interprétez ces deux derniers enregistrements.

3°) Pour essayer de comprendre le mécanisme de la fatigue musculaire, on enregistre la courbe de fatigue à l'aide d'un appareil appelé ergographe (figure f5) ; en produisant des contractions volontaires chez l'Homme.



a. Analysez la courbe obtenue appelée ergogramme figure f6.

**figure f<sub>6</sub>**



**Courbe ergographique de fatigue : poids de 2 kg une contraction toutes les secondes**

b. Sur un autre individu, on enregistre un autre ergogramme ; mais, au moment où la « volonté » ne parvient plus à faire déplacer la charge, on excite directement le muscle avec un excitant électrique convenablement choisi. On obtient l'enregistrement de la figure f7. Compte tenu de ce nouveau tracé, pouvez-vous préciser à quel niveau intervient d'abord la fatigue ?



**figure f<sub>7</sub>**

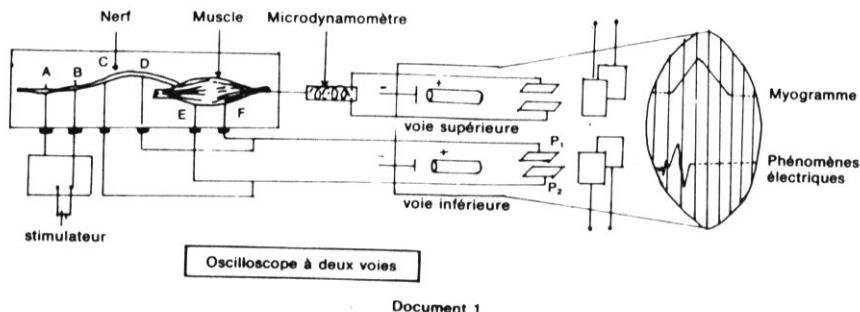
**instant de l'excitation électrique directe du muscle**

4°) Représentez par un schéma soigneusement annoté une portion de fibrille musculaire vue au microscope électronique en coupe longitudinale. Par un second schéma, expliquez comment la contraction musculaire se manifeste à l'échelle des ultra-structures.

5°) La contraction musculaire produit un travail, elle consomme donc de l'énergie. Quelles sont les formes d'énergie présentes dans le muscle ? Comment sont-elles utilisées au cours de la contraction ?

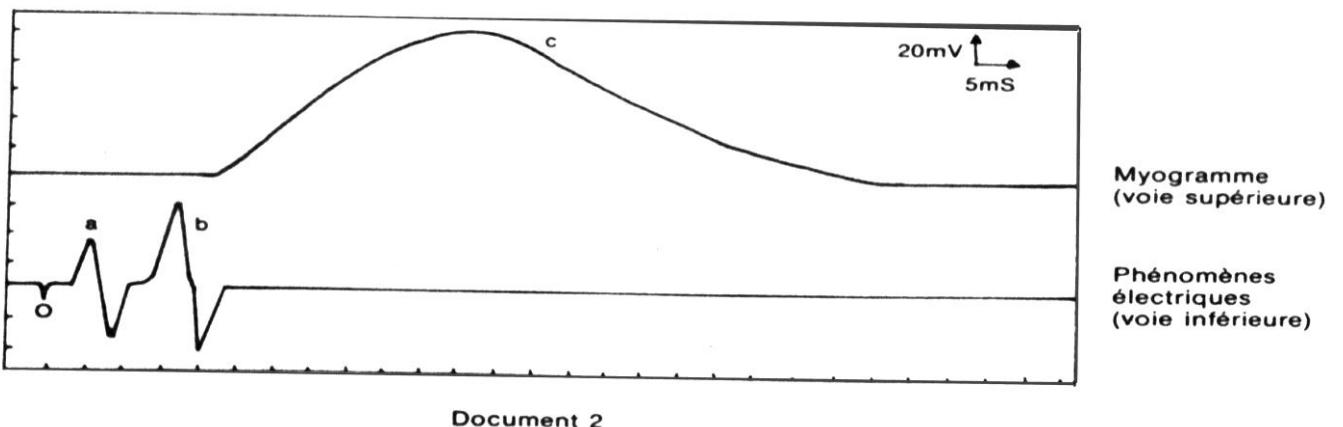
### I.D3

a. Le document n°1 représente un montage destiné à étudier expérimentalement la préparation nerf-muscle d'une grenouille.



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'artefact de stimulation.



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 :

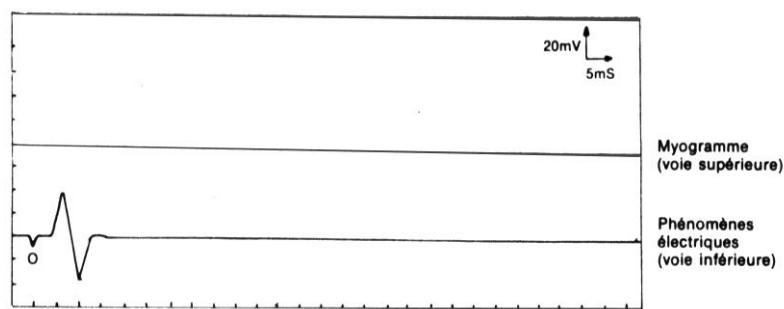
Expérience I : on fait agir durant quelques minutes au niveau de la préparation nerf-muscle une solution de Flaxédil ; puis on porte une stimulation convenable sur le nerf ; avant d'enregistrer, on observe que le muscle ne se contracte pas.

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).



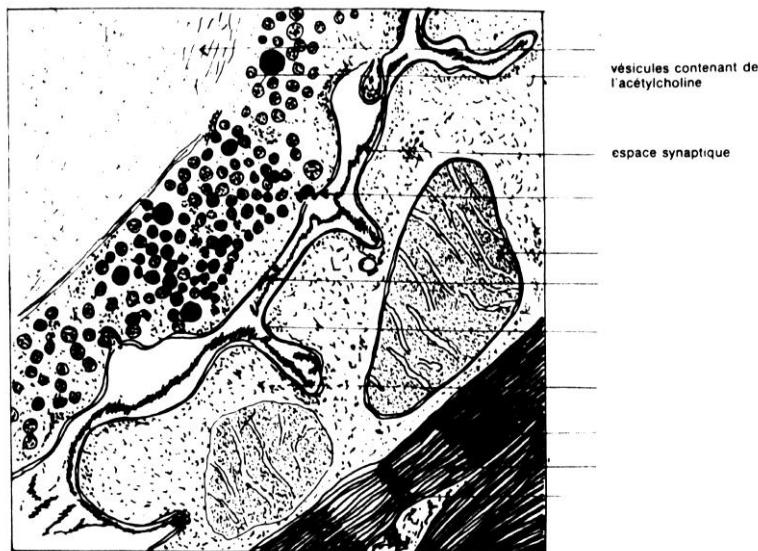
4°) A partir de ces résultats, quelle hypothèse retenez-vous à propos de l'action du flaxédil ? Au niveau de quelle structure histologique cette substance intervient-elle ?

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 ans qu'aucune stimulation 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 la 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).



#### I.D4

I. Les schémas présentés sur la figure 1 illustrent la structure du muscle observée à différents grossissements.

1°) Donnez le nom des éléments a et b.

On observe au microscope électronique différentes coupes réalisées dans l'élément b et schématisées sur la figure 2.

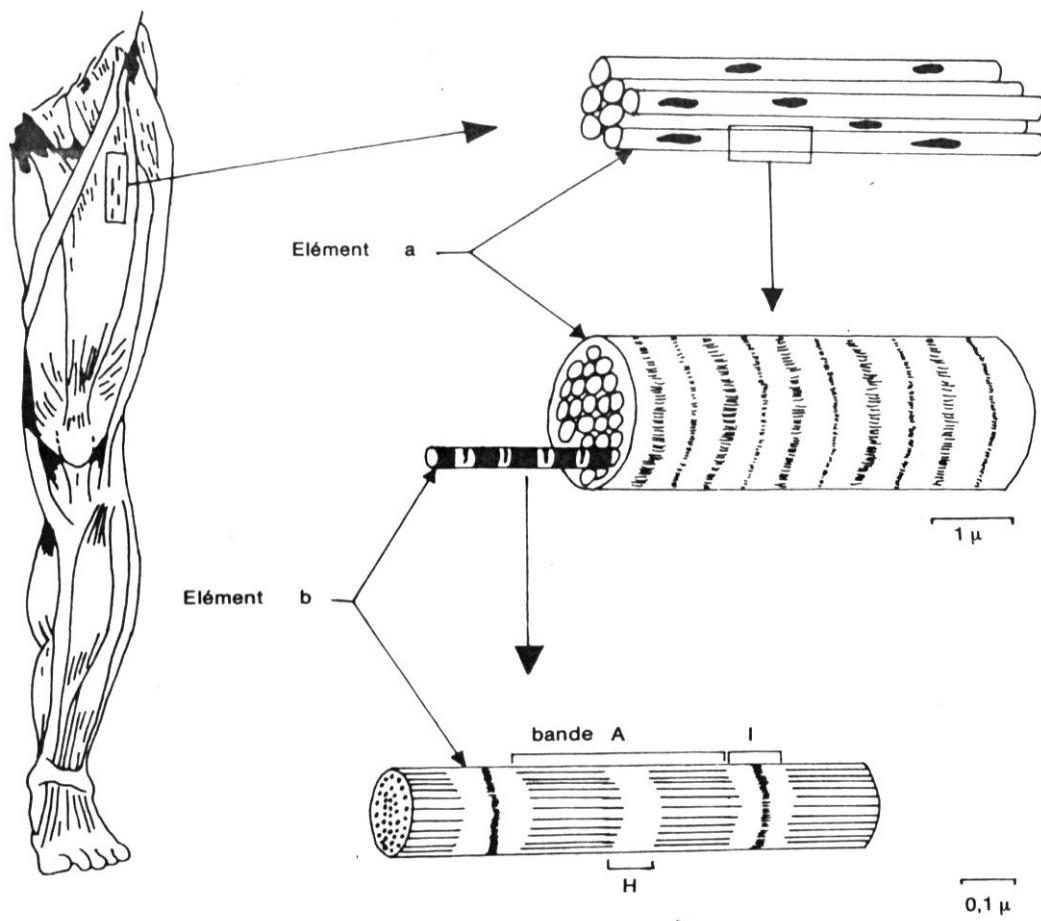


figure 1

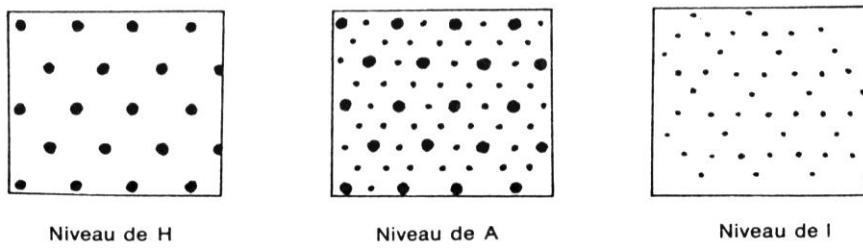


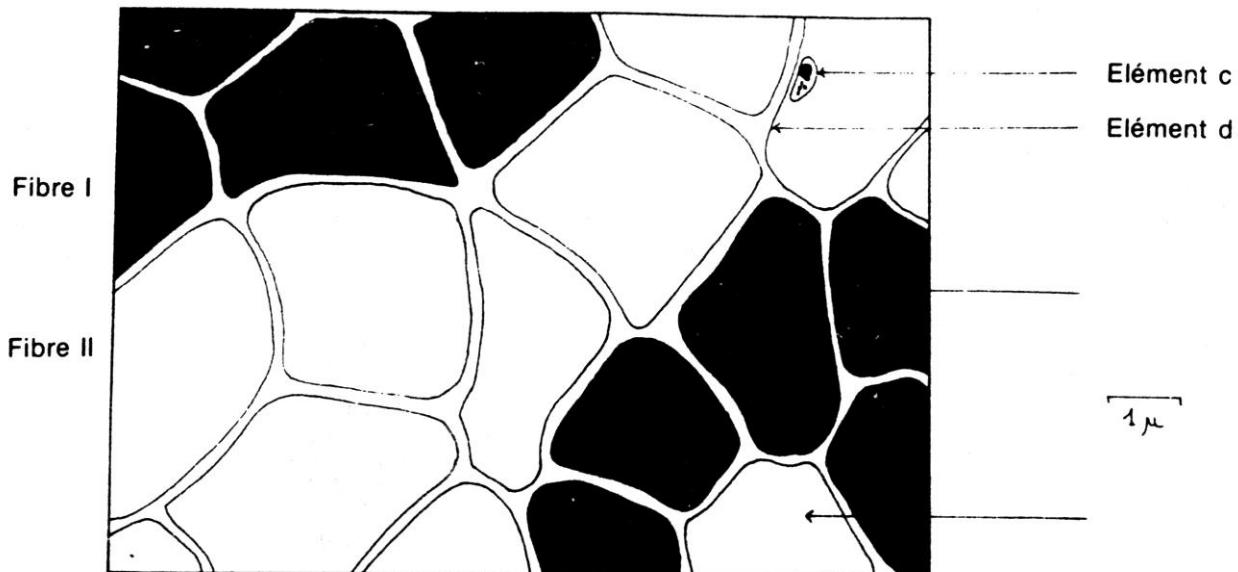
figure 2

Coupes transversales de l'élément b à divers niveaux,  
vue au microscope Électronique

$0,06 \mu$

2°) En vous aidant des enregistrements apportés par ces coupes transversales, dessinez un schéma légendé rendant compte de l'ultrastructure en vue longitudinale.

La figure 3 représente, vue au microscope optique, la coupe transversale d'un muscle squelettique humain. Un traitement spécial permet de mettre en évidence 2 types de fibres : les fibres sombres I et les fibres claires II.



3°) Donnez les noms des éléments c et d.

4°) Evaluez dans le muscle présenté (figure 3) quel est le pourcentage de chaque type de fibre.

**II.** Dans ces deux types de fibres, on retrouve les mêmes substances, à savoir :

La myoglobine (qui assure le stockage de l'oxygène).

Le glycogène

Les lipides (qui par oxydation donnent de l'énergie)

Les enzymes nécessaires aux réactions aérobies (oxydations) : EO

Les enzymes nécessaires aux réactions anaérobies : Ea

La myosine ATPase (enzyme qui permet la dégradation de l'ATP)

Certains de ces substances interviennent dans les réactions chimiques qui approvisionnent le muscle en énergie (sous forme d'ATP), au cours d'un exercice physique.

1°) Ecrivez de votre choix, 2 de ces réactions. (La formule chimique des corps n'est pas exigée).

Le tableau suivant montre les concentrations relatives de ces substances dans les 2 types de fibres.

Substances \ Fibres	I	II
Myoglobine	+++	+
Glycogène	++	++
Lipases	+++	+
EO	+++	+
Ea	+	+++
ATPase	+	+++

+ : faible quantité  
++ : moyenne quantité  
+++ : forte quantité

2°) L'analyse de ce tableau révèle-t-elle une spécialisation des fibres pour un type de réaction chimique déterminé ? Justifiez votre réponse.

3°) Quelle hypothèse la comparaison des concentrations en myosine ATPase dans les 2 types de fibre, vous permet-elle de formuler, quant à la rapidité de contraction relative de ces fibres ? Justifiez votre réponse.

**III.** La figure 4 présente le pourcentage relatif des mécanismes anaérobies et aérobies utilisés, pour fournir de l'énergie au muscle, durant des courses ) pieds de forte intensité et de courte durée (moins de 2 mm) et des courses à pieds d'intensité modérée et de longue durée (plus de 2 heures).

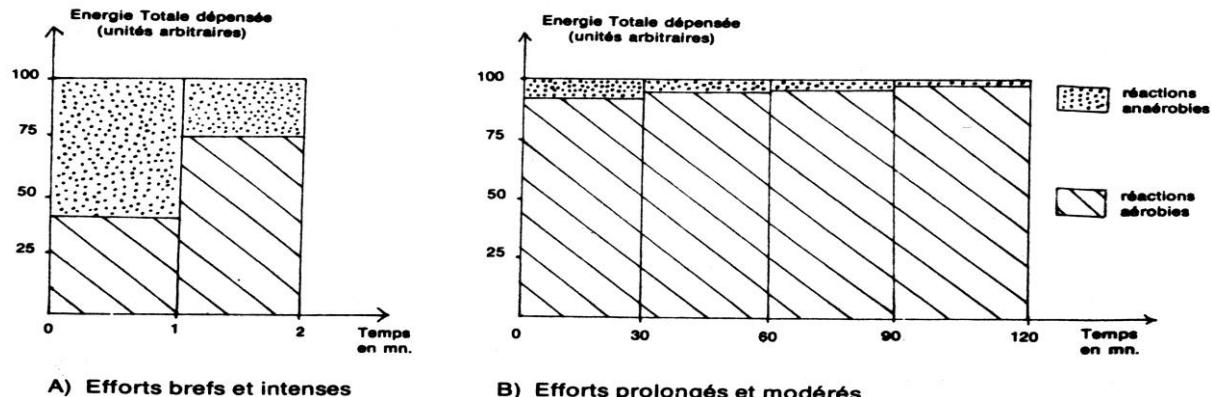


figure 4

- 1°) Précisez quel est le mécanisme qui prédomine au début d'une effort intense et bref.
- 2°) Montrez comment évolue es pourcentages respectifs de ces mécanismes dans le cas d'efforts modérés et prolongés.

Un homme réalise deux séries d'exercices physiques (course à pied).

La série A consiste en une heure d'exercice constant et modéré.

La série B consiste en une heure d'exercice alterné (15 secondes d'effort intense suivie de 15 secondes de repos et ainsi de suite....).

Pour ces deux séries, la quantité de travail produite est la même et se traduit au niveau du muscle par la même consommation totale de glycogène. Cependant, on observe des différences de consommation au niveau de chaque type de fibre.

Pour la série A, on observe :

Une diminution d'environ 75% du glycogène dans les fibres de type I.

Une diminution d'environ 25% du glycogène dans les fibres de type II

Pour la série B, on relève :

Une diminution d'environ 50% du glycogène dans les fibres de types I

Une diminution d'environ 50% du glycogène dans les fibres de type II

3°) Dans le cas d'un exercice physique constant et modéré, quel est le type de fibres recruté préférentiellement ?

4°) Montrez en quoi cette dernière réponse s'accorde avec a réponse donnée à la question II.2 et les données de la figure 4.

**IV.** Si l'observation d'une biopsie musculaire d'un coureur à pied montre que ses muscles sont composés à 80% de fibres de type I.

- Faut-il l'orienter vers des courses de sprint (effort intense et bref) ou vers des épreuves de fond (effort modéré de longue durée) ? Justifiez votre réponse.

Centre de Marrakech - Mai 1984

#### I.D5

Depuis 1967 des Chercheurs suédois ont mis au point la technique de la biopsie musculaire qui consiste à prélever un petit échantillon de muscle vivant pour faire l'analyse de sa structure. Ils ont ainsi prouvé l'existence de deux types de fibres musculaires striées dont les caractéristiques sont groupées dans le tableau suivant :

FIBRES I	FIBRES II
- pauvre en ATPase (enzyme dégradant l'ATP)	- riche en ATPase
- apte à fonctionner de manière aérobie	- apte à fonctionner de manière anaérobie

<ul style="list-style-type: none"> <li>- riche en myoglobine et en oxygène</li> <li>- riche en glycogène et en lipides</li> <li>- bon réseau de capillaires</li> <li>- contraction lente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pauvre en myoglobine</li> <li>- riche en glycogène pauvre en lipides</li> <li>- réseau de capillaires moins dense</li> </ul> <p>Contraction lente</p>
---	--

**A.** Lorsqu'on soumet un sportif à un exercice prolongé mais d'intensité modérée, on constate :

- une importante diminution du glycogène dans les fibres I.
- une légère diminution du glycogène dans les fibres II.

Par contre, si on soumet ce sportif à un exercice qui comprend des phases d'efforts de courte durée mais d'intensité élevée, on remarque :

- peu de changement dans les fibres I.
- une forte diminution de glycogène dans les fibres II.

1) Interprétez les résultats de ces deux expériences.

2) En utilisant les résultats de ces deux expériences, ainsi que les renseignements du tableau, démontrez lequel des deux types de fibres musculaires dominera

a. chez un coureur

b. chez un athlète de fond (longue distance), spécialisé en sprint (courte distance).

**B.** On peut se demander si la possibilité d'obtenir les meilleurs résultats dans ces deux disciplines sportives est due à un facteur héréditaire ou à la conséquence de l'entraînement. Pour répondre à cette question, examinons les résultats des travaux suivants :

- en 1973, GOLLNICK observe que chez les individus sédentaires (ne pratiquant pas de sport) un entraînement de plusieurs mois à l'exercice prolongé ne modifie pas le pourcentage de fibres I ;
- en 1977, KOMI étudie la répartition des fibres chez les jumeaux et constate que seuls les vrais jumeaux ont la même répartition de fibres musculaires.

1) Répondez à la question posée, en vous appuyant sur les résultats de ces travaux.

- en 1978, JANSON fait subir à 4 coureurs de fond parcourant de longues distances un entraînement prolongé mais d'intensité modérée (de type aérobie) pendant 18 semaines ; il constate une augmentation du pourcentage de fibres I. Le chercheur constate ensuite une augmentation du pourcentage de fibres II et des enzymes dégradant le glycogène, ainsi qu'une diminution des fibres I chez ces mêmes athlètes, s'ils sont soumis à un entraînement qui comprend des phases de courte durée mais d'intensité élevée (de type anaérobie) pendant 18 semaines.

2) En vous basant sur les expériences décrites précédemment, quelles conclusions pouvez-vous dégager ?

**Centre de Casablanca - Mai 1984**

#### I.D6

I. Sur une grenouille spinale, on stimule un grand nombre de fois un neurone moteur avec des excitations efficaces. On prélève immédiatement le muscle innervé en partie par ce neurone ; on y pratique des coupes qui sont colorées sélectivement pour mettre en évidence le glycogène. (Le glycogène apparaît alors en couleur sombre.) La figure A<sub>1</sub> représente l'une de ces coupes vue au microscope optique. On y observe un certain nombre de fibres musculaires.

Analysez la figure A<sub>1</sub>. Comment expliquez-vous la répartition dans les différentes fibres musculaires ?

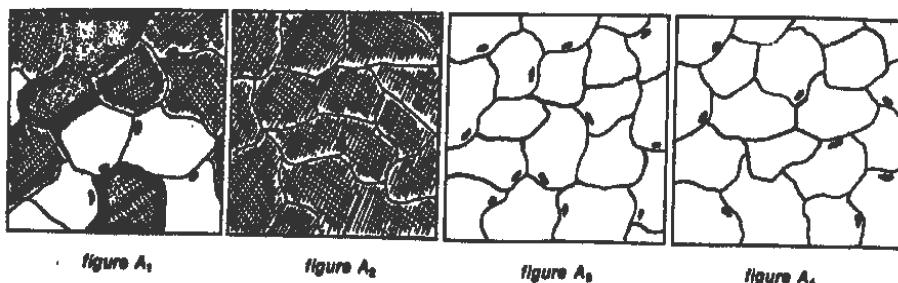
**II.** La technique utilisés précédemment a été employée pour rechercher le mode d'action de la toxine botulique élaborée par une bactérie pathogène.

Dans ce but on réalise les expériences suivantes sur trois autres grenouilles :

1er expérience : la grenouille reçoit une dose de toxine botulique puis, en stimulant comme précédemment le neurone moteur, on obtient les résultats Illustrés par la coupe de la figure A<sub>2</sub> .  
2è expérience : on recommence la 1ère expérience mais en stimulant directement le muscle. Les résultats obtenus sont illustrés par la coupe de la figure A<sub>3</sub> .

3\* expérience : on refait la 1ère expérience en stimulant le neurone moteur, le muscle étant placé dans une solution d'acétylcholine dès le début des manipulations. Les résultats obtenus sont illustrés par la coupe de la figure A<sub>4</sub> .

A partir de l'analyse des figues A<sub>2</sub> ,A<sub>3</sub> et A<sub>4</sub> pouvez-vous expliquer l'action de la toxine botulique ?Justifiez votre réponse.



Centre de Rabat - Juin 1984

#### I.D7

La myasthénie est une maladie assez rare se traduisant par un mauvais fonctionnement du système musculaire moteur. Elle aboutit rapidement à une paralysie bien que les muscles soient intacts.

La figure 1 montre une liaison neuromusculaire d'un homme sain et la figure 2 celle d'un homme atteint de myasthénie.

Individu normal

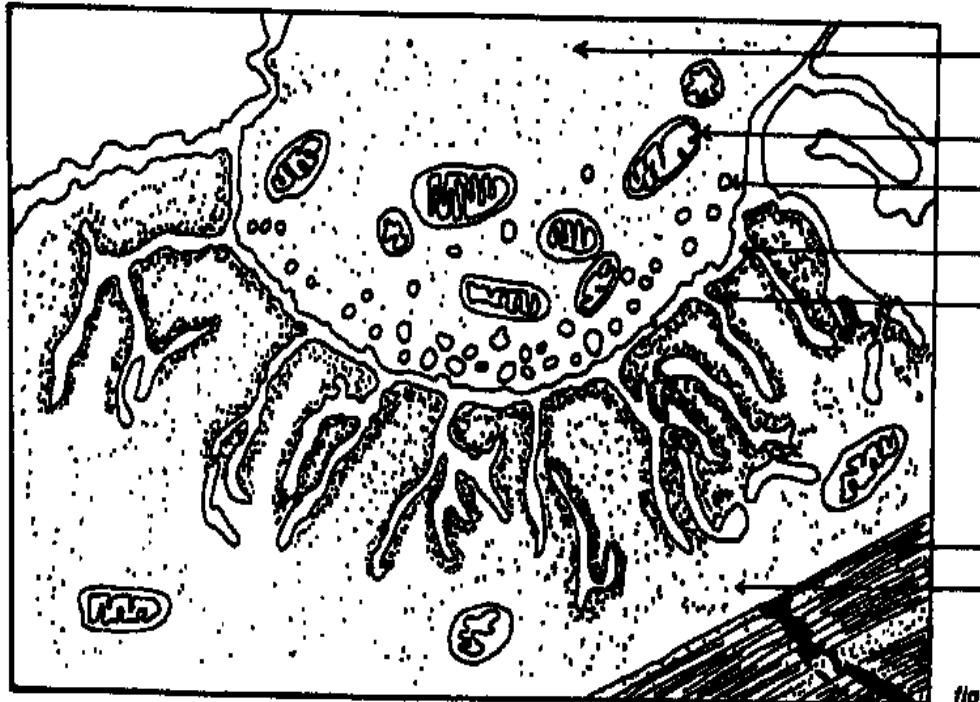


figure 1

Individu malade

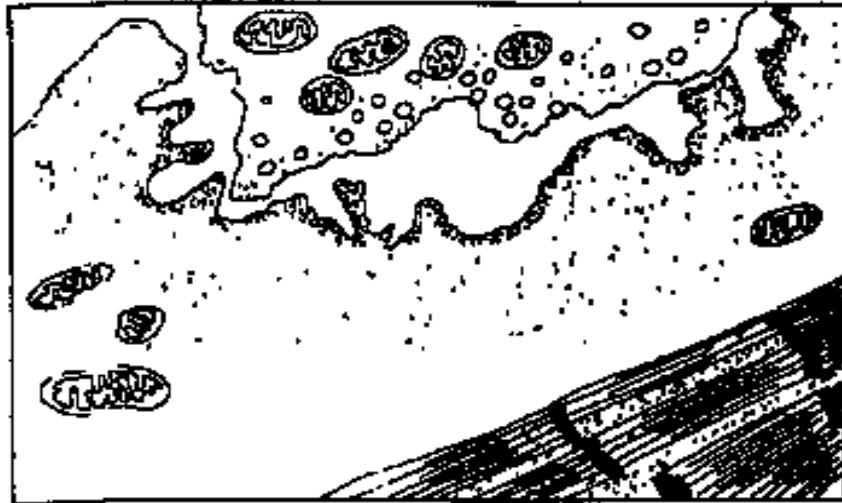


figure 2

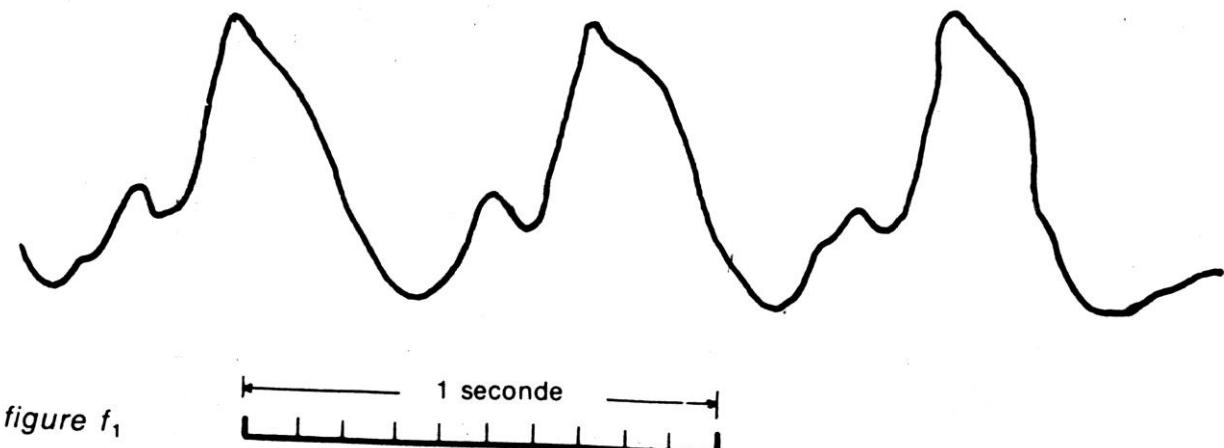
- 1) Placez les légendes et le titre directement sur la fugue 1
- 2) A l'aide de vos connaissances et de la figure 1, rappelez brièvement le fonctionnement de la structure représentée
- 3) Déterminez les différences d'ultrastructure entre les deux liaisons neuro- musculaires de figures 1 et 2.
- 4) En quoi ces différences peuvent-elles expliquer le mauvais fonctionnement du système musculaire chez l'individu malade ?

Centre de Marrakech - Juin 1984

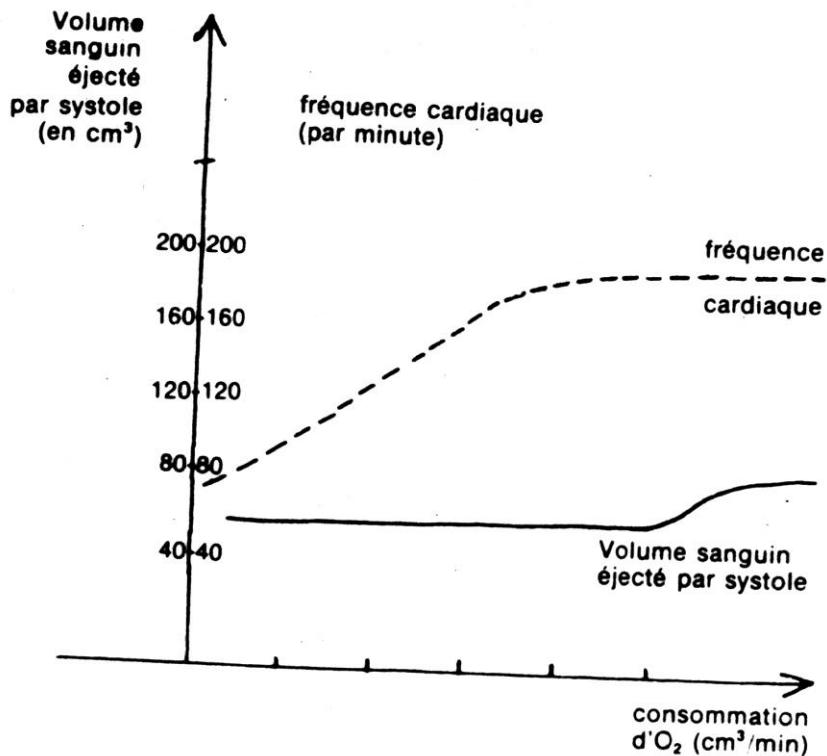
## E. L'ACTIVITE CARDIAQUE

### I.E1

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 f<sub>1</sub>.



- 1) Localisez une révolution cardiaque sur le tracé (Figure f<sub>1</sub>) ; 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 ;
  - a. 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 ?
  - b. 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 cm<sup>3</sup>/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<sub>2</sub>.



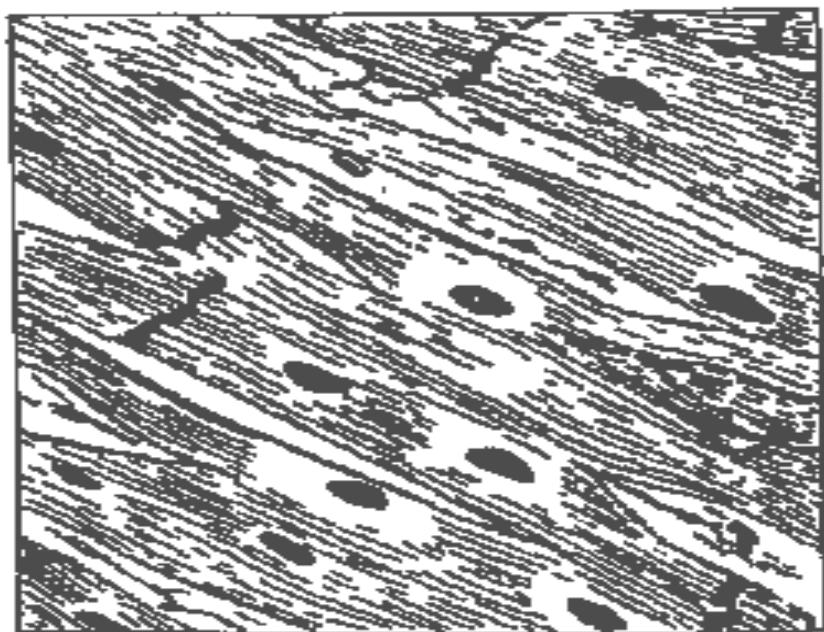
*figure f<sub>2</sub>*

- 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).
- En conclusion, quels sont les mécanismes, étudiés en cours qui permettent cette adaptation du cœur à l'effort.

**Juin1974**

#### I.E2

- La figure fa est un dessin d'une coupe de tissu observée au fort grossissement du microscope. Identifiez ce tissu. De quel organe provient-il ? Portez la légende aussi complète que possible sur le document fourni.

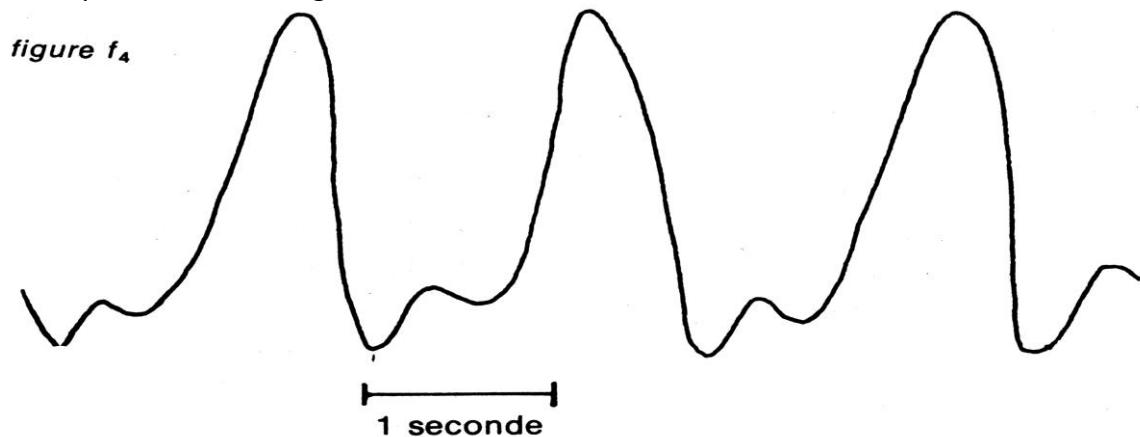


100  $\mu$

figuref<sub>3</sub>

2) On veut maintenant enregistrer chez la grenouille l'activité de cet organe. Quel appareil utilise-t-on ? Représentez-le schématiquement.

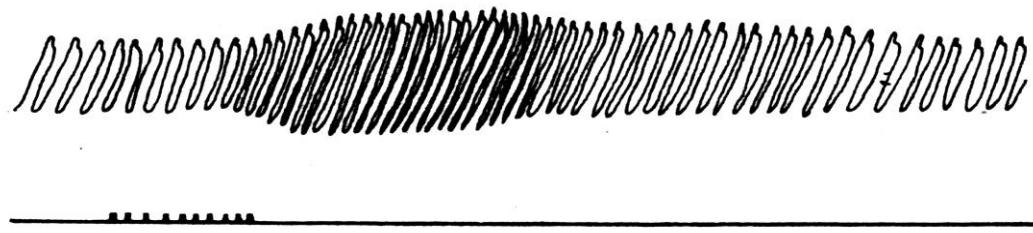
La figure f<sub>4</sub> représente cet enregistrement.



Analysez et commentez cette courbe.

3) Chez un chien, on excite un des deux nerfs splanchniques qui innervent la partie médullaire des capsules surrénales (glandes situées au-dessus des reins). Le document f<sub>5</sub> montre l'enregistrement des contractions cardiaques chez l'animal.

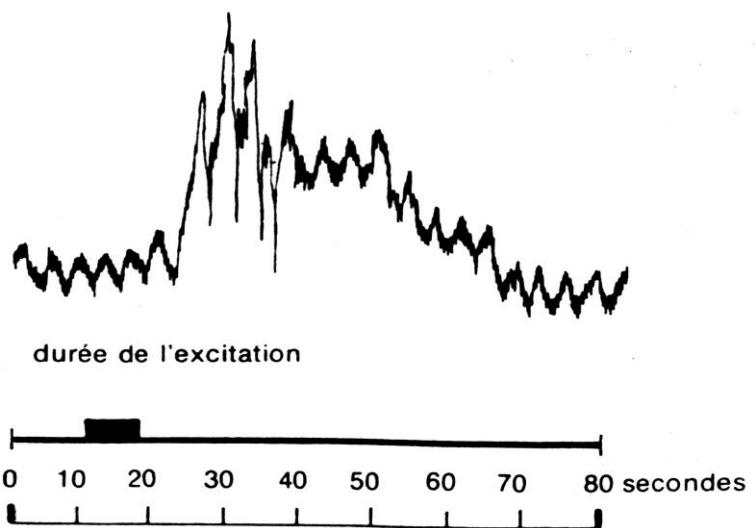
**figure f<sub>5</sub>**



**figuref<sub>5</sub>**

Analysez le document f<sub>5</sub> en expliquant les modifications apparues. En plus de l'activité cardiaque, on enregistre les variations de la pression artérielle dans l'artère carotide (située au niveau du cou et irriguant la tête) : on obtient l'enregistrement représenté par le document f<sub>6</sub>.

**figure f<sub>6</sub>**



b. Quel a été l'effet de l'excitation du nerf splanchnique sur la pression artérielle ? Quel rapport pouvez-vous d'autre part établir entre ces deux résultats expérimentaux illustrés par les documents f<sub>5</sub> et f<sub>6</sub> ?

Du sang veineux est prélevé à la sortie d'une capsule surrénale d'un chien dont on vient d'exciter le nerf splanchnique correspondant. Ce sang est injecté à un autre chien n'ayant subi aucune excitation. On observe alors les mêmes modifications que celles décrites dans le document f<sub>5</sub>.  
c. Déduisez le mode d'action des médullo-surrénales (il est rappelé qu'il existe deux médullo-surrénales).

Comment peut-on appeler l'agent qui a provoqué les modifications décrites ci-dessus ? Il est d'observation courante qu'au cours d'une émotion forte (peur ou colère), la fréquence du rythme cardiaque augmente ; le physiologiste Cannon a démontré que cette réaction ne se produisait plus si les nerfs splanchniques étaient sectionnés.

d. Quelles précisions supplémentaires apportent ces nouvelles observations ?

**Septembre 1978**

**I.E3**

Soit l'expérience suivante réalisée chez un chien :

	Résultats observés
<p>Enregistrement des potentiels d'action (P.A) dans une fibre d'un nerf de Hering, issu d'un sinus carotidien, en fonction des valeurs de la pression sanguine (P.S) régnant à ce niveau. Ces enregistrements — voir ci-contre — ont été réalisés pour 3 valeurs de la pression sanguine, exprimées en millimètres de mercure : 20, 80, 200 mm Hg.</p>	

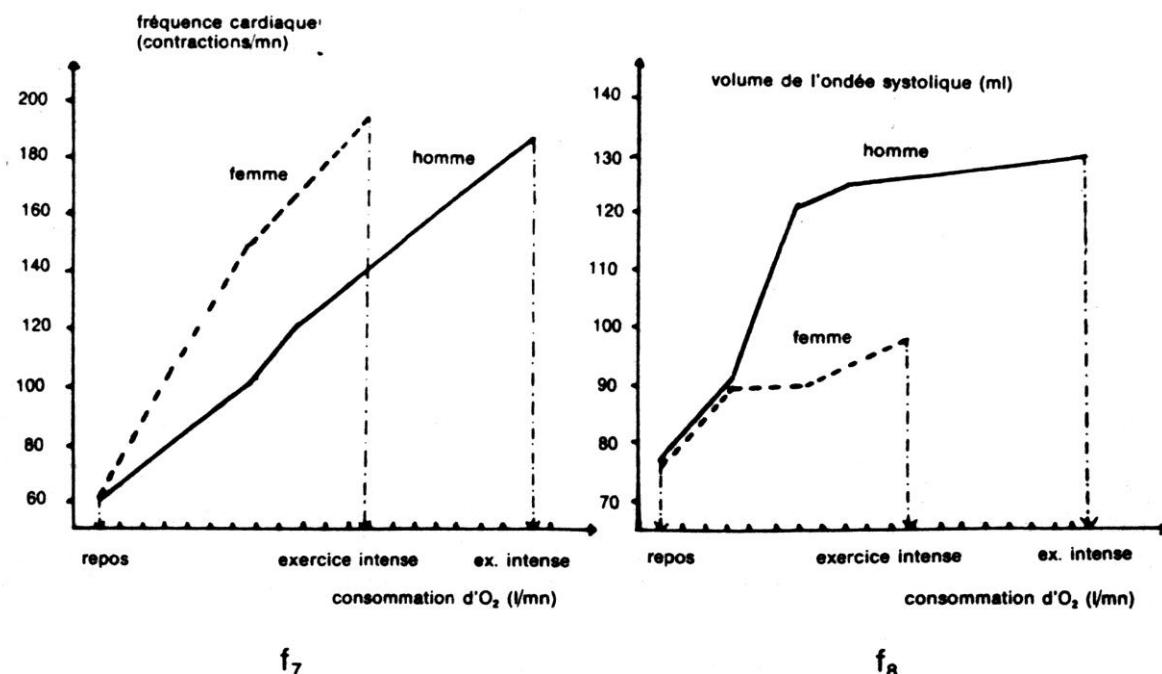
1) Analysez ces résultats.

1 2) Quelle relation établissez-vous entre le phénomène observé ici et la régulation de l'activité cardiaque ?

Juin 1979

#### I.E4

On se propose d'étudier certaines modifications physiologiques de l'organisme au cours d'un exercice musculaire. Les graphiques  $f_7$  et  $f_8$  indiquent respectivement les valeurs de la fréquence cardiaque (nombre de contractions par minute) et celles du volume de l'onde systolique (volume de sang expulsé par un ventricule au cours d'une systole). Le débit cardiaque (en litre par minute) dépend de ces deux valeurs.



- 1) En utilisant les graphiques  $f_7$  et  $f_8$  calculez le débit cardiaque chez l'homme et chez la femme:
- au repos,
  - au cours d'un exercice intense.

Comparez les valeurs obtenues. Quelles précisions vous apportent-elles sur l'adaptation du fonctionnement cardiaque à un effort musculaire ?

2) Le tableau ci-dessous indique pour quelques organes les valeurs du débit sanguin (en millilitre par minute) qui les traverse.

	au repos	pendant un exercice physique intense
Cœur : vaisseaux qui alimentent cet organe (coronaires)	... 250 ...	..... 1000 .....
Ensemble des muscles .....	... 1200 ...	..... 22000 .....
Cerveau .....	... 750 ...	..... 750 .....
Organes abdominaux .....	... 1400 ...	..... 300 .....

Que pouvez-vous dire de ces valeurs ? Justifiez votre réponse.

Mai 1980

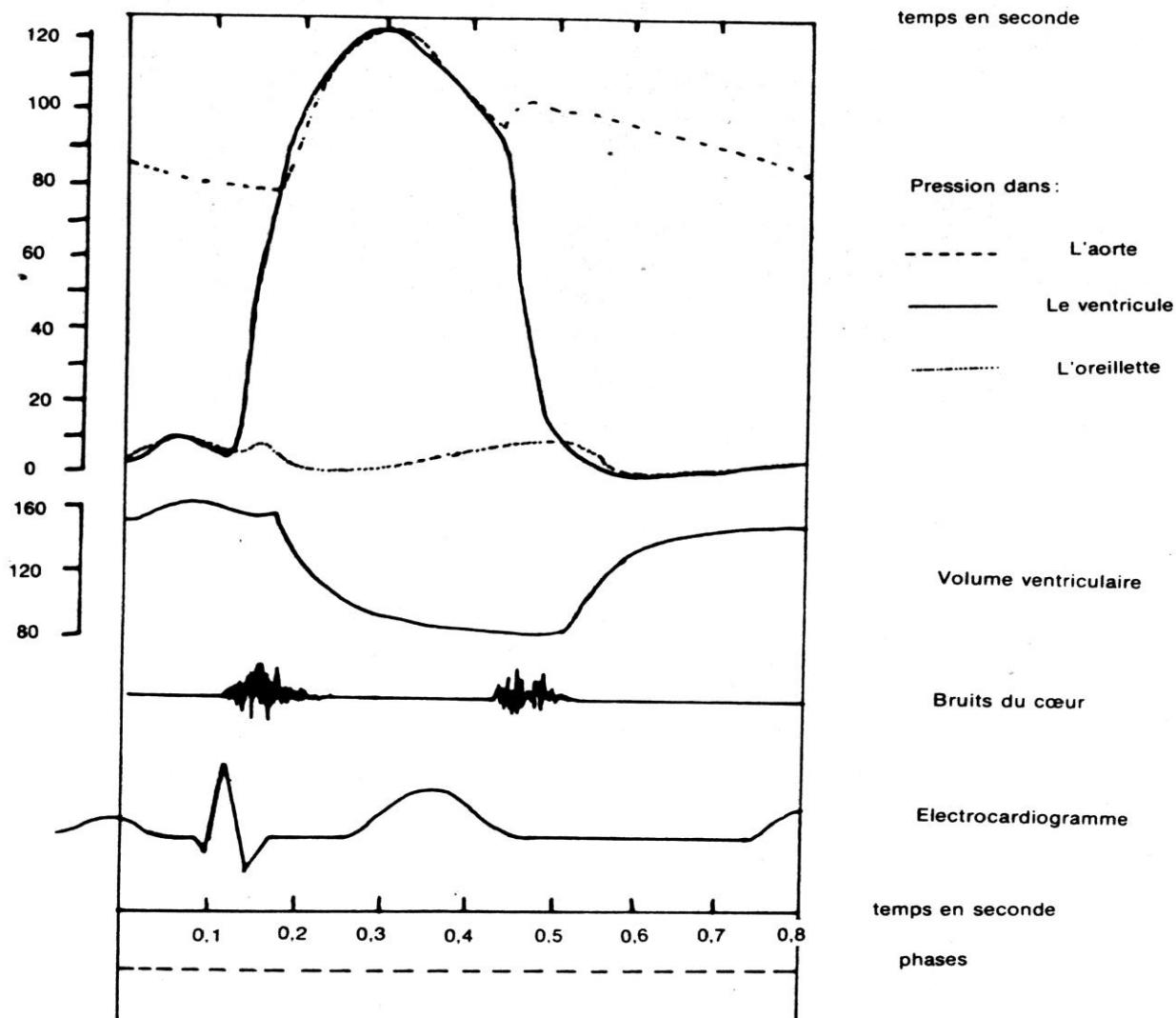
#### I.E5

A l'aide de divers appareils de précision, on a obtenu les enregistrements représentés par la figure f<sub>9</sub>; ces enregistrements se rapportent à l'activité cardiaque de l'Homme.

1 ) Délimitez et nommez sur la ligne inférieure (indiquée en pointillé) du document les phases du phénomène étudié.

2) Etablissez pour chacune de ces phases les relations entre les différents phénomènes enregistrés. On s'appuiera sur les données graphiques et numériques fournies par la figure f<sub>9</sub>

**Remarque :** la réponse à cette question pourra être présentée sous forme d'un tableau et être accompagnée de schémas.



*figure f<sub>9</sub>*

**Juin 1980**

**Juin 1980**

### I.E6

I. On se propose de comparer les propriétés de deux types de muscles striés :

- le muscle strié squelettique d'une part,
- le myocarde ventriculaire d'autre part.

Avec un dispositif comprenant une électrode reliée à un oscilloscope cathodique, l'autre électrode étant maintenue à un potentiel constant, on enregistre sur l'écran de l'appareil le potentiel d'action (électromyogrammes ; courbes en trait plein):

d'un muscle gastrocnémien de grenouille, figure A<sub>1</sub>,  
d'un fragment de myocarde isolé de Chien, figure A<sub>2</sub>.

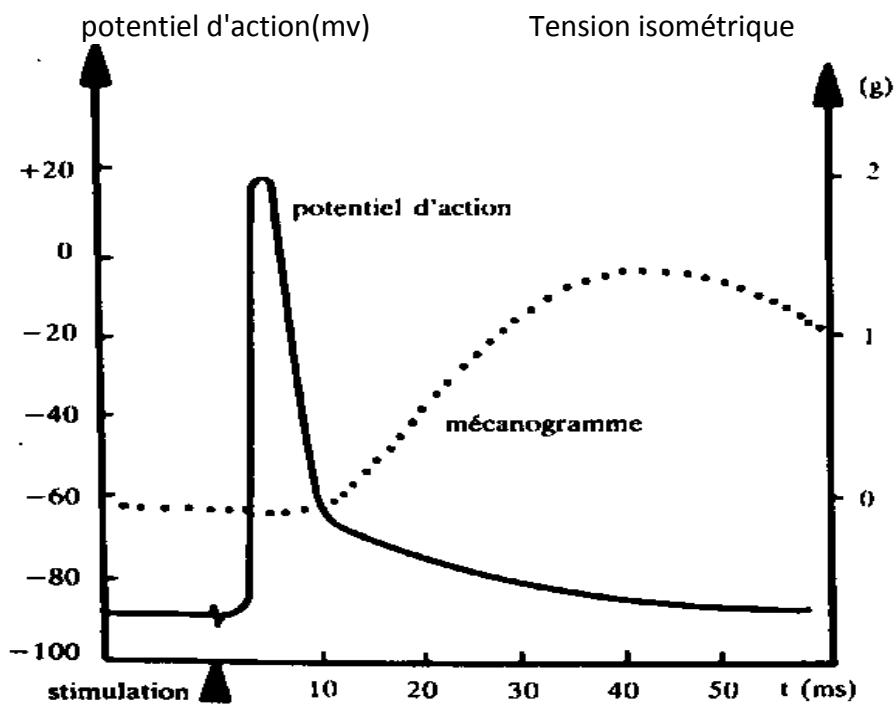


figure A<sub>1</sub>, Muscle gastrocnémien.  
tension isométrique

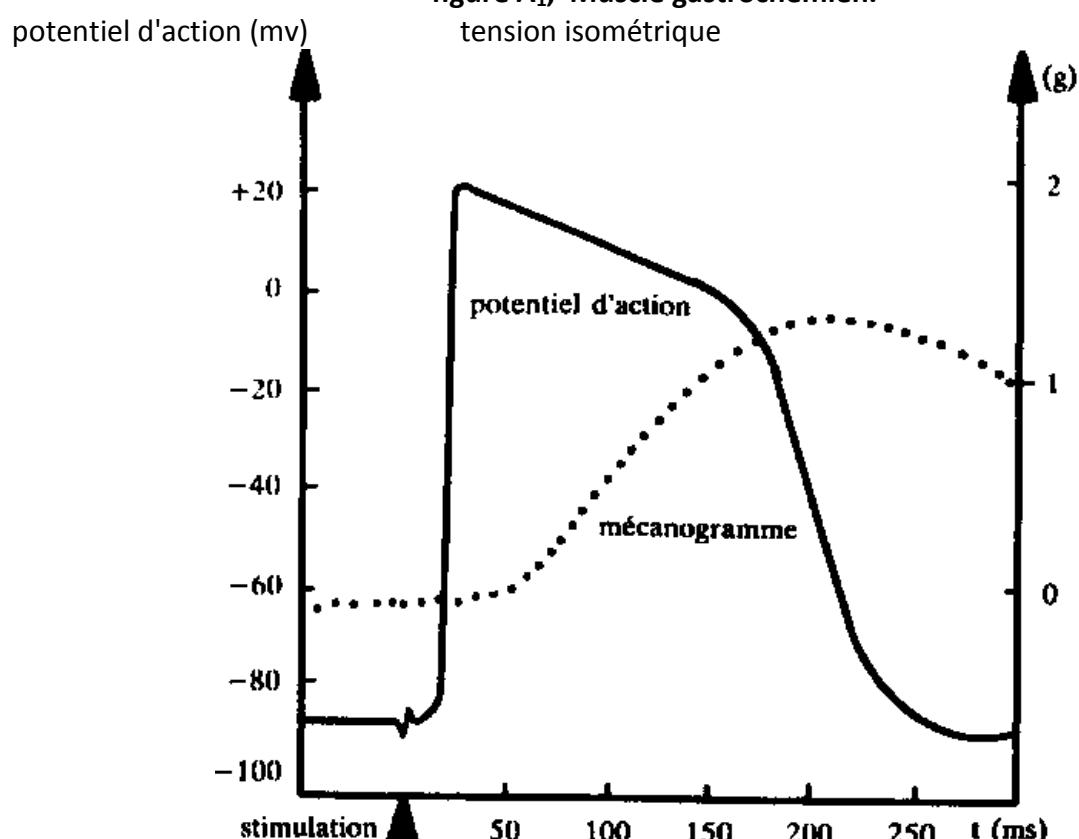


figure A<sub>2</sub> : Myocarde ventriculaire.

Dans les deux cas, on a enregistré simultanément la secousse musculaire qui en résulte (mécanogrammes : courbes en pointillé).

Les deux types d'enregistrements sont obtenus à la suite d'une seule stimulation électrique.

1 - Comparez les deux enregistrements électriques obtenus. (On remarquera que l'échelle des temps n'est pas la même pour les deux graphes).

2 - Comment expliquez-vous dans les deux cas, le décalage entre le potentiel d'action et le mécanographe ?

II. Afin de préciser la différence de comportement entre les deux muscles, on a mesuré les variations de la perméabilité membranaire des deux types de fibres aux ions sodium et potassium, toujours dans le cas d'une stimulation électrique unique : figure A<sub>3</sub> pour le muscle gastrocnémien et figure A<sub>4</sub> pour le myocarde.

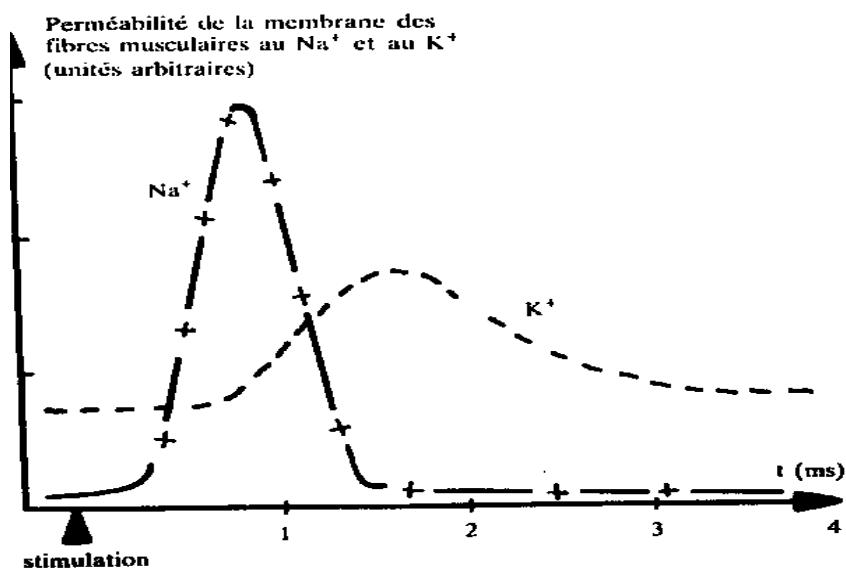


figure A<sub>3</sub>.

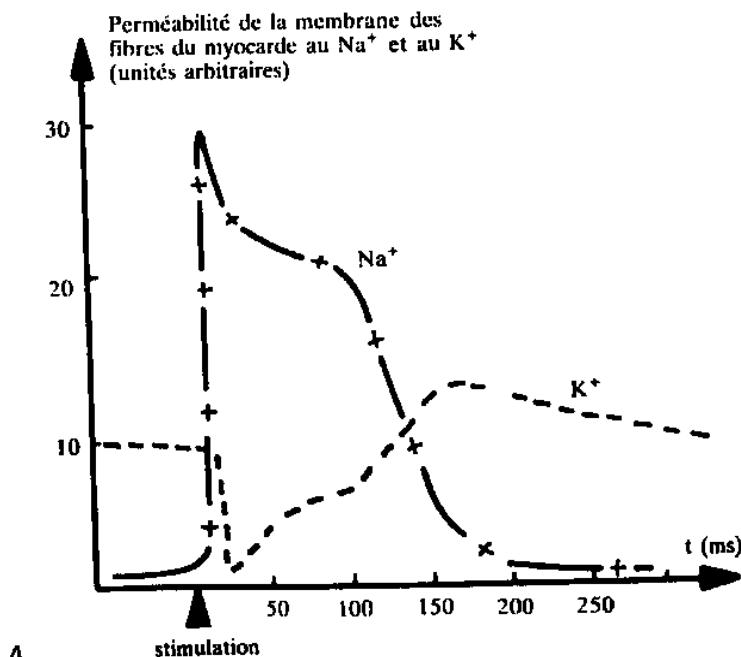


figure . A<sub>4</sub>

Indiquez les rapports qui existent entre ces variations de la perméabilité et tracez les électromyogrammes correspondants.

III. On enregistre simultanément l'électromyogramme et le mécanogramme de fibres du myocarde (figure A<sub>5</sub>). Dans cette expérience le myocarde est resté soumis à ses stimulations naturelles, puis on lui a appliqué des excitations électriques a, b, c.

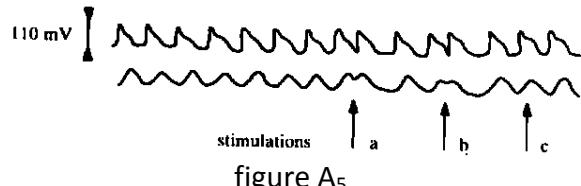


figure A<sub>5</sub>

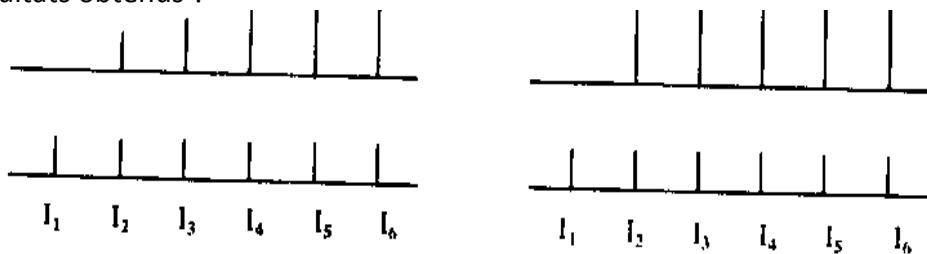
Quelles propriétés révèlent ces enregistrements :

1 - lorsque le tissu se trouve dans ses conditions normales ? Indiquez l'origine de ce comportement,

2 - quand on lui applique ces diverses stimulations électriques ?

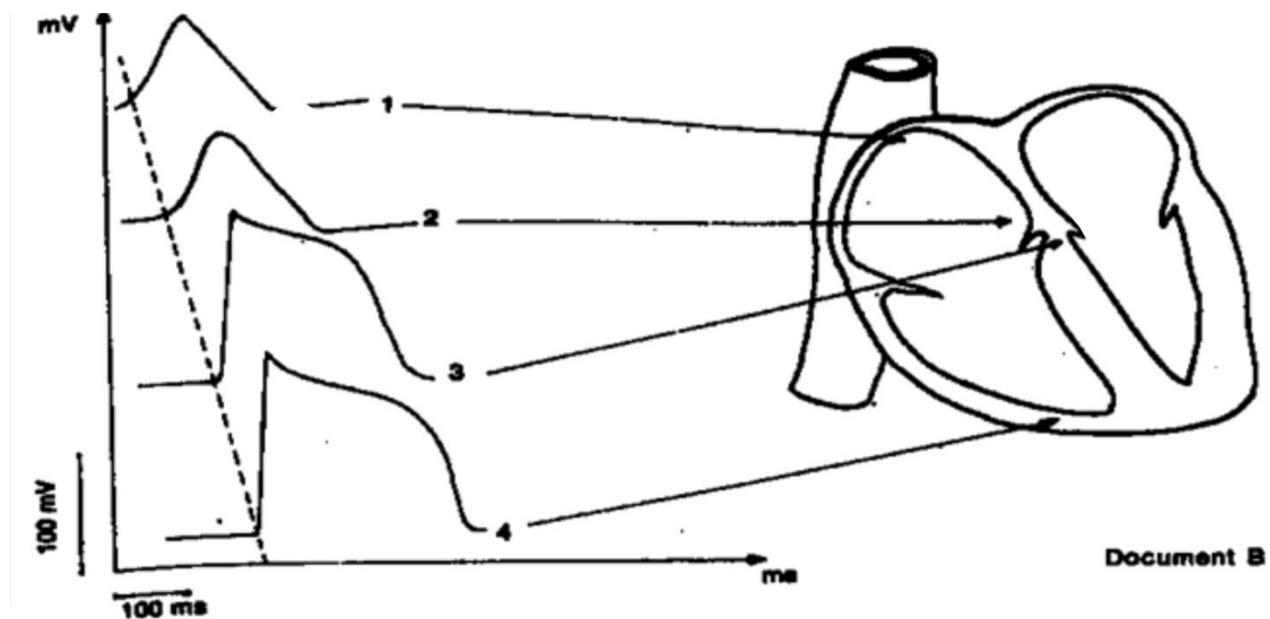
IV. Pour continuer l'étude comparée de ces deux types de tissus, on soumet un fragment de muscle strié squelettique (figure A<sub>6</sub>) et un fragment de myocarde isolé (figure A<sub>7</sub>) à des stimulations électriques ( $I_1 I_2 I_3 \dots I_6$ ) d'intensité croissante, et on enregistre l'amplitude des réponses mécaniques.

Comment la structure de ces deux types de muscles striés vous permet-elle d'expliquer les différents résultats obtenus ?



### I.E7

L'implantation d'électrodes réceptrices en divers points d'un cœur isolé de chien a permis d'enregistrer sur un oscilloscope électronique les courbes représentées sur le document B.



1) Que représentent ces différentes courbes ?

2) Le décalage des tracés selon l'axe des abscisses étant proportionnel au temps de conduction, quel phénomène physiologique ces différentes courbes vous permettent-elles de mettre en évidence ? Justifiez votre réponse.

Afin de déterminer le mécanisme de ce phénomène, on réalise sur des animaux différents des expériences de destruction sélective de certaines régions du cœur. Les résultats obtenus sont portés dans le tableau suivant :

Expérience	Réultants
Exp.1: Destruction en 1, 2 et 3	Le Cœur s'arrête de battre
Exp.2 : Destruction en 1	Ralentissement des battements cardiaques
Exp. 3 : Destruction en 1 et 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arrêt des battements des oreillettes</li> <li>- Les ventricules battent à un rythme lent (25 à 35 battements par minute)</li> </ul>

3) A partir de ces résultats, montrez le rôle de ces régions du cœur dans le phénomène considéré.

4) Sur le document B, représentez et légandez les structures que vous venez de mettre en évidence.

Centre de Rabat - Mai 1984

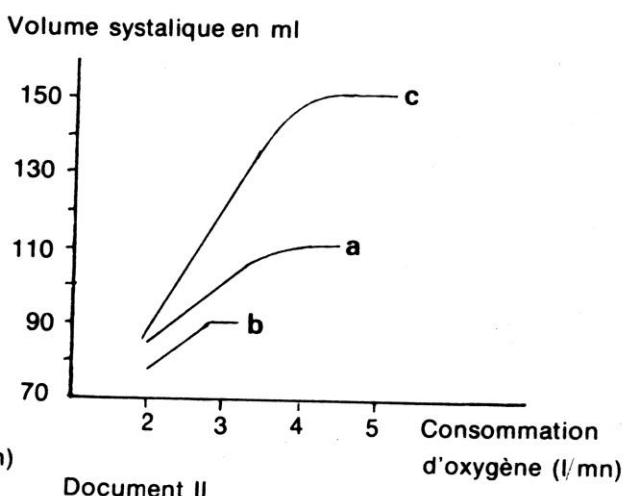
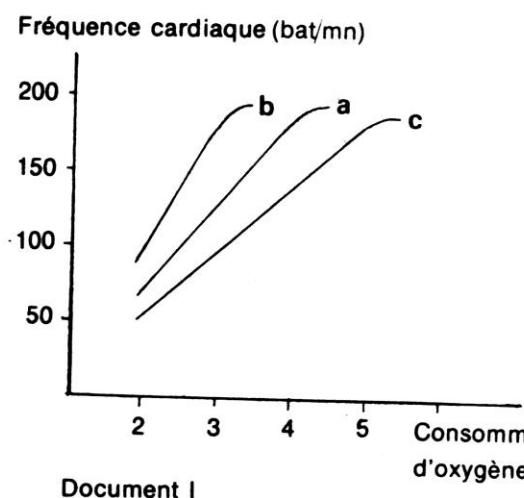
#### I.E8

I. Afin d'étudier les effets du repos prolongé et de l'entraînement physique sur l'activité cardiaque, on soumet des individus masculins: âgés de 19 à 21 ans de même taille et de même masse, à un effet musculaire d'intensité croissante.

Durant cet exercice, on mesure pour chaque individu, la variation de la fréquence cardiaque et du volume systolique de la consommation d'oxygène exprimé en litres par minute. Les courbes a, b. et c des documents I et II correspondent aux moyennes des mesures effectuées sur ces individus dans les conditions suivantes :

- courbes a = moyennes des mesures réalisées avant la période de repos prolongé(les individus se trouvent dans des conditions normales).

- courbes b = moyennes des mesures réalisées après 20 jours de repos au lit.
- courbes c = moyennes des mesures réalisées après 50 jours d'entraînement physique.



1) De l'analyse des documents I et II que pouvez-vous déduire à propos des variations de la fréquence cardiaque, du volume systolique et de la fréquence cardiaque du volume systolique et de la consommation d'oxygène dans les trois cas considérés? Justifiez vos réponses par des données numériques.

2) Comparez les débits cardiaques maxima dans les trois cas. A quoi peut-on attribuer les différences constatées ?

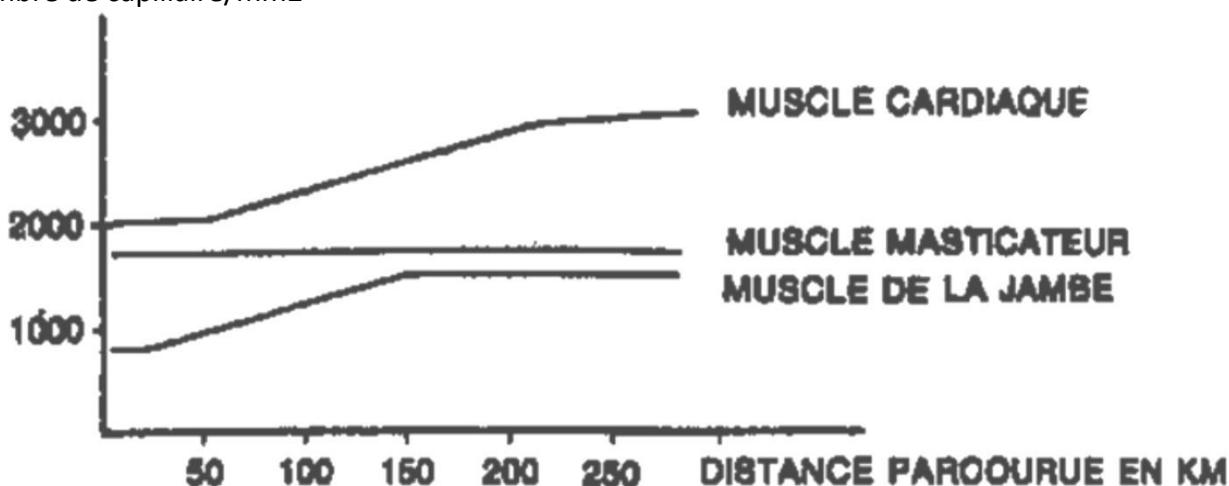
On rappelle que le débit cardiaque dépend de la fréquence cardiaque et du volume systolique.

II. Par ailleurs, trois séries d'expériences sont effectuées sur l'homme et sur différents animaux.

Expérience 1 : Des cobayes de même âge et de même masse sont soumis à des périodes d'entraînement quotidien (course). On mesure l'évolution de la densité des capillaires sanguins en fonction de l'effort fourni, au niveau de trois muscles : muscle masticateur, muscle de la jambe et muscle cardiaque.

Le document III traduit les résultats ainsi obtenus.

nombre de capillaire/mm<sup>2</sup>



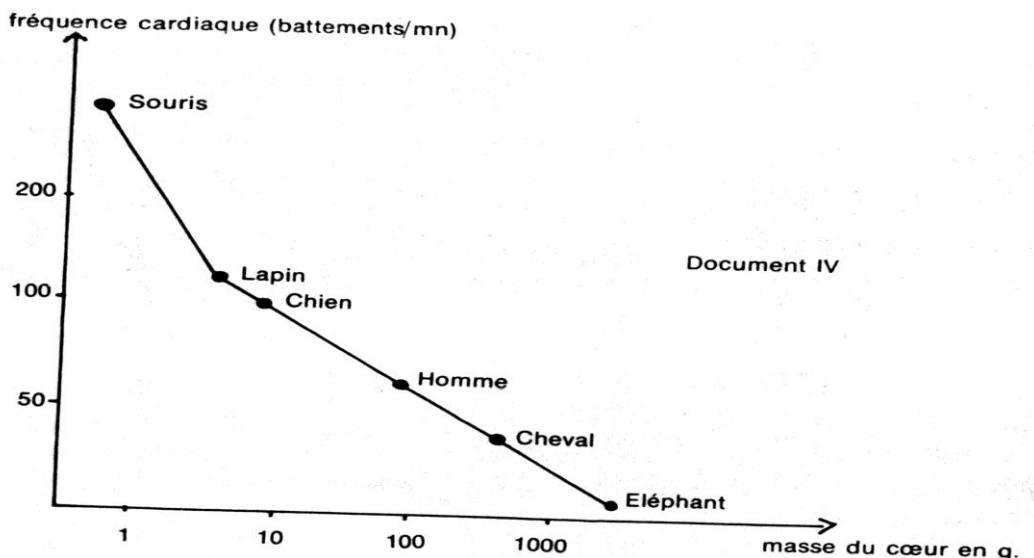
Document III.

Expérience 2 : Dix rats de même âge sont soumis à un entraînement régulier (nage). Ces rats, ainsi que dix autres non entraînés (rats témoins), sont sacrifiés. La masse de leur cœur est mesurée. Les résultats obtenus sont groupés dans le tableau suivant.

	Masse des cœurs en mg									
Rats témoins	738	740	741	739	737	738	742	743	742	740
Rats entraînés	967	966	968	967	966	970	967	966	967	966

- 1) Analysez les résultats de ces deux expériences. Quelles conclusions pouvez-vous en tirer ?
- 2) En conclusion, précisez les modifications cardiaques qui accompagnent l'entraînement.
- 3) Quels nouveaux éléments d'information vous apporte l'analyse du tableau suivant et du document IV en ce qui concerne la variation de la fréquence cardiaque ?

Age	Nouveau-né	1	5	10	20	30	40	60 ans
Fréquence/ mn	140	115	98	87	75	70	69	65



Expérience 3: celle-ci consiste à mesurer un certain nombre de variables chez un homme qui effectue un effort physique d'intensité croissante et de longue durée. Les mesures réalisées sont consignées dans le tableau ci-dessous.

	Repos	Effort physique en Km/h					
		4,8	7	10	10,5	11,8	12
Consommation d'oxygène en l/mn	0,35	1,08	2,11	3,01	3,04	3,04	3,04
Chaleur perdue en Kcal/mn	0,30	3,5	8	14	16	22	23
Taux d'acide lactique en g/mn	traces	Traces	traces	traces	1,95	26,8	37,7

- 4) En fonction des données du tableau ci-dessus, expliquez les variations de la chaleur mesurée au cours de l'effort physique.

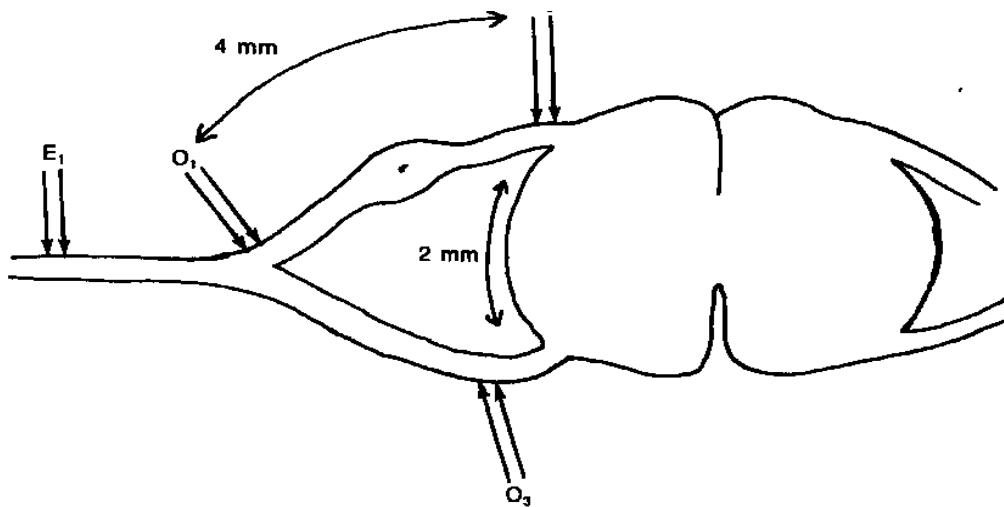
I

**PHYSIOLOGIE ANIMALE**  
**PROBLEMES DE RELATION**  
**CORRIGES**

## A. FONCTIONNEMENT DU SYSTEME NERVEUX SPINAL

### I.A1

#### 1) Schéma du dispositif expérimental



#### 2) Calcul des vitesses

- entre 01 et 02, l'influx nerveux a mis un temps  $t = t_1 - t_2 = 0,2$  milliseconde  $= 0,2 \cdot 10^{-3}$  s pour parcourir une distance  $d = 4$  mm  $= 4 \cdot 10^{-3}$  m.

$$\text{La vitesse est } v = \frac{D(m)}{t(s)} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 10^{-3}} = 20 \text{ m/s.}$$

- entre 02 et 03, l'influx nerveux a mis un temps  $t = t_3 - t_2 = 0,25 \cdot 10^{-3}$  s pour parcourir une distance  $d = 2 \cdot 10^{-3}$  m

$$v = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 10^{-3}} = 8 \text{ m/s.}$$

Explication de la variation de vitesse

Entre 01 et 02, l'index nerveux suit l'influx nerveux suivant le trajet d'un arc réflexe.

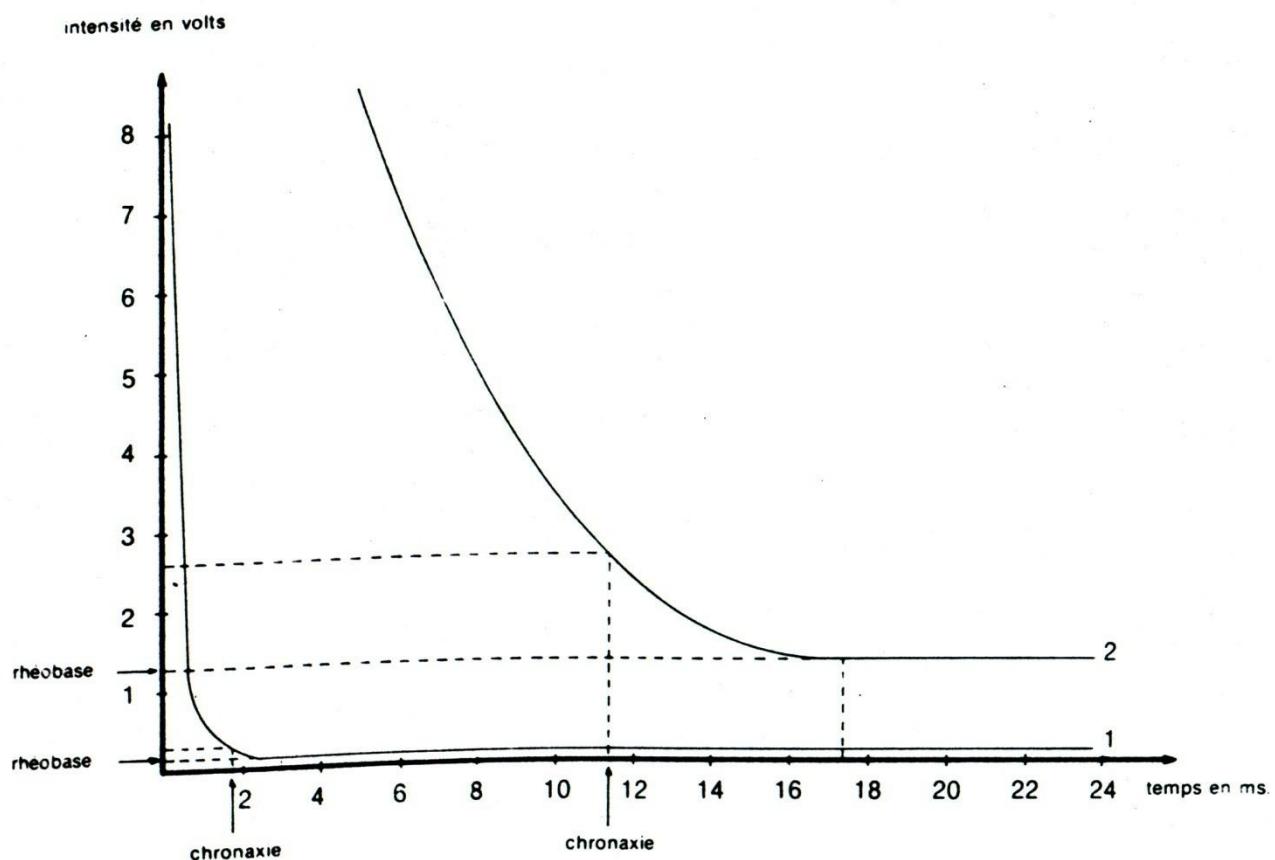
De 01 à 02, l'influx nerveux se déplace plus vite le long de la racine postérieure constituée de fibres myélinisées.

De O2 à O3, l'influx nerveux se déplace moins vite à travers la substance grise de la moelle épinière constituée de fibres amyélinisée et franchit une synapse au moins. La variation de vitesse est donc due à l'absence de myéline dans la substance grise de la moelle épinière, d'une part, et au retard synaptique, d'autre part.

#### I.A2

1) a. Construction de la courbe V.S. = f(t) qui représente toutes les excitations-  
Seuils à l'origine de potentiels d'action.

Remarque: pour faciliter la composition des résultats expérimentaux, la courbe (2) dont on demande la construction au paragraphe b, figurera également sur le même graphe que la courbe (1).



La courbe (1) délimite deux zones :

- au dessus de la courbe la zone d'excitabilité
- au dessous de la courbe, la zone d'inexcitabilité (excitations inefficaces)

Définition et détermination des valeurs caractéristiques de l'excitabilité des neurones du cortex cérébral :

Le seuil d'intensité est la plus faible valeur de l'excitant qui permet d'obtenir une réponse. Dans le cas où l'excitant utilisé est le courant électrique, le seuil d'intensité est appelé voltage rhéobasique ou rhéobase.

Sa valeur est égale ici à 0.15 volts

Le temps utile est la plus faible durée du passage du courant rhéobasique qui donne une réponse.

Sa valeur est 3 millisecondes environ.

la chronaxie est le temps minimal pendant lequel il faut appliquer un courant électrique d'intensité double de la rhéobase pour obtenir une réponse.

Sa valeur est égale à 1 .9 millisecondes environ.

b. De la même façon, la courbe (2 )délimite une zone d'excitabilité et une zone d'inexcitabilité.

Valeurs caractéristiques de l'excitabilité des neurones du cortex cérébral :

temps utile = 17,5 millisecondes

chronaxie = 11,4 millisecondes

rhéobase = 1,3 volts

Ces valeurs sont nettement élevées que celles enregistrées dans le premier cas (voir courbe (1)).

Il apparaît donc que le tissu nerveux est d'autant plus excitable que la rhéobase est faible, le temps utile court et la chronaxie faible.

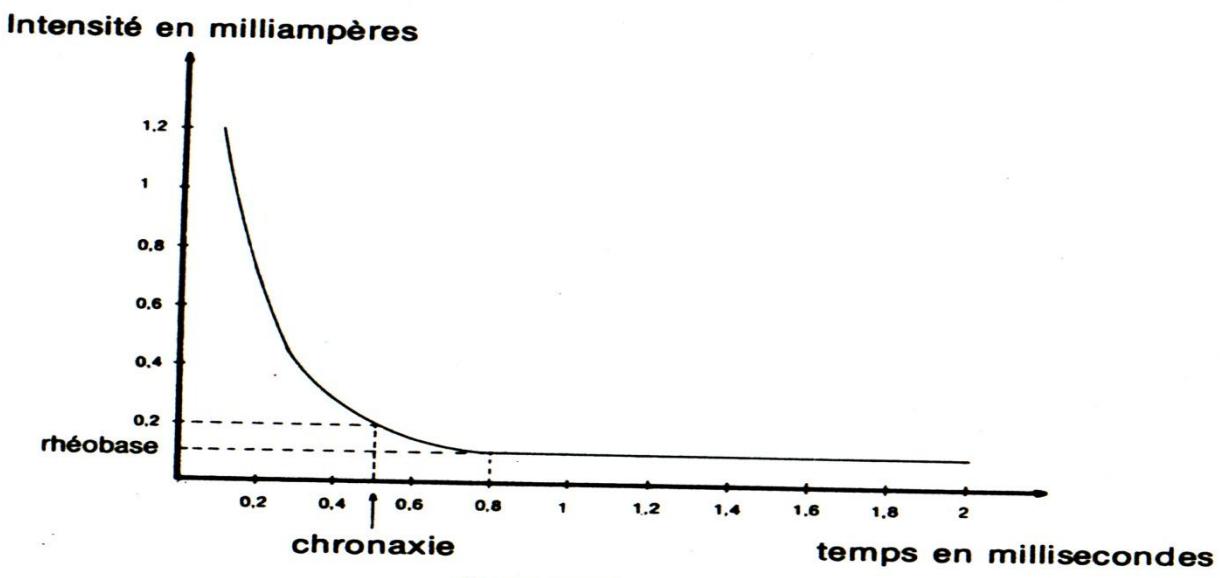
Après un arrêt de la circulation sanguine: (deuxième cas) les neurones deviennent moins excitables.

c. Plus le temps de l'arrêt de la circulation sanguine augmente, plus les neurones du cortex cérébral deviennent moins excitables. Si ce temps dépasse une valeur critique de 3 minutes, les neurones deviennent inexcitables de façon irréversibles. Cette perte irréversible de l'excitabilité traduit la mort des neurones du cortex cérébral. Elle a été provoquée par l'absence de nutriments et surtout d'oxygène dont le transport est assuré par le sang.

2) Au niveau de l'écorce cérébrale des lobes occipitaux sont localisées les aires de projection et psycho-visuelles. Une hémorragie située à leur niveau entraîne une perte irréversible de l'excitabilité des neurones des aires visuelles. Celles-ci ne fonctionnant plus (l'aire de projection visuelle permet de voir, l'aire psychovisuelle permet de reconnaître ce qu'on voit), l'individu est atteint de cécité (il devient aveugle).

I.A3

1) construction de la courbe  $I = f(t)$



2) a. On remarque qu'à chaque valeur de la durée d'application de l'excitant correspond une valeur minimale de l'intensité excitatrice et réciproquement au dessous de laquelle l'excitation est inefficace.

Si la durée du choc électrique est faible, son Intensité doit être forte (et réciproquement) pour que l'excitation soit efficace.

La courbe  $I = f(t)$  caractérise l'excitabilité de la fibre nerveuse : au-dessus de la courbe on a la zone des excitations efficaces au dessous la zone des excitations inefficaces (du fait d'une intensité trop faible ou d'un temps d'application trop court).

Il existe une intensité minimale (ou seuil efficace). Dans le cas du courant électrique, c'est le plus faible voltage qui permette d'obtenir une réponse : c'est la rhéobase ou voltage rhéobasique égal ici à 0,1 mA. La chronaxie ou temps minimal pendant lequel un courant électrique d'intensité double de la rhéobase doit être appliqué pour qu'une réponse soit enregistrée. La chronaxie est ici égale à 0,5 ms.

b. On n'enregistre pas aucune variation sur l'écran des oscilloscopes 01 et 02 car l'excitation d'intensité  $I_1 = 0,2$  mA, appliquée pendant un temps  $t_1 = 0,3$  ms est inefficace (elle est située dans la zone des exciterons inefficaces du document 1)

Pour que cette excitation soit efficace, il faut qu'elle soit appliquée pendant un temps minimal égal à 0,5 ms. D'après le document 1, cette excitation d'intensité  $I_2 = 0,3$  ms appliquée pendant un temps  $t_2 = 0,6$  ms est efficace car la durée minimale pour une telle intensité est de 0,4 ms seulement.

On observe sur l'écran de l'oscilloscophe 01 une courbe diphasique puisque les deux électrodes réceptrices sont placées à la surface de la fibre nerveuse.

Sur l'écran de 02, on observe une courbe monophasique car la deuxième électrode réceptrice se trouve à un potentiel nul.

3) a. Comme précédemment, on observe sur 01, une courbe diphasique et sur 02 une courbe monophasique.

Avant de répondre à l'autre partie de la question , il convient de rappeler que la conductibilité de l'influx nerveux, indifférente dans une portion de fibre (c'est à dire se déplaçant dans les deux sens de la fibre nerveuse), est orientée, pour une chaîne de neurones dans le sens dendrites, corps cellulaire, axone.

Donc. sur l'écran de l'oscilloscophe 03, on enregistre: une courbe diphasique étant donné que les deux électrodes réceptrices sont situées à la surface de la dendrite du neurone suivant. Pour y parvenir l'influx nerveux franchit la synapse entre 02 et 03. Les électrodes de 04 étant situées sur l'axone du neurone précédent l'influx nerveux ne peut s'y rendre car ce sens est opposé au sens physiologique signalé plus haut.

b. 50 m/s représentent la vitesse de l'influx nerveux dans cette fibre. Quelle est la vitesse de l'influx nerveux entre E et 03 ?

$$\text{on sait que } v = \frac{d(m)}{t(s)} = \frac{12 \cdot 10^{-3}}{0,34 \cdot 10^{-3}} = 35,3 \text{ m/s}$$

Cette vitesse est inférieure à la vitesse de l'influx nerveux dans une fibre.

Donc il y a eu un ralentissement de la vitesse entre E et 03, qui ne peut avoir lieu qu'au niveau de la synapse.

Calculons le temps perdu à l'influx nerveux pour franchir la synapse :

- temps que devrait mettre l'influx nerveux pour parcourir une distance de 12 mm.

$$V = \frac{d}{t} \text{ d'où } t = \frac{d}{v} = \frac{12 \cdot 10^{-3}}{50} = 0,24 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 0,24 \text{ ms.}$$

- temps réel mis par l'influx nerveux pour parcourir cette distance de 12 mm = 0,34 ms

temps perdu = 0,34 - 0,24 = 0,10 ms .

Ce retard de 0,10 ms s'explique par le fait que la transmission synaptique n'est pas directe mais se fait par l'intermédiaire d'un médiateur chimique, l'acétylcholine.

#### I.A4

a) Calcul de la vitesse de l'influx nerveux .nerveux.

$$\text{on rappelle que } v = \frac{d(\text{en m})}{t(\text{en s})}$$

$d$  = distance AB

$d = 5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-1} \text{ m}$  chez la grenouille.

$d = 24 \text{ à} = 24 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  chez le chien.

$t$  = temps mis par l'influx nerveux pour parcourir la distance AB

Le tableau suivant vous donne les valeurs de la vitesse de l'influx nerveux sciatique de chaque animal en fonction de la température.

Température du nerf	18°C	28°C	38°C
Grenouille	$\frac{5 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-3}} = 25 \text{ m/s}$	$\frac{5 \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 10^{-3}} = 50 \text{ m/s}$	$\frac{5 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-4}} = 100 \text{ m/s}$
Chien	$\frac{24 \cdot 10^{-2}}{24 \cdot 10^{-4}} = 100 \text{ m/s}$	$\frac{24 \cdot 10^{-2}}{2,35 \cdot 10^{-3}} = 102 \text{ m/s}$	$\frac{24 \cdot 10^{-2}}{2,45 \cdot 10^{-3}} = 98 \text{ m/s}$

La comparaison de ces valeurs montre que pour une température donnée la vitesse de l'influx nerveux est plus grande chez le chien sauf à 38°C où les deux vitesses sont très voisines.

b) L'influence de la température est pratiquement négligeable chez le chien alors qu'elle est très importante chez la grenouille où la mitose double chaque fois que la température augmente de 10°C.

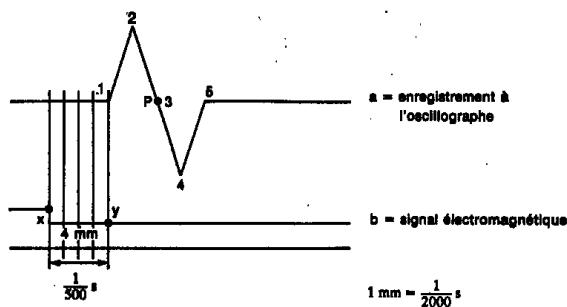
La température du milieu extérieur influe sur la physiologie et le comportement de la grenouille qui est un animal à température variable (poikilotherme)

#### I.A5

- Facteurs nécessaires pour que l'excitation soit efficace :

- \* intensité du stimulus : celle-ci doit être égale ou supérieure au seuil d'excitabilité du nerf
- \* durée d'application du stimulus : celle-ci doit être suffisante ; elle est fonction de l'intensité du stimulus utilisé.

- Interprétation de la figure f4



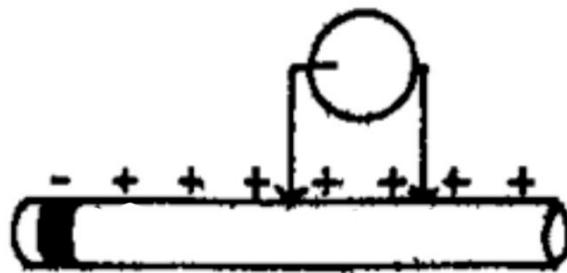
L'enregistrement obtenu ou électroneurogramme représente un potentiel d'action diphasique

Rappel : Au repos, la surface du nerf est polarisée négativement.

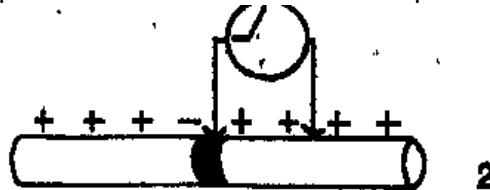
Toute excitation du nerf donne naissance à une dépolarisation de la surface du nerf qui se propage sous forme d'une onde de négativité partant du point excité.

Analysons cet enregistrement :

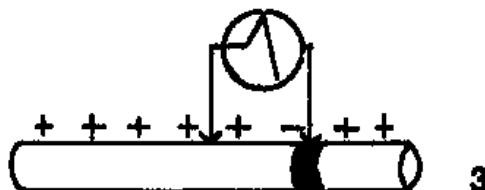
1 = le tracé du spot sur l'écran de l'oscilloscophe est horizontal : l'onde de dépolarisation n'a pas encore atteint la première électrode réceptrice ; la ddp. entre les deux électrodes réceptrices est donc nulle.



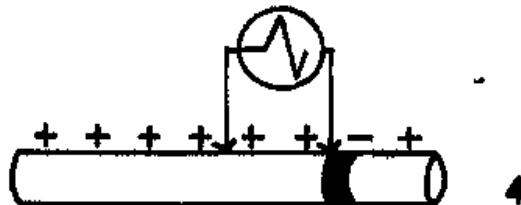
2 = déviation vers le haut du spot lumineux : l'onde de dépolarisation atteint la première électrode produisant une ddp entre les deux électrodes réceptrices.



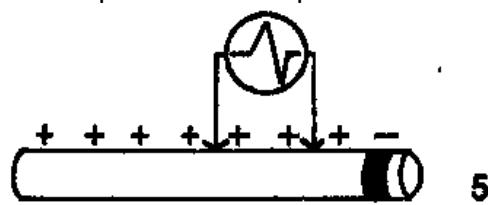
3 = Le spot lumineux dévie en sens inverse : l'onde de dépolarisation quitte la première électrode continue sa propagation pour atteindre la deuxième électrode à la valeur 4.  
Au point P le spot lumineux ne décrit pas de palier donc les électrodes réceptrices sont très rapprochées entre elles.



4 = le spot lumineux remonte à l'horizontale : l'onde de dépolarisation est en train de quitter la deuxième électrode réceptrice.



5 = le spot lumineux revient à l'horizontale. L'onde de dépolarisation vient de quitter la deuxième électrode qui retrouve son potentiel de départ.

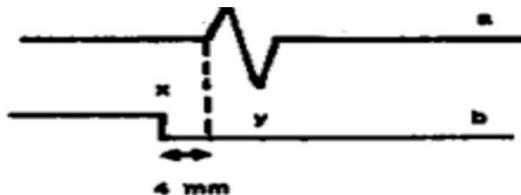


vitesse de l'influx nerveux  $v =$

$$d = 3.3 \text{ cm} = 3.3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

x correspond à l'instant où l'on porte l'excitation sur le nerf pneumogastrique  
y correspond au moment où le spot lumineux commence à dévier

$x$  = temps  $t$  que met l'onde de dépolariisation (= influx nerveux) pour se propager du point excité à la première électrode réceptrice. Sur le signal électromagnétique (b) ce temps correspond à un segment de 4 mm.



Sachant que 1mm équivaut à  $\frac{1}{2000}$ s:

$$t = 4 \times \frac{1}{2000} s$$

$$= \frac{1}{500} s$$

$$= 0,2 \cdot 10^{-2} s$$

d'où

$$v = \frac{d}{t} = \frac{3,3 \cdot 10^{-2} m}{0,2 \cdot 10^{-2} s} = 16,5 \text{ m/s}$$

#### I.A6

La courbe A est un électroneurogramme représentant un potentiel d'action diphasique.

Remarques : Pour l'interprétation de cette courbe relire attentivement le corrigé de I A5 de septembre 1973. Toutefois les différences essentielles entre les deux enregistrements sont les suivantes :

- inversion de la courbe A (premier pic en bas, deuxième pic en haut) par rapport à celle proposée en septembre 1973.

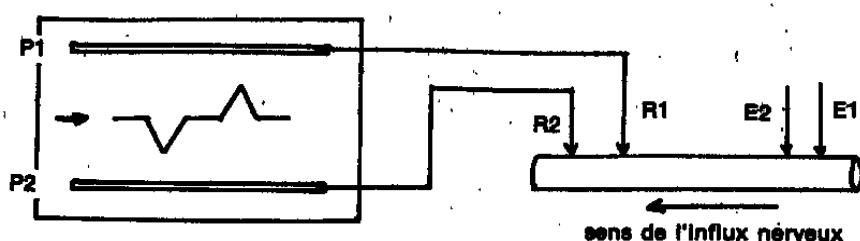
- présence d'un palier entre les deux pics de la courbe A.

Cette deuxième différence est due au fait que les deux électrodes réceptrices R1R2 sont écartées l'une de l'autre. La longueur du palier de la courbe A est proportionnelle à l'écartement de ces deux électrodes.

En ce qui concerne l'inversion de la courbe A, on sait que l'enregistrement graphique d'un potentiel d'action diphasique dépend de la position des électrodes réceptrices et par conséquent des plaques horizontales du tube cathodique (représentées ici sur l'écran de l'oscillographe par rapport au sens de propagation de l'influx nerveux).

Représentons schématiquement les deux cas possibles :

- premier cas :



L'application du choc électrique en E1E2 crée une onde de négativité qui se propage le long du nerf sciatique.

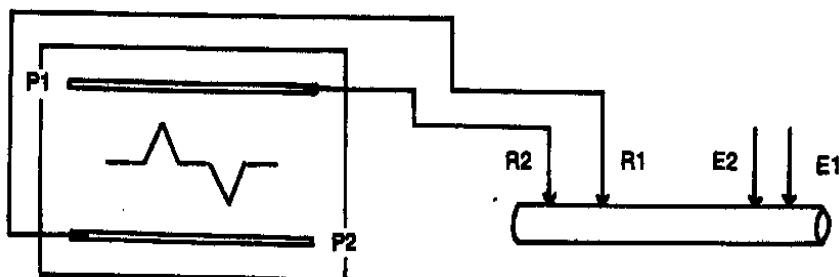
\* lorsque cette onde atteint la première électrode réceptrice R1, les électrons sont repoussées par la plaque P1 polarisée négativement, rapport à la plaque P2 restée positive, le spot lumineux dévié alors vers le bas.

\* le spot revient à la ligne isopotentielle zéro (palier horizontal) lorsque l'onde de négativité se trouve entre les deux électrodes réceptrices.

\* ensuite, l'onde de négativité atteint l'électrode réceptrice R2, la plaque P2 est alors chargée négativement par rapport à la plaque P1 devenue positive, les électrons et par conséquent le spot lumineux sont déviés vers le haut.

- deuxième cas :

Il ne sera pas fait de développement pour ce cas, le candidat peut, s'il le désire, tenir un raisonnement analogue, à partir du schéma proposé ci-dessous.



### I.A7

Rappels ..

On sait que l'intérieur du neurone est chargé négativement (-70 millivolts) rapport à l'extérieur : par de repos. Il s'agit du potentiel de repos. Il est la conséquence du déséquilibre ionique provoqué à la fois par la pompe à sodium et par la présence, dans la membrane cellulaire, d'un certain nombre de canaux ouverts en permanence et sélectivement perméables aux ions potassium. La pompe rejette, dans le milieu externe, des ions sodium en échange d'ions potassium, rendant l'intérieur de la cellule environ 10 fois plus riche en ions potassium que l'extérieur.

Les canaux potassium de la membrane permettent aux ions potassium qui sont tout proches de la membrane de sortir librement.

La perméabilité de la membrane aux ions sodium est faible à l'état de repos, en sorte qu'il n'y a pratiquement aucun flux contraire d'ions sodium de l'extérieur vers l'intérieur de la cellule bien que le milieu externe soit dix fois plus riche en ions sodium que le milieu interne. Il en résulte une différence de potentiel égale à -70 millivolts.

Le potentiel d'action débute par une légère dépolarislation au moment de passage de l'influx nerveux. Cette dépolarislation provoque l'ouverture des canaux sodium ce qui déplace encore le potentiel. Cette pénétration des ions sodium s'accélère jusqu'à ce que la surface interne de la membrane devient localement positive. L'inversion de potentiel (de -70 à +40 millivolt environ) produit la fermeture du canal sodium et l'ouverture du canal potassium. La sortie des ions potassium rétablit alors rapidement le potentiel négatif. Cette inversion de potentiel connue sous le nom de potentiel d'action, se propage elle-même le long de l'axone.

Remarque : Ces rappels ne sont pas exigés dans la réponse du candidat. Cependant, pour analyser les courbes B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> et établir une relation entre le mouvement des ions et les variations du potentiel

de membrane observées, le candidat devait s'appuyer sur ses connaissances, en vue d'interpréter les phases de la courbe B<sub>2</sub>.

L'interprétation des phases de la courbe B<sub>2</sub>

- AB : potentiel de repos avec maintien des concentrations différentes en ions sodium et potassium de part et d'autre de la membrane du neurone ;
- BCD : potentiel d'action monophonique ; variation brusque de la perméabilité membranaire aux ions Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup>, la phase de dépolarisation BC correspondant à l'entrée massive des ions Na<sup>+</sup> et la phase de repolarisation CD plus lente correspondant à la sortie des ions K<sup>+</sup>.
- DE: retour à l'état initial avec une légère hyperpolarisation terminale.

I.A8

1. Les électroneurogrammes présentent des variations de potentiel.

IIIa = une première stimulation de l'axone A provoque une dépolarisation qui n'atteint pas le seuil ; le neurone post-synaptique D ne produit pas de potentiel d'action.

- Une deuxième stimulation de l'axone A intervenant 10 ms après la première donne le même résultat.

IIIb = une deuxième stimulation de l'axone A intervenant 3,5 ms environ après la première donne naissance à un potentiel d'action ; il y a donc une réponse post-synaptique au niveau du neurone D : c'est l'effet de sommation.

IIIc = une première stimulation de l'axone B est inefficace ; une excitation simultanée des axones A et B déclenche un potentiel d'action : il y a également sommation.

IIId = l'excitation de l'axone C provoque une hyperpolarisation. La stimulation simultanée des axones A et C a pour résultat une légère dépolarisation en-deçà du seuil.

1. De l'analyse précédente, on peut déduire que les axones A et B forment avec D des synapses excitatrices, et l'axone C une synapse inhibitrice complément d'information On peut distinguer sur le plan structural trois types de synapses :

- des synapses axo-dendritiques (cas traité ci-dessus) où les boutons terminaux sont appliqués sur les dendrites ; .
- les synapses axo-somatiques reliant des axones au corps cellulaire ;
- les synapses axo-axoniques où les boutons sont en contact avec un autre axone.

Le corps cellulaire d'un neurone et ses dendrites peuvent être littéralement couverts de boutons terminaux d'axones provenant d'une multitude de neurones (jusqu'à 10 000).

Sur le plan fonctionnel, l'activité du corps cellulaire d'un neurone dépend de la résultante des influences excitatrices et inhibitrices qui s'exercent sur le potentiel de repos de la membrane et qui sont soumises à une sommation algébrique.

Le processus de sommation est dénommé spatial lorsqu'il consiste en l'arrivée simultanée, sur une région restreinte de la surface externe du corps cellulaire, de plusieurs influx conduits par des fibres nerveuses différentes de même type fonctionnel (voir document IIIc).

Un autre mode de sommation est dit temporel parce qu'il procède de la succession rapide d'influx conduits par une seule fibre nerveuse (voir document IIId).

Remarque : La dépolarisation n'est pas synonyme de potentiel d'action. L'ensemble des informations indiquées ci-dessus n'est pas exigé du candidat. Celui-ci devra, néanmoins, dégager la notion de sommation, celles de synapse excitatrice et de synapse inhibitrice.

I.A9

a. Le document I représente une électronographie d'une coupe transversale d'une fibre nerveuse myélinisée.

- Les légendes :

1 - gaine de myéline

2 - mitochondrie

3 - membrane plasmique de la cellule de Schwann

b. - L'élément 1 étant la gaine de myéline, cette dernière se forme par enroulement de la membrane de la cellule de Schwann en plusieurs tours de spires autour de l'axone.

c. - La coupe a donc été réalisée au niveau d'un noyau de Schwann (ou de la cellule de Schwann).

#### I.A10

I. Il s'agit d'un potentiel d'action monophasique.

L'enregistrement peut être décomposé en différentes phases :

- Avant la stimulation, l'oscilloscope enregistre une différence de potentiel de - 60mV (l'axoplasme étant chargé négativement par rapport au milieu % extérieur), c'est le potentiel de repos.

- L'artefact indique le moment de l'excitation.

- Le temps de latence correspond au temps de conduction de l'influx entre le point d'application de la stimulation et l'endroit où l'électrode de mesure est introduite.

- une phase de dépolarisation suivie d'une inversion du potentiel qui monte jusqu'à + 40mV.

- Une phase de repolarisation et retour au potentiel de potentiel de repos.

II. Le tableau montre que la composition ionique de l'axoplasme diffère de celle du sang de l'animal : le milieu intracellulaire étant riche en potassium et le milieu extracellulaire riche en sodium.

L'eau de mer a une composition ionique et une concentration globale voisines de celles du sang de l'animal, cela justifie son emploi comme liquide physiologique.

III. 1) Le potentiel de repos baisse quand la concentration du potassium dans le milieu extracellulaire augmente. Il s'annule lorsque celle-ci atteint 117 m-mole/litre.

2) Lorsque la solution de perfusion est la même que la solution externe, le potentiel de repos est nul.

Si la concentration interne en potassium augmente, une différence de potentiel apparaît entre l'intérieur et l'extérieur de l'axone; elle augmente progressivement et atteint - 60 mv lorsque la concentration interne en  $K^+$  est de 600 m-mole/litre.

3) les courbes 3 et 4 montrent que les différences de concentrations du  $K^+$  de part et d'autre de la membrane plasmique ont un rôle essentiel dans l'établissement et le maintien du potentiel de repos.

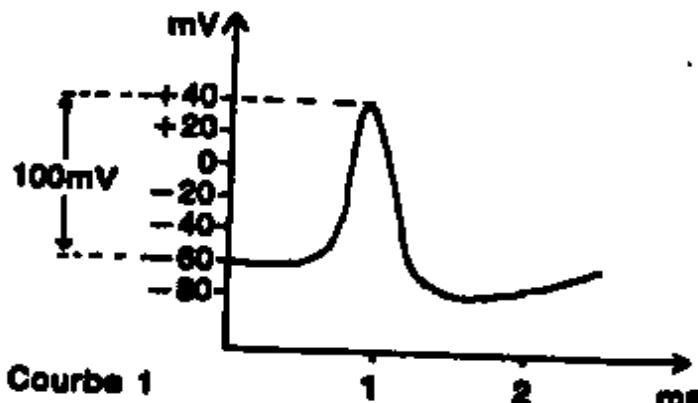
Dans une cellule au repos, la membrane plasmique est beaucoup plus perméable aux ions  $K^+$  qu'aux ions  $Na^+$ .

On assiste donc à un passage presque exclusif des ions  $K^+$  de l'intérieur vers l'extérieur de la cellule. Ce passage tend à créer une différence de potentiel entre l'intérieur et l'extérieur telle que, l'intérieur se trouve à un potentiel négatif par rapport à l'extérieur ; potentiel de repos.

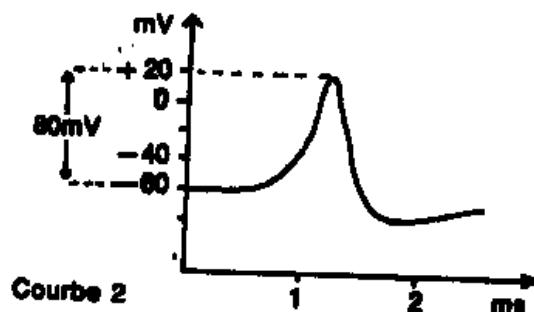
Remarque:

En fait, il existe des forces électriques qui tendent à retenir  $K^+$  à l'intérieur et qui s'opposent aux forces de diffusion créées par l'effet de concentration. A cette opposition de forces correspond une différence de potentiel appelée potentiel de repos.

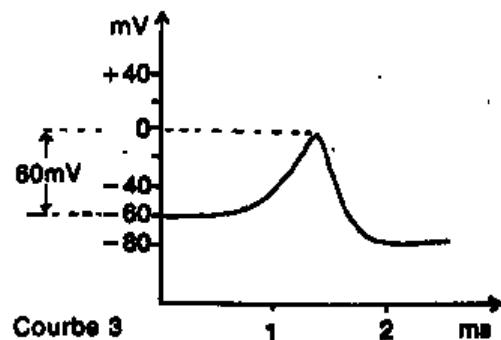
**IV. 1)\*** Milieu extracellulaire constitué par l'eau de mer dont la concentration en sodium est :  
 $[Na^+] = 450 \text{ mM/litre}$ .  
 l'amplitude du potentiel d'action correspondante est = 100 mV.



\* milieu extracellulaire constitué par 50 % d'eau de mer et 50 % de solution isotonique de glucose :  
 - concentration en sodium  
 $[Na^+] = 225 \text{ mM/litre}$ .  
 - amplitude du potentiel d'action = 80 mV.



\* milieu extracellulaire constitué par 33 % d'eau de mer dont la concentration en sodium est :  
 $[Na^+] = 150 \text{ mM/litre}$  l'amplitude du potentiel d'action correspondante est = 60 mV.



- 2) L'amplitude du potentiel d'action diminue lorsque la concentration extracellulaire en  $Na^+$  diminue.
- 3) Lorsque la membrane plasmique est excitée, elle devient momentanément perméable à l'ion  $Na^+$ . Il en résulte une pénétration brutale de ces ions qui fait apparaître le potentiel d'action. Cela

explique pourquoi la valeur de la concentration extracellulaire en  $\text{Na}^+$  influe l'amplitude du potentiel d'action.

#### I.A11

a. - Le document I représente une électronographie d'une coupe longitudinale nerveuse myélinisée.

- Les légendes :

2 gaine de myéline

3 étranglement de Ranvier (ou nœud de R.)

b. - La coupe a été réalisée au niveau d'un étranglement (ou nœud) de Ranvier.

Le manchon de myéline s'interrompt.

Le mécanisme de propagation est de type « saltatoire ». Au niveau de la gaine de myéline isolante, les déplacements de charges électriques ne peuvent avoir lieu (ou : courants locaux impossibles) ; les charges « sautent » d'un nœud à l'autre.

- Ce mécanisme assure une vitesse de propagation plus grande que dans les fibres sans myéline.

## B. Fonctionnement d'un organe des sens : l'œil

#### I.B1

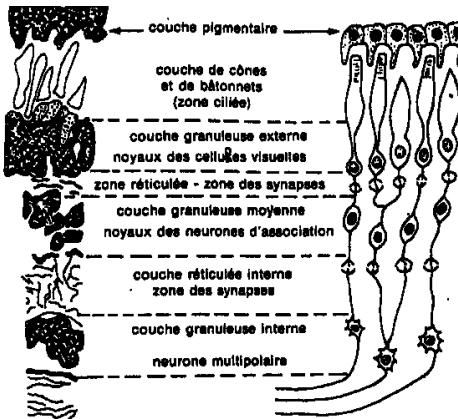
1) La figure f<sub>9</sub> représente une coupe transversale de rétine observée au fort grossissement du microscope optique.

Orientation de la figure f<sub>9</sub> :

- la partie supérieure correspond au côté externe de la rétine (vers la choroïde)

- la partie inférieure correspond au côté interne de la rétine (vers le corps vitré).

2)



#### membrane formant la limite Interne de la rétine

3) La zone A correspond à la zone ciliée de la rétine qui comprend les cônes et les bâtonnets des cellules visuelles, principaux éléments photosensibles de l'œil.

La question telle qu'elle est formulée amène le candidat à traiter en totalité la physiologie rétinienne, conformément au contenu du manuel de 7<sup>e</sup> année secondaire série sciences

expérimentales, éditions Atlantique (de la page 72 à la page 76). Toutefois, on peut adopter un plan différent de celui du manuel sus- cité.

A titre d'exemple, le plan suivant vous est proposé:

Mise en évidence de deux sortes de récepteurs photosensibles (expérience de passage d'un milieu éclairé à un milieu obscur et inversement)

- L'excitant spécifique de l'œil : ses différents seuils.
- Sensibilité à la lumière
  - \* expérience de décomposition du pourpre rétinien
  - \* vision crépusculaire
  - \* vision diurne et vision des couleurs
- Variation de la sensibilité visuelle
  - \* le champs visuel
  - \* l'acuité visuelle

Détaillons les différents points figurant dans le plan :

Si, dans une pièce obscure. On éclaire une tache colorée à l'aide d'un faisceau de lumière blanche d'intensité croissante, la tâche semble tout d'abord grise et ce n'est que pour une intensité plus forte que la couleur peut être distinguée.

Le seuil d'excitation de la rétine est donc double : le seuil chromatique (couleur) étant distinct du seuil lumineux (intensités) et plus élevé que lui.

Il convient donc de distinguer une vision crépusculaire (en faible éclairement) qui fait apparaître tous les objets en gris et une vision diurne (en fort éclairement) qui permet de distinguer les couleurs.

Ces deux formes de la sensibilité rétinienne sont dues à deux types de cellules visuelles :

- les cellules visuelles à bâtonnets permettant la vision crépusculaire
- les cellules visuelles à cônes intervenant dans la vision diurne

Les bâtonnets renferment une substance photosensible, la rhodopsine ou pourpre rétinien (de couleur rouge). Les cônes contiennent également d'autres pigments. de trois sortes.

Le pourpre rétinien se décompose sous l'effet de la lumière et cette réaction produit un influx nerveux.

La reconstitution du pourpre rétinien s'effectue à l'obscurité et exige un apport d'énergie (A.T.P.).

L'expérience suivante met en évidence cette action de la lumière sur le pourpre rétinien.

Une grenouille vivante est placée à l'obscurité pendant plusieurs heures. Elle est ensuite maintenue immobile durant un court instant devant une grille métallique fortement éclairée. La grenouille est aussitôt remise à l'obscurité. On la sacrifie et on plonge ses yeux préalablement disséqués dans une solution d'alun à 4 %. On observe alors sur la rétine l'image en rouge sur fond blanc de la grille métallique.

Cette image en rouge correspond aux endroits de la rétine où le pourpre rétinien a été protégé contre la lumière par la trame de la grille.

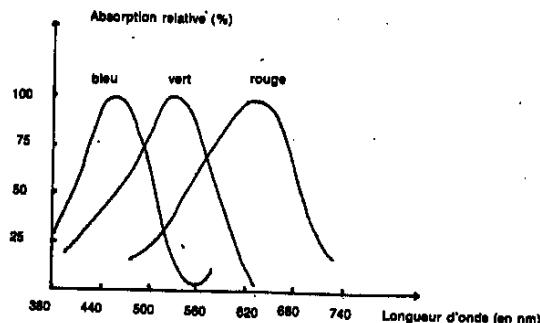
Les cellules visuelles à bâtonnets fonctionnent de la même façon quelle que soit la radiation lumineuse qui les excite ; elles ne permettent pas, par conséquent la vision des couleurs qui sont caractérisées chacune par une longueur d'onde.

Ces cellules à bâtonnets sont absentes au niveau de la rétine centrale (tache jaune ou fovéa) et nombreuses dans la rétine périphérique où plusieurs d'entre elles sont en relation avec un seul neurone multipolaire.

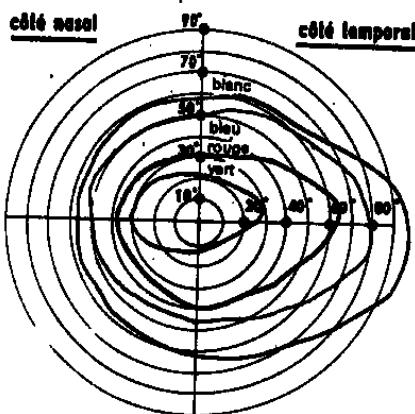
Les cellules à cônes sont les seules cellules visuelles qui existent dans la rétine centrale. Leur densité diminue rapidement quand on passe de la rétine centrale à la rétine périphérique. Chaque cellule visuelle à cône est en relation avec un neurone multipolaire formant une chaîne directe.

Les cellules visuelles à cônes sont sensibles à trois types de radiations ; les unes à la radiation rouge, les autres au < vert > et une troisième catégorie au " bleu "

L'absorption des diverses radiations par les trois types de cônes a permis d'établir le graphique suivant



Chaque type de cellule visuelle à cône est caractérisé par son seuil d'excitabilité (plus élevé pour le bleu que pour le rouge) et par sa courbe de sensibilité. De plus, leur distribution dans la rétine n'est pas la même, si bien que l'étendue du champ visuel varie suivant la couleur.



L'acuité visuelle est l'inverse du pouvoir séparateur. Ce dernier est défini comme étant l'angle minimal sous lequel en vision fovéale, deux points situés côté à côté sont vus distinctement. L'image de ces deux points est formée sur deux cellules visuelles à cônes voisines séparées par une troisième. Ces deux cellules sont alors exigées et donnent naissance à deux influx nerveux qui sont acheminés par deux fibres nerveuses jusqu'au centre visuel où deux informations sont reçues.

### I.B2

1) Définition : L'acuité visuelle est la faculté de distinguer deux points voisins l'un de l'autre, de ne pas les confondre, donc de les séparer.

Sa valeur correspond à l'inverse de l'angle limite qui définit le pouvoir séparateur de l'œil.

2) a. En vision diurne (en présence maximale autour de 0° (répine centrale)) diminue rapidement dès qu'on s'éloigne de 0°.

En vision nocturne (faible intensité lumineuse) l'acuité visuelle est nulle au centre, augmente vers la périphérie avec un maximum à 10° de chaque côté de l'axe optique.

Dans les deux cas, entre 15° et 20° du côté nasal, l'interruption des deux courbes traduit l'absence de l'acuité visuelle.

En conclusion, on peut dire que la sensibilité de la rétine centrale est meilleure aux fortes intensités lumineuses. La rétine périphérique (au delà de 30° côté nasal et 40° côté temporal) est plus sensible aux faibles éclairements.

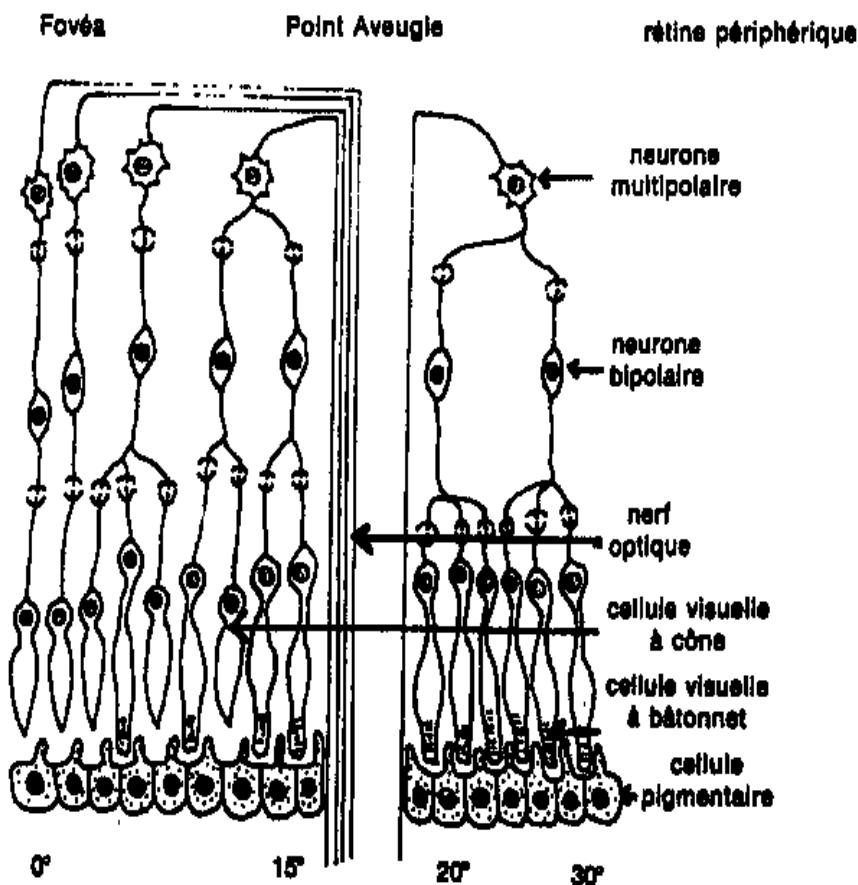
b. La différence de sensibilité rétinienne constatée auparavant suppose l'existence de deux types de récepteurs sensoriels :

- des récepteurs localisés surtout dans la rétine centrale (fovea ou tache jaune) qui permettent la vision diurne et une bonne acuité visuelle : ce sont les cellules visuelles à cône.

- des récepteurs occupant surtout la rétine périphérique et permettant la vision nocturne et une faible acuité. Ce sont les cellules visuelles bâtonnet.

L'interruption de l'acuité visuelle entre 15 et 20° du côté nasal explique par l'absence de récepteurs sensoriels rétiniens à ce niveau : c'est le point aveugle.

3)



Ce schéma nous permet de comprendre ce que nous avions dit à propos de l'acuité visuelle.

- au centre de la rétine (fovea), l'acuité visuelle est maximale en vision diurne. Ceci est du au fait que chaque cellule visuelle à cône est en relation avec un neurone multipolaire par l'intermédiaire d'un neurone bipolaire.

Deux points lumineux très rapprochés l'un de l'autre excitent deux cellules visuelles. Les influx partant des cellules excitées arrivent séparément au centre visuel par l'intermédiaire de deux fibres du nerf optique : les deux points lumineux sont perçus distinctement.

Remarque : on a calculé que pour deux points lumineux formant un angle visuel d'une minute, leurs images sur la rétine sont distantes de 4 microns. Au niveau de la fovéa, les cônes étant très serrés les uns contre les autres, les rayons lumineux atteignent deux cônes séparés par un troisième puisque le diamètre d'un cône est de deux microns. Deux points lumineux ne sont donc vus distinctement que si leurs rayons lumineux atteignent deux cônes non contigus.

- au niveau de la rétine périphérique l'acuité visuelle est faible. Ceci s'explique par le fait que plusieurs cellules visuelles à bâtonnet sont en relation avec un neurone multipolaire par l'intermédiaire de quelques neurones bipolaires.

Les influx nerveux créés par deux points lumineux très rapprochés l'un de l'autre sont recueillis par un neurone multipolaire qui les transmet au cerveau par une seule fibre du nerf optique : les deux points sont confondus.

### I.B3

a. Il est précisé dans l'énoncé que le sujet distingue nettement les deux bandes de papier noir et que l'angle formé par ces deux bandes et l'œil (pris pour sommet) vaut une minute.

Cet angle est le pouvoir séparateur de l'œil ( $\alpha$ ).

Or l'acuité visuelle A est l'inverse du pouvoir séparateur.

$$\text{Nous pouvons écrire Acuité visuelle} = \frac{1}{\text{pouvoir séparateur (en minutes)}}$$

$$A = \frac{1}{\alpha} \quad A = \frac{1}{1'} \quad \text{ou} \quad \frac{10}{10}$$

Les images des deux bandes de papier se forment sur la rétine fovéale ou tache jaune.

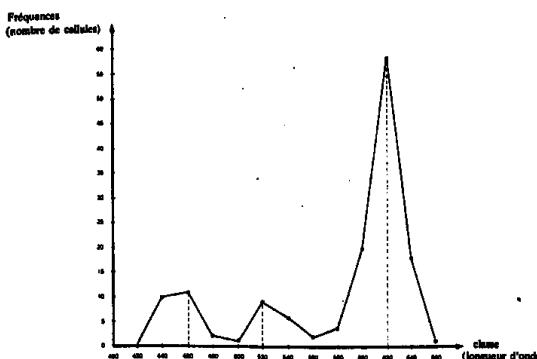
b. Les conditions de l'expérience réalisée par T. TOMITA sont détaillées dans l'énoncé en vue de préciser que :

- la variable est la longueur d'onde, d'une part.
- la distribution du nombre de cellules excitées en fonction de la longueur d'onde est une distribution discontinue, d'autre part.

#### 1. Construction du polygone de fréquence.

Remarque : L'échelle du graphique ci-dessous a été modifiée :

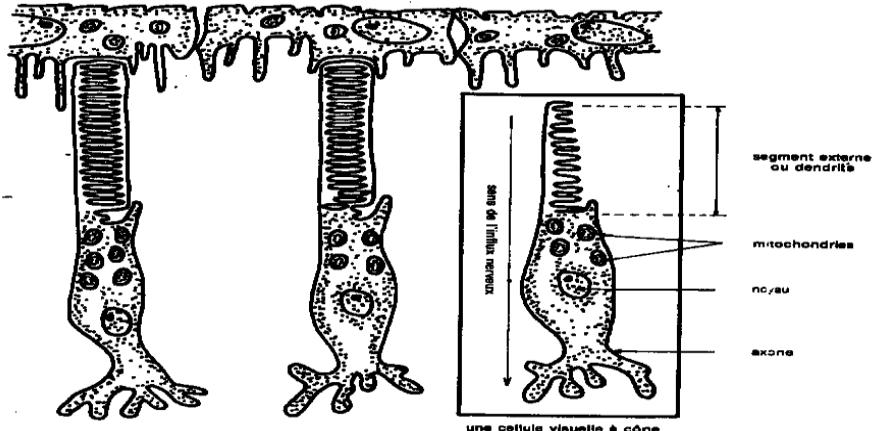
1 cm représente ici 40 mg et 1 cm 10 cellules.



#### 2. Analyse du polygone de fréquence et structure de la rétine :

- le polygone présente trois modes : 460 mg ; 520 mg et 620 mg.
- les cellules de la rétine fovéale ou tache jaune sont réparties en trois groupes :

- \* des cônes qui présentent une sensibilité maximale pour une longueur d'onde de  $460 \text{ m}\mu$ , ce qui correspond à la radiation bleue.
  - \* des cônes qui présentent une sensibilité maximale pour une longueur d'onde de  $520 \text{ m}\mu$ , ce qui correspond à la radiation verte.
  - \* des cônes qui présentent une sensibilité maximale pour une longueur d'onde de  $620 \text{ m}\mu$ , ce qui correspond à la radiation orangée (sensibilité s'étendant dans le rouge).
- Ceci démontre l'existence de trois types de cônes, et confirme la théorie trichromatique.



Document I

#### I.B4

1. - L'objet A est situé dans le champ visuel temporal de l'œil droit et en dehors du champ visuel de l'œil gauche : seule la rétine nasale de l'œil droit sera donc stimulée. Les influx nerveux nés de cette stimulation circulent le long des fibres nerveuses qui partent de la rétine nasale et aboutissent dans la zone 1 correspondant à la région occipitale du cortex cérébral gauche.

Le groupe de cellules cérébrales dans lesquelles augmente la glycolyse et qui interviennent dans la vision de l'objet A est situé dans l'hémisphère cérébral opposé à l'objet. Par conséquent les fibres nerveuses partant de la rétine nasale de l'œil droit se croisent au niveau du chiasma optique.

2. - L'objet B est placé dans le champ visuel nasal de Chaque œil. Cet objet stimulera donc les deux rétines temporales, droite et gauche.

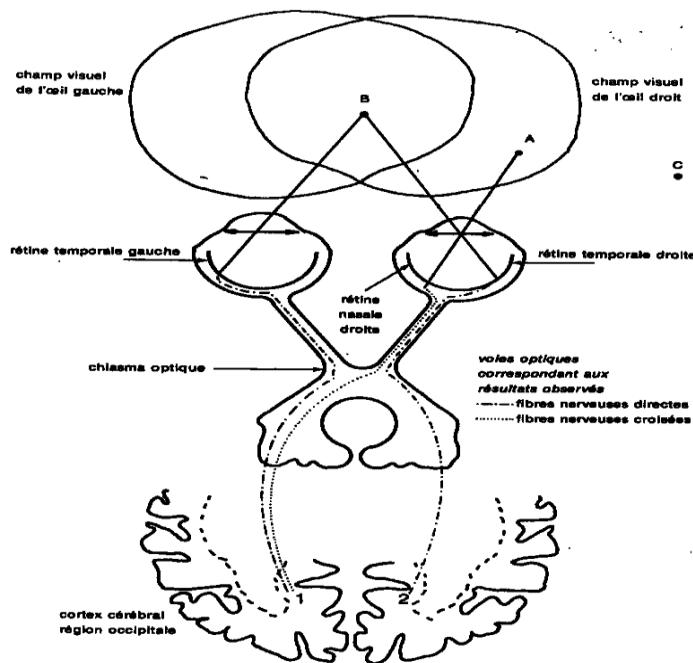
Les influx sensitifs nés de cette excitation circulent le long des fibres nerveuses directes qui aboutissent dans la zone corticale 1, pour les influx nerveux nés dans la rétine temporale gauche et dans la zone corticale symétrique 2 pour les influx nerveux nés dans la rétine temporale droite. On observera donc une augmentation de la glycolyse dans les deux zones corticales 1 et 2.

3. - Lorsque l'objet est placé en C, en dehors des deux champs visuels, les deux yeux ne seront pas stimulés. On n'observera donc pas d'augmentation de la glycolyse.

4. - Il s'agit de représenter les voies optiques correspondant uniquement aux résultats observés. Par conséquent les fibres nerveuses issues de la rétine nasale de l'œil gauche ne doivent pas figurer sur le document 1.

Les objets A et B étant assimilés à deux points, pour trouver l'emplacement sur la rétine de leurs images respectives, on peut se contenter de tracer le faisceau lumineux partant de chaque objet et passant par le centre optique de l'œil.

**REMARQUE :** La représentation schématique des articulations synaptiques au niveau des couches optiques et du centre visuel n'est pas exigée.



### I.B5

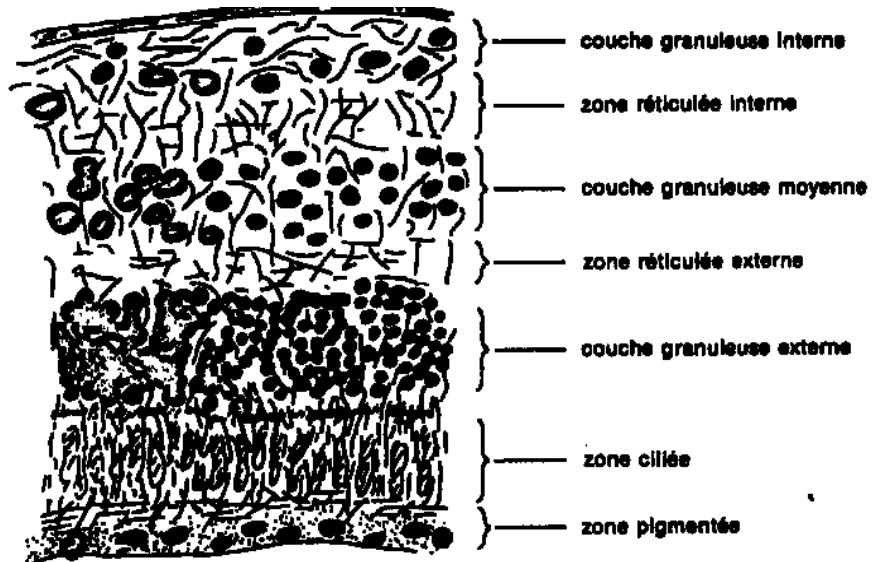
1 ) Analyse : les taches noires correspondent aux noyaux des cellules de la rétine.

- Dans la zone A. le nombre de noyaux dans les 3 couches est sensiblement le même.
- Dans la zone B. le nombre de noyaux diminue de la couche 1 vers la couche 3
- La zone C est dépourvue de noyaux.

Interprétation :

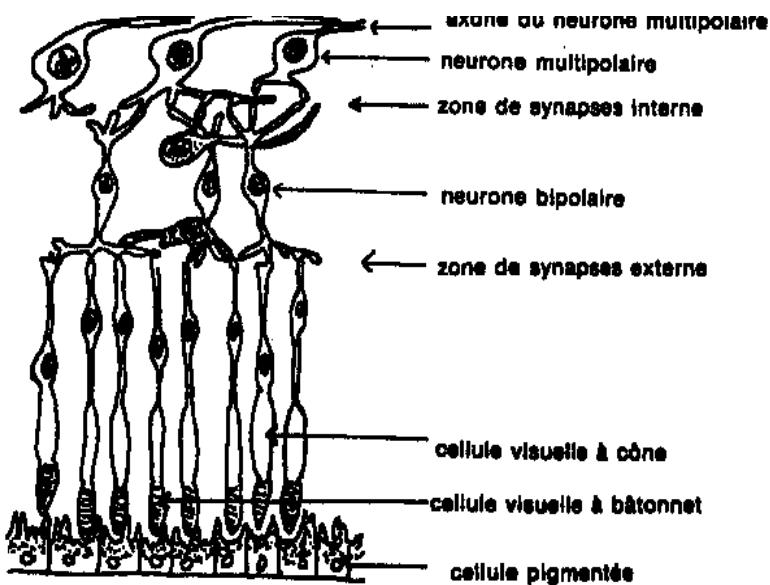
- La couche 1 correspond à la couche externe formée de cellules visuelles.
- La couche 2 correspond à la couche moyenne formée de neurones bipolaires.
- La couche 3 correspond à la couche interne formée de neurones multipolaires.
- Zone A : chaînes neuroniques linéaires = rétine centrale ou fovéa.
- Zone B : chaînes neuroniques convergentes = rétine périphérique.
- Zone C dépourvue de cellules visuelles = point aveugle.

2) a.



Document I : rétine périphérique

b.



- Le tracé du document II correspond au potentiel d'action enregistré au niveau d'un neurone bipolaire. Il traduit le passage de l'influx nerveux à travers ce neurone.
- Ce phénomène prend naissance dans les cellules visuelles.
- L'excitant lumineux provoque, au niveau des cellules visuelles, la décomposition de substances photosensibles contenues dans les segments externes des cellules visuelles à cône et à bâtonnet. Cette décomposition est une réaction photochimique qui est à l'origine de l'excitation des cellules ; d'où la naissance de l'influx nerveux.

## C. Fonctionnement des centres nerveux supérieur.

### I.C1

1) Pour déterminer l'organe en question, il faut s'appuyer sur le document f<sub>2</sub> qui représente un détail de cet organe.

La présence de corps cellulaires de neurones multipolaires nous permet de dire que l'organe dont il s'agit est un encéphale (de Mammifères) en section transversale.

Remarque : La section transversale de l'encéphale révèle la structure du tissu nerveux qui apparaît formé de deux substances :

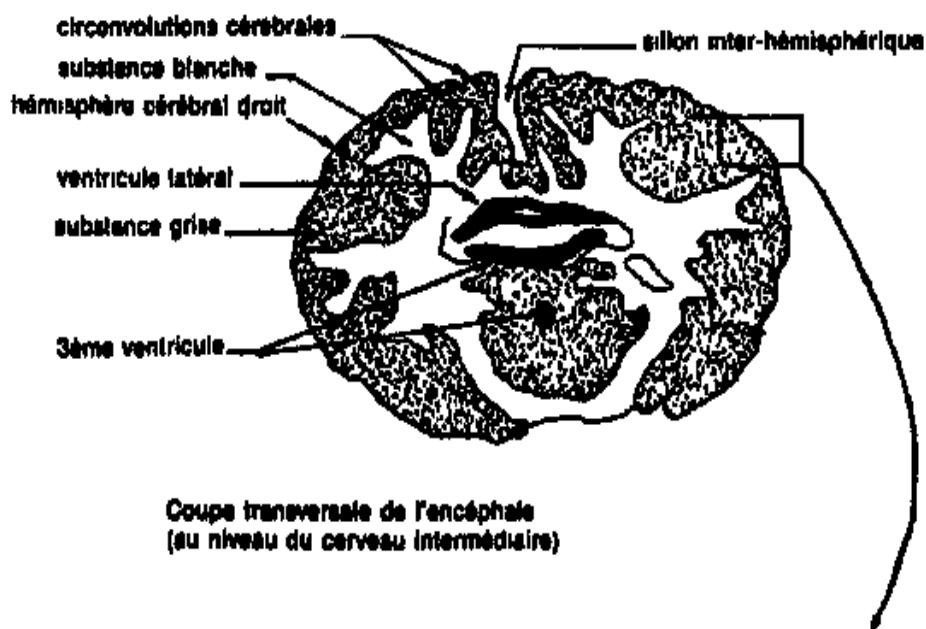
- une substance grise (figurée en pointillé sur le document f<sub>1</sub>) externe, sinueuse qui forme l'écorce cérébrale ou cortex ;
- une substance blanche interne qui apparaît en blanc sur la figure f<sub>1</sub>.

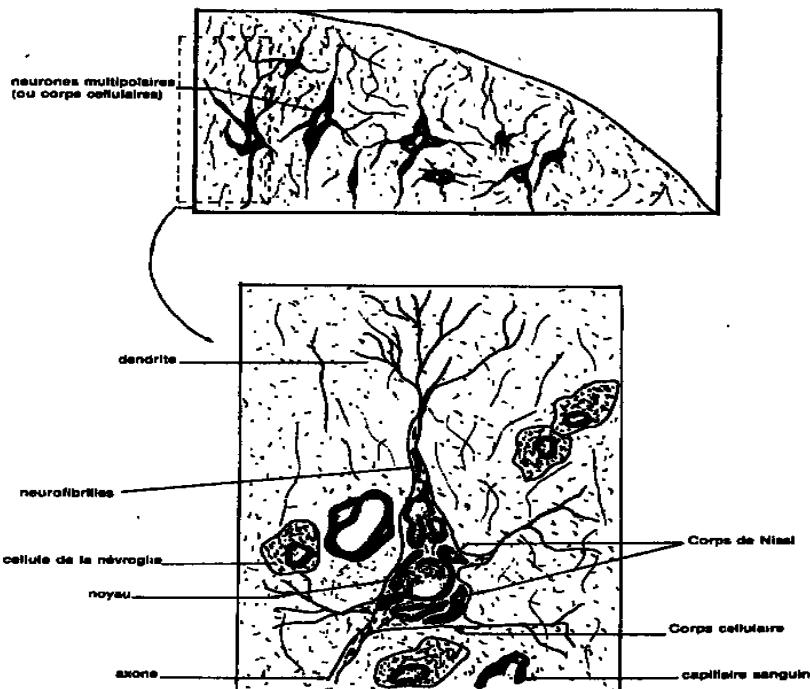
Sur cette coupe, on voit un gros amas de substance grise, noyé dans la substance blanche ; cet amas gris correspond au couches optiques qui sont unies par la commissure grise.

La figure f<sub>1</sub> montre également la section des ventricules latéraux et du troisième ventricule.

Puisque la section passe par les couches optiques et le troisième ventricule, on peut donc dire qu'elle concerne le cerveau intermédiaire.

2) Annotation des figures f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub> (détail de f<sub>1</sub>) et f<sub>3</sub> (détail de f<sub>2</sub>) :





### I.C2

1) Cet exercice, tel qu'il est formulé, vous permet de vous appuyer sur vos acquisitions pour redécouvrir les localisations cérébrales, à partir des expériences réalisées. Ces dernières révèlent par :

- la figure f<sub>5</sub> qu'il s'agit de la zone de « pensée ». En effet, les taches où les débits sanguins sont supérieurs de 20% à la moyenne sont presque toutes concentrées dans la région frontale. C'est dans cette zone que les neurones sont les plus actifs lorsque le sujet est à l'état de repos conscient, les yeux fermés.

Remarque :

- \* les deux taches au niveau de l'aire auditive correspondent probablement à une vigilance auditive.
- \* la tache en arrière du sillon de certaine sensibilité (contact de etc...)
- la figure f<sub>6</sub> l'activité de deux zones situées de part et d'autre du sillon de Rolando :
  - \* en avant de ce sillon, qui commande la flexion des doigts et une région appartient à l'aire motrice
  - \* en arrière, une région activée permettant la sensation du mouvement effectué. Cette zone appartient à l'aire de la sensibilité générale.

Dans le cas d'un gouvernement de la main gauche, aucune tache n'apparaîtrait sur l'image du cortex cérébral gauche car les voies motrices sont croisées.

C'est l'hémisphère cérébral droit qui est en relation avec les doigts de la main gauche.

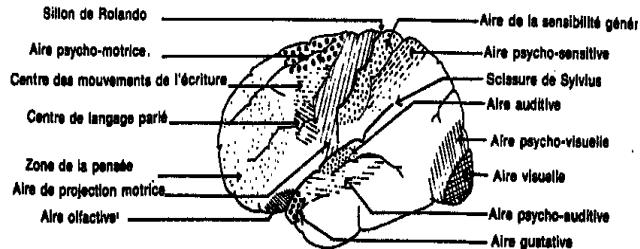
- Figure 7, la présence de deux autres zones montrant une grande activité et situées de part et d'autre de la scissure de Sylvius :

\* d'une zone occipitale qui correspond à l'aire visuelle permettant la vision des mots (aire de projection visuelle) et leur compréhension (aire psychovisuelle).

\* d'une partie de l'aire motrice commandant les mouvements des yeux,

\* d'une partie de l'aire de la sensibilité générale (le sujet tient éventuellement le texte qu'il lit).

2) Réunissons ces zones sur un schéma d'ensemble précisant les localisations cérébrales sensitives et motrices de l'hémisphère cérébral gauche.



### I.C3

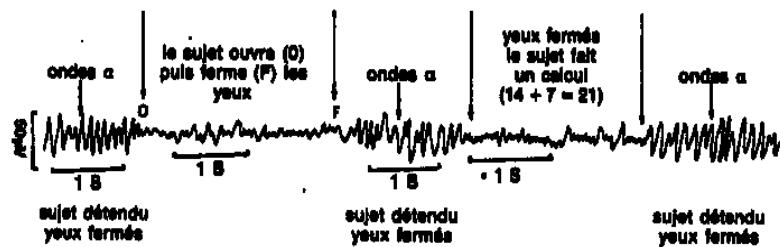
Rappels :

Les centres supérieurs, en particulier les hémisphères cérébraux, sont le siège d'activités électriques au cours de leur fonctionnement. L'électroencéphalographie est l'enregistrement de ces phénomènes qui accompagnent le fonctionnement du cerveau, l'appareil utilisé est l'électroencéphalographe. Pour déceler ces manifestations électriques, il suffit de placer les électrodes sur le cuir chevelu.

L'électroencéphalographe reçoit les messages électriques du cerveau, les amplifie et les enregistre sur une bande de papier qui se déroule. Les enregistrements obtenus sont appelés électroencéphalogrammes.

Les enregistrées présentent un rythme différent selon l'activité cérébrale de l'individu.

1. Analyse de l'enregistrement a :



L'enregistrement ci-dessus montre deux types d'ondes :

- Les ondes  $\alpha$  traduisant un état de repos de l'individu, les yeux fermés.

Ces ondes sont caractérisés par :

- \* Une fréquence de 8 à 11 oscillations par seconde,
- \* Une amplitude d'environ 45 $\mu$ V (microvolts) ;

- Les ondes  $\beta$ , plus rapides (12 à 16 oscillations par secondes) et d'amplitude plus faible (5 à 20 $\mu$ V), traduisent un état d'activité cérébrale de l'individu, notamment s'il subit des excitations lumineuses ou s'il effectue un travail intellectuel.

2. Evolution des ondes cérébrales : les ECG montrent que le passage à l'état de sommeil se traduit par l'apparition d'autres types d'ondes cérébrales qui par rapport aux ondes précédentes se caractérisent par :

- une fréquence de plus en plus faible, mais
- une amplitude plus élevée.

3. Entre 60 et 90 minutes, on note :

- une diminution de la fréquence correspondant aux battements cardiaques (60) et aux mouvements des yeux (pratiquement nuls)
- une augmentation du nombre des ondes  $\alpha$  précédant le sommeil ; cela indique un abaissement net d'activation de l'organisme.

Il s'agit là de signes d'endormissement du sujet.

4. Ce test révèle que l'état de vigilance ne peut être maintenu de manière prolongée, le sujet a tendance à s'endormir.

## D. Fonctionnement d'un organe moteur : le muscle strié

### I.D1

1) Cette question fait appel à la comparaison des résultats expérimentaux concernant le muscle en activité (valeurs mesurées en état d'activité par rapport à celles mesurées en état de repos).

On note ainsi que :

- le volume de sang qui circule est  $\frac{56,325}{12,220} = 4,6$  fois plus important ;

- l'utilisation d'oxygène est  $\frac{5,207}{0,307} = 16,9$  fois plus grande ;

- le rejet de gaz carbonique est  $\frac{5,950}{0,220} = 27$  fois plus élevé ;

- utilisation du glucose est  $\frac{8,432}{2,042} = 4,1$  fois supérieur ;

- lipides et protides ne sont pas utilisés.

2) D'après les résultats obtenus, on peut supposer que, le muscle utilisant du glucose, de l'oxygène et rejetant du gaz carbonique, l'énergie nécessaire à la contraction musculaire proviendrait d'une glycolyse aérobie (oxydation du glucose), selon la réaction suivante :

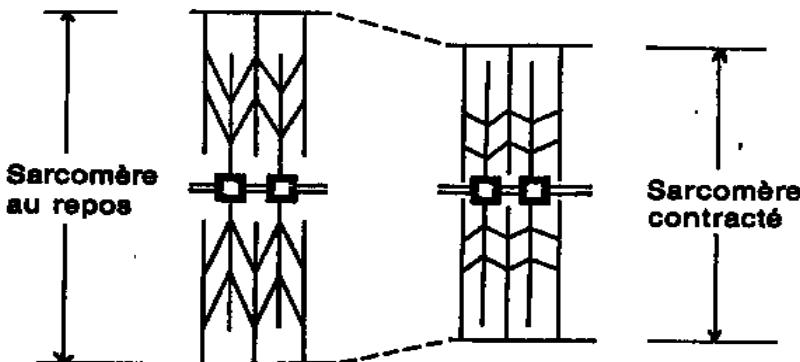


On remarque dans cette réaction que le volume de CO<sub>2</sub> rejeté est égal à celui d'O<sub>2</sub> utilisé (le quotient respiratoire Q =  $\frac{V\text{CO}_2}{V\text{O}_2} = 1$ ) or les résultats obtenus montrent que le quotient est égal à  $\frac{27}{16,9} = 1,59$ ,

indiquant que l'oxydation du glucose n'est pas complète.

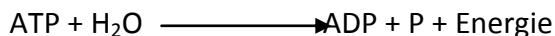
3) Le raccourcissement constaté correspond à celui des sarcomères dans lesquels les fibres d'actine sont crochétées par les têtes des molécules de myosine entre lesquelles elles glissent, parallèlement.

Ce raccourcissement nécessite l'hydrolyse de l'ATP en présence de catalyseur, parmi lesquels les ions K<sup>+</sup>.



4) L'origine de l'énergie nécessaire à la contraction musculaire provient de l'hydrolyse de l'ATP selon la réaction suivante :

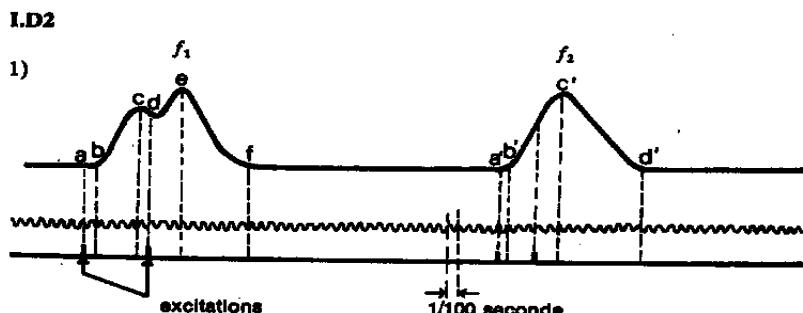
catalyseur



L'importante consommation de glucose, constatée précédemment, permet de fournir l'énergie nécessaire aux réactions de régénération de l'ATP au niveau des mitochondries.

## ID2.

1)



Le myogramme f1 correspond à deux secousses élémentaires partiellement fusionnées (abcd et def). On peut lire sur ce myogramme par des projections sur l'enregistrement du temps :

ab = temps de latence de durée voisine de  $\frac{1}{100}$  seconde.

bc = phase de contraction de la première secousse de durée voisine de  $\frac{4}{100}$  seconde.

cd = début de la phase de relâchement. Celui-ci est consécutif à la première contraction musculaire ; sa durée est voisine de  $\frac{1,5}{100}$  s.

de = phase de contraction de la deuxième secousse due à la 2<sup>e</sup> excitation qui se produit  $\frac{6}{100}$  secondes après la première, pendant la phase de relâchement de la première secousse. Cette phase dure  $\frac{3}{100}$  s environ.

ef = phase de relâchement musculaire de durée voisine de  $\frac{6,5}{100}$  s.

l'amplitude de la deuxième secousse est supérieure à celle de la première ; les effets des deux excitations s'ajoutent : c'est l'effet de sommation.

Le myogramme f2 correspond à deux secousses totalement fusionnées (a'b'c'd').

La 2<sup>e</sup> excitation, appliquée  $\frac{3,5}{100}$  s après la première, se produit pendant la phase de contraction : les deux secousses se fusionnent complètement pour donner une seule courbe d'amplitude et de durée grandes. Les effets de deux excitations s'additionnent (effet de sommation).

2) Le myogramme f3 correspond à 7 secousses élémentaires incomplètement fusionnées : il s'agit d'un tétanos imparfait obtenu à l'aide de 7 excitations répétées à  $\frac{8,3}{100}$  s d'intervalle et qui se produit durant les phases de relâchement. L'amplitude des secousses devient maximale à partir de la 3<sup>e</sup> contraction.

Le myogramme f4 obtenu à l'aide de 10 excitations répétées à  $\frac{3,1}{100}$  s d'intervalle, (donc suffisamment rapprochées) arrivent pendant la phase de contraction. A partir de la 3<sup>e</sup> excitation l'amplitude devient maximale et forme un palier. Les secousses complètement fusionnées : c'est le tétanos parfait.

Remarque : dans les deux cas, le palier (ondulé en f3, rectiligne en f4) reste horizontal, ce qui indique que le muscle ne montre aucun signe de fatigue.

- 3) a. L'ergogramme (= ligne qui joint les sommets des secousses élémentaires) f6 montre une diminution progressive de l'amplitude jusqu'à l'immobilité complète du muscle. Il s'est donc produit une fatigue progressive du muscle.
- b. L'ergogramme f7 montre une reprise des contractions à la suite d'excitations portées directement sur le muscle. Celui est donc capable de se contracter après l'apparition normale de la fatigue.
- Ce qui implique la fatigue nerveuse survient avant la fatigue du muscle.  
En fait, c'est au niveau de la transmission de l'influx nerveux que la fatigue apparaît en premier.
- 4)

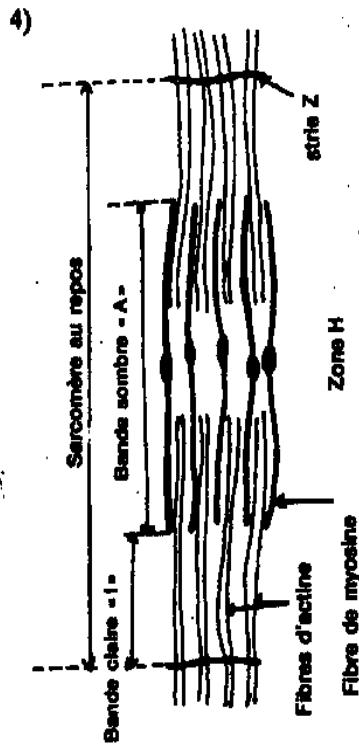


Figure 1



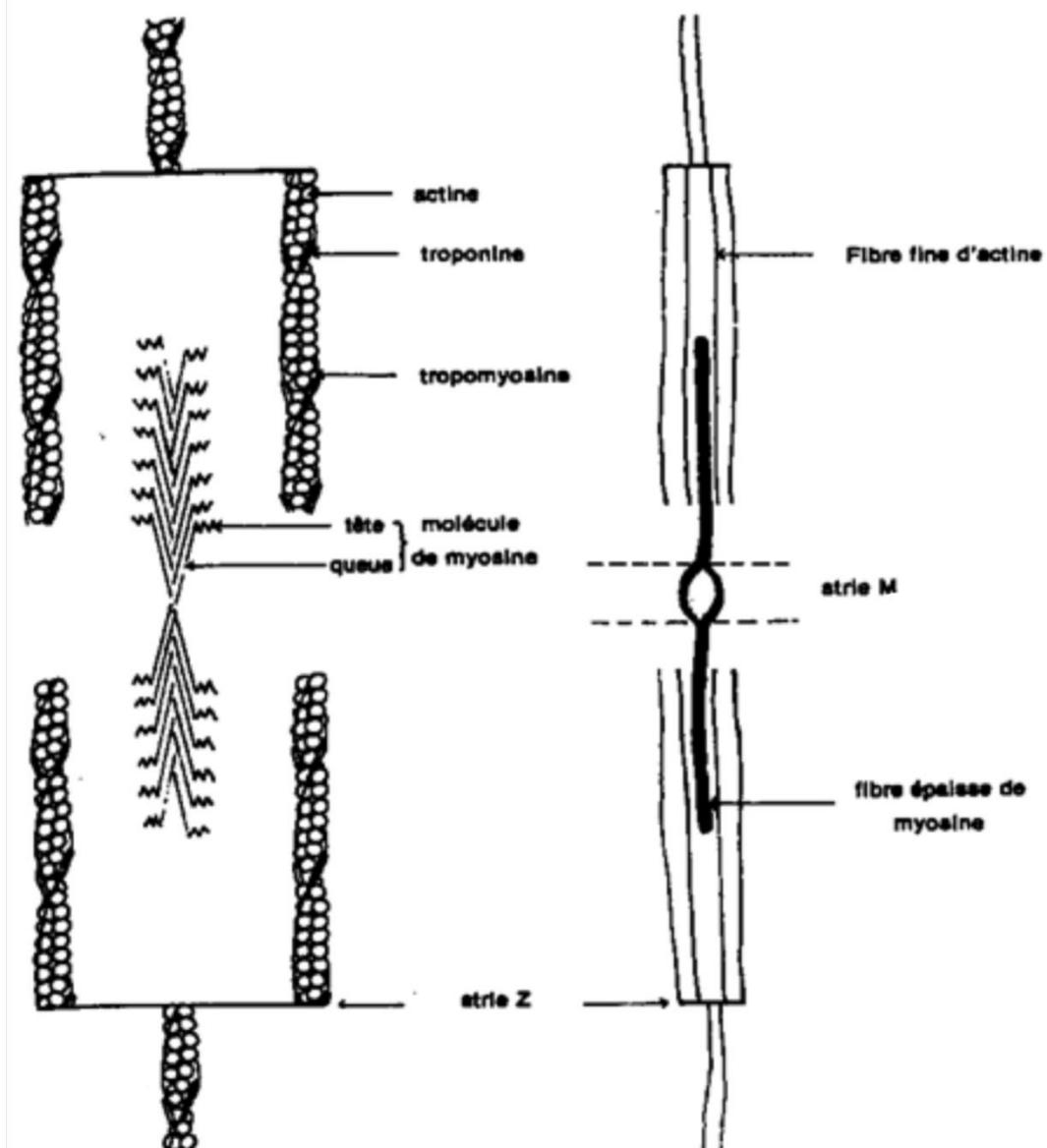
Figure 2

On sait que la fibre musculaire est l'unité morphologique du muscle. Celle-ci est constituée de fibres musculaires ou myofibrilles. Au microscope électronique, une myofibrille montre une alternance de bandes sombres (zone A) et de bandes claires (zone I). Ces dernières sont traversées en leur milieu par une strie Z.

La portion de myofibrille comprise entre deux stries z consécutives est un sarcomère (voir fig 1). Celui-ci est constitué par l'alternance de deux types de filaments ou fibres, de nature protidique :

- des fibres fines faites d'actine, réunies entre elles au niveau de la strie z, mais s'interrompant au niveau de la zone H.
- des fibres épaisses faites de myosine, étendues sur toute la longueur de la bande sombre.

Lors de la contraction musculaire, les fibres d'actine crochettées par certaines parties de fibres de myosine glissent parallèlement entre ces dernières. Les bandes claires deviennent plus courtes, faisant diminuer la longueur du sarcomère ainsi que celle de la zone H qui peut même disparaître (voir fig 2).



Remarque : ce commentaire n'est pas exigé mais pour pouvoir introduire certaines notions ne figurant pas dans le manuel, nous avons jugé opportun de faire ce rappel afin d'apporter les précisions suivantes :

- les fibres de myosine sont unies entre elles au milieu du sarcomère, au niveau de la strie M.
  - les fibres fines de la bande claire sont, en fait, constituées par les molécules d'actine sphériques disposées selon une double hélice. Dans la gorge de celle-ci, est logée une protéine filamentuse, la tropomyosine qui fixe à la fibre fine les molécules globulaires d'une protéine, la troponine (voir fig 3).
  - les fibres épaisses sont constituées de myosine. Chaque molécule de myosine comprend une tête et une longue queue.
- 5) Les sources d'énergie de la contraction musculaire sont :
- les composés phosphorés (ATP, phosphagène)
  - les sucres (glycogène, glucose).

\* Durant la contraction musculaire, il se produit une hydrolyse de l'ATP (ou adénosine triphosphate) qui libère de l'énergie, selon la réaction suivante :



\* L'ATP est reconstituée selon trois voies:

Voie aérobie rapide : 2ADP  $\longrightarrow$  ATP + AMP et ADP + phosphagène  $\longrightarrow$  ATP + AMP

Voie anaérobie moyenne : glycogène ou glucose  $\longrightarrow$  Acide pyruvique + ATP

Voie aérobie lente : Acide pyruvique  $\longrightarrow$  ATP.

Remarque : en absence d'oxygène, l'acide pyruvique produit de l'acide lactique.

### I.D3

a) 1° Enregistrement a, b et d :

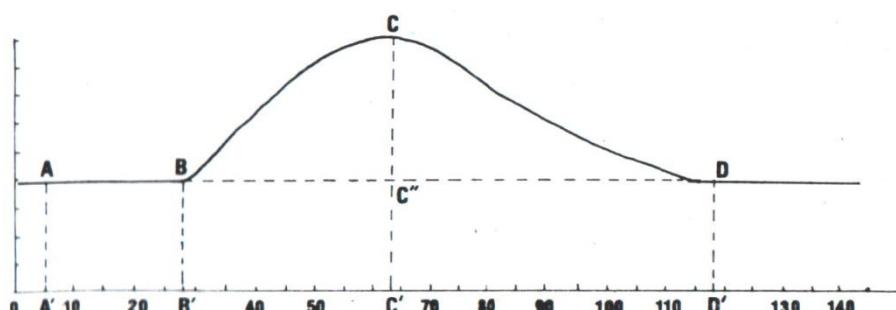
Les courbes a et b correspondent à des potentiels d'action diphasiques (PA) ; les électrodes réceptrices étant placées à la surface des organes, ces PA traduisent les phénomènes « électriques » enregistrés par la voie inférieure de l'oscilloscope au niveau du nerf (a) et au niveau du muscle (b) ; ces mêmes phénomènes résultent de mouvements ioniques créés par la stimulation du nerf. La courbe c traduit quant à elle la contraction musculaire.

Relations entre les différentes courbes :

Le PA apparaît d'abord au niveau du nerf, immédiatement après la stimulation ; son amplitude est d'environ 35 mv. L'onde de négativité, comparable à l'influx nerveux, entraîne la réponse du muscle ; celle-ci s'accompagne également d'un PA dont l'amplitude est de 35mv environ.

Précédant la phase de contraction, ce 2<sup>e</sup> PA apparaît durant la phase de latence du muscle mais avec un léger retard par rapport au PA du nerf en raison de la distance parcourue entre D et E.

2° Analyse de la courbe C.



La courbe c, ci-dessus reproduite, représente une secousse musculaire. On peut la décomposer en trois parties :

- La partie AB correspond au temps de latence ou temps perdu (A'B') compris entre le moment de l'excitation et le début de la réponse du muscle : il dure environ 23ms (OB' - OA' = 28 - 5 = 23ms) ;
- La partie BC ou période de contraction dure 35ms environ (B'C') ; elle correspond au raccourcissement du muscle dont l'amplitude est proportionnelle au segment C''C ;
- La partie CD ou période de relâchement musculaire dure 55ms environ (C'D'). durant cette période, le muscle tend à reprendre ses dimensions initiales.

b) 3° Le flaxétil peut avoir agi soit :

- sur la structure des organes mis en jeu, c'est-à-dire

\* au niveau des fibres nerveuses qui ont peut-être été anesthésiées, lésées (altérées), voire détruites :

\* au niveau des fibres musculaires qui ont pu subir le même sort.

- sur la conduction ou la transmission de l'influx nerveux en s'y opposant par exemple dans le nerf et ou dans le muscle.

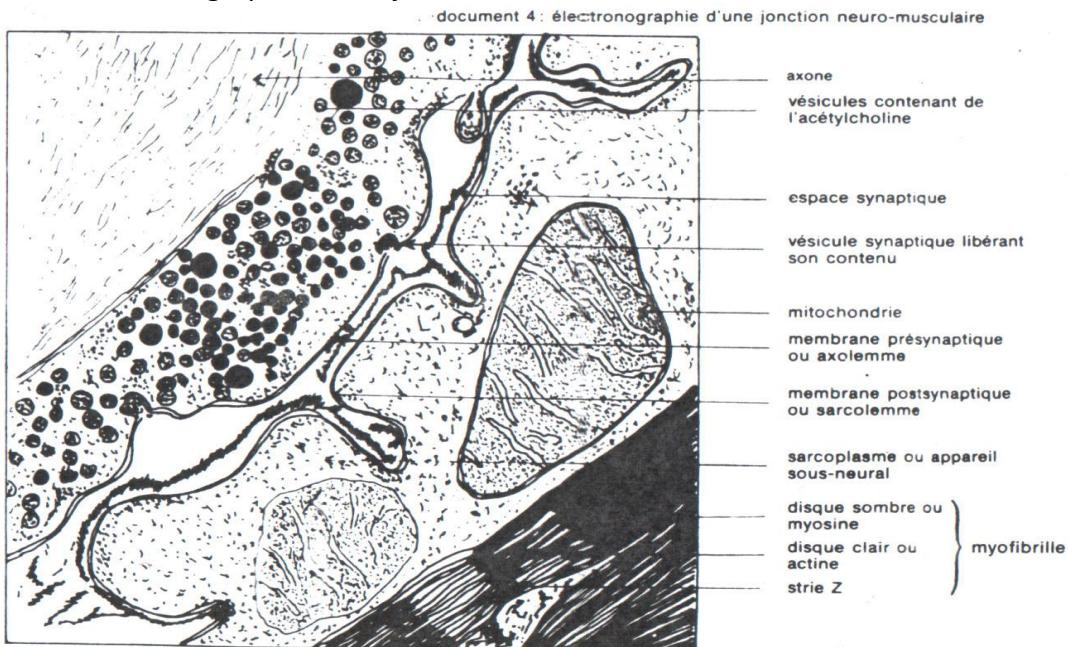
N.B. : on peut faire allusion à la plaque motrice mais à condition que la formulation à ce propos soit faite sous forme d'hypothèse.

#### 4° Analyse du document 3 :

L'action du flaxédil étant maintenue, l'excitation du nerf ne permet d'obtenir le potentiel d'action qu'au niveau du nerf ; le potentiel d'action au niveau du muscle et la réponse musculaire sont donc supprimés.

En conclusion : l'analyse du document 3 comparé au document 2 permet d'éliminer l'action du flaxédil sur le nerf (présence d'un PA) ; cette substance n'agit pas non plus sur le muscle qui se contracte si on le stimule directement : le flaxédil (substance curarisante) semble donc avoir perturbé le passage de l'onde de dépolarisation au niveau de la jonction neuromusculaire dont la structure histologique est représentée par la plaque motrice.

#### 5° Document : électronographie d'une jonction neuromusculaire.



6° Le PA apparu au niveau des fibres du nerf moteur se propage jusqu'aux arborisations terminales de ce nerf ; il déclenche l'ouverture synaptiques (phénomène d'exocytose) et par conséquent la libération d'acétylcholine, considérée comme substance nécessaire à la transmission neuromusculaire ; on a d'ailleurs montré expérimentalement qu'une application locale à faible dose d'acétylcholine au niveau même des terminaisons nerveuses provoquait les phénomènes de dépolarisation cités dans l'expérience III ; d'autre part le liquide de perfusion d'un muscle éserine après excitation répétée de son nerf moteur contient de l'acétylcholine.

La plaque motrice se dépolarise alors sous l'action de l'acétylcholine, en se fixant sur la membrane post-synaptique (grâce à des récepteurs spécifiques), l'acétylcholine engendre des mouvements ioniques qui déterminent le PA musculaire.

Remarque :

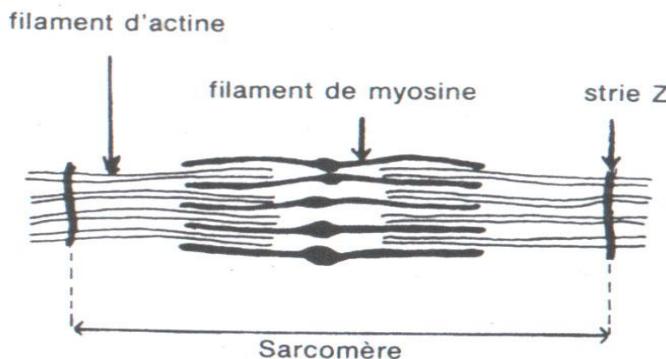
Cette discontinuité dans la transmission de l'influx nerveux retarde celui-ci : c'est le délai synaptique.

#### I.D4

I. 1) Elément a = une fibre musculaire

Elément b = une myofibrille

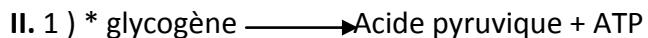
2)



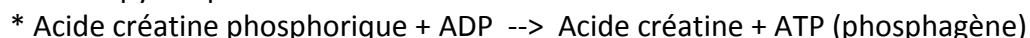
3) Elément c = noyau ; élément d = sarcolemme

4) La comparaison des surfaces occupées par les fibres I (zone sombre de la figure 3) et les fibres II (zones claires de la figure 3) permet de déduire qu'il y a environ 50% de fibres II.

Glycolyse



Oxydation



2) - Les fibres I possèdent une forte quantité d'enzymes nécessaires aux réactions aérobies ainsi que beaucoup de myoglobine qui stocke et libère l'oxygène nécessaire à ces réactions. Les lipides subissent une oxydation.

Donc les fibres I sont spécialisées dans les réactions aérobies.

- Les fibres II possèdent une forte quantité d'enzymes nécessaires aux réactions anaérobies ; elles disposent de peu de myoglobine donc de peu d'oxygène. Les lipides qui ne sont pas impliqués dans les réactions anaérobies y sont présents en faible quantité. Donc les fibres II sont spécialisées dans les réactions anaérobies.

- On remarque que le glycogène qui participe aux deux types de réaction est présent en quantités égales dans les 2 types de fibres.

3) Les fibres I disposent d'une faible quantité de myosine ATPase, la dégradation de l'ATP y est donc faible. Les fibres II disposent d'une forte quantité de myosine ATPase, la dégradation de l'ATP y est donc importante.

Hypothèse : les fibres I sont des fibres à contraction lente et les fibres II, des fibres à contraction rapide.

III. 1) Au début d'un effort intense et bref, le muscle réapprovisionne en énergie en utilisant les deux mécanismes : mécanisme anaérobie 60 % de l'énergie fournie mécanisme aérobie 40 % de l'énergie fournie donc il y a prédominance du mécanisme anaérobie.

2) Durant un effort prolongé et modéré, le muscle s'approvisionne en énergie en utilisant surtout le mécanisme aérobie (87 % de l'énergie fournie). Le pourcentage d'énergie fournie par le mécanisme anaérobie est faible au départ (13 % et diminue considérablement (2 % de l'énergie) à

la deuxième heure d'effort.

3) Dans le cas d'un exercice constant et modéré, ce sont les fibres I qui sont recrutées préférentiellement.

4) Au cours d'un effort modéré et prolongé, la reconstitution de ATP se fait essentiellement à partir de l'énergie libérée par les réactions aérobie (fig. 4).

Les fibres I sont spécialisées dans les réactions aérobie. Il est donc normal que les fibres I soient préférentiellement recrutées au cours d'un effort prolongé et modéré.

**IV.** Il faut orienter ce coureur vers les courses de fond car il dispose d'un grand nombre de fibres spécialisées dans les réactions aérobie prépondérantes pour les efforts prolongés qu'il devra fournir.

#### **I.D5**

**A. 1)-** Lorsqu'on soumet un sportif à un exercice prolongé mais d'intensité modérée, ce sont les fibres I qui sont les plus utilisées,

- Les fibres II sont les plus utilisées au cours d'un exercice de courte période mais d'intensité élevée..

- Selon la nature de l'exercice, les fibres ne sont pas recrutées de la même façon.

2) a. - Chez un coureur de fond, ce sont les fibres I qui domineront puisqu'elles sont adaptées à la réalisation d'un d'intensité modérée.

- exercice prolongé mais En effet, elles sont aptes à fonctionner de manière aérobie, étant donné qu'elles sont riches en oxygène et en myoglobine.

- La myoglobine est une protéine qui possède une grande affinité pour l'oxygène qu'elle met en réserve dans le muscle.

- Le bon réseau de capillaires sanguins permet de renouveler cette réserve à partir de l'oxygène sanguin.

- En aérobiose, les oxydations cellulaires au niveau des mitochondries fournissent des molécules d'ATP dont l'hydrolyse dégage l'énergie nécessaire à la contraction musculaire. L'ATP est reconstitué à partir de la dégradation du glycogène.

- La contraction de ces fibres est lente.

- Ces fibres permettent au muscle de faire face aux besoins en énergie pendant la durée de l'exercice, étant donné que le muscle travaille sans excès dans les limites de ses réserves énergétiques et de son ravitaillement en oxygène.

b. - Chez un « sprinter », ce sont les fibres II qui domineront puisqu'elles sont adaptées puisqu'elles à la réalisation d'exercices intenses.

- En effet, ces fibres sont riches en ATPase. Celle-ci. Hydrolyse l'ATP qui libère immédiatement son énergie rapides du muscle pour permettre les contractions rapides du muscle.

- Elles sont aptes à fonctionner de manière anaérobie, étant donné qu'elles épuisent rapidement leurs réserves en oxygène. Celui-ci n'est pas renouvelé assez rapidement puisque le réseau de capillaires sanguins n'est pas assez dense. La régénération de l'ATP se fera donc à partir de la glycogénolyse (ou glycolyse) anaérobie.

- Leur contraction est rapide.

**B. 1)Il existe un facteur génétique car :**

- le pourcentage de fibres I ne se modifie pas, même après un entraînement chez les individus secondaires ;

- Les vrais jumeaux ont la même répartition de fibres musculaires.

2) - le rôle de l'entraînement semble évident car :

- le pourcentage des fibres chez les athlètes varie selon le type d'entraînement ;
- l'entraînement augmente le nombre d'enzymes qui dégradent le glycogène, ce qui contribuera à une meilleure fourniture d'énergie pour le travail musculaire (entraînement de type anaérobie) ;
- l'entraînement contribue à améliorer les performances sportives (pour les deux types d'entraînement).

#### I.D6

I. - Certaines fibres contiennent du glycogène, d'autres en sont dépourvues.

- Les fibres qui ne contiennent plus de glycogène se sont donc contractées simultanément car elles font partie de l'unité motrice commandée. Les fibres ont utilisé leurs réserves de glycogène pour libérer l'énergie nécessaire à la contraction.

II. 1<sup>ère</sup> expérience :

le glycogène est présent dans toutes les fibres : il n'y a pas eu de contraction musculaire.

2<sup>e</sup> expérience:

motrice commandée par le Je expérience ..

absence de glycogène dans toutes les fibres, il y a eu contraction musculaire ;

3<sup>e</sup> expérience :

on obtient le même résultat que dans la 2<sup>e</sup> expérience.

Interprétation :

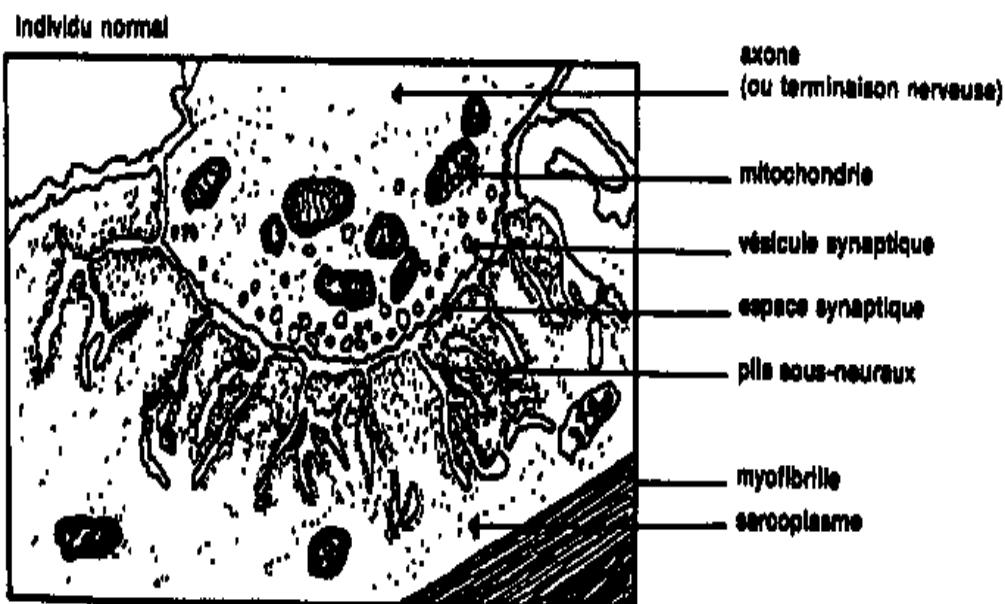
- La toxine botulique inhibe la contraction musculaire (1<sup>ère</sup> exp.).

- Elle n'a pas une action directe sur le muscle (2<sup>e</sup> exp.).

- Elle empêche la libération du médiateur chimique au niveau de la synapse neuromusculaire (3<sup>e</sup> exp.).

#### I.D7

1)



Titre : plaque motrice figure1

2) L'arrivée de l'influx nerveux au niveau de la terminaison nerveuse (ou bouton terminal) provoque la mobilisation des vésicules synaptiques qui déversent leur contenu (l'acétylcholine) dans l'espace synaptique.

L'acétylcholine se fixe alors sur des récepteurs de la membrane post synaptique ; réaction qui provoque une dépolarisation immédiate (par entrée des ions Na<sup>+</sup>) de la fibre musculaire.

3)- Diminution de la surface post synaptique par régression des plis de la membrane de la fibre musculaire.

- Augmentation de la largeur de l'espace synaptique.

4) Ces modifications peuvent expliquer le mauvais fonctionnement de cette structure (la transmission synaptique ne se fait pas) car le nombre des récepteurs post-synaptiques est diminué et l'acétylcholine est diluée dans l'espace synaptique.

## E. L'activité cardiaque

I.E1

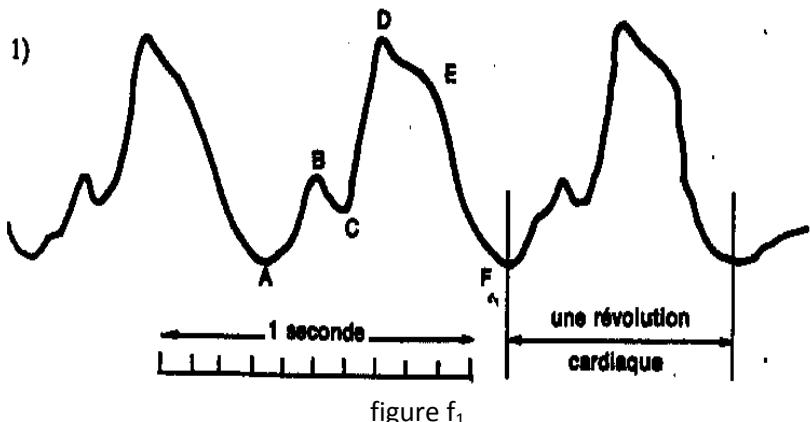


figure f<sub>1</sub>

- La figure f<sub>1</sub> représente l'enregistrement (cardiogramme) de trois révolutions cardiaques. Sur la troisième enregistrement, localisons par deux petits traits une révolution cardiaque.

- Pour mesurer la durée d'une révolution cardiaque, il suffit de repérer un même point sur les deux premières contractions cardiaques et de rejeter ces deux points sur l'échelle des temps. On trouve ainsi (voir figure f<sub>1</sub>) approximativement 0,75 s pour une révolution cardiaque.

- La fréquence cardiaque est le nombre de contractions du cœur en une minute

en une seconde il y a  $\frac{1}{0,75}$  révolutions soit  $\frac{4}{3}$

en 60 secondes il y a  $60 \times \frac{4}{3} = 80$  battements par minute.

- Représentons par ABCDEF les différentes phases d'une révolution cardiaque.

AB = systole auriculaire ou contraction des oreillettes

BC = début de la diastole auriculaire ou relâchement des oreillettes

CD = systole ventriculaire ou contraction des ventricules

DF = diastole générale durant laquelle s'effectue le relâchement du ventricule en deux temps DE et EF.

2) a. rythme du cœur isolé = 120 à 130 battements par minute ;

rythme du cœur en place = 80 battements par minute.

Donc le cœur isolé bat plus rapidement (une fois et demi plus vite) que le cœur en place. Ce qui laisse supposer que l'activité de ce dernier est en permanence freinée dans l'organisme.

b. Le rythme accéléré du cœur isolé est sous la dépendance du tissu nodal.

La fréquence du cœur en place est sous le contrôle du système neurovégétatif qui comprend :

- un système orthosympathique (sympathique) qui a une action cardioaccélératrice

- un système parasymphatique cardio-modérateur dont le centre est situé dans le bulbe rachidien et qui agit par l'intermédiaire des deux nerfs pneumogastriques ou vagues qui libèrent de l'acétylcholine appelée médiateur chimique.

3) a. Analyse de la figure f<sub>2</sub>.

Au cours d'un effort musculaire on note sur le graphique :

- une augmentation rapide de la fréquence cardiaque (nombre de battements par minute) qui passe de 70 à 190 battements environ par minute.

Une fois cette fréquence atteinte le rythme se stabilise.

- Le volume sanguin éjecté à chaque systole (ou volume de l'onde systolique) d'abord stable, subit une brusque augmentation qui fait passer sa valeur de 60 à 90 cm<sup>3</sup>, au moment où la fréquence cardiaque atteint le palier de 190 battements par minute.

b. au cours de l'effort musculaire. la réaction la plus immédiate est l'augmentation de la fréquence cardiaque ; c'est aussi la plus importante car sa valeur a été multipliée par 2,7 alors que celle du volume de l'ondée systolique n'a été multipliée que par 1,5.

4) L'augmentation du débit cardiaque (volume de sang expulsé par chaque ventricule en une minute = volume de l'ondée systolique x fréquence cardiaque) constitue une réaction adaptative du cœur et ce, pour subvenir aux besoins accrus de l'organisme, durant l'effort musculaire, en oxygène.

Les mécanismes de cette réaction adaptative sont triples :

a. mécanisme nerveux : La figure f<sub>2</sub> montre que l'effort musculaire entraîne l'augmentation du volume de l'ondée systolique. Celle-ci n'est possible qu'à la suite d'une accélération du rythme cardiaque doublée d'une augmentation de l'énergie des battements. On sait que ces manifestations sont dues à une excitation nerveuse orthosympathique ou à une inhibition du centre cardiomodérateur parasympathique.

La réaction adaptative du cœur a donc les caractères d'un réflexe neurovégétatif. Le sang riche en CO<sub>2</sub> et pauvre en O<sub>2</sub>, provenait des muscles actifs excite des récepteurs vasculaires (chémorécepteurs) qui envoient des influx nerveux aux centres cardiorégulateurs, lesquels provoquent un accroissement de la puissance de la contraction cardiaque.

b. mécanisme humoral Pendant l'effort musculaire le taux d'adrénaline libérée par la médullosurrénale s'accroît dans le sang. L'action de cette substance vient renforcer celle de l'orthosympathique sur le cœur.

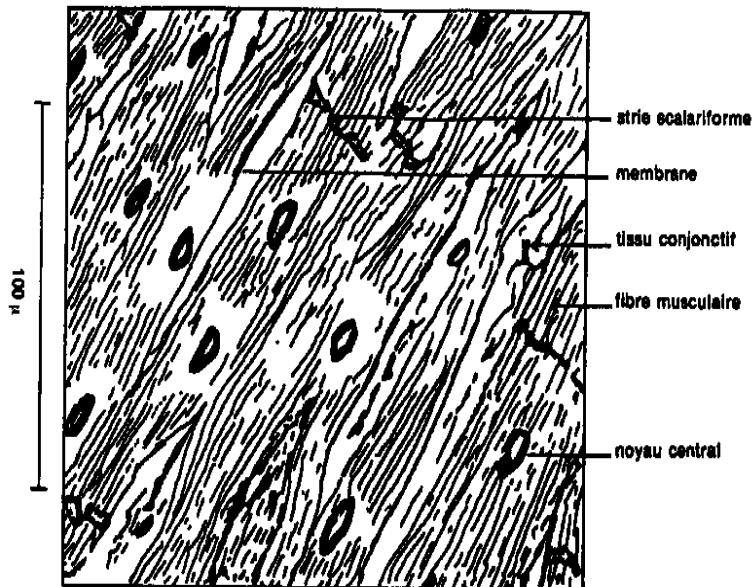
c. mécanisme régulateur

L'augmentation du volume de l'ondée systolique entraîne une élévation de la pression artérielle. Cette élévation excite des organes récepteurs (barorécepteurs) qui envoient des influx nerveux aux centres cardiorégulateurs, lesquels amènent la correction des variations de la pression artérielle.

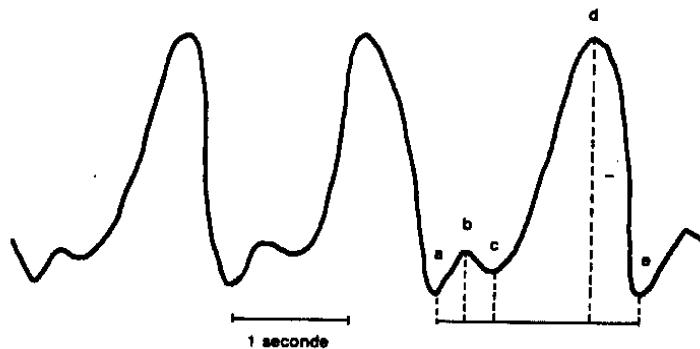
## I.E2

I ) Le document f3 représente une coupe longitudinale du tissu musculaire cardiaque ou tissu myocardique observée au fort grossissement du microscope.

Ce tissu provient du cœur.



2) L'appareil utilisé pour enregistrer l'activité du cœur chez la grenouille est le cardiographe. La figure f<sub>4</sub> représente l'enregistrement (cardiogramme) de trois révolutions cardiaques.



Une révolution cardiaque dure environ 1,7 secondes et comprend les phases suivantes : ab = systole auriculaire

bc = début de la diastole suivante)

cd = systole ventriculaire auriculaire (celle-ci se prolonge jusqu'à la révolution suivante)

de = diastole ventriculaire (celle-ci se prolonge ventriculaire) jusqu'à la prochaine systole

3)a. La figure f<sub>2</sub> représente un cardiogramme de chien.

Au début cet enregistrement apparaît normal : les oscillations sont régulières et d'égale amplitude.

En portant une dizaine d'excitations successives sur un des deux nerfs splanchniques, on constate que le cœur ne commence à réagir que vers la fin de ces excitations : cette réaction du cœur se manifeste par une accélération du rythme cardiaque et une augmentation de l'amplitude des contractions puis un retour à la normale.

b. L'excitation du nerf splanchnique provoque une augmentation de la pression artérielle ou hypertension. Celle-ci débute quelques secondes après la fin de l'excitation du nerf splanchnique, dure 45 secondes environ (voir document f<sub>6</sub>), puis revient à la normale.

En ce qui concerne le rapport entre les deux résultats expérimentaux illustrés par les documents f<sub>5</sub> et f<sub>6</sub> il ressort que l'accélération du rythme cardiaque s'accompagne : d'une hypertension et son

ralentissement ramène la pression artérielle à sa valeur normale.

c. On déduit que l'excitation du nerf splanchnique stimule la médullo-surrénale qui secrète une substance dans le sang veineux. Ce dernier, injecté à un autre chien n'ayant subi aucune excitation, provoque l'accélération de son rythme cardiaque.

Cette substance qui agit par voie sanguine est une hormone appeléeadrénaline.

d. Au cours d'une émotion, l'augmentation du rythme cardiaque dépend uniquement d'un mécanisme hormonal.

Remarque :

L'émotion donne naissance à une excitation au niveau du cortex cérébral, l'influx nerveux qui en résulte passe par l'hypothalamus pour atteindre le centre bulinaire adrénaline-sécréteur. Celui-ci, par l'intermédiaire du nerf splanchnique, stimule la médullo-surrénale qui sécrète l'adrénaline. Celle-ci, transportée par le sang, atteint le cœur et provoque l'accélération de son rythme.

#### I.E3

1)- Pour une pression sanguine (PS) de 20 mm de Hg, on enregistre aucun potentiel d'action (PA). Donc cette pression est inférieure au seuil d'excitation de la fibre du nerf de Hering.

- Pour une P.S. égale à 80 mm Hg (supérieur au seuil d'excitation) on enregistre une série de P.A.. d'égale amplitude.

- Pour une P.S. égale à 200 mm Hg, les P.A.. enregistrés gardent une amplitude constante mais augmentent de fréquence.

On en déduit que :

\* les PA enregistrés supposent l'existence de zones sensibles aux variations de PS situées au niveau des sinus carotidiens. Ce sont des barorécepteurs ;

\* le nerf de Hering, conducteur des influx nerveux nés au niveau des barorécepteurs, est une voie cardiaque centripète (sensitive).

2) La création d'un tel influx nerveux centripète est à l'origine d'une action en retour de type réflexe : toute élévation de la pression sanguine (PS) excite les barorécepteurs (récepteurs sensoriels)situés au niveau des sinus carotidiens ; il en part des influx nerveux qui, conduits par les nerfs de Hering (voie sensitive), excitent le centre cardiomodérateur bulinaire (centre nerveux). Ce dernier « réfléchit » les influx nerveux qui sont conduits par les nerfs pneumogastriques (voie motrice) jusqu'au cœur (organe effecteur) provoquant un ralentissement de son rythme et par conséquent le retour à la normale de la valeur de la PS. Par contre, lorsque la PS est trop faible (20 mm Hg), le réflexe cardiomodérateur n'est plus mis en jeu, car les barorécepteurs ne sont plus excités. Dans ces conditions, le rythme cardiaque s'accélère, ce qui permet l'augmentation de la PS jusqu'à une valeur normale.

Remarque : il existe au niveau de la cross aortique des barorécepteurs qui sont reliés au centre cardiomodérateur bulinaire par le nerf de Cyon (nerf dépresseur centripète).

#### I.E4

##### 1) Calcul du débit cardiaque

On sait que le débit cardiaque (d)est le volume de sang éjecté par chaque ventricule pendant une unité de temps, soit la minute. Il dépend de deux valeurs :

- celle de la fréquence cardiaque (fc)(nombre de contractions par minute)et

- celle du volume de l'onde systolique (os) (volume de sang expulsé par un ventricule dans l'artère au cours d'une contraction ou systole).

D'où  $d = f.c. \times o.s.$  en litre par minute.

a. Au repos

Chez l'homme et la femme :

$$d = 60 \times 76 = 4560 \text{ ml/mn} \text{ soit } 4,5 \text{ L/mn}$$

b. Pendant l'exercice physique intense

- Chez l'homme  $d = 185 \times 130 = 24050 \text{ ml/mn} \text{ soit } 24 \text{ L/mn}$

- Chez la femme  $d = 196 \times 99 = 19404 \text{ ml/mn} \text{ soit } 18,4 \text{ L/mn}$

En comparant les valeurs obtenues on se rend compte, qu'au cours d'un exercice physique intense, le débit cardiaque augmente 5,3 fois plus chez l'homme et 4,7 fois plus chez la femme.

D'une manière générale, la valeur du débit a donc été multipliée par cinq (5).

Chez les deux sexes, l'augmentation du débit cardiaque est obtenue par deux mécanismes :

- augmentation de la fréquence cardiaque ;

- augmentation du volume de l'onde systolique ;

Mais cette augmentation du débit cardiaque ne se fait pas de la même façon chez les deux sexes :

- chez l'homme, les deux mécanismes jouent un rôle important ;

- chez la femme l'augmentation du débit cardiaque se fait surtout par augmentation de la fréquence cardiaque étant donné que l'augmentation du volume de l'onde systolique reste limitée.

2) D'après les données du tableau, on peut classer les organes mentionnés en trois catégories :

- catégories d'organes dont le débit sanguin augmente beaucoup (les muscles et le cœur),

- catégorie d'organes (cerveau) dont le débit sanguin ne change pas ou en tout cas très peu pendant un exercice physique intense,

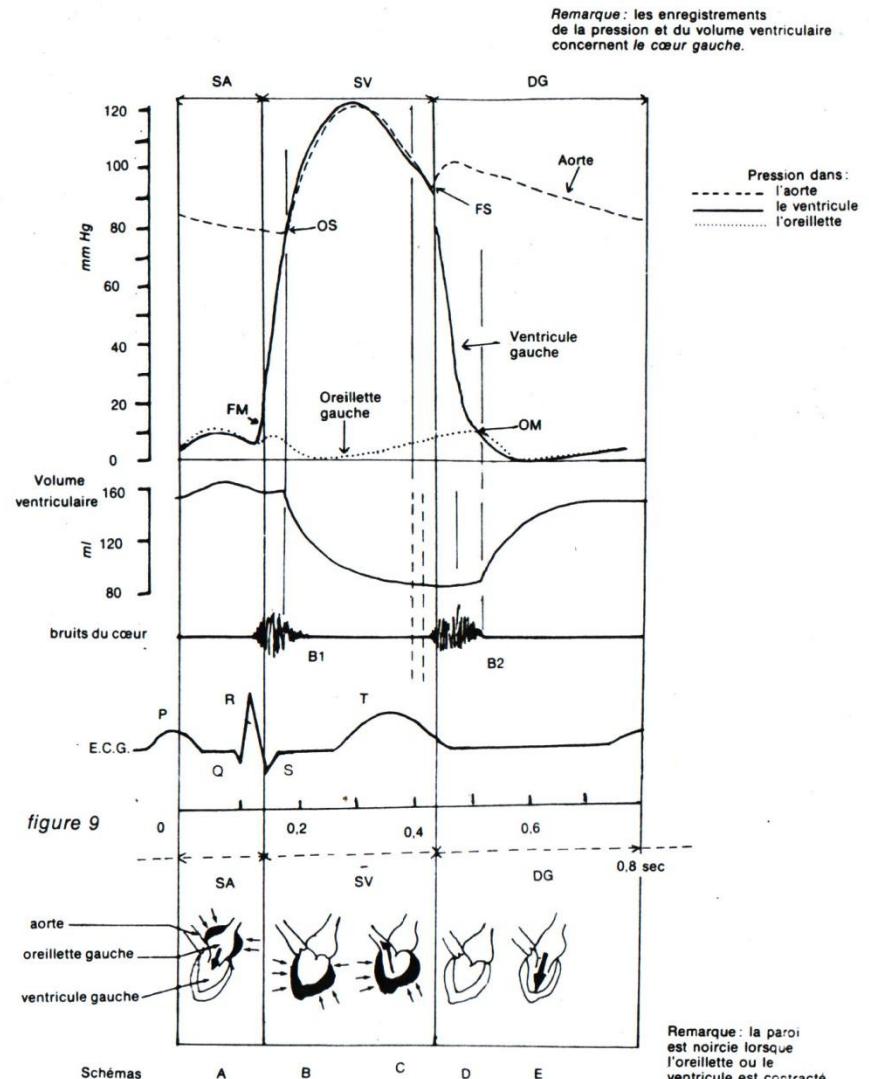
- catégorie d'organes dont le débit sanguin diminue (organes abdominaux).

On a vu précédemment que le débit cardiaque peut être multiplié durant un exercice physique intense par 5, donc la quantité d'oxygène transportée par le sang durant 1 minute devrait au maximum quintupler. Or, pour les muscles, le tableau indique un débit sanguin et par conséquent une quantité d'oxygène apportée 18,3 fois supérieure, pendant l'exercice physique intense, à ce qu'elle est au repos.

La variation du débit cardiaque ne peut expliquer à elle seule ces résultats. C'est pour cela qu'une partie du sang circulant est détournée au profit des organes qui travaillent (au détriment des organes abdominaux) : c'est par ce mécanisme que l'alimentation des muscles peut être accrue de manière si importante.

**I.E5**

1) Les différentes phases de la révolution cardiaque doivent être délimitées par les lignes verticales coupant les différents enregistrements de la figure f<sub>9</sub>.



2) relations entre les différents phénomènes enregistrés pour chacune des phases de la révolution cardiaque :

1<sup>ère</sup> phase : systole auriculaire (SA) de durée égale à 0,14 seconde environ. Cette phase est figurée par le schéma A.

\* L'électrocardiogramme (ECG) montre l'onde P. on sait que celle-ci précède et déclenche la contraction des oreillettes.

\* L'enregistrement des pressions montre que les valeurs de la pression dans l'artère aorte et dans le ventricule gauche sont proches du minimum.

\* D'après la courbe de variation du volume ventriculaire, on constate que durant cette phase, la valeur de ce volume est maximale : le sang remplit le ventricule après avoir été chassé par l'oreillette.

Remarque : le complexe QRS de l'électrocardiogramme précède et déclenche la systole ventriculaire.

2<sup>e</sup> phase : systole ventriculaire (SV) de durée égale à 0,3 seconde environ. Cette phase est marquée par une augmentation importante des pressions ventriculaires et aortique d'une part, et une grande diminution du volume ventriculaire, d'autre part.

Lorsque la pression ventriculaire devient supérieure à la pression auriculaire, on enregistre un premier bruit B1 correspondant à la fermeture de la valvule auriculo-ventriculaire gauche ou mitrale (FM) et marquant le début de la systole ventriculaire (voir schéma B)

Lorsque la pression ventriculaire atteint une valeur supérieure à celle de la pression artérielle, l'ouverture des valvules sigmoïdes (OS) permet l'éjection du sang par le ventricule gauche dans l'aorte. (voir schéma C).

Remarque : l'onde T précède la décontraction ventriculaire.

3<sup>e</sup> phase : diastole générale (DG) de durée égale à 0,36 seconde environ. Durant cette phase a lieu la décontraction ventriculaire. La pression ventriculaire diminue beaucoup plus rapidement que la pression artérielle. Lorsque cette dernière est supérieure à celle du ventricule, la valvule sigmoïde se ferme (FS) provoquant le deuxième bruit B2 (voir schéma D).

Lorsque la pression auriculaire devient supérieure à celle du ventricule, l'ouverture de la valvule auriculo-ventriculaire gauche ou valvule mitrale a lieu (OM), ce qui permet le remplissage à nouveau de la cavité ventriculaire entraînant une augmentation du volume (voir schéma E).

#### I.E6

##### I.

1- Dans les deux cas, avant la stimulation, l'électromyogramme obtenu montre un potentiel de repos de l'ordre de -90 mv impliquant que l'électrode réceptrice utilisée est une microélectrode piquée dans le tissu musculaire. L'autre électrode étant maintenu au potentiel constant, la stimulation du muscle gastrocnémien, d'une part, et celle d'un fragment de myocarde ventriculaire, d'autre part, fait apparaître sur l'écran de l'oscilloscope une onde monophasique précédée par un artefact de stimulation qui indique le moment précis de l'excitation. Entre l'artefact et l'onde monophasique s'écoule une période de latence relativement brève.

Dans les deux enregistrements électriques, il y a d'abord une première phase très rapide au cours de laquelle le potentiel de membrane s'inverse brusquement passant de -90 mv à + 20 mv = c'est la phase de dépolarisation.

La seconde phase, au cours de laquelle la membrane revient progressivement à son potentiel de repos (phase de repolarisation) représente un tracé différent selon le type de muscle strié étudié :

- Dans le cas du muscle strié squelettique (muscle gastrocnémien de grenouille) cette phase comporte une partie assez rapide d'une durée voisine de 4ms et une partie lente d'une durée égale à 40ms environ.

- Dans le cas du myocarde ventriculaire, cette phase est beaucoup plus lente et dure à peu près 225ms.

Remarque : Dans le cas du muscle gastrocnémien de grenouille, la phase de dépolarisation et la première partie de la phase de repolarisation ont lieu toutes les deux pendant le temps de latence de la secousse musculaire ; elles constituent le potentiel d'action de pointe appelé également spike, d'une durée comprise entre 4 et 5 ms.

La spike s'accomplit toute entière avant le début de la contraction musculaire.

2- Les deux mécanogrammes, décalés par rapport aux électromyogrammes correspondants, indiquent que la contraction ne se produit qu'après un certain délai (latence). C'est le temps nécessaire pour que le potentiel d'action déclenche les réactions chimiques de la contraction musculaire.

En effet, pendant ce temps, la dépolarisation se propage le long de la fibre musculaire depuis la zone excitée et atteint au niveau des stries Z, les tubules formés par la membrane de la fibre. La

dépolarisation est transmise au réticulum sarcoplasmique dont la membrane devient perméable au  $\text{Ca}^{2+}$ , qui passe alors dans le sarcoplasme. En présence de  $\text{Ca}^{2+}$ , l'ATP fournit l'énergie nécessaire au glissement des filaments d'actine par rapport à ceux de myosine : c'est la contraction.

## II.

Sur les deux courbes, on constate une faible perméabilité aux ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  avant l'excitation. On rappelle que le potentiel de repos est dû à une inégale répartition des ions de part et d'autre de la membrane plasmique. L'ion  $\text{Na}^+$  est plus abondant dans le milieu extracellulaire alors que l'ion  $\text{K}^+$  est prédominant dans le milieu intracellulaire. La fibre musculaire au repos est très perméable au  $\text{K}^+$  et peu perméable au  $\text{Na}^+$ .

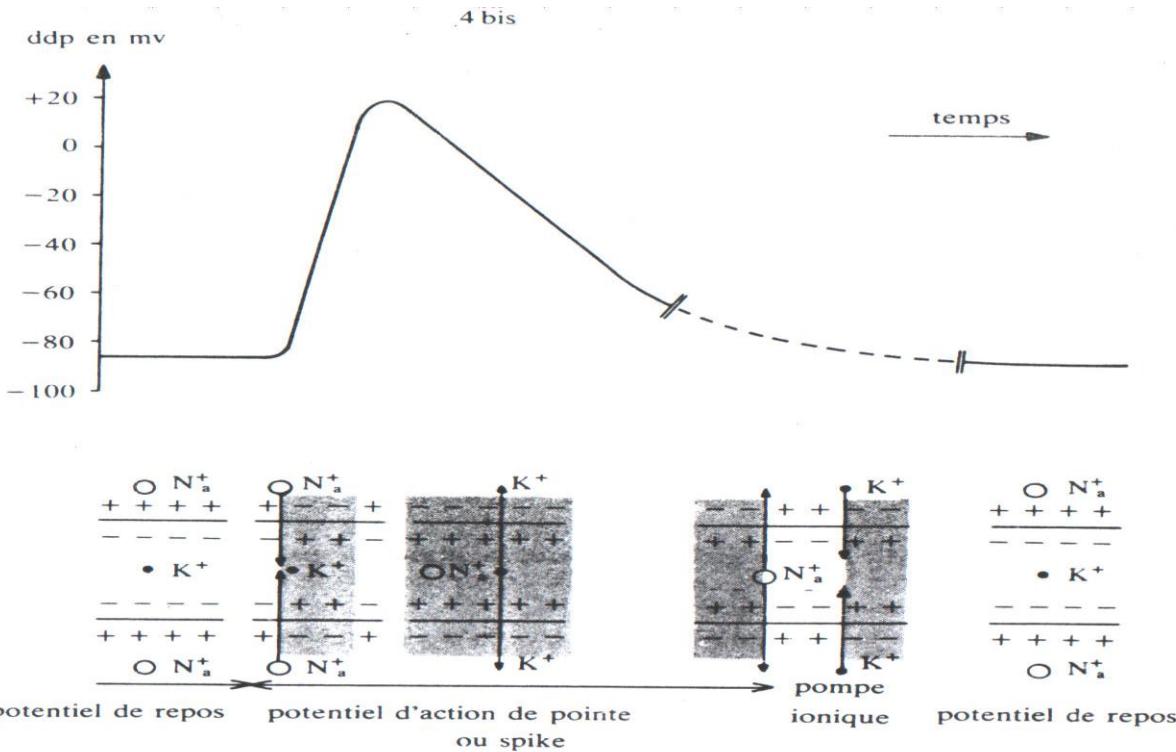
- Dans le cas du muscle gastrocnémien, la stimulation provoque immédiatement une entrée massive de l'ion  $\text{Na}^+$  dans le milieu intracellulaire suivie de la sortie compensatoire de l'ion  $\text{K}^+$ . Les mesures de la perméabilité de la membrane de la fibre musculaire au  $\text{Na}^+$  et au  $\text{K}^+$  s'effectue e un point donné de cette membrane. D'après la figure A3, ces mesures ont été effectuées au niveau de l'endroit stimulé. A partir de ce point, l'onde de négativité créée se propage le long de la fibre musculaire et atteint la microélectrode réceptrice après un certain délai. On enregistre alors sur l'écran de l'oscilloscope le potentiel d'action monophasique.

Pour indiquer les rapports qui existent entre les variations de la perméabilité membranaire et le tracé de l'électromyogramme correspondant, il convient de comparer la figure A3 au tracé de la spike.

Les mouvements ioniques modifient avec une rapidité extrême (4 millisecondes environ) les concentrations des électrolytes de part et d'autre de la membrane de la fibre musculaire. La pénétration de l'ion  $\text{Na}^+$  dans le milieu intracellulaire de la fibre musculaire correspond à la phase de dépolarisation. Le début de la repolarisation est dû à la sortie de l'ion  $\text{K}^+$  dans le milieu extracellulaire.

Dès que le potentiel de pointe est accompli, des transports actifs ramènent progressivement la fibre musculaire à son état de repos. La « pompe ionique » utilise de l'énergie pour rejeter  $\text{Na}^+$  et récupérer  $\text{K}^+$ .

L'inégale répartition de ces ions est rétabli de part et d'autre de la membrane plasmique, ce qui ramène la valeur négative du potentiel de repos.



- Dans le cas du myocarde ventriculaire, la stimulation provoque, comme pour le cas de la fibre du muscle gastrocnémien, une variation de la perméabilité membranaire au  $\text{Na}^+$  mais d'une durée beaucoup plus longue (250 millisecondes environ).

A l'entrée massive de l'ion  $\text{Na}^+$  dans le milieu intracellulaire de la fibre du myocarde correspond la phase de dépolarisation. Quant à la perméabilité membranaire à l'ion  $\text{K}^+$ , celle-ci marque d'abord une diminution brutale, suivie d'une augmentation lente et durable qui correspond à la phase de repolarisation du potentiel d'action.

Le retour relativement lent de la perméabilité membranaire au  $\text{K}^+$  à sa valeur initiale (10 unités arbitraires) explique la longue durée de la phase réfractaire des fibres du myocarde.

### III.

1 - Ces enregistrements révèlent, outre l'excitabilité du myocarde ventriculaire, sa contractilité. En effet, le myocarde présente des contractions rythmiques en absence de toute stimulation extérieure : c'est l'automatisme cardiaque. Il possède donc en lui-même la source de ses stimulations naturelles. Leurs origines se trouvent dans le tissu nodal. Le potentiel d'action qui est à l'origine de la contraction du fragment de myocarde ventriculaire naît spontanément et rythmiquement dans le tissu nodal.

2 - Les deux premières stimulations (a et b) appliquées au moment où la fibre cardiaque a retrouvé son potentiel de repos, c'est-à-dire pendant la phase de relâchement du myocarde ventriculaire, sont efficaces. En effet, on observe une extrasystole suivie d'une diastole prolongée ou repos compensateur. Ce dernier a une durée telle que la contraction ventriculaire suivante se produit au moment précis où elle se serait normalement produite si le myocarde ventriculaire n'avait pas été soumis à l'excitation a ou b. Il s'agit donc d'une extrasystole non décalante.

La troisième stimulation (c) appliquée avant le retour au potentiel de repos, c'est-à-dire pendant la phase de contraction du myocarde ventriculaire est inefficace.

La période réfractaire est longue (250 millisecondes environ) pour les fibres du myocarde ventriculaire.

#### IV.

Dans les deux cas, la stimulation  $I_1$  est inefficace, alors que la stimulation  $I_2$  est à l'origine d'une secousse musculaire. Une stimulation n'est donc efficace que si elle atteint une certaine intensité : le seuil ( $I_s$ ).

$$I_1 < I_s \leq I_2$$

- Dans le cas du muscle strié squelettique (figure A6)

Quand le seuil d'excitation est atteint, toute augmentation de l'intensité de stimulation (de  $I_2$  à  $I_s$ ) entraîne une augmentation de l'amplitude de la réponse mécanique.

A partir de  $I_s$ , l'augmentation de l'intensité de stimulation ne modifie pas l'amplitude de la réponse mécanique.

Les fibres du muscle strié squelettique sont distinctes ; chacune répond selon son propre seuil d'excitabilité. Quand  $I_s$  est atteint, toutes les fibres sont recrutées.

- Dans le cas du fragment de myocarde isolé (figure A7).

A partir de  $I_s$ , toute augmentation de l'intensité de stimulation (de  $I_2$  à  $I_6$ ) ne modifie pas l'amplitude de la réponse mécanique. Le myocarde obéit donc à la loi du tout ou rien et se comporte comme une fibre unique. En effet, les fibres cardiaques sont anastomosées ; l'excitation qui atteint une fibre se propage aux autres.

#### I.E7

1) Les courbes du document B représentent des potentiels d'action.

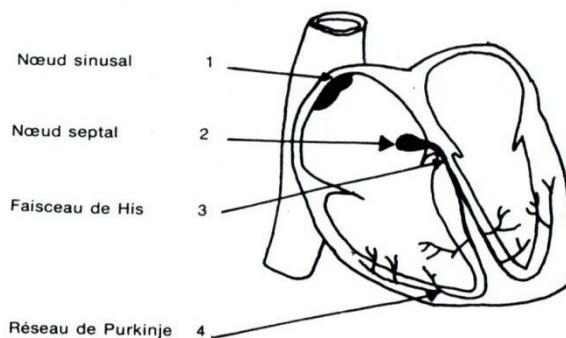
2) Puisque le cœur est isolé et qu'il n'est soumis à aucune stimulation, le premier potentiel d'action enregistré au niveau du sinus veineux (nœud sinusal) est spontané. Donc le nœud sinusal présente une activité spontanée traduite électriquement par des potentiels d'action et qui est à l'origine des contractions du myocarde : c'est l'automatisme cardiaque.

3) Expérience 1 : Les nœud sinusal et septal ainsi que le faisceau indispensable à l'automatisme cardiaque.

Expérience 2 : Le nœud sinusal impose son rythme plus rapide à cœur. C'est l'entraineur principal du cœur (ou pacemaker).

Expérience 3 : Le faisceau de His intact provoque des battements ventriculaires de rythme lent. C'est un entraineur secondaire du cœur.

4) Légende du dessin :



#### I.E8

**I. 1)- Document I :** La fréquence cardiaque augmente en fonction de l'effort. Elle atteint au début de l'expérience (courbe a) une valeur maximale de 195 bat/mn pour une consommation d' $O_2$  de 4,2 l/mn. Après 20 jours au lit (courbe b), la fréquence maximale est de 195 bat/mn pour une consommation de 3,2 l/mn. Après 50 jours d'entraînement (courbe c), la fréquence cardiaque diminue légèrement : 190 bat/mn pour une consommation d' $O_2$  plus importante : 5,2 l/mn.

- Document II : Le volume systolique maximal dans le premier cas (courbe a) est de 110 ml, dans le deuxième cas (courbe b) il est de 90 ml ; enfin il est de 150 ml dans le troisième cas (courbe c).

- Le repos a pour conséquence une diminution du volume systolique ; 20 ml de moins par rapport au cas normal (courbe a), alors que l'entraînement augmente le volume systolique (60 ml de plus).

- La consommation d' $O_2$  est influencée par le repos (diminution de cette consommation), et par l'entraînement (augmentation de la consommation).

- La fréquence cardiaque, quant à elle, subit de légères modifications à la suite d'entraînements.

**2) - Débits cardiaques maxima :**

1er cas (courbe a) =  $1\ 10 \times 195 = 2\ 145$  ml/mn soit 2 1,45 l/mn

2<sup>e</sup> cas (courbe b) =  $90 \times 195 = 17\ 550$  ml/mn soit 17,55 l/mn

3<sup>e</sup> cas (courbe c) =  $150 \times 190 = 28\ 500$  ml/mn soit 28,5 l/mn

- Le débit cardiaque a diminué à la suite d'un repos prolongé. Il augmente sous l'influence de l'entraînement.

- Les différences constatées sont dues à la variation du volume systolique qui a ainsi un rôle prépondérant dans le cas considéré ici.

**II. 1) - Expérience 1:** Le nombre de capillaires sanguins par  $mm^2$  varie en fonction de l'effort dans le muscle de la jambe et dans le muscle cardiaque.

Il ne varie pas dans le muscle masticateur.

- Expérience 2 : Masse moyenne des cœurs :

\* des rats témoins : 740 mg,

\* des rats entraînés : 967 mg.

A la suite d'un entraînement prolongé, il y a augmentation de la masse des cœurs des rats entraînés de :

$$967 - 740 = 227 \text{ mg environ.}$$

L'entraînement favorise l'augmentation de la masse du cœur ainsi que l'augmentation du nombre des capillaires sanguins qui irriguent les muscles de la jambe et le muscle cardiaque.

**2) Les modifications qui accompagnent l'entraînement sont :**

\* l'augmentation de la masse cardiaque,

\* l'augmentation du volume systolique,

\* et le développement du réseau capillaire.

**3)- D'une espèce à l'autre, la fréquence cardiaque est inversement proportionnelle à la masse du cœur.**

- Chez une même espèce, la fréquence cardiaque diminue avec l'âge.

**4) - Au repos comme à l'activité, l'organisme consomme de l'oxygène nécessaire à l'oxydation des substances énergétiques (production de chaleur).**

- Le volume d'oxygène consommé est proportionnel à l'exercice physique.

- Ce volume atteint un palier de 3,04 l/mn correspondant à une activité cardiaque maximale.

- A partir de cette valeur, l'organisme puise l'énergie nécessaire à partir de la glycolyse anaérobie avec production accrue d'acide lactique

**II**  
**PROBLEMES DE REPRODUCTION**

**résumés de cours**

**+**

**Enoncés**

## PROBLEMES DE REPRODUCTION

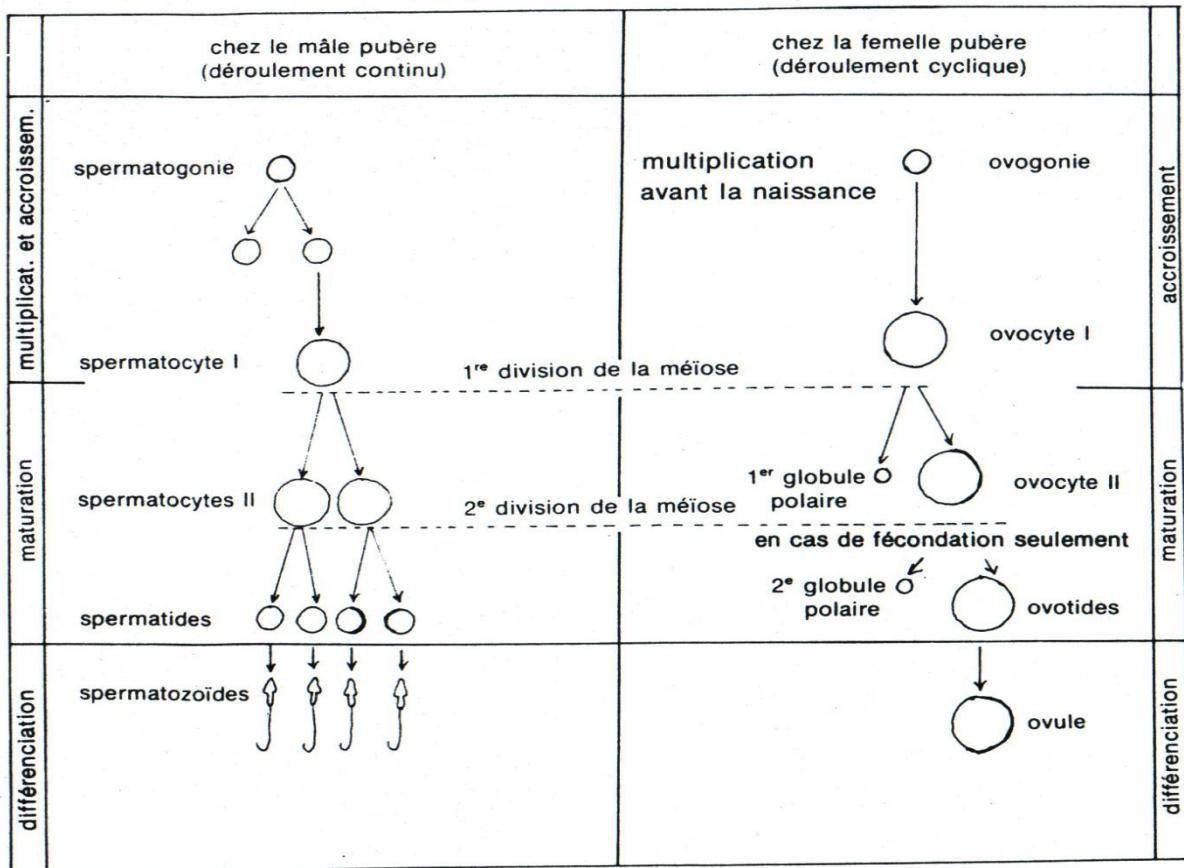
La reproduction sexuée permet un brassage des caractères héréditaires : elle assure le renouvellement des combinaisons géniques du patrimoine héréditaire. Elle fait intervenir généralement deux individus de sexe différent, l'un mâle (b) produisant des cellules reproductrices ou gamètes mâles (spermatozoïdes), l'autre femelle (Q) donnant des gamètes femelles (ovules au sens général).

En général, le spermatozoïde est mobile. Il est attiré par des substances chimiques (exemple les fertilisines) sécrétées par l'ovule immobile.

L'union des gamètes mâle et femelle ou fécondation est fondamentalement identique dans le monde vivant. Elle conduit après caryogamie (union des noyaux) à la formation de l'œuf fécondé ou zygote dans lequel la diploïdie est rétablie. Cet œuf est à l'origine de la constitution d'un nouvel organisme par mitoses successives.

Comment l'union de deux individus diploïdes aboutit à la formation d'un nouvel individu diploïde ? Des analyses du taux d'A.D.N. contenu dans le noyau des cellules sexuelles ont révélé que ce taux est égal à la moitié de celui contenu dans le noyau des cellules somatiques. Cette réduction chromatique ou méiose (= division réductionnelle + division équationnelle) engendre à partir d'une cellule diploïde ( $2n$  chromosomes), quatre cellules haploïdes ( $n$  chromosomes) dont l'union reconstitue la diploïdie.

Chez l'Homme, la gamétogenèse se déroule en quatre phases dans les gonades (testicules chez l'homme, ovaires chez la femme) comme suit :



Les phénomènes hormonaux liés au fonctionnement des appareils génitaux de l'homme et de la femme sont résumés comme suit :

	L'hypothalamus	L'hypophyse antérieure	Les gonades	Effet des hormones sexuelles
CHEZ L'HOMME	Sécrète des neurohormones (RF ou RH) qui stimulent l'antéhypophyse de façon constante	Sécrète les gonadostimulines : FSH	Stimule la spermatogenèse dans les tubes séminifères	- active la spermatogenèse - agit sur les organes génitaux accessoires (voies génitales, glandes annexes et pénis)
		LH	Stimule la sécrétion de testostérone par les cellules interstitielles	- développe et maintient les caractères sexuels secondaires - agit en retour (feedback ou rétrocontrôle négatif) sur le complexe hypothalamo-hypophysaire en inhibant la sécrétion de LH.

	L'hypothalamus	L'hypophyse antérieure	Les gonades	Effets des hormones sexuelles
CHEZ LA FEMME	Sécrète des neurohormones (RF ou RH) qui stimule l'antéhypophyse de façon cyclique	Sécrète les gonadostimulines FSH et LH. - FSH. Favorise le début de la maturation folliculaire - FSH et LH agissant en synergie, commandent l'achèvement de cette maturation.	PHASE FOLLICULAIRE	Les œstrogènes (œstrone, œstriol et œstradiol) sont produites par la thèque interne et les cellules de la granulosa. Cette production devient très importante juste avant l'ovulation.
		« pic de décharge » de FSH mais surtout de LH. Cette dernière déclenche l'ovulation et la transformation du follicule éclaté en corps jaune.	PERIODE D'OVULATION	<b>Au niveau de l'endomètre</b> - épaissement progressif de la muqueuse utérine. - prolifération d'un tissu sécrétoire (glandes en tube) - accroissement de la vascularisation. <b>Au niveau du myomètre</b> Accroissement des contractions <b>Concernant la température corporelle</b> : elle reste inférieure à 37°C <b>Action inhibitrice</b> sur le complexe hypothalamo-hypophysaire entraînant une diminution de la sécrétion de la FSH. Le taux d'œstrogène devenu très important active la production des RF qui stimulent la sécrétion des FSH et surtout de LH : c'est un <b>rétrocontrôle positif</b> .

		FSH et LH stimulent la sécrétion de progestérone par le corps jaune.	PHASE LUTEINIQUE	<p>La progestérone est produite par les cellules lutéiniques du corps jaune. A son maximum de sécrétion correspond un deuxième pic d'œstrogène.</p> <p>En fin de cycle, chute du taux des hormones ovariennes due à la dégénérescence du corps jaune.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- formation de la dentelle utérine.</li> <li>- stimulation de la sécrétion de glycogène et de mucus par les glandes en tube devenues tortueuses.</li> <li>- inhibition des contractions du myomètre créant « un silence utérin »</li> <li>- élévation de la température corporelle de quelques dizaine de degrés.</li> <li>- rétrocontrôle négatif : Action inhibitrice sur le complexe hypothalamo-hypophysaire entraînant une diminution de la sécrétion de FSH et de LH.</li> <li>- dégénérescence du revêtement endométrial (menstruations ou règles)</li> <li>- levée de l'inhibition de la sécrétion de FSH.</li> </ul>
--	--	--	------------------	---	--

### **La gestation ou grossesse**

En cas de fécondation, l'œuf formé se segmente en « descendant » dans l'oviducte. Sept jours après la fécondation, le jeune embryon se fixe sur la muqueuse utérine. Le placenta se développe, assure à l'embryon , protection et nutrition ; il sécrète hormone gonadotrophine pharaonique (H.C.G.) qui permet le maintien du corps jaune. Quand la glosasse est avancée (au terme des trois premiers mois), le placenta sécrète des œstrogènes et de la progestérone qui permettent le maintien de la muqueuse utérine.

### **La parturition ou accouchement**

La chute brutale du taux de progestérone (et d'œstrogènes) serait due à des modifications placentaires. Elle entraîne une augmentation du taux d'ocytocine hypophysaire laquelle provoque les contractions utérines et déclenche l'accouchement.

### **La lactation**

La sécrétion de lait par les glandes mammaires ne commence qu'après l'accouchement (le colostrum produit pendant les 2 ou 3 premiers jours est remplacé ensuite par du lait définitif). Cette sécrétion est entretenue de manière réflexe par la succion du mamelon : l'antéhypophyse sécrète la prolactine alors que la posthypophyse produit l'ocytocine. La prolactine maintient le corps jaune gestatif et entretient la sécrétion alors que l'ocytocine permet l'écoulement du lait.

# REPRODUCTION D'UNE PLANTE ANGIOSPERME

Les spermaphytes ou plantes à graines comprennent les gymnospermes (plantes à graines nues) et les angiospermes ou « plantes à graines enveloppées » c'est-à-dire enfermées dans des fruits.

La fleur comprend les enveloppes florales (calice et corolle) et des pièces reproductrices (étamines et pistil). Certaines fleurs unisexuées ne renferment qu'un seul type de pièces reproductrices.

L'organisation sommaire de ces dernières ainsi que les principales phases de la gamétopénèse sont consignées dans le tableau suivant :

Androcée: Ensemble d'étamines	Etamine	- Filet - anthère	Loges polliniques (sacs polliniques)	Cellule mère de grain de pollen	Méiose	4 microspores	1 mitose	Grain de pollen = cellule végétative + cellule reproductrice
Gynécée : Ensemble des carpelles	Pistil	-Stigmate - Style - ovaire	Ovule	Cellule mère de sac embryonnaire		1 macrospore (+ 3 qui dégénèrent)	3 mitoses	Sac embryonnaire - 1 oosphère - 2 synergides - 2 noyaux du sac - 3 antipodes

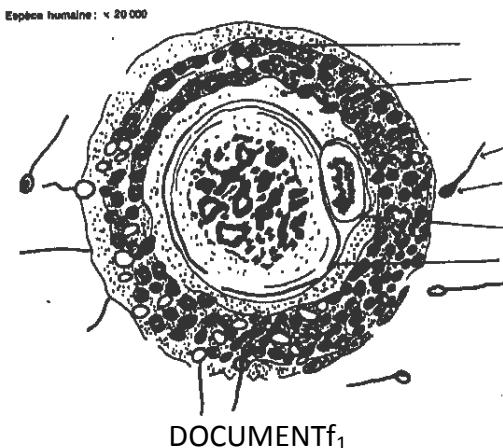
Après germination du grain de pollen (formation de deux spermatozoïdes), il y a fécondation. La particularité de la reproduction des spermaphytes réside dans la double fécondation. Celle-ci aboutit à la formation d'un œuf principal ou œuf embryon diploïde (union d'un spermatozoïde et de l'oosphère) et d'un œuf accessoire ou œuf albumen triploïde (union de l'autre spermatozoïde avec les deux noyaux du sac).

Conséquences de la fécondation : l'ovaire se transforme en fruit et l'ovule en graine. Celle-ci, après avoir mené une vie ralenti, germe dans des conditions bien précises.

## A.. Gamètes, fécondation et méiose

### II.A<sub>1</sub>

Identifiez et légendez de façon aussi complète que possible le document f<sub>1</sub>.



Mai 1980

## II.A<sub>2</sub>

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 f<sub>2</sub>.

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 ...).

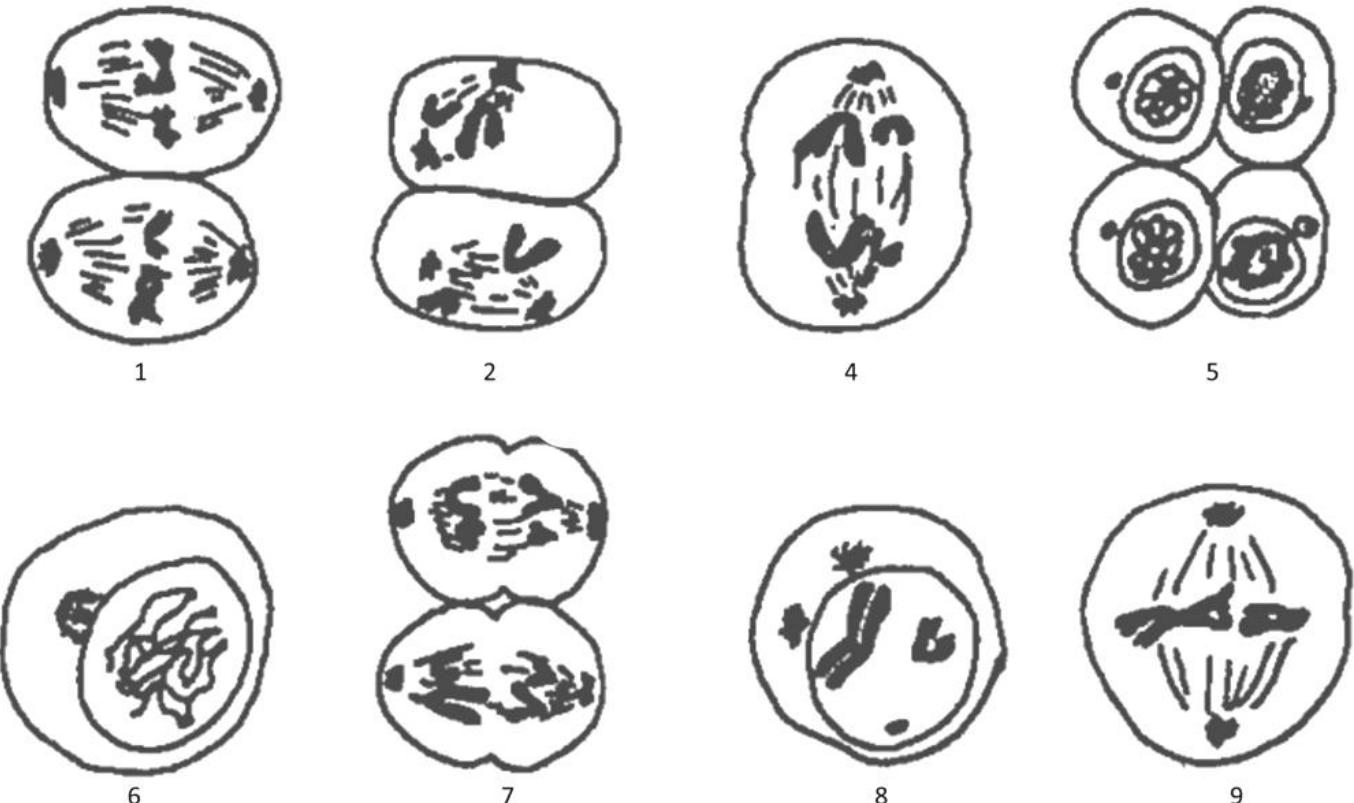
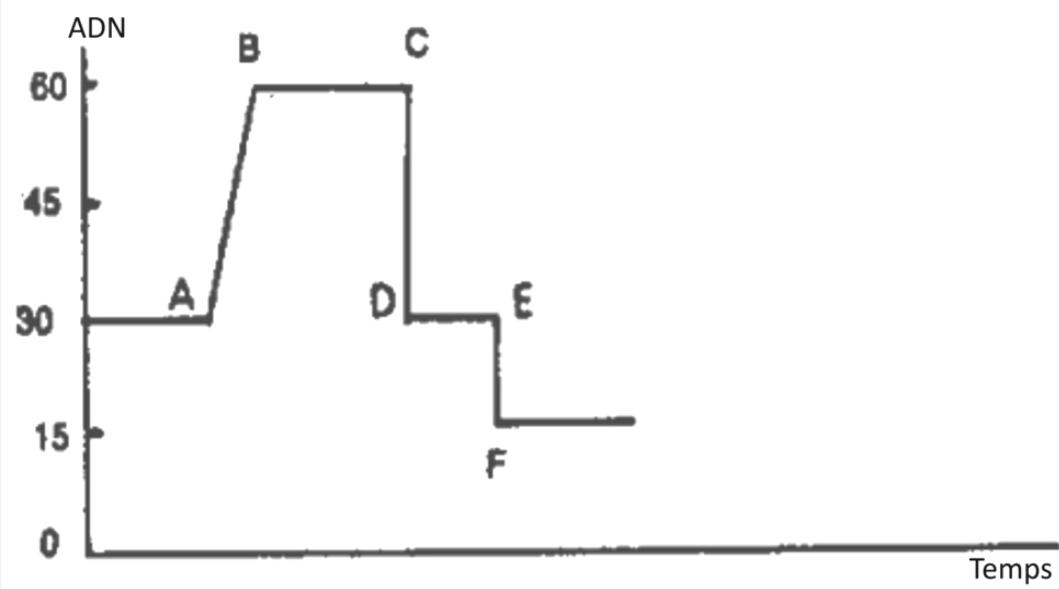


planche I



Q = quantité d'ADN

Septembre 1977

### II.A3

- 1) Observez les documents représentés par les figures f<sub>3</sub> et f<sub>4</sub> ci-jointes.
- a. Annotez soigneusement le document de la figure f<sub>3</sub>.
- b. Donnez alors un titre précis et aussi complet que possible pour chacune des figures f<sub>3</sub> et f<sub>4</sub>.
- 2) On se propose maintenant d'étudier l'élément représenté en f<sub>4</sub>, à trois niveaux différents A, B et C (voir figure f<sub>4</sub>).

- 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<sub>6</sub>, 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<sub>4</sub> 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 Espèces	Dans les cellules du foie	Dans les cellules du rein	Dans de jeunes hématies	Dans l'organite B
Coq	$25 \cdot 10^{-13} \text{ g}$	$24 \cdot 10^{-12} \text{ g}$	$26 \cdot 10^{-13} \text{ g}$	$13 \cdot 10^{-12} \text{ g}$
Taureau	$65 \cdot 10^{-13} \text{ g}$	$61 \cdot 10^{-12} \text{ g}$	$68 \cdot 10^{-13} \text{ g}$	$33 \cdot 10^{-12} \text{ g}$
Truite	$53 \cdot 10^{-13} \text{ g}$	$58 \cdot 10^{-12} \text{ g}$	$58 \cdot 10^{-13} \text{ g}$	$27 \cdot 10^{-12} \text{ g}$

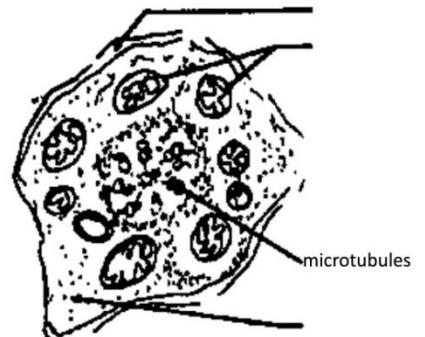
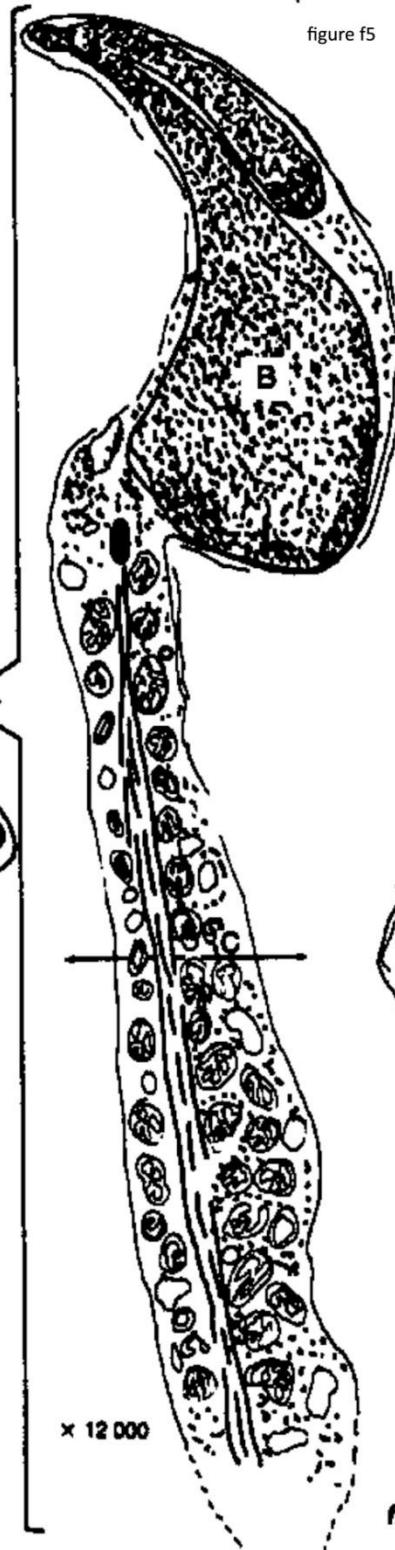
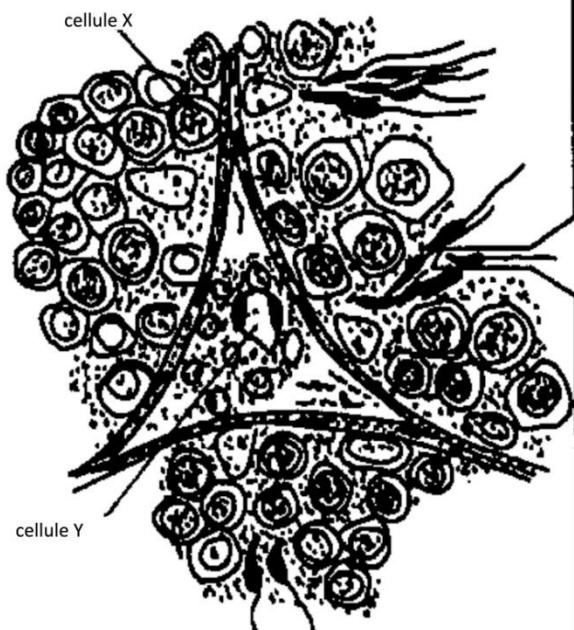


figure f<sub>4</sub>

On rappelle que les tissus chez tous les quantités d'ADN varient dans les mêmes proportions chez tous les organismes vivants.

- a. Que pouvez-vous déduire à propos de l'organite B de la figure f<sub>4</sub> ?
- b. Quel autre renseignement permettrait de confirmer votre réponse ?
- c. En vous appuyant sur la figure f<sub>3</sub> 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 f<sub>7</sub>.
- \* L'analyse chimique des microtubules (figure f<sub>7</sub>) a mis en évidence des protéines filamenteuses (dont en particulier la tribune 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.

- a. Complétez la légende de la figure f<sub>7</sub>.
- b. 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?

Juin 1990

### II.B1

L'ablation des 2 ovaires chez la guenon (femelle du singe) entraîne une hypertrophie et une hypersécrétion de l'hypophyse.

- 1) a. A quoi ce phénomène est-il dû ?
  - b. Comment peut-on, sans pratiquer une nouvelle opération chirurgicale, ramener les sécrétions hypophysaires à une valeur normale ?
- 2) Comment obtenir au contraire chez une femelle normale, la mise au repos de l'hypophyse ? Quelles seront les conséquences sur le fonctionnement ovarien ?
- 3) Ces résultats ont permis une application pratique chez la femme. Laquelle? En donner le principe.

Juin 1973

### II.B2

Le schéma suivant représente un fœtus dans l'organisme maternel, et une partie de l'appareil génital féminin.

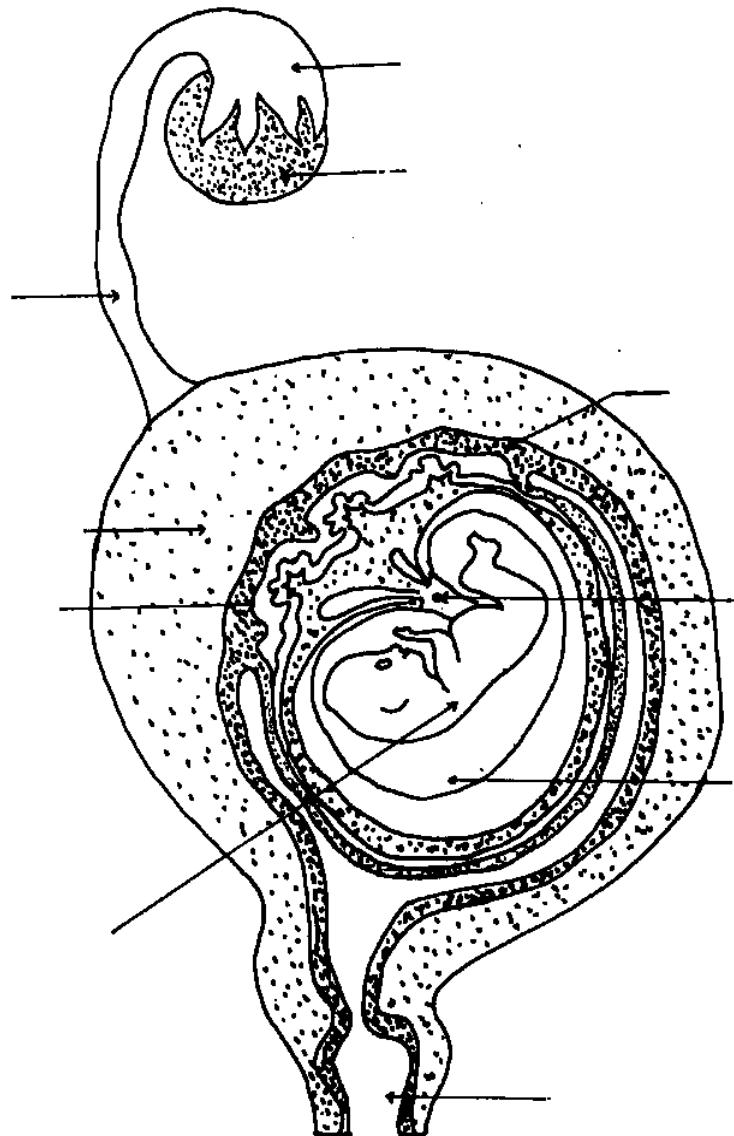
- 1) Placez les légendes en face de chaque trait.
- 2) Les organes maternels subissent avant la fécondation, une préparation en vue de la nidation.
  - a. En quoi consiste cette préparation ? Indiquez le nom, l'origine et l'action des substances qui en sont responsables.
  - b. Certaines maladies de l'hypophyse empêchent cette préparation. Dites: pourquoi, d'après ce que vous savez de l'action de cette glande sur le cycle sexuel.
- 3) La fécondation
  - a. A quel moment du cycle génital féminin a-t-elle lieu ?
  - b. Indiquez avec précision à l'aide d'une flèche portée sur le schéma le lieu habituel où elle se réalise.
  - c. Décrivez les phénomènes chromosomiques dans l'union des gamètes (chez l'espèce humaine).

d. Comment le sexe de l'enfant est-il déterminé ?

4) Pendant la grossesse

a. nommez et localisez en l'encadrant sur le schéma, la région où s'effectuent les relations entre la mère et le fœtus.

b. Quels sont les particularités et les rôles de cette région ?



Septembre 1984

### II.B3

1) Faites un schéma légendaire de l'appareil génital d'un mammifère mâle où la position des testicules et leur relation avec les autres organes seront mises en évidence.

2) Que représente la figure dessinée sur la planche ci-jointe ? Complétez-la par des légendes. .

3) a. Quelles expériences feriez vous sur un animal, pour mettre en évidence le rôle des testicules dans le développement de certaines parties de l'organisme ?

b. Indiquez les résultats de ces expériences en fonction de l'âge de l'individu.

c. Les cellules X vont subir une transformation : laquelle ? (précisez cette transformation et indiquez son intérêt en 3 à 5 lignes maximum).

Quel est le rôle et le mode d'action des cellules Y ? A quelles fonctions de la glande, ces 2 types de cellules correspondent-elles ?

4) On désire savoir si les testicules agissent indépendamment, ou si leur fonctionnement est sous la dépendance d'une autre glande.

A.. On pratique l'expérience suivante où l'activité des testicules est évaluée par leur action sur le développement des vésicules séminales :

\* On choisit 30 rats ayant même poids et même taille ; on enlève l'hypophyse à 20 d'entre eux ; les rats survivent au choc opératoire mais maigrissent.

\* On attend quelques jours, et on sépare les rats sans hypophyse en 2 groupes : l'un de ces groupes recevra des extraits hypophysaires, l'autre ne les recevant pas.

\* On possède donc 3 lots de 10 rats chacun :

- 10 rats normaux

- 10 rats sans hypophyse

- 10 rats sans hypophyse mais recevant des extraits hypophysaires

L'expérience se déroule pendant 10 jours, et chaque jour en sacrifie un animal de chaque lot pour peser les vésicules séminales de chacun. On obtient les résultats indiqués sur le tableau (voir planche).

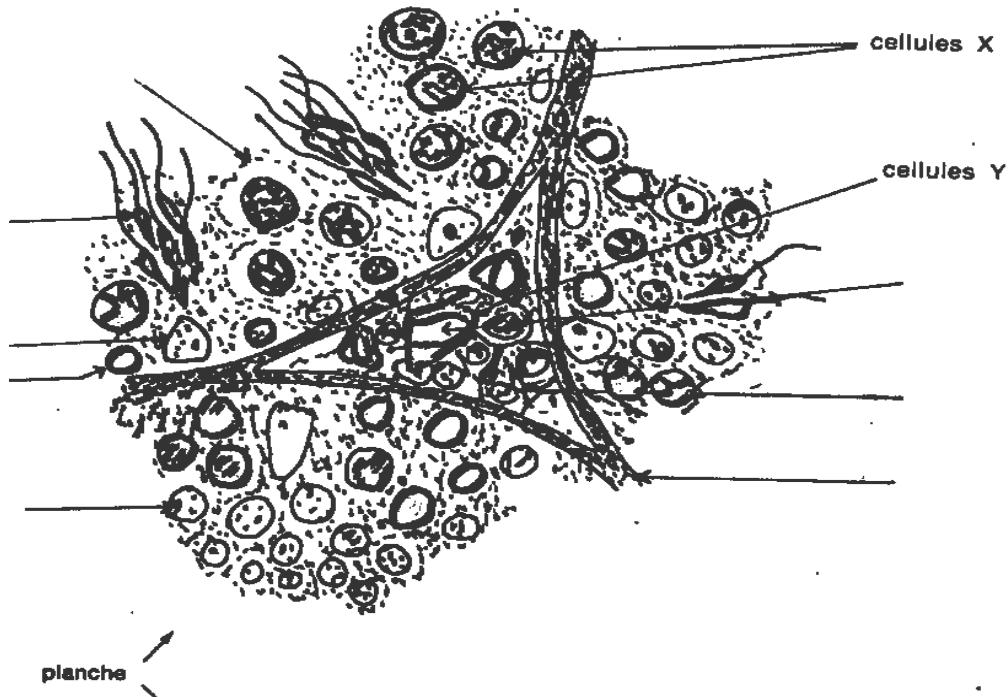
a. Tracez sur un même graphe, les courbes représentatives de la variation du poids des vésicules séminales de chacun des lots de rats, en fonction du temps.

b. Quelles conclusions peut-on tirer de ces courbes.

B. On injecte à un rat normal, et pendant plusieurs jours, une grande quantité d'extraits testiculaires.

Que peut-on conclure si l'on observe à la fois une diminution des sécrétions hypophysaires et un ralentissement de la spermatogenèse ?

C. Pour terminer, représenter à l'aide d'un schéma, les interactions entre les testicules et l'hypophyse.

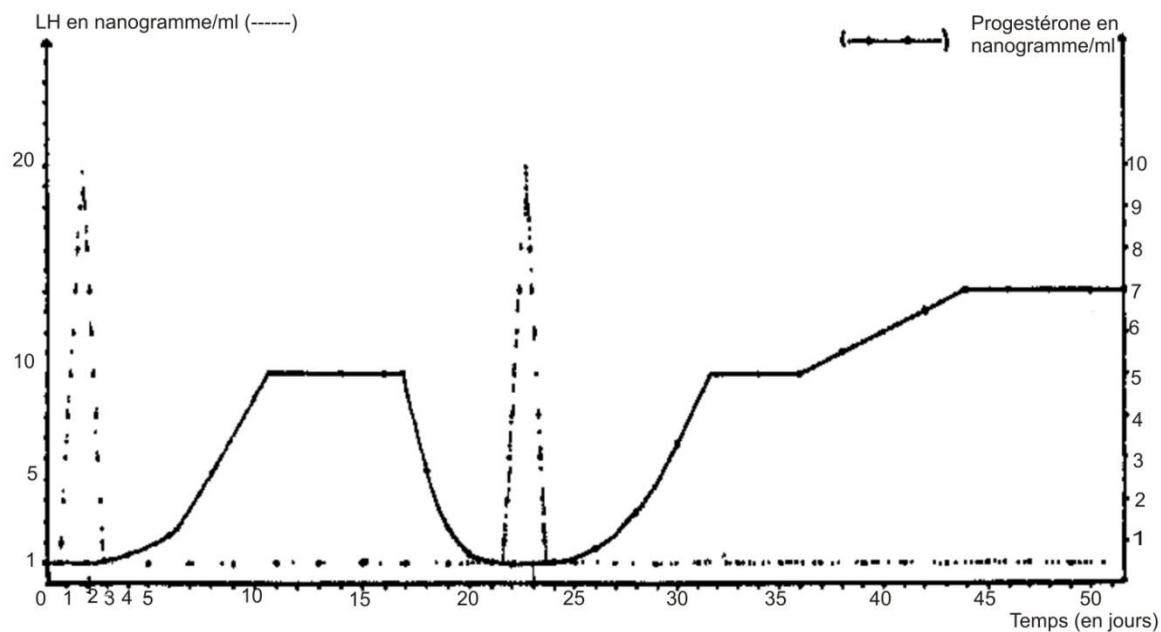


	POIDS DES VESICULES SEMINALES (grammes)									
Rats normaux	1,450	1,550	1,500	1,480	1,430	1,500	1,450	1,550	1,500	1,530
Rats sans hypophyse	0,260	0,240	0,250	0,260	0,240	0,260	0,300	0,260	0,250	0,250
Rats sans hypophyse traités par injection	0,250	0,320	0,500	0,580	0,750	0,900	1,180	1,270	1,400	1,500
Temps (en jours)	1 <sup>er</sup>	2 <sup>è</sup>	3 <sup>è</sup>	4 <sup>è</sup>	5 <sup>è</sup>	6 <sup>è</sup>	7 <sup>è</sup>	8 <sup>è</sup>	9 <sup>è</sup>	10 <sup>è</sup>

Septembre 1976

#### II.B4

On effectue chez des vaches les dosages de la progestérone et de l'hormone luténisante (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 progesterone chez une vache  
DOCUMENT

1° Déduire de ces courbes :

- a. les périodes d'ovulation,
- b. la durée du cycle ovarien, chez la vache.

Les mêmes dosages sont poursuivis jusqu'au 300ème jour ; les résultats sont Indiqués dans le tableau ci-dessous

Jours	Taux de progesterone	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.....

Remarques :

1 nomogramme (ng)=  $10^{-9}$  gramme ; ml = millilitre.

Pour les valeurs antérieures au 50° jour, consultez les graphes du document fourni.

2° Interprétez ces résultats.

3° Donnez l'origine de ces hormones et expliquez brièvement leur action.

Mai 1981

## II.B5

Le développement d'un embryon humain dépend de la mise en place de structures spécialisées dans l'utérus maternel.

Chez la femme, comme chez les autres Mammifères, la structure de l'utérus varie de façon

cyclique.

1. Les figures B1 et B2 du document B représentent les deux aspects de l'utérus d'un mammifère, en coupe transversale, au cours d'un cycle utérin.

Annotez de façon aussi complète que possible les figures B1 et B2



titre : .....

figure B1



titre : .....

figure B2

#### Document B

**II.** On réalise chez le singe femelle les expériences suivantes et on constate :

- expérience 1 : l'ablation des ovaires provoque la disparition du cycle utérin.

- expérience 2 : des injections quotidiennes d'extraits ovariens chez une femelle castrée permettent un nouveau développement des structures utérines avec réapparition de la menstruation à l'arrêt des injections.

En vous appuyant sur les résultats des expériences 1 et 2 et sur vos connaissances, établissez les relations existant entre le fonctionnement des ovaires et celui de l'utérus.

**III.** En 1970, on a montré que de nombreuses hormones agissent sur leurs cellules cibles par fixation sur un récepteur.

Cette fixation leur permet ensuite d'agir au niveau cellulaire. Une substance chimique de synthèse appelée RU 486 est capable de se fixer sur les récepteurs de la progestérone et de les bloquer, sans entraîner d'effets secondaires défavorables.

1 - Comment expliquez-vous que l'absorption de cette substance RU 486 (50 mg pendant 3 jours) à partir du 22<sup>ème</sup> jour du cycle sexuel chez la femme, provoque dans tous les cas une menstruation, 48 heures plus tard ?

2 - Pourquoi cette substance peut-elle être utilisée comme moyen contraceptif ?

Mai 1983

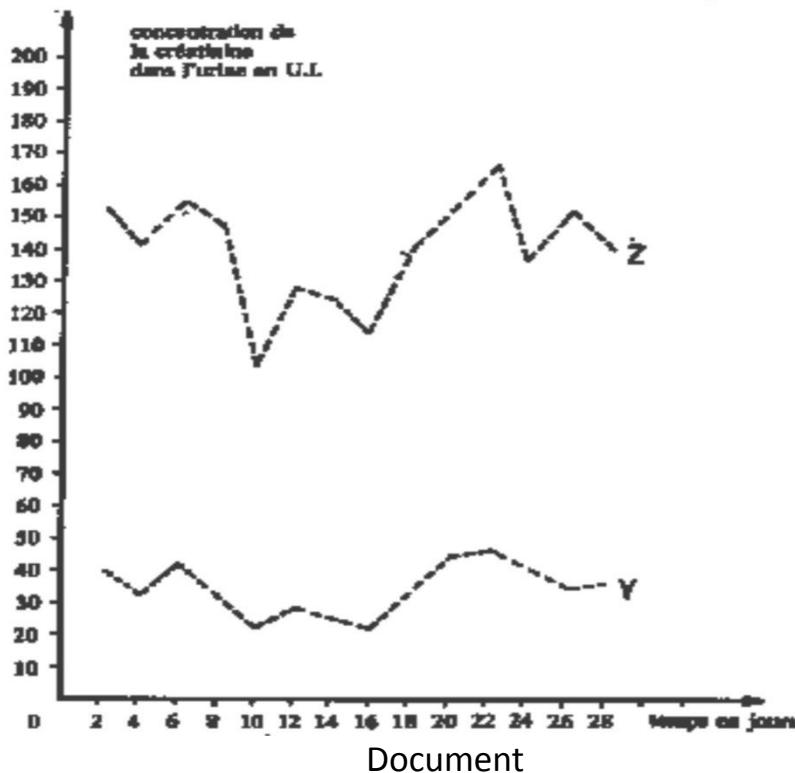
#### II.B6

La créatinine est une substance qui provient de la décomposition des protéines et qui est éliminée dans l'urine. Sa proportion dans l'urine est indépendante de la quantité de protéines contenues dans la ration alimentaire : elle provient essentiellement de la destruction des protéines synthétisées par l'organisme.

Des dosages réguliers du taux de créatinine ont été effectués chez trois femmes X, Y et Z dont les états physiologiques sont précisés ci-après :

- la femme X présente un cycle normal avec ovulation et menstruation,
- la femme Y présente un cycle sans ovulation et avec menstruation,
- la femme Z est ménopausée.

Les dosages ont permis de représenter graphiquement la variation du taux de créatinine chez les femmes Y et Z pendant une période considérée (voir graphe du document ci-joint).



Document

1 - De la même manière, représentez à partir des données du tableau ci-dessous, et sur le même système d'axes, la variation du taux de créatinine éliminée dans l'urine de la femme X.

Temps en jours	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Concentration de la créatinine dans l'urine en unités internationales (U.I.)	34	36	54	32	50	34	198	62	26	30	44	28	26	30

menstruation

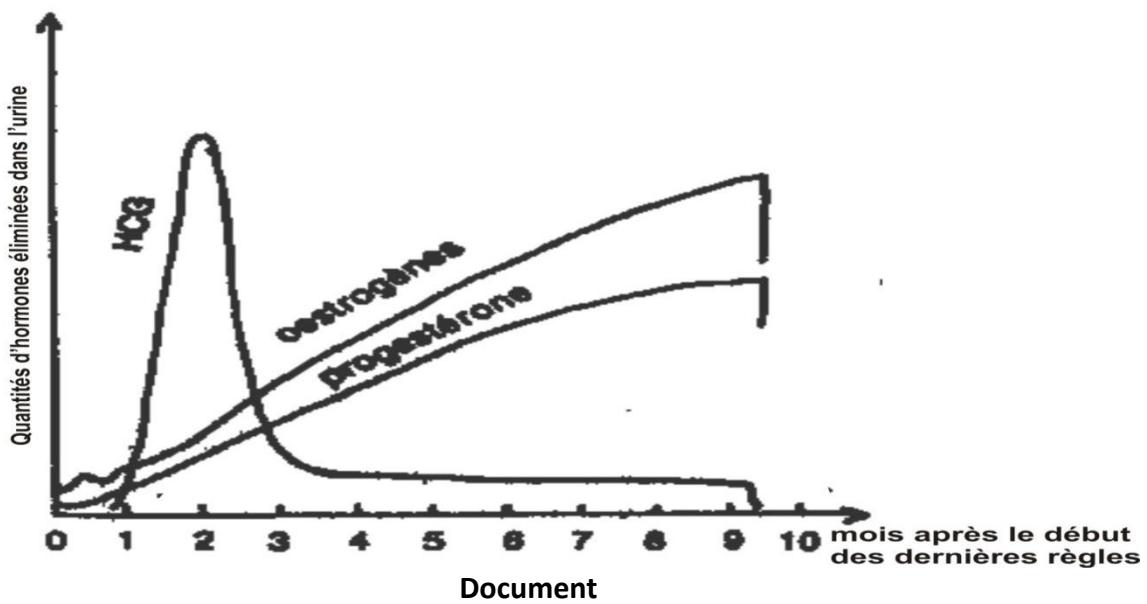
2 - Les hormones hypophysaires qui, ont une action sur les ovaires étant toutes de nature protéique quelle est celle dont la production coïncide avec les variations du taux de créatinine enregistré chez la femme X et quel est son rôle ?

3 - Comparez les graphes Y et Z à celui de la femme X. En déduire une relation entre la sécrétion de l'hormone hypophysaire considérée et l'état physiologique des femmes Y et Z.

#### II.B7

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.



## II.B8

1 Dans le cadre de l'étude de la reproduction chez la femme, on évalue par des techniques appropriées le nombre de cellules sexuelles contenues dans les deux ovaires, au cours de la vie d'une femme.

Les tableaux suivants résument les résultats obtenus.

Mois de la vie intra-utérine	2	3	4	5	6	7	naissance
Nombre d'ovocytes ( $\times 10^6$ )	0,5	1,5	3,5	6,8	3,6	2,3	2

Années après la naissance	5	13	22	28	33	42	50
Nombre d'ovocytes ( $\times 10^6$ )	0,6	0,4	0,2	0,15	0,13	0,1	0,001

1) Comment expliquer les variations du nombre d'ovocytes constatées :

\* durant les cinq premiers mois de la vie intra-utérine ?

\* durant la phase post-pubertaire ?

Par ailleurs, on mesure pendant une période bien déterminée de la vie sexuelle d'une femme la quantité d'hormone gonadotrophine chorionique (H.C.G.) contenues dans ses urines.

Les résultats trouvés sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Semaines	1	2	8	14	22	31	34	38
Taux d'H.C.G. (unités arbitraires)	100	200	850	700	500	500	420	300

2) Représentez graphiquement ces résultats. (Prendre 1 cm pour 4 semaines, et 1 cm pour 100 unités arbitraires.)

3) Analysez le graphique ainsi obtenu.

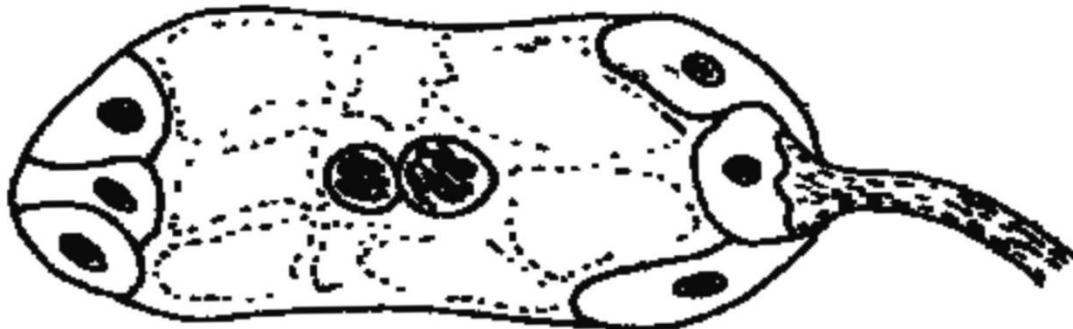
4) Précisez les conditions: de production de cette hormone, et expliquez brièvement son rôle.

Centre de Fès - Juin 1984

## C. REPRODUCTION D'UNE PLANTE ANGIOSPERME

**II.C1**

- 1) Donnez un titre et une légende au dessin de la figure f1
- 2) Quel est le phénomène représenté ?
- 3) Quel en sera le résultat ?



f1

Juin 1974

**II.C2**

- Les documents f2 et f3 représentent des coupes effectuées dans de jeunes ovules de fleur.
- 1) Indiquez à quel niveau de l'ovule ces coupes ont été pratiquées.  
Identifiez et légendez de manière précise ces deux documents.
  - 2) Quel phénomène cytologique est mis en évidence? Précisez quelles phases du phénomène sont ici représentées.  
Quel est le résultat du mécanisme lié à ce phénomène? Justifiez sa nécessité.
  - 3) Comparez brièvement la structure d'un ovule végétal chez un Spermaphyte et celle d'un "ovule" animal. Ce même terme d'ovule désigne-t-il un élément semblable dans les deux cas ?

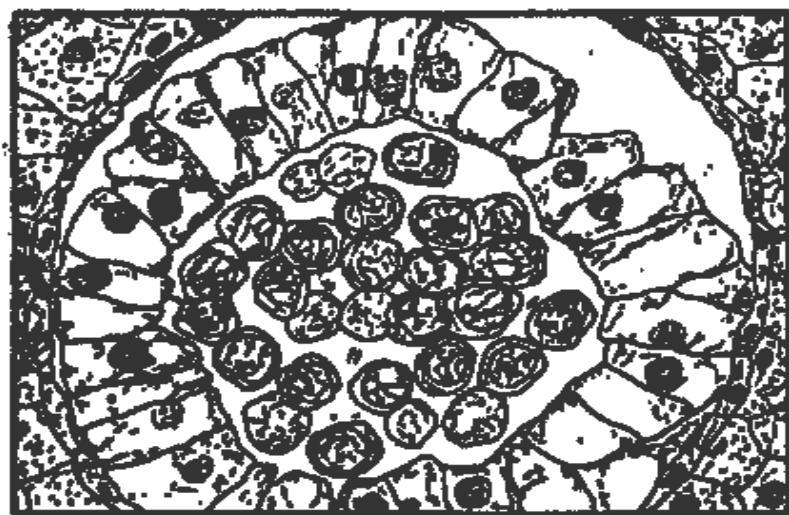


Mai 1979

### II. C3

I. Des observations microscopiques effectuées dans un même organe d'une plante à fleurs ont permis de représenter les figures II<sub>1</sub> II<sub>2</sub> et II<sub>3</sub> du document II.

Annotez chacune de ces figures directement sur le document II.



Titre : .....

Figure II<sub>1</sub>



Figure II<sub>2</sub>



figure II<sub>3</sub>

Titre :.....

#### Document II

II. On réalise l'expérience suivante : on prélève une fine tranche de pistil à différents niveaux que l'on dépose sur un milieu gélosé imprégné de liquide nutritif. Du pollen prélevé sur une autre fleur de la même espèce est déposé de façon régulière autour de la tranche (voir figure III<sub>1</sub> du document III). On compte les tubes polliniques croissant en direction de la tranche et on obtient les résultats suivants :

Tranche prélevée dans	stigmate	style	ovaire	ovule
% de tubes germant	68	48	65	26

Que peut-on déduire de cette expérience ?

III. Chez une autre plante (la Moutarde noire), on réalise les expériences représentées par les figures III<sub>2</sub>, III<sub>3</sub> et III<sub>4</sub> du document III

1. - Analysez les documents proposés.

2. - Quels renseignements vous apportent ces expériences concernant le mode naturel de pollinisation chez la plante concernée ?

Document III

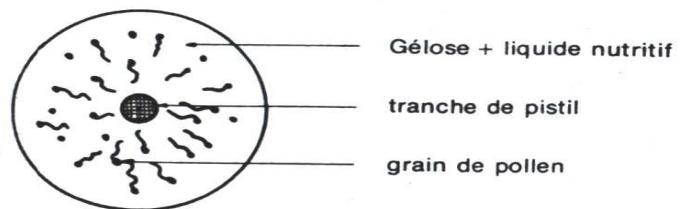


Fig. III<sub>1</sub>

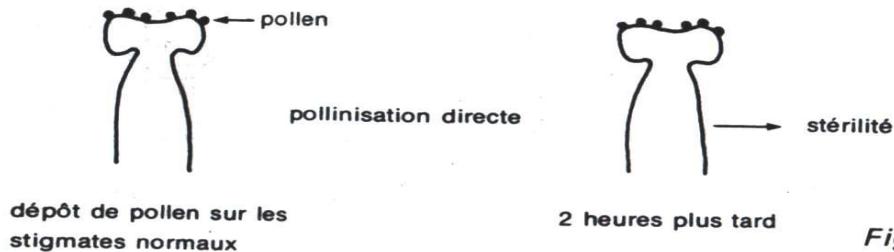


Fig. III<sub>2</sub>



Fig. III<sub>3</sub>



Fig. III<sub>4</sub>

II.C4

I. La figure A<sub>1</sub> représente une coupe partielle effectuée dans un organe végétal.

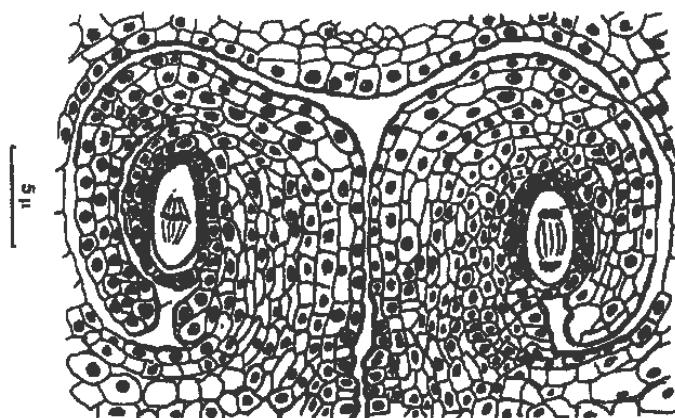


figure A<sub>1</sub>

Donnez un titre à cette figure et annotez-la de manière aussi complète que possible.

II. La figure A<sub>2</sub> représente quelques étapes du déroulement d'un phénomène biologique important dans une anthère jeune.

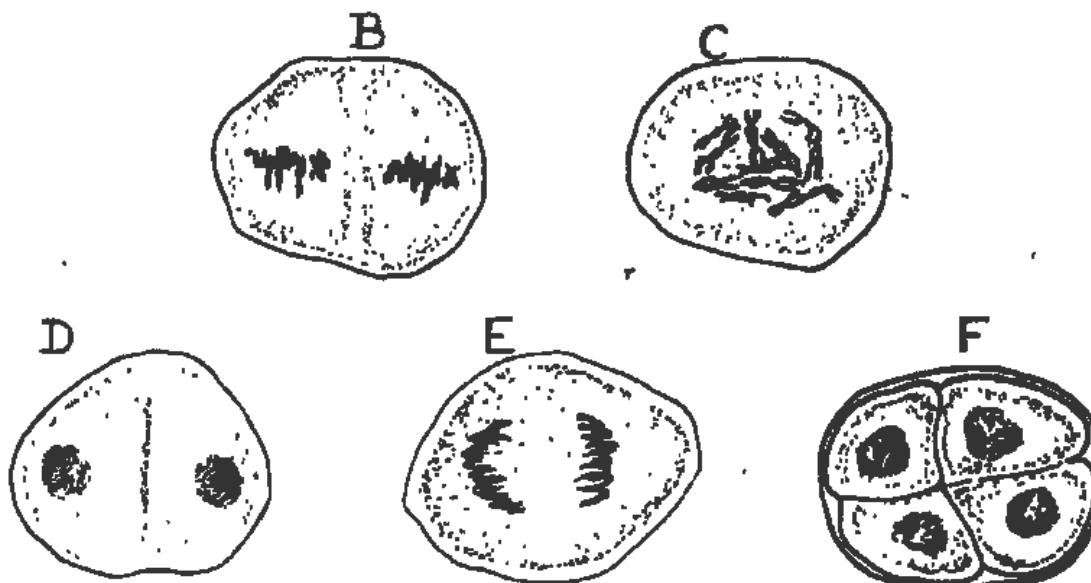


figure A<sub>2</sub>

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.

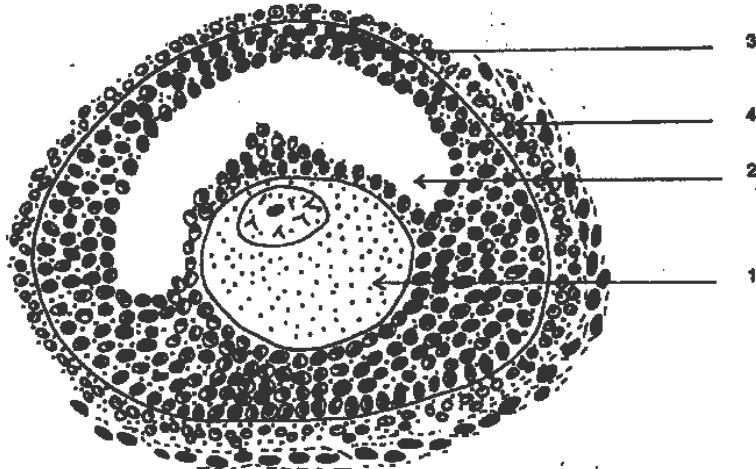
2) Analysez et interprétez le graphe obtenu. Représente-t-il uniquement le phénomène étudié en II ?

## D. CYCLE DE DEVELOPPEMENT

### II.D1

L'élément représenté sur la figure suivante peut être observé dans une coupe d'ovaire chez la femme.

- 1) Donnez le titre de ce dessin et le nom des éléments numérotés.
- 2) Construisez le cycle de reproduction détaillé de l'espèce humaine en respectant la longueur respective des phases et en y replaçant l'élément 1 de la fig. ci-dessous.



Centre de Marrakech - Mai 1984 157

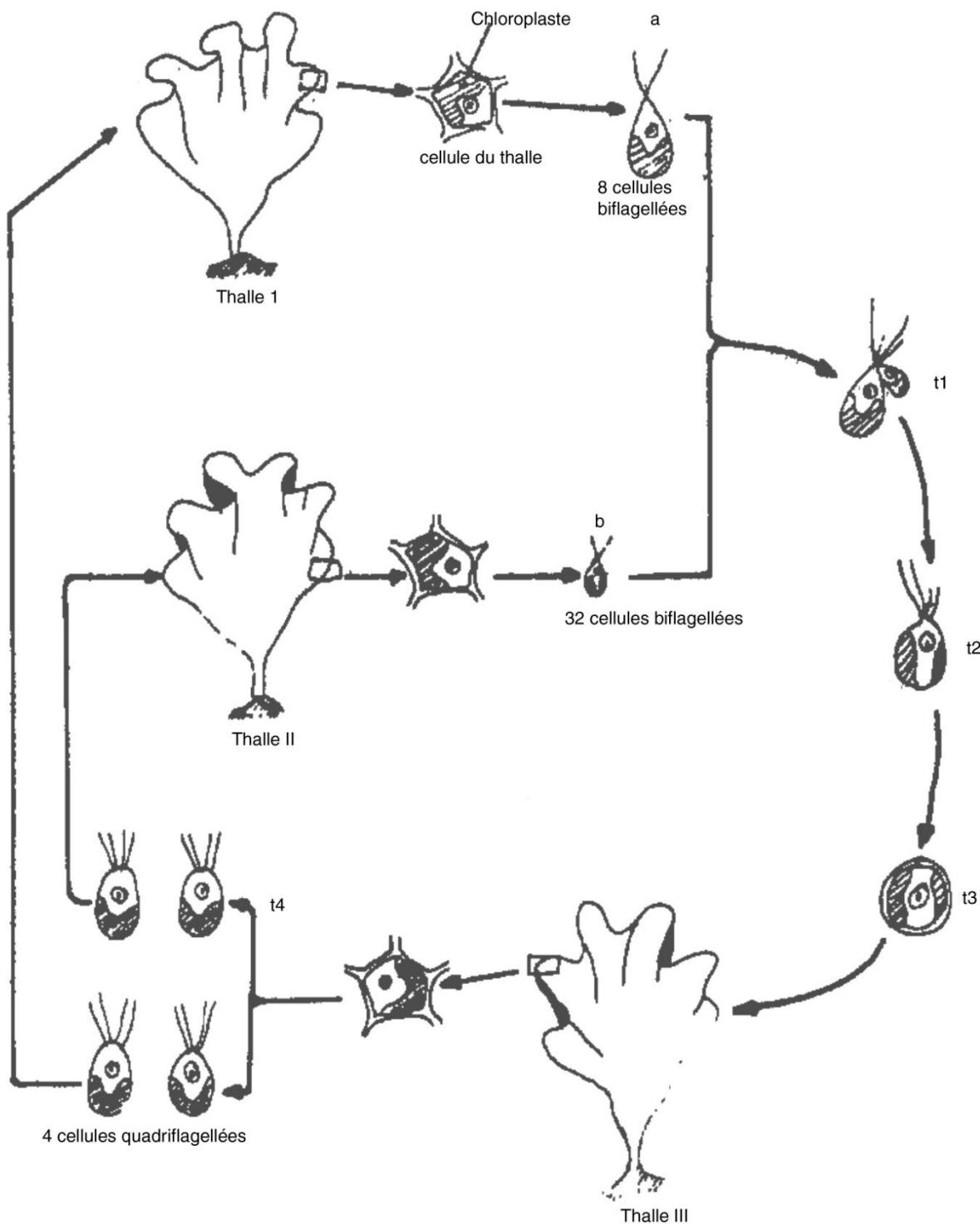
### II.D2

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 suivant.

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 ? D'établir son
- 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.



Juin 1979

### II.D3

Antithamnion est une algue rouge, marine, formée d'un thalle ou appareil végétatif.

Il existe trois sortes de thalles :

Le thalle I (schéma n°1 du document ci-joint) porte des organes qui produisent de nombreuses

cellules « a » (schéma n°2 ).

Le thalle II (schéma n°3) donne des cellules « b » de forme allongée, plus grosses que les cellules "a".

La cellule « a », libérée dans l'eau, se fixe sur la cellule "b" (schéma n° 4) ; son contenu (cytoplasme et noyau) pénètre dans la cellule "b" qui se transforme par divisions en un organe beaucoup plus gros, l'organe " c " (schéma n° 5 ).

L'organe "c" fixé sur le thalle II, produit des cellules " d " qui sont libérées dans l'eau de mer.

Chaque cellule " d " par divisions, donne un nouvel individu : le thalle III(schéma n° 6 )

Plus tard, le thalle III produit des éléments "e" libérant chacun 4 cellules « f » (schéma n° 7 ) .

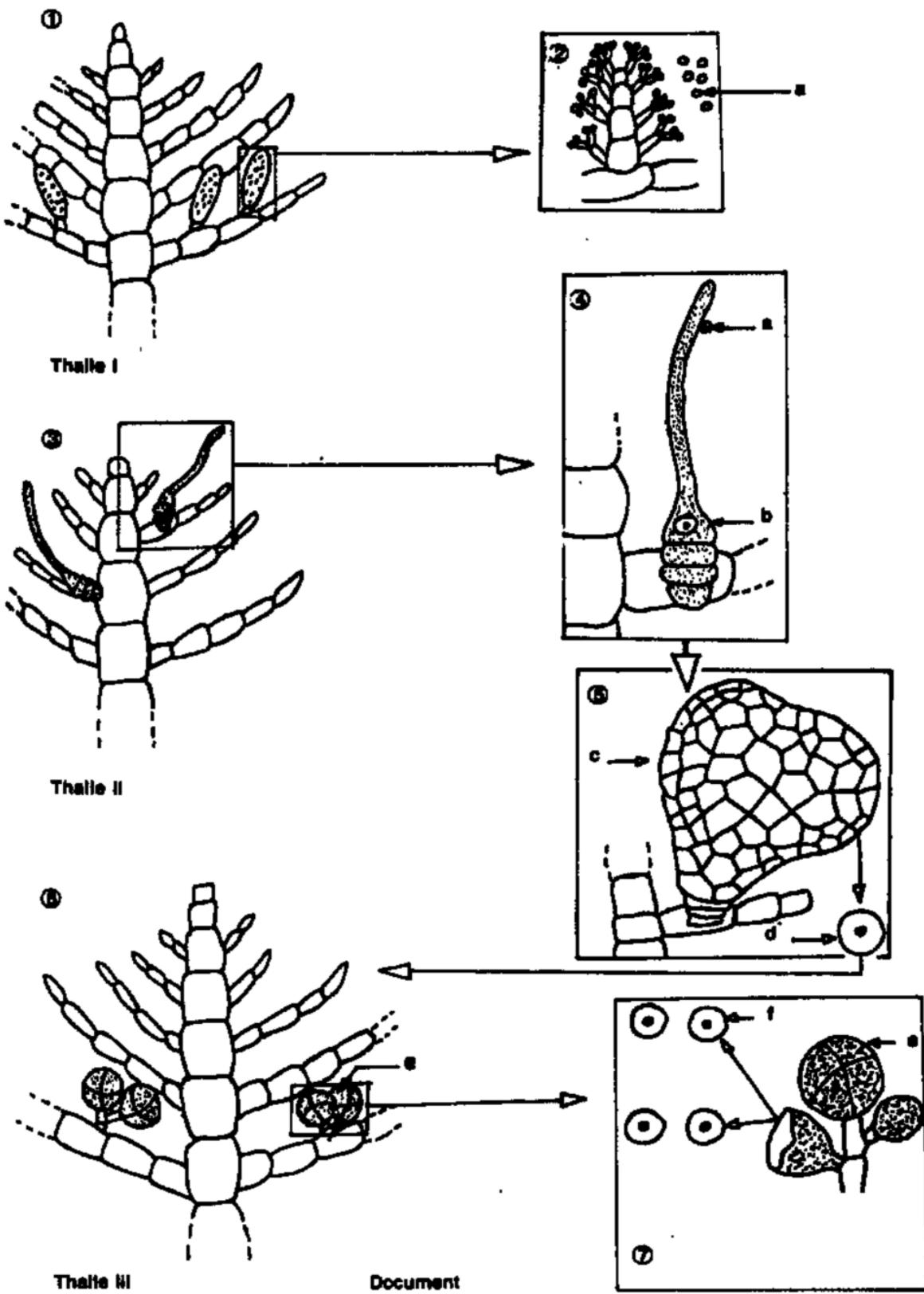
Chaque cellule « f » donnera un thalle I ou un thalle II.

1) A quoi correspondent les cellules "a" "b", "d", " f" ? Justifiez chacune de Vos réponses.

2) A quel endroit du cycle pourrait-on situer la fécondation et la réduction chromatique ?

3) Que représentent les thalles I, II, III ?

4) Représentez schématiquement le cycle chromosomal de cette algue rouge.



Centre de Casablanca - Mai1984

II.D4

Lankesteria (protozoaire unicellulaire) est un parasite des cellules stomachales et intestinales d'un moustique du genre Aedes.

Le point de départ de la reproduction sexuée de ce parasite est représenté par deux Individus sexués morphologiquement semblables : le gamonte mâle et le gamonte femelle.

Le gamonte mâle et le gamonte" femelle s'accouplent, s'entourent d'une membrane épaisse et forment un gamétokyste. A l'intérieur du gamétokyste, le noyau de chaque gamonte se divise plusieurs fois pour aboutir à la formation de deux sortes de gamètes :

- gamètes femelles, ovoïdes et sans flagelle,
- gamètes mâles, allongés et flagellés.

Dans le gamétokyste, chaque gamète mâle fusionne avec un gamète femelle ; Il en résulte un œuf ou zygote qui s'entoure d'une membrane épaisse et devient un kyste.

A l'intérieur du kyste, se produisent trois divisions dont une réductionnelle.

On obtient huit petites cellules appelées sporozoïtes.

Les kystes sont libérés dans la lumière intestinale (intérieur de l'intestin) du moustique, puis rejetés avec les excréments dans le milieu extérieur. Le moustique s'infeste en ingérant (en absorbant) un kyste qui s'ouvre dans l'estomac et libère les sporozoïtes.

Un sporozoïte pénètre dans une cellule stomachale où il grossit.

A l'état adulte, le parasite tombe dans la lumière intestinale et devient un sporadin.

Celui-ci s'arrondit et se transforme en gamonte mâle ou femelle.

Remarque . les figures 6, 7, 8 et 10 du document ci-joint représentent des détails des phénomènes qui se déroulent dans le gamétokyste.

1) En reproduisant de façon ordonnée et légendée les figures du document fourni, reconstituez le cycle de développement de Lankesteria. Indiquez sur ce cycle la place de la fécondation et de la méiose.

2) Etablissez le cycle chromosomal de ce protozoaire ; précisez à quel type appartient ce cycle.

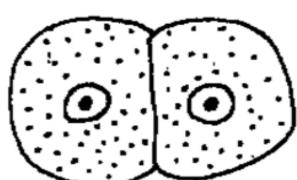


figure 1



figure 2

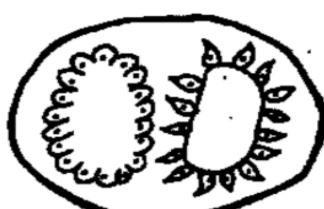


figure 3

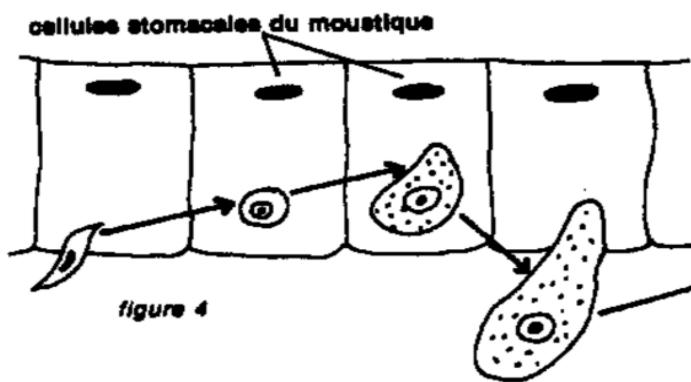


figure 4

figure 5



figure 6



figure 7



figure 8



figure 9



figure 10

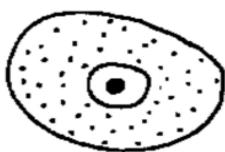


figure 11

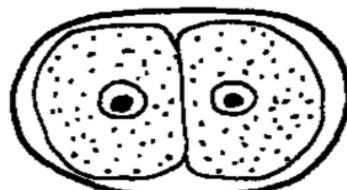


figure 12

Document

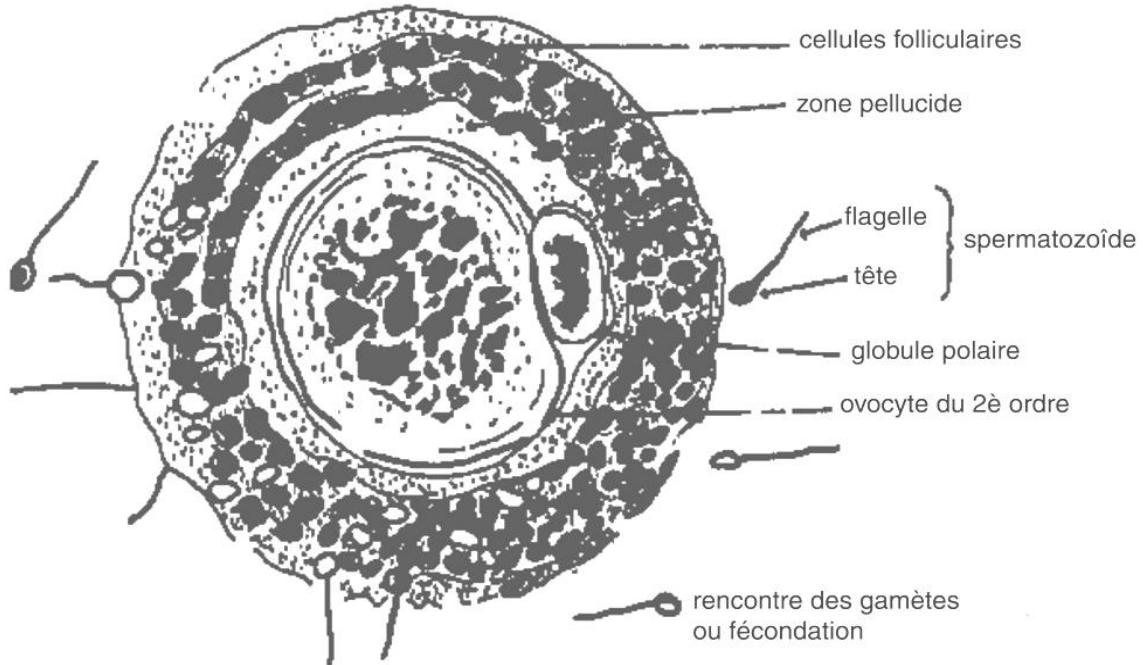
Centre de Fès - Mai 1984

**II**  
**PROBLÈMES**  
**DE REPRODUCTION**  
**CORRIGÉS**

## A. GAMETES, FECONDATION ET MEIOSE

### II.A1

Identification et annotation du document f<sub>1</sub> ,



### II.A2

1) L'analyse minutieuse des différentes figures de la planche I devrait conduire le candidat à tenir compte du nombre de cellules, d'une part, de la disposition et du nombre de chromosomes, d'autre part.

Ainsi les figures 5, 7 et 8 représentent une cellule ; les figures 1, 2 et 6 deux cellules et la figure 4 quatre cellules : pour passer d'une cellule à deux il a fallu une division et de deux cellules à quatre une autre division.

Pour savoir s'il s'agit de deux divisions simples ou d'une méiose, il faut compter le nombre de chromosomes bien individualisés dans différentes cellules. Par exemple, la figure 7 représente une cellule dont le noyau renferme deux paires de chromosomes (soit quatre chromosomes) alors que la figure 2 montre deux cellules renfermant chacune deux chromosomes fissurés. Donc entre la figure 7 et la figure 2 il y a eu une division qui a réduit de moitié le nombre de chromosomes : c'est une division réductionnelle.

- Par conséquent le phénomène représenté par les 8 figures de la planche I est une méiose.

L'Ordre normal du déroulement de la méiose est le suivant :

- figure 5 = début de la prophase de la division réductionnelle (individualisation des chromosomes, présence d'un aster et de la membrane nucléaire).

- figure 7 = avant la fin de la prophase de la division réductionnelle (appariement de deux paires de chromosomes homologues, division de l'aster).

- figure 8 = métaphase de la division réductionnelle (disposition des deux paires de chromosomes

homologues fissurés en plaque équatoriale)

- figure 3 = anaphase de la division réductionnelle (ascension polaire des chromosomes assurés)

- figure 2 = télophase de la division réductionnelle (présence de deux cellules filles séparées par une membrane et renfermant chacune deux chromosomes fissurés)

= prophase de la division équationnelle (dédoubllement de l'aster dans chaque cellule nouvellement formée)

- figure 1 = métaphase de la division équationnelle (disposition des chromosomes fissurés en plaque équatoriale)

- figure 6 = anaphase de la division équationnelle (division des centromères séparant les deux chromatides sœurs qui se déplacent vers les pôles)

- figure 4 = télophase de la division équationnelle (formation de quatre cellules haploïdes)

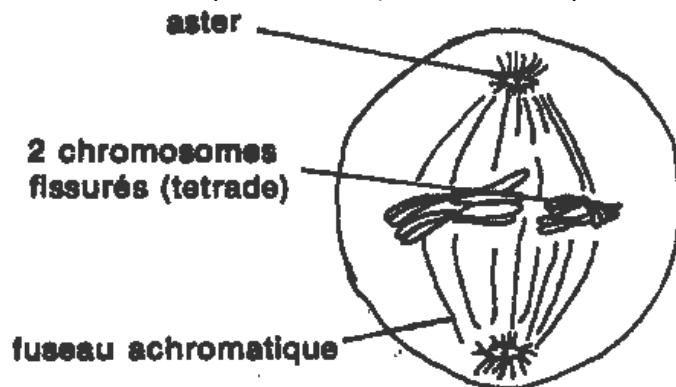


figure 8 : Cellule en métaphase I

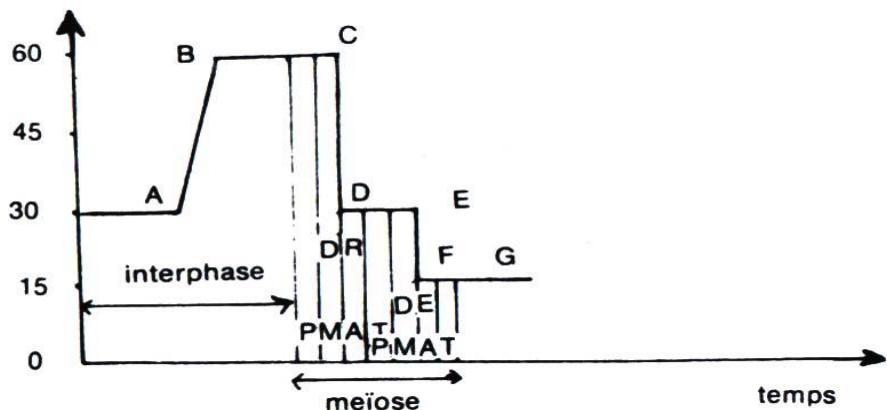
3) Ce sont des spermatides.

Elles renferment  $n$  chromosomes ( $n = 2$ ) soit la moitié de la garniture chromosomique des cellules initiales ( $2n$  chromosomes = 4).

Les spermatides sont des cellules haploïdes.

1) Interprétation du graphe de la figure f<sub>2</sub>

$Q = \text{quantité d'ADN}$



L'énoncé nous précise que le segment AB correspond à la fin de l'interphase des cellules mères des spermatozoïdes de l'Ascaris du cheval.

- Par conséquent le palier qui procède le segment AB représente une quantité d'ADN 2 Q = 30 qui

correspond à la garniture chromosomique d'une cellule mère au repos.

- Le segment AB correspond à une phase de synthèse durant laquelle la quantité d'ADN est doublée dans la cellule : passage de  $20 = 30$  à  $4Q = 60$ . Cette dernière quantité permet la duplication des chromatique à la fin de l'interphase.

- Le segment BC : la quantité d'ADN reste constante ( $4Q = 60$ ). La fin de ce segment correspond à la prophase et à la métaphase de la division réductionnelle.

- Le segment CD : la quantité d'ADN diminue de moitié (on passe de  $4Q = 60$  à  $2Q = 30$ ).

Ce segment correspond au début de l'anaphase de la division réductionnelle.

- Le segment DE : la quantité d'ADN se stabilise à  $2Q = 30$ .

Ce segment correspond à la fin de l'anaphase, à la télophase de la division réductionnelle puis à la prophase et métaphase de la division équationnelle.

- Le segment EF : la quantité d'ADN, diminue de moitié (elle passe de  $2Q = 30$  à  $Q = 15$ ).

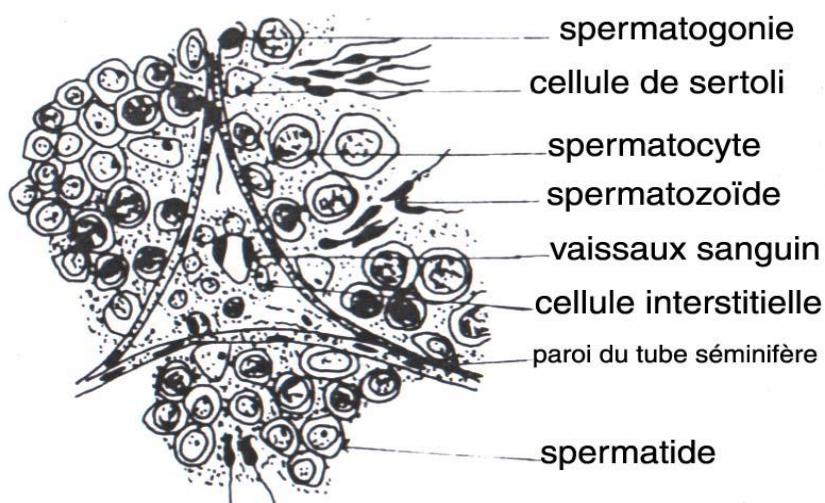
Ce segment correspond au début de l'anaphase de la division équationnelle.

- Le segment FG : la quantité d'ADN se stabilise à  $Q = 15$ .

Ce segment correspond à la fin de l'anaphase et à la télophase de la division équationnelle.

### II.A3

1) a.



b. La figure f<sub>5</sub> représente une coupe transversale de testicule de Mammifère.

Cette figure montre trois portions de tubes séminifères vus au microscope optique. .

La figure f<sub>6</sub> montre la tête et la pièce intermédiaire: d'un spermatozoïde observé au microscope électronique.

2) - Etude au niveau de A

D'après la figure f<sub>6</sub> l'organite A correspond à la partie supérieure de la tête du spermatozoïde ; il s'agit donc de l'acrosome.

Les données du problème nous permettent de déduire que l'acrosome n'entre en activité qu'au contact des membranes du gamète femelle de la même espèce.

L'activité de l'acrosome se manifeste par une médicalisation (voir figure f<sub>8</sub> qui aboutit à la libération d'enzymes (hyaluronidase par exemple). Celles-ci, par leur propriété lytique (destructrice), favorisent la pénétration du spermatozoïde à travers les membranes du gamète femelle.

- L'étude au niveau B

a, D'après les résultats numériques fournis, on constate que pour chacune des espèces animales citées le taux d'ADN est à peu près le même pour les trois types de cellules somatiques (cellules du foie, cellules du rein, jeunes hématies. Ce taux est réduit de moitié dans l'organite B. Chez le coq, par exemple, on trouve que le taux moyen d'ADN pour les cellules somatiques est égal à  $25.10^{-13}$  grammes.

Ce qui donne :

$$\frac{\text{Taux d'ADN dans l'organite B}}{\text{Taux d'ADN dans les cellules somatiques}} = \frac{13.10^{-13}}{25.10^{-13}} = \frac{1}{2}$$

L'organite B représente donc un élément haploïde ( $n$  chromosomes) alors que les cellules somatiques sont diploïdes ( $2n$  chromosomes).

b. Seul le devenir de l'organite noyau d'une cellule sexuelle B permettrait de confirmer qu'il s'agit du mâle : le spermatozoïde.

c. - La figure f<sub>5</sub> nous permet de retracer les différentes étapes de la formation du spermatozoïde (spermatogénèse) qui se déroule de la périphérie vers la lumière des tubes séminifères. La spermatogénèse débute par une phase de multiplication des spermatogonies qui se transforment, après une phase d'accroissement, en spermatocytes de premier ordre (on dit 'encore spermatocytes I') à  $2n$  chromosomes.

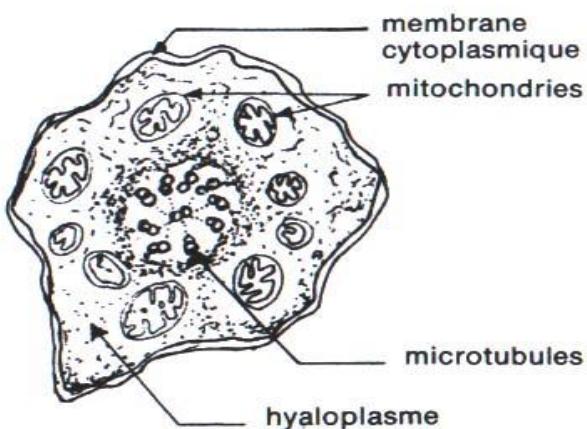
Pendant la phase suivante ou phase de maturation, les spermatocytes I subissent la division réductionnelle pour donner des spermatocytes de deuxième ordre à  $n$  chromosomes (ou spermatocytes II). Ces derniers donneront, à l'issue de la division équationnelle, des spermatides, qui évolueront en spermatozoïdes durant la phase de différenciation.

- A l'exception du flagelle la tête et la pièce intermédiaire du spermatozoïde pénètrent dans l'ovocyte II. Le noyau spermatique haploïde appelé alors pronucléus mâle se rapproche puis fusionne avec le pronucléus femelle de l'ovule.

L'œuf ou zygote diploïde qui en résulte est à l'origine d'un nouvel être vivant.

- Etude au niveau C

a.



b. Les phénomènes constatés au niveau C rappellent un mécanisme semblable à celui qui préside à la contraction musculaire. En particulier, grâce à des réactions chimiques, l'apport d'énergie sous

forme d'ATP entraîne le déplacement des microtubules à la manière des fibres d'actine et de myosine.

La régénération de l'ATP est permise par l'oxydation d'un glucide simple (ici le fructose) ; cette régénération ayant lieu au niveau des nombreuses mitochondries que l'on observe en figure f<sub>9</sub>. - Les mouvements apparus au niveau des microtubules de la pièce intermédiaire se propagent jusqu'au flagelle permettant le déplacement du gamète mâle, la tête en avant.

Remarque .. Cette question concerne les phénomènes énergétiques de la contraction.

En principe, elle devrait faire partie des exercices se rapportant au fonctionnement d'un organe moteur (exercices I.D.) ; cependant elle a été maintenue pour éviter que le sujet ne soit tronqué.

## B. LA REPRODUCTION HUMAINE

### II.B1

1) La sécrétion des hormones ovariennes (œstrogènes et progestérone) est sous le contrôle des gonadostimulines hypophysaires, mais il y a une rétroaction ou action en retour des hormones ovariennes sur la production des gonadostimulines : les hormones ovariennes transportées par le sang freinent la production des hormones hypophysaires.

a. A la suite de l'ablation des ovaires (castration) cette production n'est plus freinée ; l'hypophyse sécrète en grande quantité les gonadostimulines (hypersécrétion) et la glande augmente de taille (hypertrophie) du fait de sa grande activité.

b. Il faut injecter à l'animal des extraits ovariens ou des hormones ovariennes qui vont freiner les sécrétions hypophysaires.

2) Selon le même principe il suffit d'augmenter le taux des hormones ovariennes dans le sang au moyen d'injections.

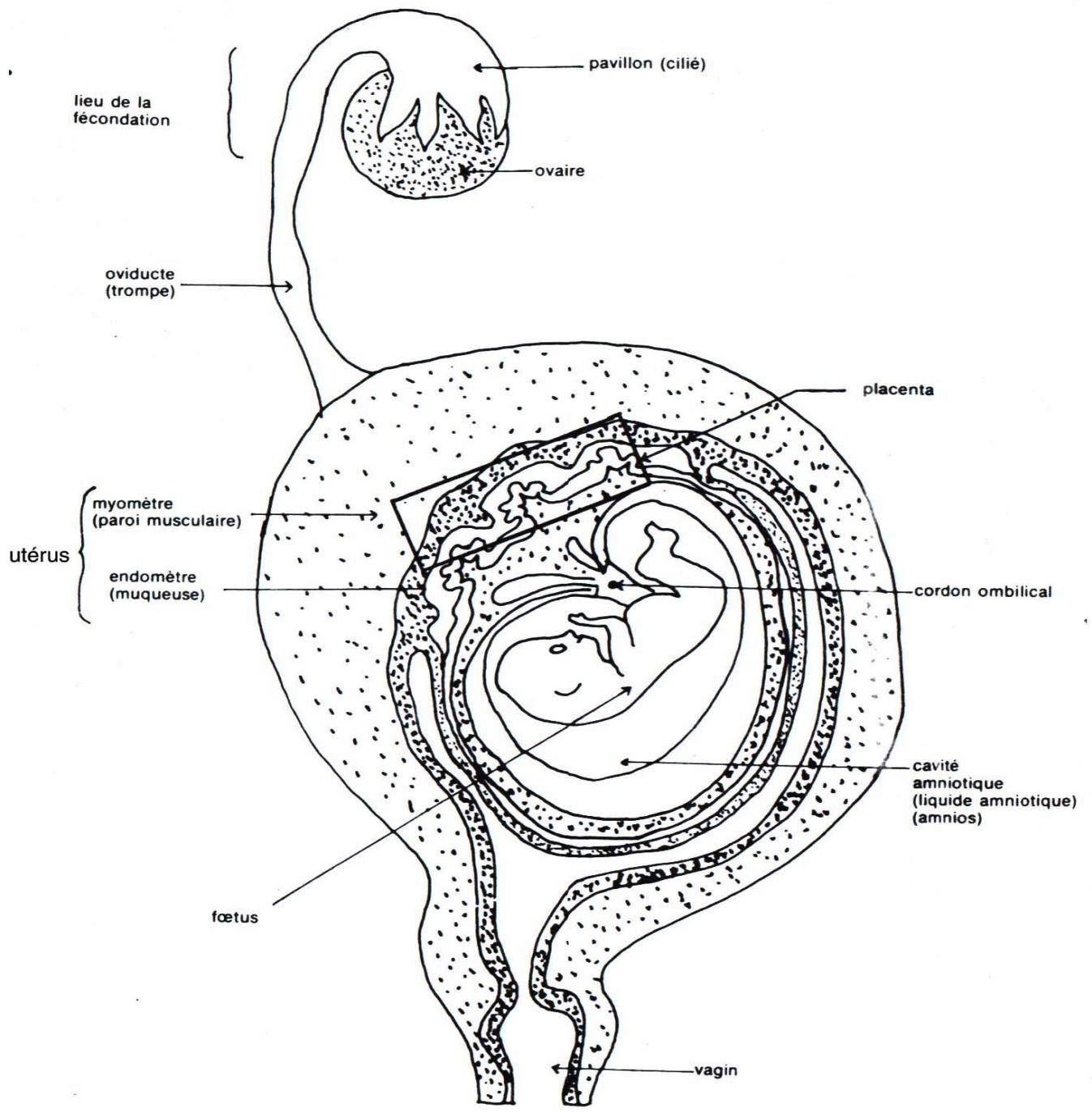
Conséquences : l'hypophyse est mise en repos en ce qui concerne la sécrétion des gonadostimulines.

Par suite, le cycle ovarien s'interrompt et en particulier il n'y a plus d'ovulation.

3) Application pratique chez la femme : les contraceptifs oraux (pilule) contiennent des hormones ovariennes en quantité suffisante pour faire diminuer les sécrétions hypophysaires et donc bloquer l'ovulation : la femme devient momentanément stérile.

### II.B2 .

1) Annotation de la figure.



- 2) a. Avant la fécondation, la muqueuse utérine subit des modifications périodiques qui la préparent à recevoir l'embryon en vue de sa nidation.  
 Cette préparation s'effectue en deux phases successives :  
 - première phase : de la menstruation à l'ovulation  
 Sous l'effet des œstrogènes, la muqueuse utérine ou endomètre s'accroît, s'épaissit, se

congestionne (les cellules se gorgent de sang). L'épithélium qui la recouvre s'invagine et forme des glandes en doigt de gant.

- deuxième phase : après l'ovulation.

La progestérone prolonge l'action des œstrogènes.

La muqueuse utérine continue de s'hypertrophier et se charge de glycogène. L'épithélium glandulaire acquiert une structure dentelée et produit des sécrétions. Les vaisseaux sanguins de l'endomètre continuent leur développement et se spiralisent.

Les œstrogènes et la progestérone sont des hormones d'origine ovarienne.

Les œstrogènes sont produits par les cellules folliculaires de la thèque interne et par la granulosa.

La progestérone, quant à elle, est sécrétée par le corps jaune

b. L'hypophyse sécrète des gonadostimulines : l'hormone stimulante des follicules ovariens (F.S.H.) et l'hormone lutéinisante (L.H.) :

- la F.S.H., libérée en grande quantité durant la 1ère phase du cycle menstruel, règle la sécrétion des œstrogènes ;

- la L.H. assure la transformation du follicule mûr en corps jaune et active la sécrétion de la progestérone.

Tout mauvais fonctionnement de l'hypophyse perturbe les sécrétions ovariennes et par conséquent la préparation de l'utérus.

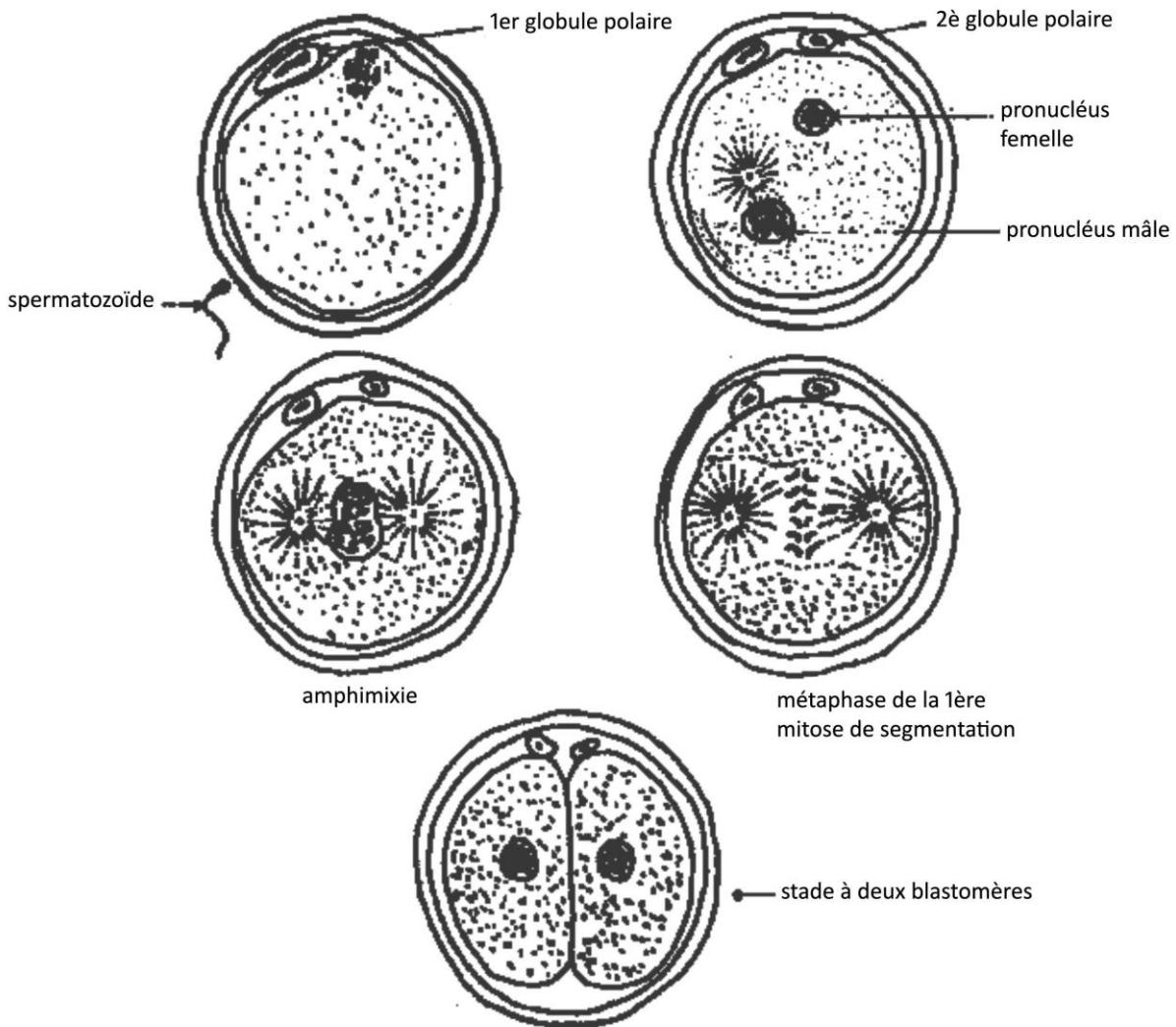
### 3) La fécondation

a. La fécondation a lieu peu après l'ovulation. Celle-ci a, généralement, lieu au milieu du cycle sexuel vers le 14<sup>e</sup> jour. La date de l'ovulation varie d'une femme à une autre. Pour une même femme, cette date peut varier en fonction de son état physiologique, psychique et en fonction des facteurs du milieu.

b. Lieu normal de la fécondation : le tiers supérieur de l'oviducte.

c. La pénétration du spermatozoïde active l'ovocyte de 2<sup>ème</sup> ordre (dont la maturation était bloquée en métaphase de la deuxième division de méiose).

Celui-ci, après avoir poursuivi sa division équationnelle, libère le deuxième globule polaire devient un ovule dont les 23 chromosomes constituent le pronucléus femelle. Les 23 chromosomes du spermatozoïde s'individualisent pour former le pronucléus mâle. Les pronucléi mâle et femelle se rapprochent l'un de l'autre vers le centre de la cellule, se juxtaposent et fusionnent : c'est l'amphimixie ou caryogamie. La cellule œuf qui en résulte possède un noyau diploïde à  $23 + 23 = 46$  chromosomes. Cet œuf entame sa première division de segmentation.



d. C'est le chromosome sexuel du spermatozoïde qui détermine le sexe de l'enfant.

On sait que la formule chromosomique de l'ovule est : 22 autonomes + 1 chromosome sexuel X. Celles du spermatozoïde sont les suivantes : 22 autonomes + 1 chromosome sexuel X ou 22 autonomes + 1 chromosome sexuel Y .

L'union d'un spermatozoïde contenant le chromosome sexuel X avec un ovule, engendre une fille, ayant pour formule chromosomique : 44 autosomes + 2 chromosomes sexuels XX..

Au contraire, l'union d'un spermatozoïde renfermant le chromosome sexuel Y avec un ovule produit un garçon ayant pour formule chromosomique : 44 autonomes + 2 chromosomes sexuels XY.

4) a. La région où s'effectuent les relations entre la mère et le fœtus s'appelle le placenta.

b. Le placenta résulte de l'union des enveloppes externes de l'embryon (vilosités et chorion) avec la muqueuse utérine. C'est une zone qui est richement vascularisée et qui comporte des " lacunes sanguines ". Il n'y a pas mélange entre le sang maternel et celui de l'embryon.

Le placenta joue un double rôle :

- rôle dans les échanges fœto-maternels

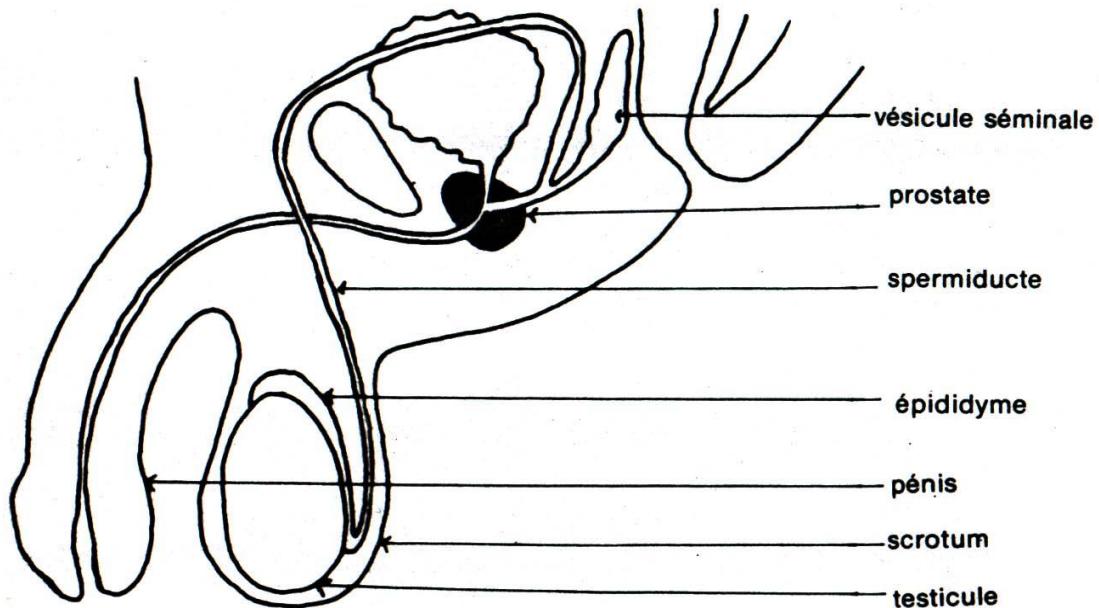
Le tableau suivant résume ces échanges

Sang maternel	Sang du fœtus
Oxygène	→
← Gaz carbonique	
Eau, sels minéraux, Glucose, Acides aminés, Acides gras, Glycerol, Vitamines	→
Anticorps Certains médicaments Certains microbes (virus surtout)	→
	← Eau, déchets (urée, etc.).

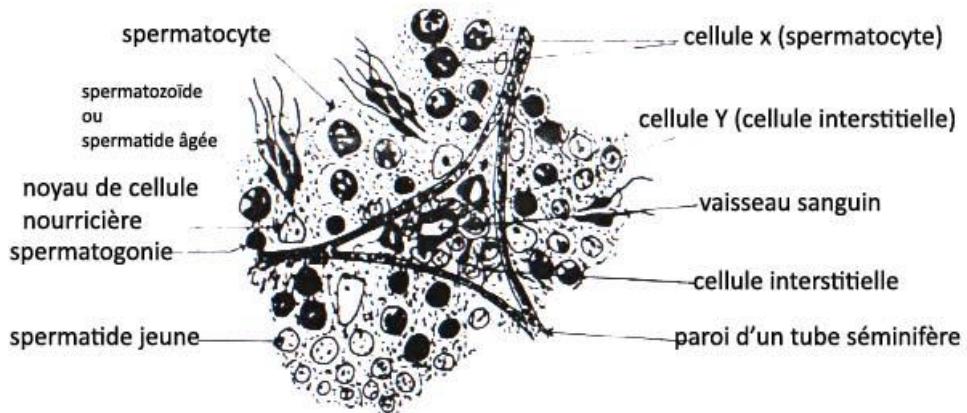
- rôle de glande endocrine

Le placenta secrète dès sa formation des hormones voisines de FSH et LH appelées hormones chorioniques gonadotropes (HCG). Il prend aussi le relais de l'ovaire et assure la continuation de la grossesse en sécrétant les œstrogènes et la progestérone **II.B3**

1) Schéma légendé d'un appareil génital d'un Mammifère mâle (l'homme).



2) Identification et légendes de la planche



Coupe microscopique au fort grossissement d'un testicule montrant trois portions de tubes séminifères

3) a. Le rôle des testicules dans le développement de certaines parties de l'organisme peut être mis en évidence par des expériences d'ablation de ces organes pour constater les troubles qui en résultent ; on peut aussi pratiquer sur les animaux ainsi opérés, des greffes ou des injections d'extraits testiculaires.

b. Les effets de ces expériences en fonction de l'âge sont résumés dans le tableau suivant :

Age de l'animal	Ablation	Greffé ou injections
<b>Avant la puberté</b>	<b>arrêt du développement des organes génitaux ; pas de caractères sexuels secondaires ; instinct sexuel faible ou nul.</b>	<b>correction de ces troubles</b>
<b>Après la puberté</b>	<b>régression des caractères sexuels secondaires et de l'instinct sexuel ; Peu d'action sur les organes génitaux</b>	<b>disparition de ces troubles</b>

c. - Les cellules X ou spermatocytes sont issues, par accroissement des spermatogonies.

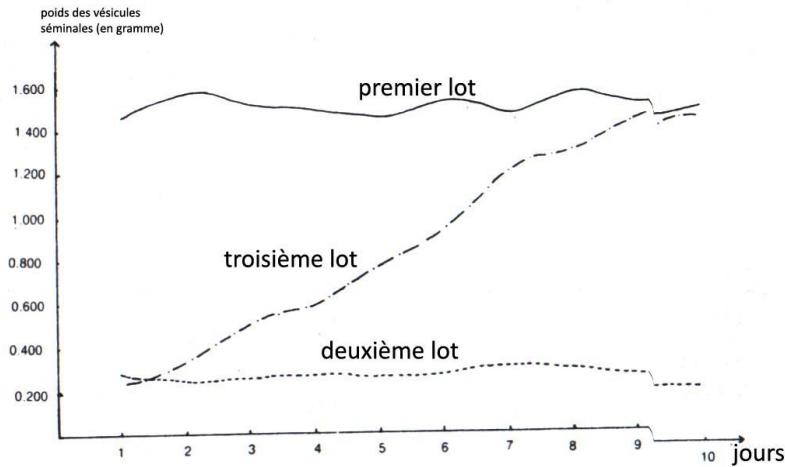
Les spermatocytes (cellules diploïdes) entrent dans la phase de maturation durant laquelle ils vont subir la méiose qui réduit de moitié le nombre des chromosomes. Les quatre spermatides qui résultent d'une méiose sont haploïdes

La fécondation (union d'un gamète mâle et d'un gamète femelle) permet de rétablir le nombre diploïde des chromosomes.

- Les cellules Y ou cellules interstitielles sécrètent l'hormone mâle ou testostérone Celle-ci transportée par le sang va agir sur différents organes et participer à leur développement faisant apparaître les caractères sexuels secondaires.

- Les cellules X assurent la fonction reproductrice (production de spermatozoïdes) Les cellules Y ont une fonction endocrine (production d'hormone).

4) A. a. Courbes représentatives de la variation du poids des vésicules séminales



#### b. Analyse des courbes et conclusions.

Les rats du 1<sup>er</sup> lot (normaux) ou lot témoin donnent une indication du poids moyen des vésicules séminales qui est de l'ordre de 1,500 grammes.

Les rats du 2<sup>è</sup> lot (sans hypophyse) montrent une régression considérable du poids des vésicules séminales qui devient voisin de 0.260 gramme, malgré la présence des testicules.

Les rats du 3<sup>è</sup> lot (traité par des extraits hypophysaires) montrent, après l'ablation de l'hypophyse une chute considérable du poids des vésicules séminales qui est égal à 0,250 gramme.

Après injection des extraits hypophysaires, les vésicules séminales retrouvent un poids normal égal à 1,500 gammes le 10<sup>è</sup> jour de l'expérience

Il ressort de ces expériences que l'hypophyse a une action (directe ou indirecte) sur le développement des vésicules séminales.

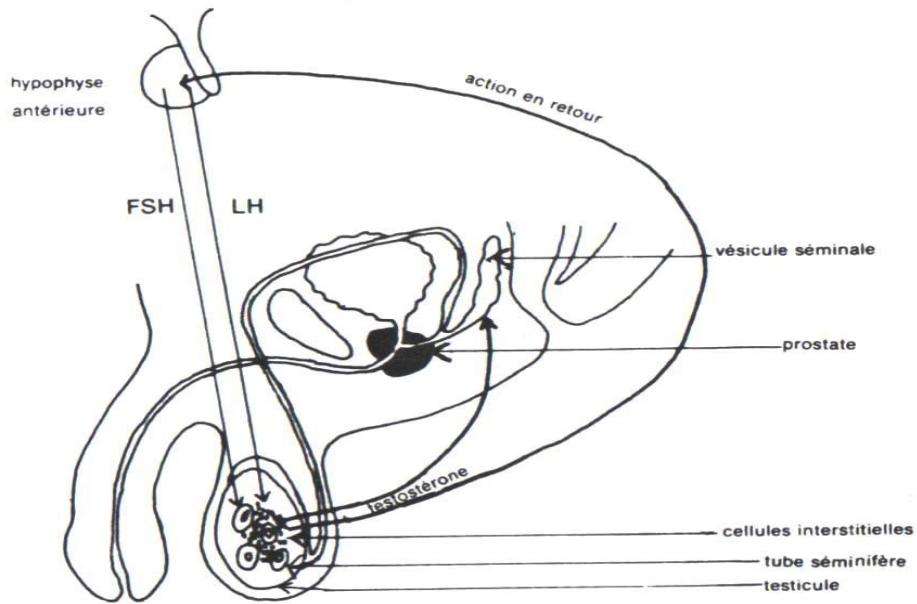
En réalité cette action est indirecte, car ce développement dépend de l'activité des testicules. Le bon fonctionnement des testicules est sous la dépendance de l'hypophyse qui, par ses sécrétions de gonadostimuline L.H. (hormone lutéinisante), stimule la production de testostérone qui favorise le 'développement des vésicules séminales

B. Les extraits testiculaires contiennent de la testostérone.

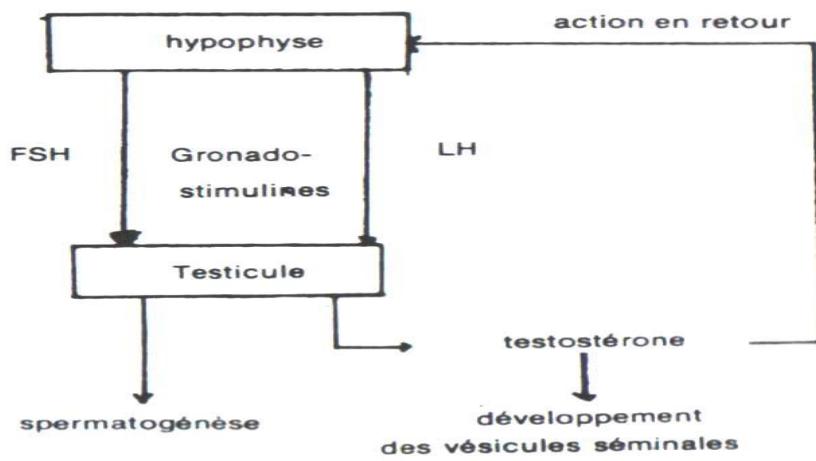
La diminution des sécrétions de l'hypophyse montre que cette glande est sensible au taux de testostérone dans le sang. Cette diminution est due à l'action en retour (ou rétroaction ou feedback) par la testostérone qui bloque les sécrétions de gonadostimulines (F.S.H. et L.H.).

Le ralentissement de la spermatogénèse montre que ce phénomène est sous le contrôle de l'hypophyse dont les sécrétions de F.S.H. sont bloquées par action en retour.

C. Schéma récapitulatif des interactions entre les testicules et l'hypophyse.

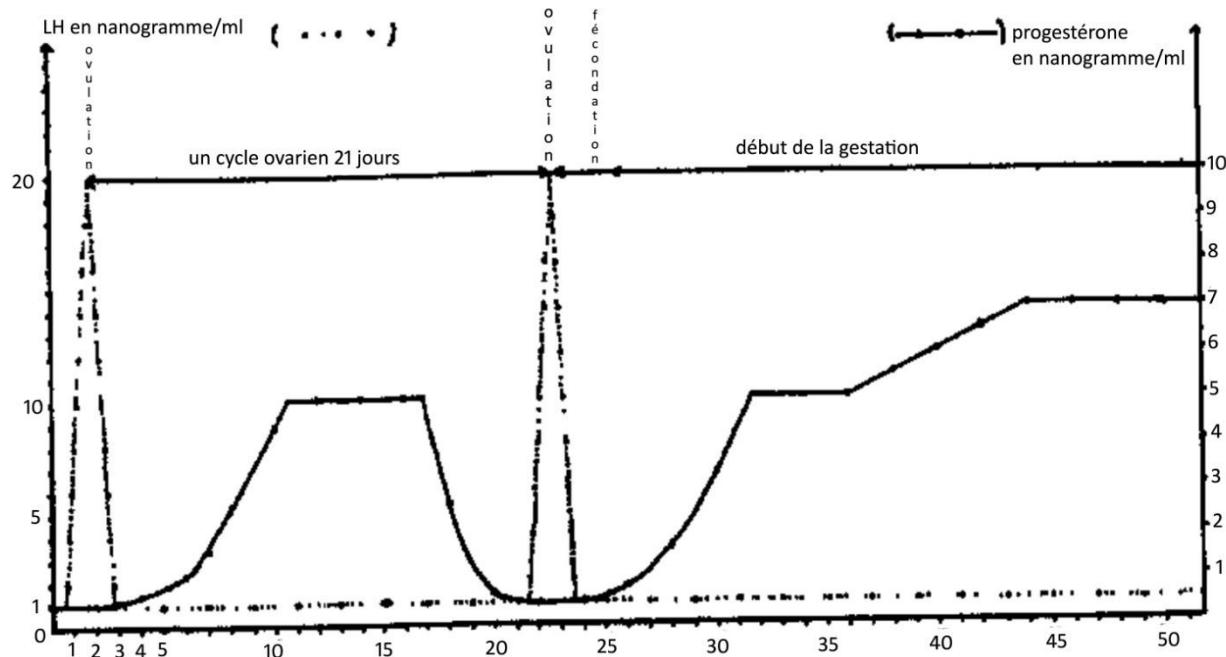


Le candidat peut se contenter du schéma suivant :



#### II.B4

- Les périodes d'ovulation peuvent être déterminées par les deux "pics" que montre la courbe de variation de l'hormone lutéinisante L.H., soit l'une au 2<sup>e</sup> jour, l'autre au 23<sup>e</sup> jour.
- La durée du cycle ovarien est égale à 23-2 = 21 jours.



Dosage de la LH et de LA progestérone chez une vache

2° On n'observe pas un nouveau maximum de L.H. vers le 44<sup>è</sup> jour comme on pouvait s'y attendre : on peut donc supposer une modification physiologique qui a entraîné une absence d'ovulation. L'analyse de la 2<sup>è</sup> courbe montre que le taux de progestérone devrait chuter vers le 38<sup>è</sup> jour ; or il continue, d'augmenter jusqu'à 7 ng, taux qui se maintient constant jusqu'au 294<sup>è</sup> jour. Il chute ensuite à 0,5 ng aux alentours du 300<sup>è</sup> jour. On peut donc maintenant conclure à une gestation dont la durée peut être évaluée ici à 300 - 23 = 277 jours soient 9 mois.

Remarque : la chute de progestérone a lieu avant la mise-bas.

3° Origine et action des deux hormones

- Hormone lutéinisante ou L.H. :

\* Origine : secrétée par le lobe antérieur de l'hypophyse.

\* rôle : elle déclenche l'ovulation permet la transformation du follicule en corps jaune ; elle stimule la sécrétion de folliculine par les cellules de la thèque chez la femelle, celle de testostérone chez le mâle. Elle induit indirectement la sécrétion de progestérone.

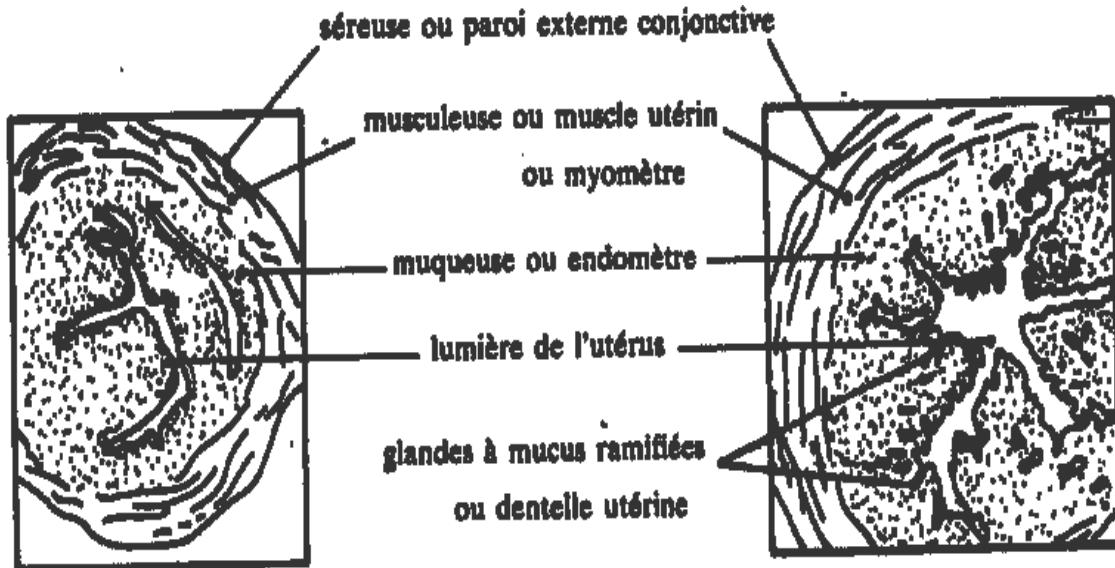
- La progestérone :

\* Origine : synthétisée par le corps jaune durant le cycle ovarien, également par le placenta au cours de la grossesse (accessoirement par les surrénales notamment durant la phase folliculaire du cycle).

\* rôle : elle permet les modifications histologiques de la muqueuse utérine, préparant ainsi la gestation ; elle assure d'autre part le maintien de la gestation.

## II.B5

### I. Annotation des figures B<sub>1</sub> et B<sub>2</sub>



Coupe transversale d'un utérus au cours de la première moitié du cycle sexuel ou phase folliculaire

Figure B<sub>1</sub>

Coupe transversale de l'utérus au cours de la deuxième moitié du cycle sexuel ou phase lutéinique

Figure B<sub>2</sub>

## II.

A partir de la première expérience on déduit que les ovaires contrôlent le développement des structures utérines au cours du cycle utérin. De la deuxième expérience on conclut que les ovaires agissent à distance et par voie sanguine sur l'utérus. Les extraits ovariens contiennent des hormones qui permettent chez la femelle castrée du singe une reprise du développement des structures utérines. Ces hormones ovariennes sont les œstrogènes et la progestérone. On rappelle que les œstrogènes sont secrétés par les glandes de la thèque interne des follicules pendant la phase folliculaire et par la thèque du corps jaune durant la phase lutéinique. La progestérone est produite par les cellules lutéiniques du corps jaune pendant la deuxième phase du cycle sexuel. Quand on arrête l'injection des extraits ovariens, le taux des hormones ovariennes diminue dans le sang ce qui provoque la menstruation.

## III.

1 - La fixation du RU 486 sur les récepteurs cellulaires empêche la progestérone d'avoir une action sur les cellules cibles de la muqueuse utérine et a le même effet que la chute du taux d'hormones induisant la menstruation.

2 - L'absorption de cette substance produisant dans tous les cas une menstruation, il est possible de l'utiliser comme moyen contraceptif :

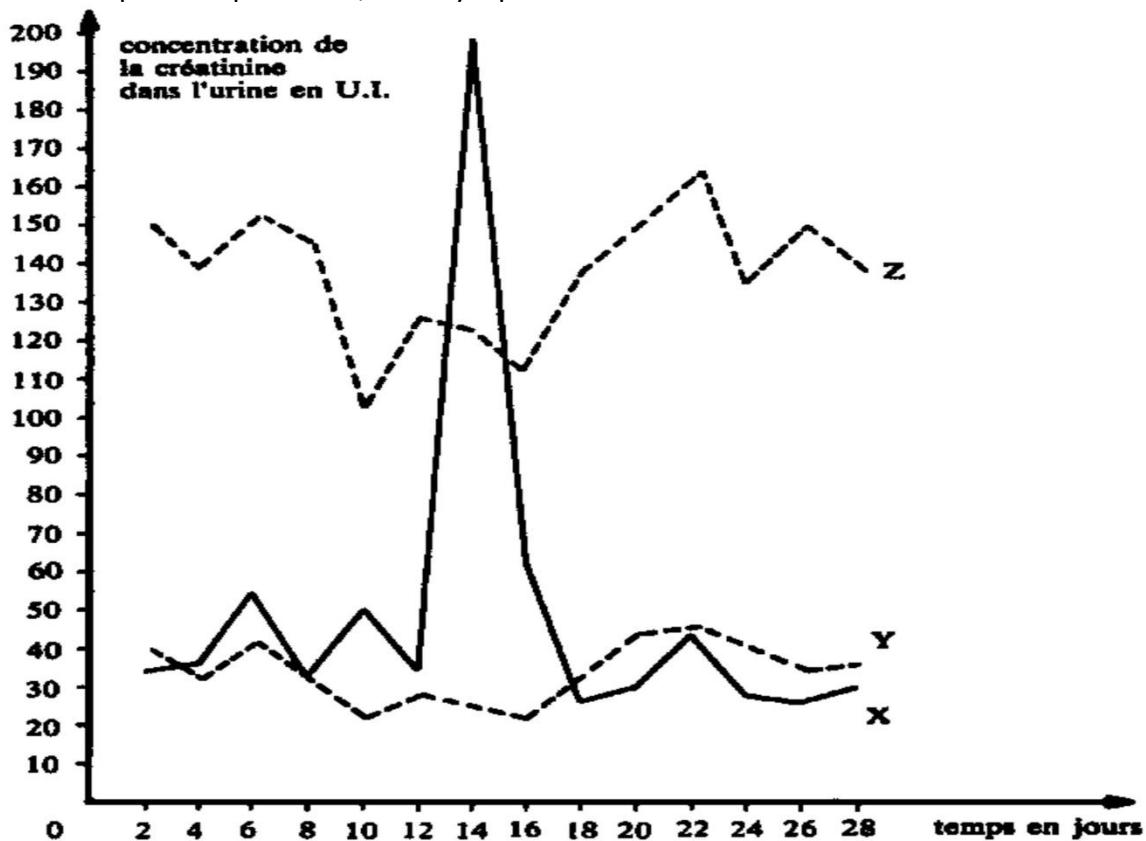
- \* parce qu'elle provoque l'expulsion de l'embryon qui aurait commencé sa nidation,
- \* ou parce qu'elle empêche la nidation, par destruction de la muqueuse utérine chargée d'accueillir l'embryon.

## II. B6

1 - Construction du graphe. (voir page suivante)

2 - D'après le graphe obtenu, le taux de créatinine éliminée se situe entre 32 et 54 UI pendant la première partie du cycle. Ce taux présente un pic voisin de 200 UI vers le 14<sup>e</sup> jour puis diminue et se maintient dès le 18<sup>e</sup> jour entre 26 et 44 UI.

- Cette évolution coïncide avec celle de l'hormone lutéinisante L.H. qui présente un pic juste avant l'ovulation.
  - Le rôle de cette hormone est de provoquer l'ovulation et d'entraîner la transformation du follicule de De Graaf en corps jaune.
- 3 - Chez la femme Y, le taux de créatinine éliminée pendant les 28 jours reste voisin du taux correspondant à la production de L.H. chez la femme X, avant et après l'ovulation.
- L'absence de production massive de L.H. au milieu du cycle chez la femme Y explique l'absence d'ovulation (cette situation se rencontre par exemple chez la femme qui prend la pilule).
  - Chez la femme Z, ménopausée, la production de l'hormone lutéinisante est constamment élevée à cause de l'absence des hormones ovariennes (absence de rétroaction); elle ne présente pas de variations brusque et importantes, et il n'y a plus d'ovulation.



### II.B7

1) D'après le graphe, on remarque que :

- Le taux d'œstrogènes et de progestérone augmente progressivement et atteint un niveau élevé au bout de 9 mois, alors que dans un cycle sexuel normal, ce taux doit chuter périodiquement à la fin de chaque cycle (chez la femme, le cycle sexuel est de 28 jours en moyenne). Il n'atteint d'ailleurs jamais de telles valeurs.

On peut en conclure que cette femme est enceinte.

- Une hormone particulière (H.C.G.) est sécrétée en grande quantité pendant les premiers mois par le chorion et plus tard par le placenta (ces structures ne se forment qu'en cas de grossesse).

2) La chute brutale observée provoque la rupture de l'équilibre hormonal existant pendant la

grossesse, ce qui constitue l'un des facteurs hormonaux qui déclenchent l'accouchement (dans l'exemple étudié. il s'agit d'un accouchement à terme).

3) La H.C.G. est une hormone sécrétée par le chorion (enveloppe externe de l'embryon) et plus tard par le placenta.

Elle stimule la sécrétion des hormones ovariennes par le corps jaune et favorise son maintien.

Les œstrogènes sont sécrétés par la thèque interne et les cellules de la granulosa pendant la phase folliculaire. Après fécondation, au cours de la phase lutéinique, ils sont sécrétés uniquement par la thèque interne du corps jaune, puis un peu plus tard par le placenta au cours de la grossesse.

Les œstrogènes induisent l'ensemble des modifications morphologiques et physiologiques au niveau de l'appareil génital et exercent un contrôle direct sur les caractères sexuels secondaires.

Au cours de la grossesse, ils contribuent avec la progestérone à maintenir l'hypertrophie de l'utérus.

La progestérone est sécrétée par les cellules lutéiniques du corps jaune pendant le cycle ovarien, et essentiellement par le placenta pendant les 6 derniers mois de grossesse (accessoirement par les surrénales).

Elle permet les modifications histologiques de la muqueuse utérine préparant ainsi la nidation par :

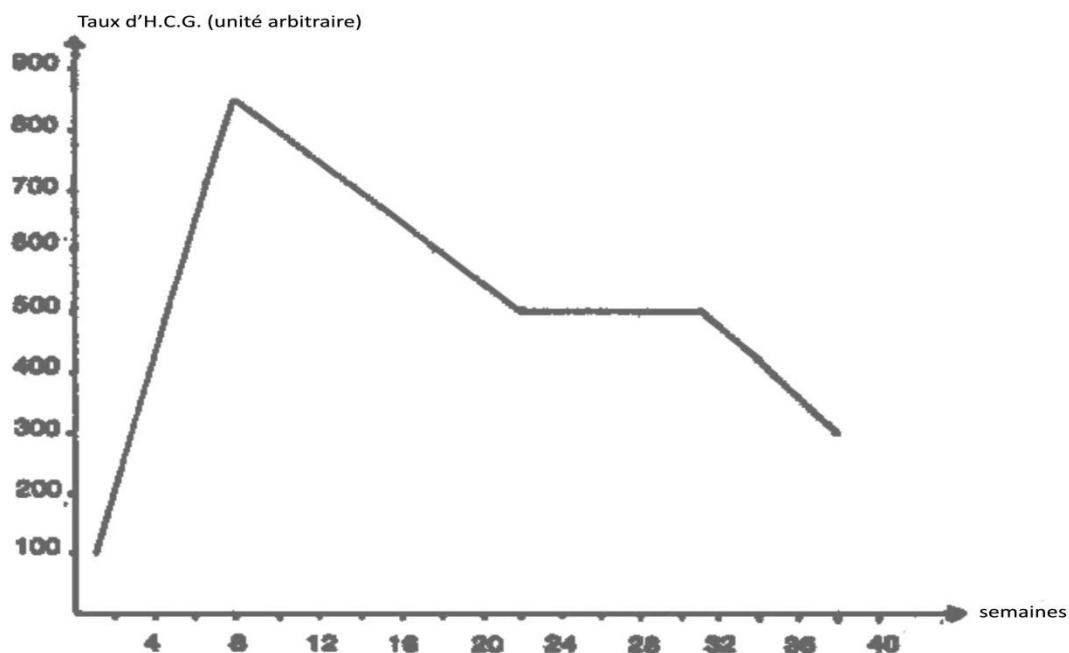
- \* la formation de la dentelle utérine ;
- \* la stimulation de la sécrétion de glycogène par les glandes en tube ;
- \* l'inhibition des contractions utérines ("silence utérin").

En cours de grossesse elle assure la protection du fœtus, le développement des glandes mammaires et inhibe la motricité utérine.

## **II.B8**

1) Les deux tableaux résument la variation du nombre de cellules sexuelles (ovocytes) contenues dans les deux ovaires au cours de la vie d'une femme. Ainsi :

- durant les cinq premiers mois de la vie intra-utérine, l'augmentation du nombre d'ovocytes correspond à la phase de multiplication, première phase de l'ovogenèse ;
- durant la phase post-pubertaire, la diminution considérable du nombre d'ovocytes est due à l'activité cyclique des ovaires. A partir de la puberté, durant chaque cycle sexuel, plusieurs follicules évoluent. Un seul se transforme en follicule mûr ; les autres dégénèrent. Parallèlement, l'ovocyte poursuit la maturation.



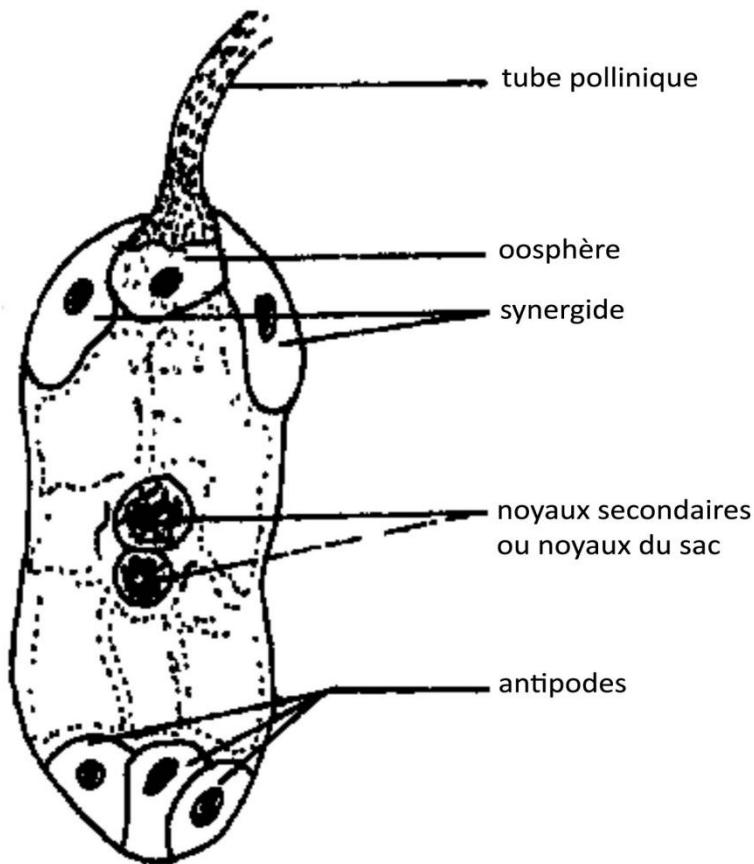
### 3) - Analyse :

- \* La durée de la variation du taux d'H.C.G. correspond à 9 mois environ.
  - \* La quantité d'H.C.G. présente dans les urines augmente considérablement durant les 8 premières semaines puis diminue progressivement jusqu'au 9<sup>e</sup> mois.
- 4) - Cette hormone est produite par le placenta structure qui ne se développe qu'avec la nidation c'est-à-dire après la fécondation et au moment de la fixation de l'embryon sur la paroi utérine.
- L'H.C.G. prend le relais des hormones hypophysaires (L.H. et F.S.H.) et assure ainsi la continuité de la production des hormones ovariennes (progesterone et œstrogènes).

## C. REPRODUCTION D'UNE PLANTE ANGIOSPERME

II.C1

1)



DEBUT DE FECONDATION DANS UN SAC EMBRYONNAIRE D'ANGIOSPERME

2) Le phénomène représenté, est le début de la fécondation puisqu'il y a pénétration du tube pollinique dans le sac embryonnaire.

3) Le résultat sera la double fécondation.

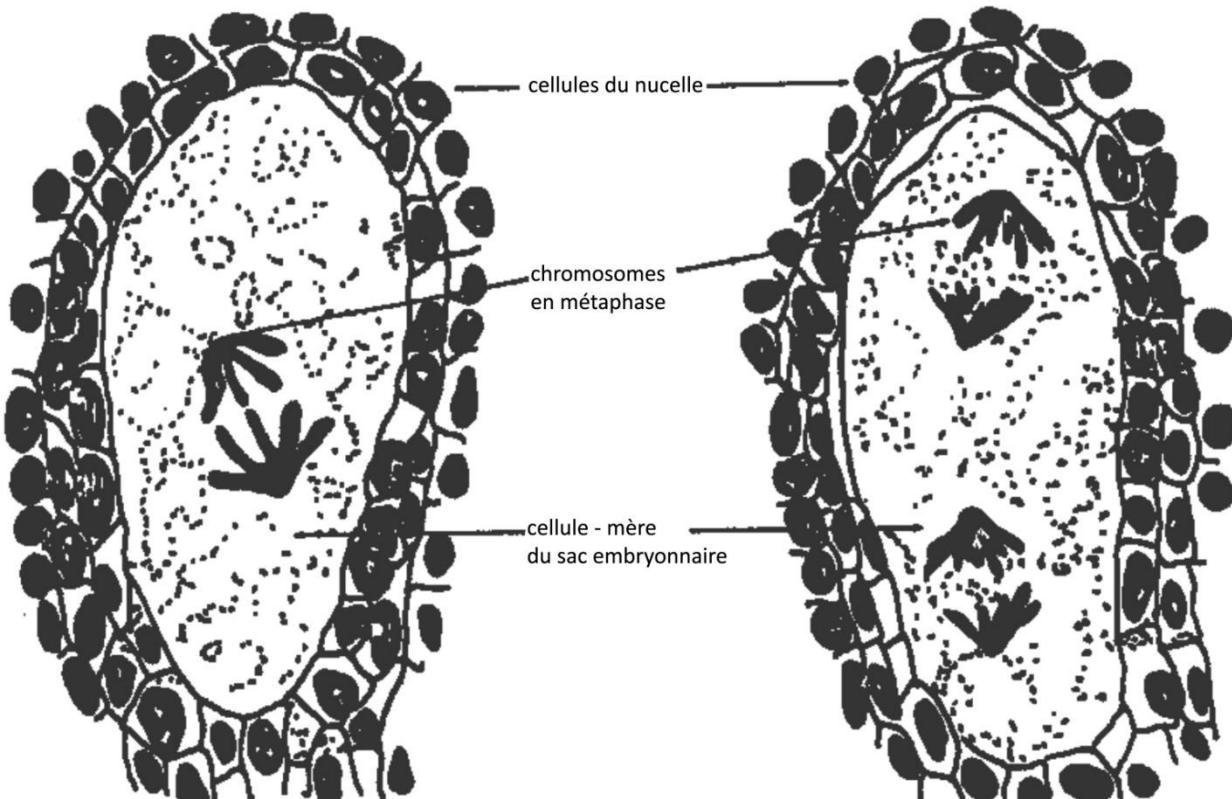
On sait que le tube pollinique est porteur de deux gamètes mâles ou anthérozoïdes :

- Un anthérozoïde s'unit avec l'oosphère (gamète femelle) pour engendrer un œuf embryon ou œuf principal à  $2n$  chromosomes à l'origine de la future plante.
- l'autre anthérozoïde féconde les deux noyaux du sac pour former un œuf albumen ou œuf accessoire à  $3n$  chromosomes qui constituera le tissu de réserves de la jeune plantule.

Cette double fécondation est caractéristique des plantes Angiospermes

II.C2

I ) Identification et annotation des documents  $f_2$  et  $f_3$



Document f<sub>2</sub>

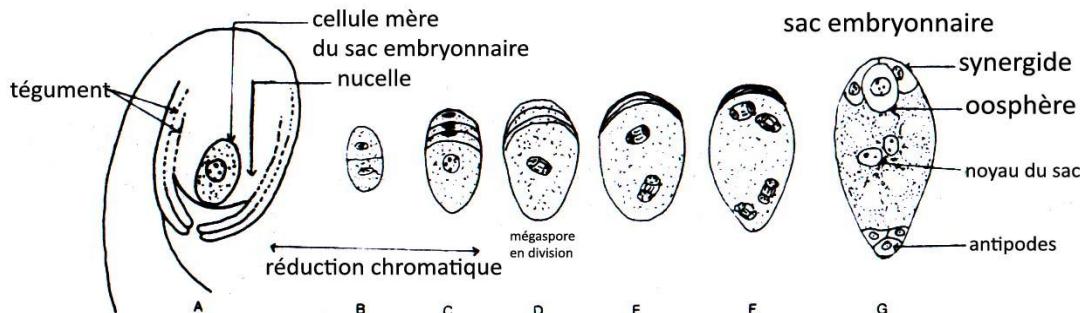
Document f<sub>3</sub>

### Coupe de jeunes ovules au niveau d'un sac embryonnaire en formation

Les documents f<sub>2</sub>, f<sub>3</sub> représentent la coupe de deux jeunes ovules d'une fleur effectuée au niveau d'un sac embryonnaire en formation.

2) Dans chaque « cellule mère » on observe des lots chromosomiques au stade anaphase de la division cellulaire.

Pour savoir de quel phénomène cytologique (méiose ou deux simples mitoses) il s'agit, représentons schématiquement les étapes conduisant à la formation du sac embryonnaire à partir d'une cellule mère.



- En comparant les documents f<sub>2</sub>, f<sub>3</sub> aux figures montrant l'évolution de la cellule mère en sac embryonnaire, on se rend compte qu'ils correspondent aux figures D et E. Celles-ci représentent les deux premières mitoses incomplètes de la mégasporocyte haploïde résultant de la cellule mère par

méiose.

Remarque : le candidat pouvait supposer que les documents f<sub>2</sub> et f<sub>3</sub> correspondent aux stades anaphase I et II de la méiose. En fait l'absence d'une membrane entre les deux structures anaphasiques du document f<sub>3</sub> est en défaveur avec cette hypothèse.

- Le résultat du mécanisme lié à ce phénomène est la formation d'un sac embryonnaire à 8 noyaux haploïdes répartis dans 7 cellules.

Au cours de sa formation, a lieu une réduction chromatique (la cellule mère diploïde subit la méiose). Ce phénomène est nécessaire avant la fécondation.

Celle-ci rétablira le stock chromosomique diploïde caractéristique de l'espèce.

Remarque : le candidat peut traiter assez rapidement la double fécondation des spermophytes

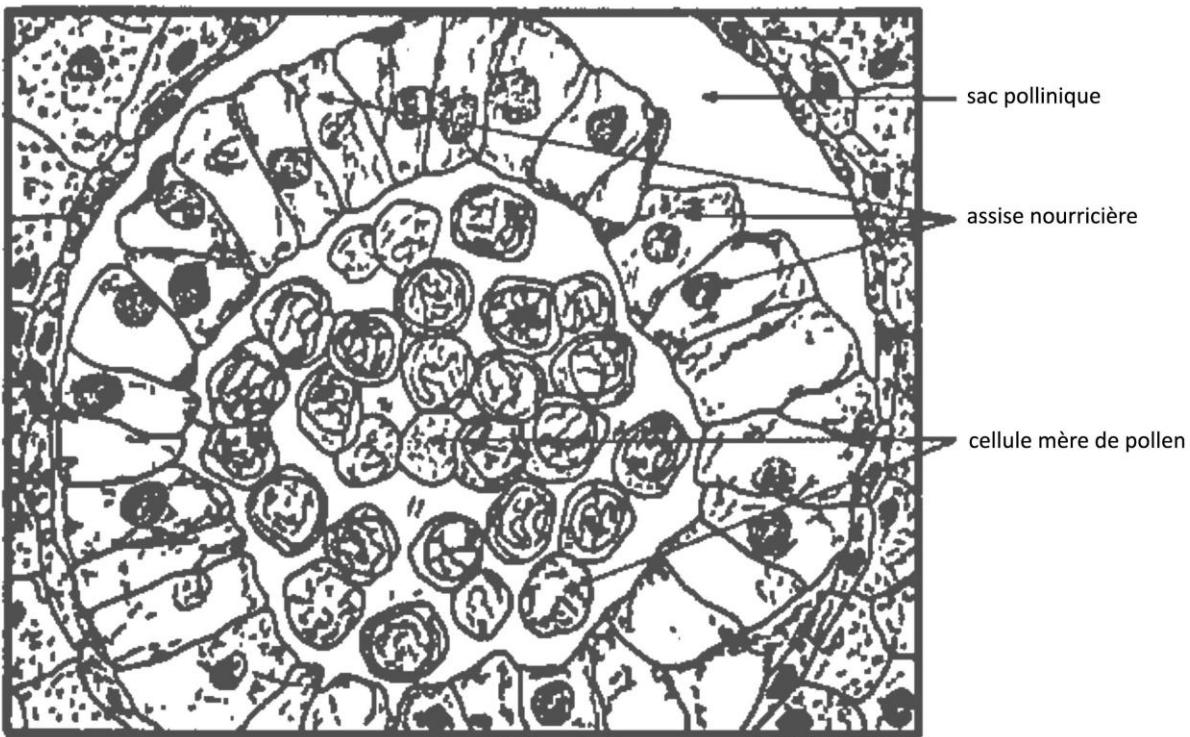
3) Comparons brièvement la structure d'un ovule végétal chez un spermophage et celle d'un ovule animal.

- l'ovule animal ou gamète femelle est une grosse cellule haploïde chargée de réserves Remarque : chez l'espèce humaine, le gamète femelle est émis à l'état d'ovocyte II, lequel évoluera en ovule durant la fécondation après émission du 2<sup>e</sup> globule polaire.

- l'ovule végétal des spermophytes est un organe constitué de plusieurs tissus (le nucelle et les téguments). L'ovule mûr renferme un sac embryonnaire qui contient le gamète femelle ou oosphère.

Donc le terme d'ovule n'a pas la même signification dans le règne animal que dans le règne végétal. L'équivalent de l'ovule animal est l'oosphère végétale.

### II.C3



Titre : Coupe microscopique transversale au niveau d'une anthère



Fig. II<sub>2</sub>

Titre: tétrade de microspores en formation (Anaphase II)

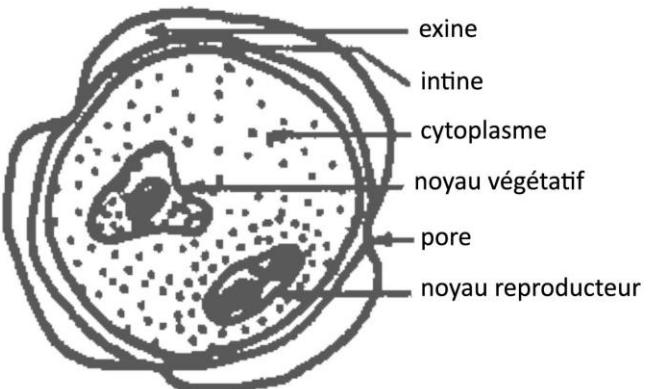


Fig. II<sub>3</sub>

Titre: Grain de pollen

## II.

L'expérience ainsi réalisée (sur le Lis) montre que c'est au contact du stigmate que le maximum de grains de pollen "germe" ; elle confirme les observations faites sur les fleurs à maturité, observations qui permettent de penser que les grains de pollen au contact des papilles stigmatiques (chimiotropisme) subissent des modifications avec émission d'un tube pollinique contenant les noyaux reproducteur et végétatif.

**III. 1.** - Il est demandé de faire l'analyse des documents proposés. Par conséquent la traduction sous forme écrite des expériences schématisées sur le document III et de leurs résultats est tout à fait superflue

**RAPPEL :** La pollinisation est le processus par lequel le pollen est transporté de l'anthere jusqu'au stigmate. La pollinisation est directe quand le pollen d'une fleur atteint le stigmate de la même fleur (autopollinisation). La pollinisation est croisée lorsque le pollen atteint le stigmate d'une autre fleur (hétéropollinisation)

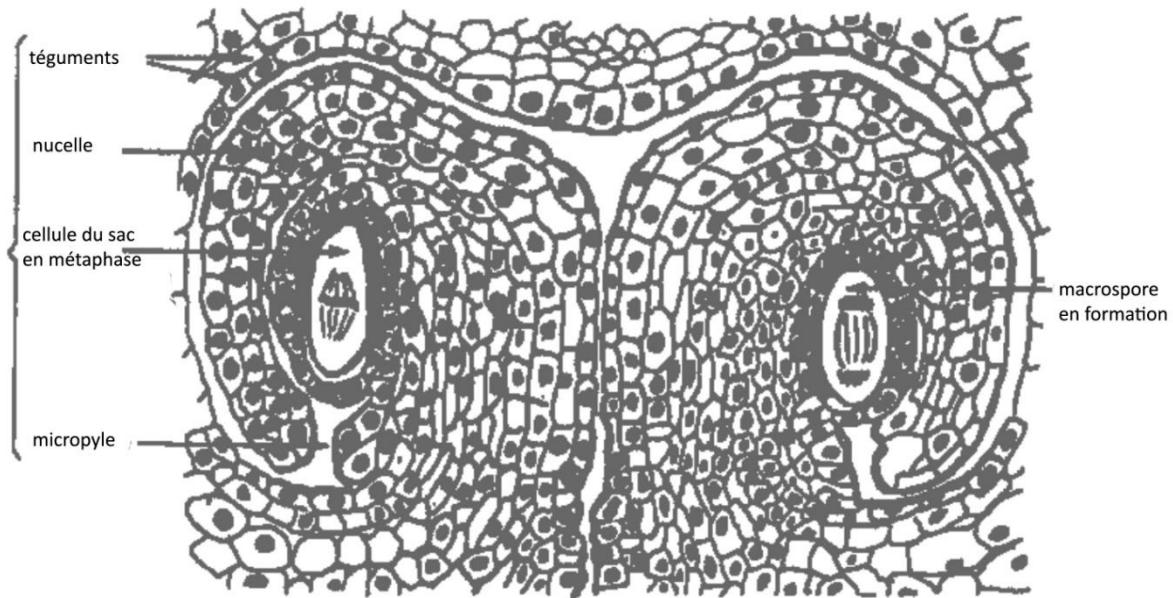
### Figure III<sub>2</sub>

Placés au contact des stigmates, les grains de pollen d'une même fleur (pollinisation directe) n'émettent pas de tubes boulimiques comme on pouvait s'y attendre.

### Figure III<sub>3</sub> et III<sub>4</sub>

La comparaison des 2 expériences réalisées conduit à supposer qu'il existerait au niveau de l'épiderme du stigmate un obstacle empêchant les grains de pollen de la même fleur de germer.  
**2.** - L'ensemble des résultats laisse supposer que le mode naturel de pollinisation de cette plante est la pollinisation croisée (les grains de pollen doivent provenir d'une fleur différente de celle qui porte les organes femelles).

## II.C4



Coupe longitudinale d'un ovaire jeune au niveau de deux ovules

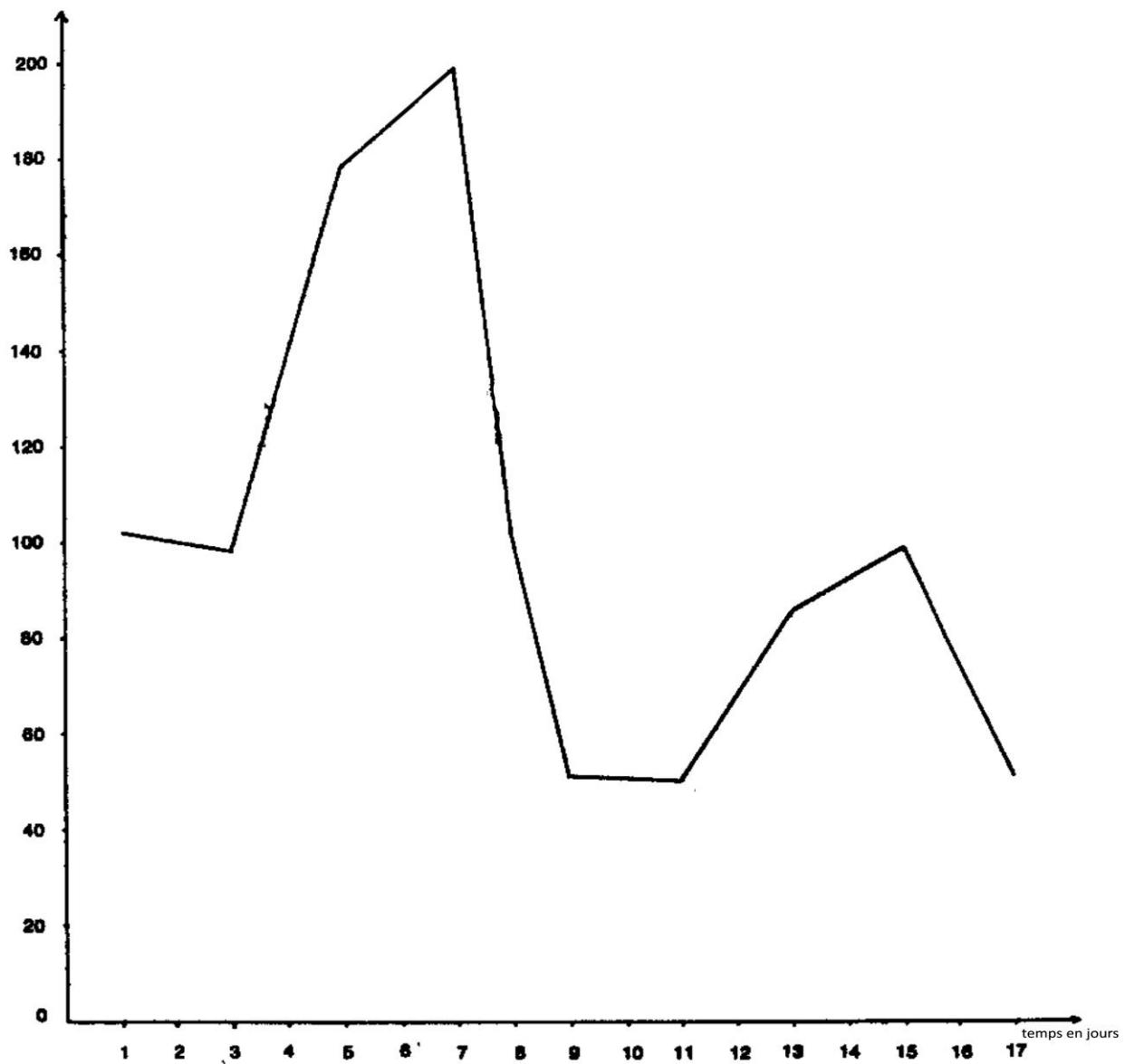
**II. 1)** C'est la méiose au cours de la formation des grains de pollen.

2) Identification et classement des étapes représentées :

- \* C : une cellule avec chromosomes individualisés et fissurés ; c'est la prophase I
- \* E : une cellule présentant l'ascension polaire des chromosomes ; c'est l'anaphase I
- \* D : deux cellules-filles en formation ; c'est la télophase I
- \* B : deux cellules montrant chacune une plaque équatoriale ; c'est la métaphase II
- \* F : quatre cellules-filles bien individualisées ; c'est la télophase II

**III. 1)** Construction du graphe

quantité d'ADN en unités arbitraires



2) Analyse du graphe :

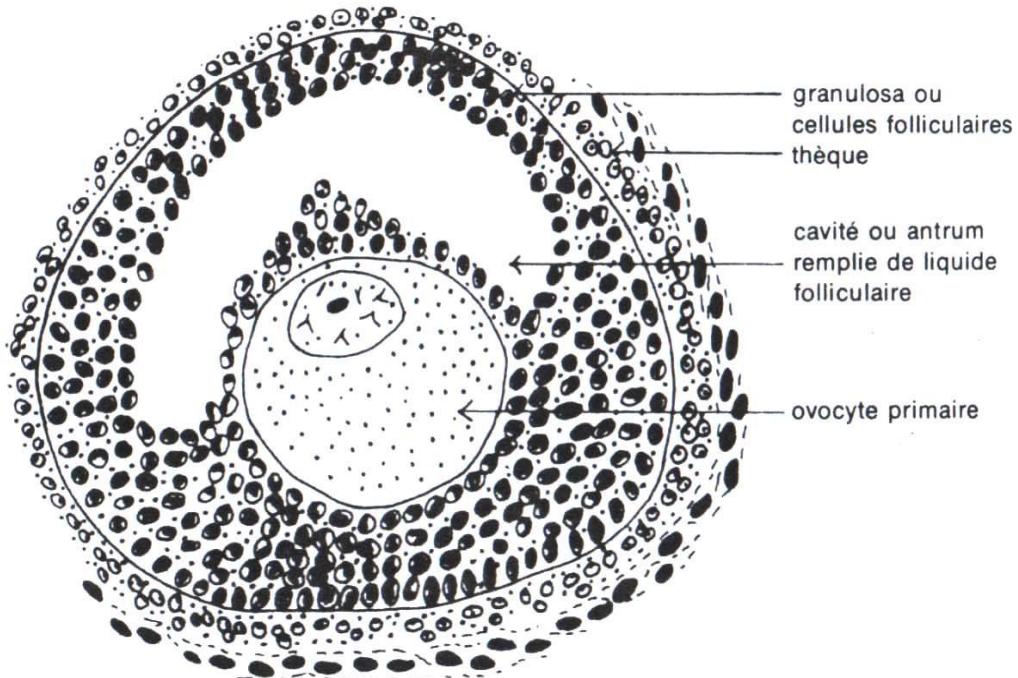
- du 3<sup>ème</sup> au 9<sup>ème</sup> jour, la quantité d'A.D.N. ( $q$ ) double ( $2q$ ); revient à la valeur initiale ( $q$ ) puis se réduit de moitié ( $q/2$ )
- du 11<sup>ème</sup> au 17<sup>ème</sup> jour, la quantité d'A.D.N. ( $q/2$ ) double ( $q$ ) puis reprend sa valeur ( $q/2$ ).

Interprétation :

- du 3<sup>ème</sup> au 9<sup>ème</sup> jour : les deux divisions successives de la méiose ;
- du 11<sup>ème</sup> au 17<sup>ème</sup> jour : division mitotique.
- Le phénomène étudié en II étant la méiose, la 2<sup>ème</sup> partie du graphe représente en plus la mitose aboutissant à la formation des 2 noyaux du grain de pollen.

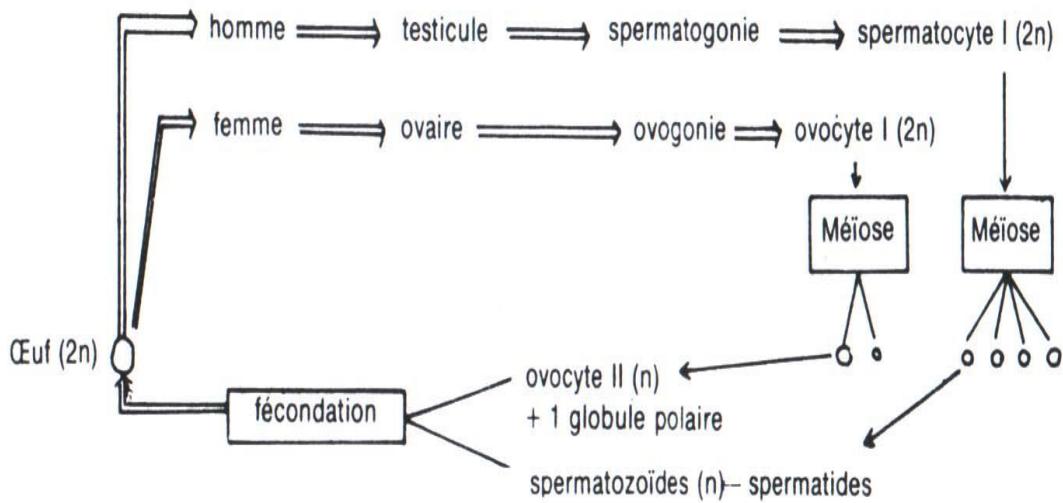
## D. CYCLE DE DEVELOPPEMENT

II.D1



**Titre : follicule tertiaire ou cavitaire**

2.



II.D2

1) Etant donné que les éléments a et b s'unissent et que de leur union résulte un nouveau thalle, ils ne peuvent donc être que des cellules sexuelles ou gamètes.

Le gamète a est une grosse cellule, produite en petit nombre : c'est le gamète femelle ou oosphère.

Les gamètes b plus petits et plus nombreux sont les gamètes mâles ou anthérozoïdes

(spermatoïdes).

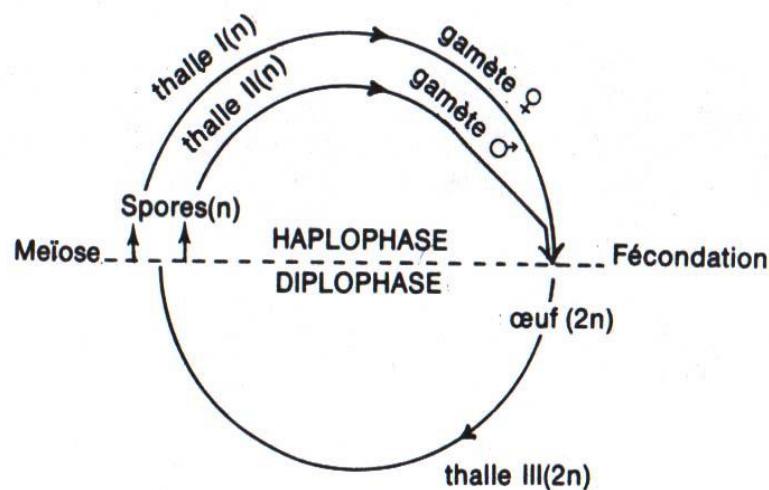
Remarque : l'oosphère, flagellée, est mobile comme l'anthéozoïde.

2) En  $t_1$  a lieu le rapprochement des gamètes mâle et femelle ; en  $t_2$  a lieu l'union des cytoplasmes et la fusion dès noyaux (caryogamie) ; en  $t_3$  a lieu la formation de l'œuf ou zygote, élément diploïde. Ces 3 phases correspondent aux étapes de la fécondation qui a lieu dans l'eau de mer. En  $t_4$  a lieu la méiose qui est à l'origine de quatre spores mobiles et haploïdes.

Les thalles I et II, issue de spores flagellés haploïdes et donnant naissance aux gamètes sont donc des gamétophytes haploïdes.

Le thalle III, issu de la germination d'un zygote, est diploïde. Comme il donne naissance, par méiose, aux spores ; c'est donc un sporophyte.

3) Cycle chromosomique de l'ulve.



## II.D3

1) - Les cellules "a" étant nombreuses et petites sont sans doute des cellules sexuelles ou gamètes mâles ; malgré l'absence de flagelles, elles sont entraînées et leur contenu pénètre dans les cellules "b".

- Les cellules "b" sont plus grosses, immobiles ; dans la cellule <b></b> pénètre une cellule "a" : la cellule "b" serait le gamète femelle.

- La cellule "d" provenant de la multiplication du zygote obtenu après fécondation serait une cellule diploïde (sorte de spore).

- La cellule "f" serait une tétraspore provenant d'une cellule diploïde du thalle III.

2) - La rencontre des gamètes "a" et "b" a bien lieu en 4 ; elle sera suivie par la fécondation.

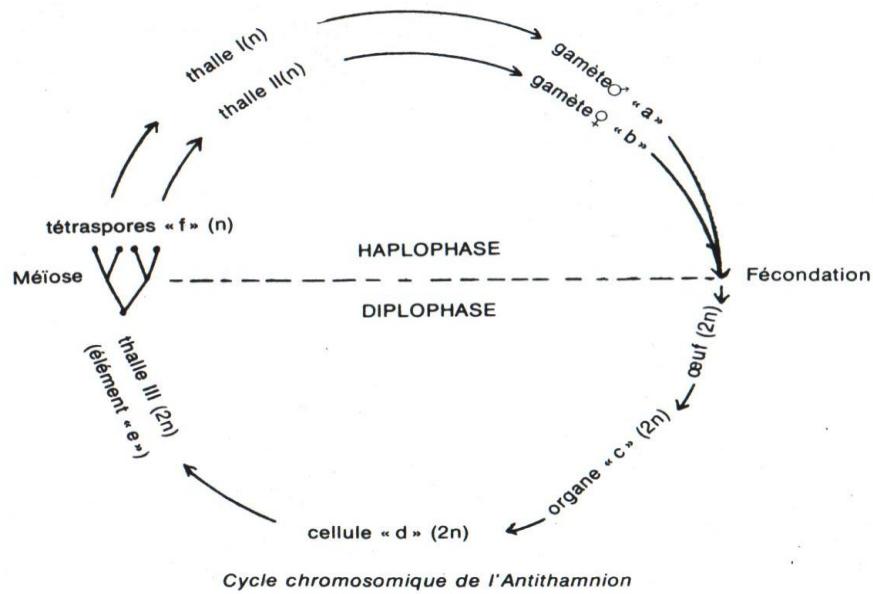
- La réduction chromatique a lieu en 7 puisque l'élément "e" libère 4 tétraspores qui sont donc haploïdes.

3) - Le thalle I, qui produit les gamètes mâles, est un gamétophyte haploïde mâle.

- Le thalle II, qui produit les gamètes femelles, est le gamétophyte haploïde femelle.

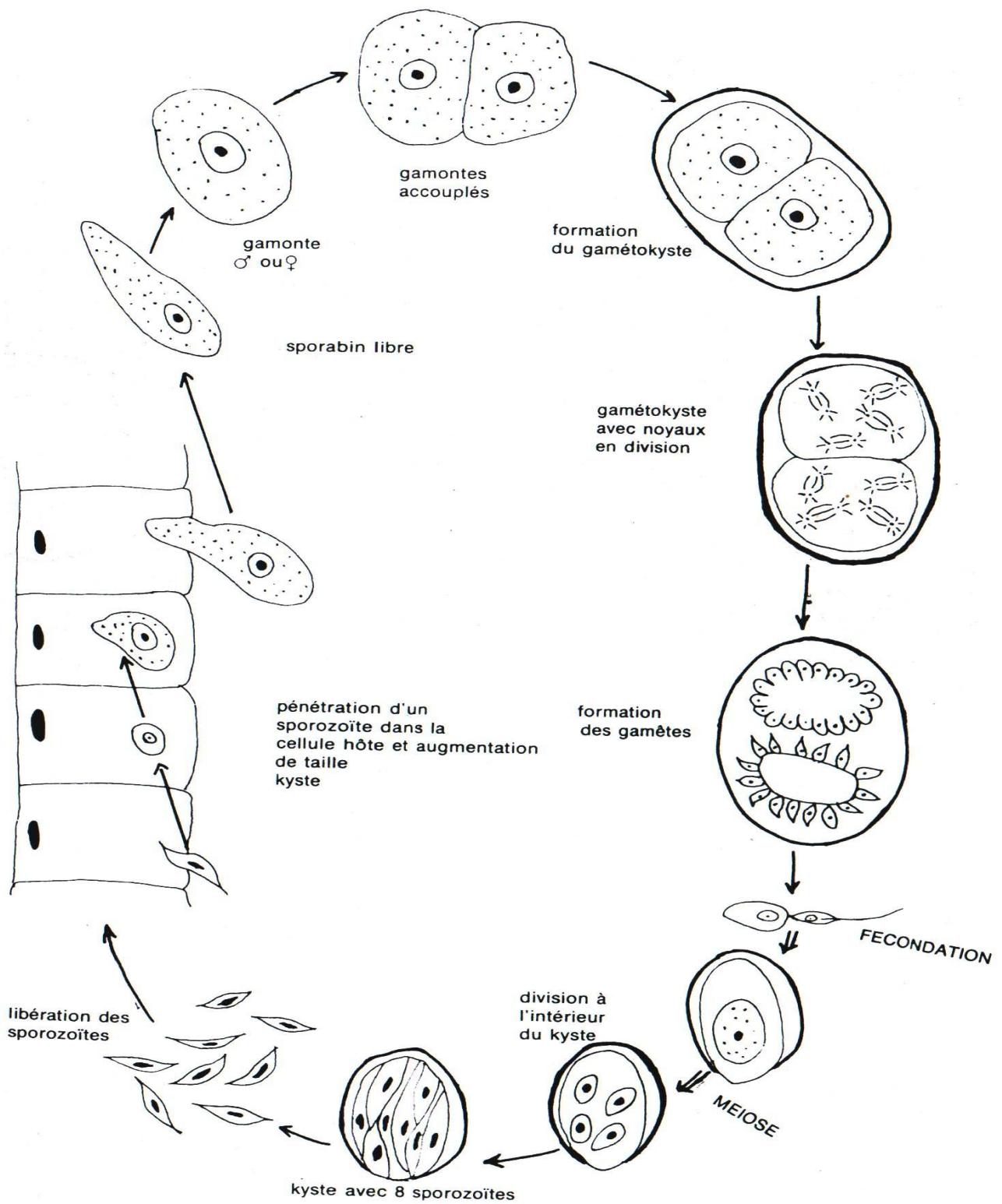
Le thalle III, issu de la germination d'une spore diploïde et produisant des tétraspores haploïdes, est un sporophyte diploïde.

4)

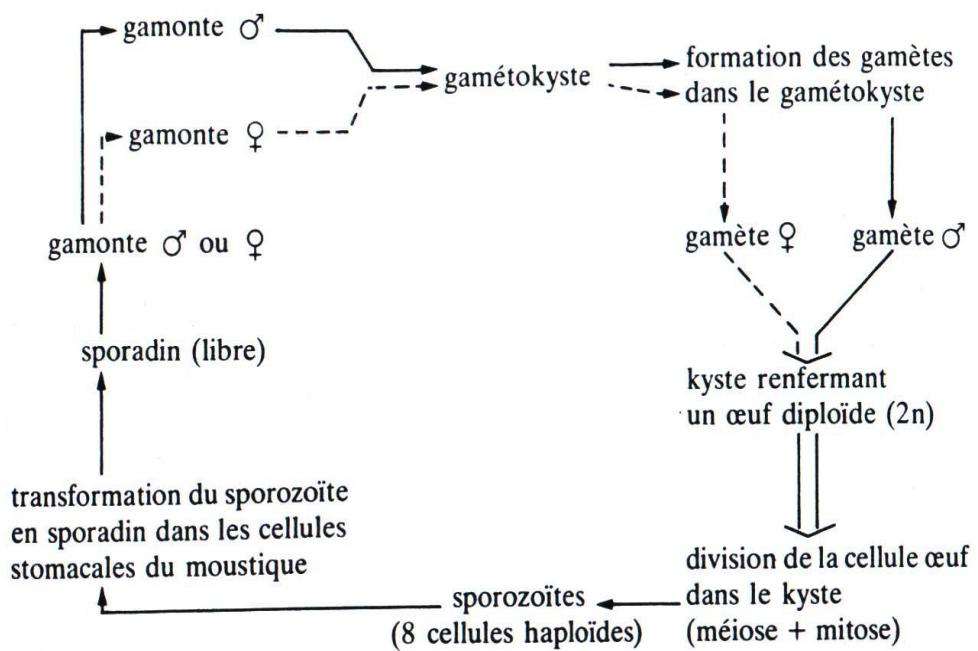


II.D4

1)



2) Cycle chromosomique de Lankesteria



Prédominance de la phase haploïde sur la phase diploïde. Cette dernière phase est réduite à l'œuf (ou kyste). Il s'agit donc d'un cycle haplobiontique (ou haplophasique).

**III**  
**GENETIQUE**  
**RESUMES DE COURS**

**+**  
**ENONCES**

## 1. En génétique il faut se rappeler que :

- Un gène est une partie de l'A.D.N. représentant le matériel héréditaire. Le gène occupe une position précise (locus) sur le chromosome. Les différentes formes possibles d'un même gène sont les allèles du gène. L'activité de ce dernier se traduit par la synthèse d'une protéine. Il est responsable d'un caractère et constitue une unité de fonction.
- Le phénotype est l'ensemble des caractères apparents d'un individu (son aspect extérieur).
- Le génotype est l'ensemble des gènes responsables des caractères exprimés (phénotype).
- La lignée pure est l'ensemble d'individus qui ont un certain nombre de caractères identiques (même phénotype) et héréditaires (même génotype). Pour un caractère donné, les individus de lignée pure sont homozygotes ou de race pure : les deux allèles qui déterminent ce caractère sont identiques.
- Chez les individus hétérozygotes ou hybrides pour un caractère donné, les deux allèles portés par les deux chromosomes homologues sont différents.

Le caractère qui s'exprime peut résulter soit de l'interaction des deux allèles (dominance intermédiaire), soit du contrôle d'un seul allèle (dominant), l'autre ne s'exprimant pas (récessif) : c'est la dominance. Il y a codominance lorsque les deux allèles s'expriment tous les deux.

- La mutation est une modification transmissible d'un caractère héréditaire ; elle est due à un changement de la séquence d'ADN au niveau des gènes. Les mutations sont immédiatement héréditaires, réversibles, aléatoires et rares.

- Le caractère sauvage est le caractère le plus fréquent dans la nature ; les caractères mutants sont ceux qui dépendent du même gène et qui sont contrôlés par des allèles.

- La somation est une variation lente non héréditaire qui n'affecte que le phénotype.

## 2. Pour résoudre un problème de génétique :

- Il faut d'abord connaître les lois de Mendel :

\* uniformité des hybrides de première génération : tous les individus de la F1 sont semblables.

\* Loi de la disjonction (ou ségrégation) indépendante des caractères : en F2 (deuxième génération) on voit réapparaître le caractère non exprimé en F1.

\* Loi de la pureté des gamètes : chaque gamète ne contient qu'un seul type d'allèles.

- Il faut ensuite savoir analyser les données du problème en vous aidant des fréquences classiques suivantes :

Fréquence en F2	Phénotype des individus à l'origine de la F2	Caractéristiques
[1/4] [3/4] ou 25% 75%	Les deux hybrides croisés ont même phénotype	Un seul couple d'allèles avec dominance d'un allèle sur l'autre (monohybridisme)
[1/4] [1/2] [1/4] ou 25% 25% 25%	Les deux hybrides croisés ont même phénotype	Un seul couple d'allèles sans dominance (monohybridisme)
[1/2] [1/2] ou 50% 50%	Les deux individus croisés ont des phénotypes différents	- Un seul couple d'allèles. - croisement d'un hybride et d'un récessif pur (monohybridisme)
		- deux couples d'allèles portés

[9/16] [3/16] [3/16] [1/16] ou 56% 19% 19% 6%	Les deux hybrides ont même phénotypes.	par deux paires de chromosomes différents. - les allèles dominants s'observent chez les individus de fréquence 9/16 (dihybridisme).
[1/4] [1/4] [1/4] [1/4] 25% 25% 25% 25%	Les individus croisés ont des phénotypes différents	- deux couples d'allèles portés par deux paires de chromosomes différents ; - Croisement d'un hybride avec un récessif pure (dihybridisme).

- Il faut savoir identifier un cas de gènes liés.

\* Dans un cas de dihybridisme, lorsque les résultats statistiques obtenus se rapprochent des fréquences du monohybridisme, il faut admettre que les deux couples d'allèles se comportent comme un seul couple. Les deux gènes sont donc portés par la même paire de chromosomes homologues et sont appelés gènes liés.

\* Dans le cas d'un croisement-test, la descendance est composée de quatre types d'individus de fréquence différentes :

- deux types d'individus à fréquence élevée ; ce sont les types parentaux obtenus. sans crossing-over ;
- deux types d'individus à fréquence plus faible ; ce sont les types recombinés obtenus à la suite d'un crossing-over.

- Il faut savoir reconnaître un cas d'hérédité liée au sexe.

\* Si les résultats du Croissant diffèrent suivant le sexe des parents, c'est que les gènes sont portés par les chromosomes sexuels.

\* Dans le cas d'un croisement entre deux individus de race pure, si la 1<sup>ère</sup> loi de Mendel n'est pas vérifiée, c'est qu'il s'agit d'un cas d'hérédité liée au sexe.

## A. LES MUTATIONS

### III.A1

Une certaine moisissure peut être cultivée sur un milieu constitué seulement de sucre et de sels ammoniacaux: elle synthétise, en particulier, un acide aminé l'arginine suivant le schéma :  
sucre + sels ammoniacaux → composé n° 1 → composé n° 2 → ...composé n° 6 → arginine  
Quelles substances commandent cette chaîne de réactions ? D'autres moisissures de la même espèces soumises préalablement à l'action de rayons ultraviolets sont incapables d'effectuer cette synthèse.

- 1) précisez l'action des rayons ultraviolet
- 2) En comparant avec la première expérience, que peut-on déduire ?

### III.A2

Un biologiste a isolé un clone d'une bactérie *Bacillus subtilis* sensible à un virus le phage T.

Dix tubes contenant 10 ml d'un milieu nutritif reçoivent chacun des bactéries en phase de multiplication à la concentration de  $5 \cdot 10^3$ /ml et des phages T à raison de  $5 \cdot 10^2$ /ml.

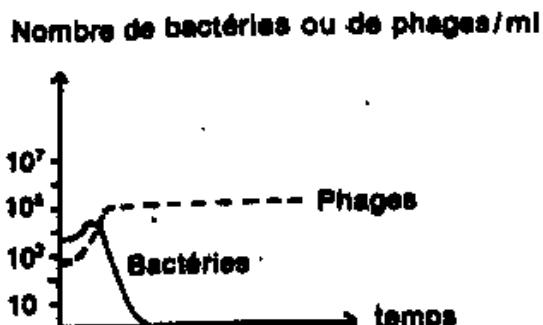
On suit alors pour chacun des tubes l'évolution du nombre de bactéries et du nombre de phages en fonction du temps.

- Les tubes 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 et 10 correspondent au graphique A.

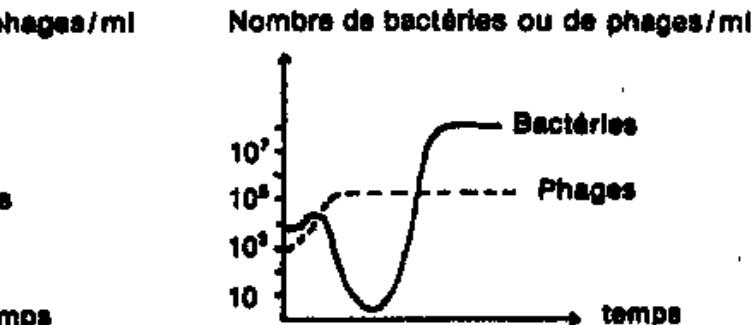
- Le tube 4 correspond au graphique B.

1) interprétez le graphique A.

2) interprétez le graphique B.



GRAPHIQUE A



GRAPHIQUE B

Centre de Marrakech - Mai 1984

## B. GENETIQUE DES HAPLOÏDES

### III.B1

Dans une culture de levure de boulangerie (ou *Saccharomyces*) on isole un individu vivant et on le place dans un milieu de culture favorable. On le voit alors se diviser plusieurs fois de suite par bourgeonnement (voir figure f<sub>1</sub>).

Généralement tous les individus-fils obtenus sont identiques à la cellule initiale.

1) Comment appelle-t-on ce phénomène et la population obtenue ? Que dire de ces individus au point de vue génétique ? Dans certaines conditions deux individus d'apparence identique mais provenant de deux souches différentes peuvent fusionner en une masse à un seul noyau.

Quelques temps après, cette masse germe en donnant par méiose quatre individus-fils contenus dans une asque. Ces individus-fils apparemment identiques aux individus initiaux seront libérés par rupture de l'asque.

2) Comment peut-on appeler les individus qui fusionnent ? Quel nom donne-t-on au résultat de cette fusion ? Représentez le cycle de développement et le cycle chromosomique de cette espèce. On croise deux individus dont l'un possède les caractères A et B et l'autre les caractères a et b (A étant un allèle de a, B un allèle de b).

3) Quel sera le génotype possible des différents individus obtenus après méiose si les gènes sont portés :

- soit, par des chromosomes différents (1<sup>er</sup> cas),
- soit, par un même chromosome (2<sup>ème</sup> cas) ?

4) Dans ces deux hypothèses, expliquez l'apparition du génotype aB à l'aide de schémas montrant le comportement des chromosomes homologues avant et pendant la méiose.

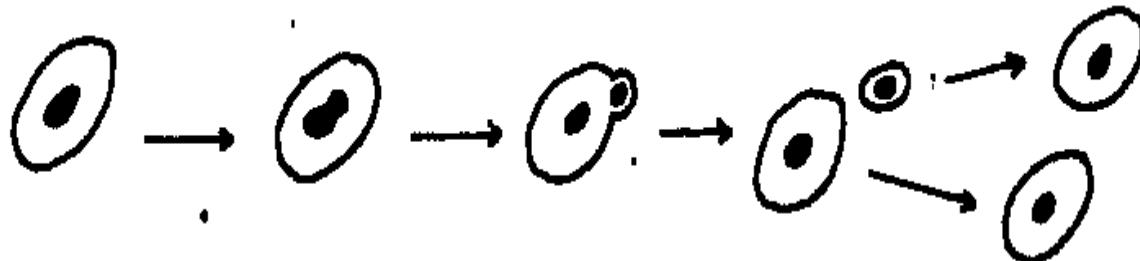


Figure f<sub>1</sub>

Septembre 1978

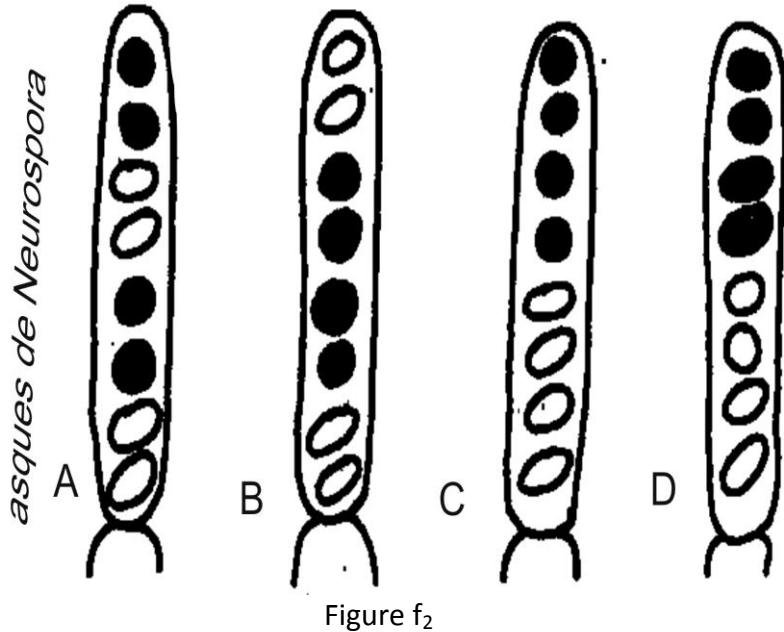
### III.B2

On croise deux souches de *Neurospora* (champignon haploïde), l'une à rondes, l'autre à spores noires et roses, l'autre à spores roses et ovales.

1) Comment se sont formées les asques représentées par la figure f<sub>2</sub> ?

Accompagnez votre réponse de schémas précis. Si vous envisagez plusieurs solutions donnez celle qui vous semble la plus simple.

2) Doit-on s'amuser que les souches de *Neurospora* sont de race pure ? Si oui, quelle expérience proposez-vous ?



Juin 1978

### III.B3

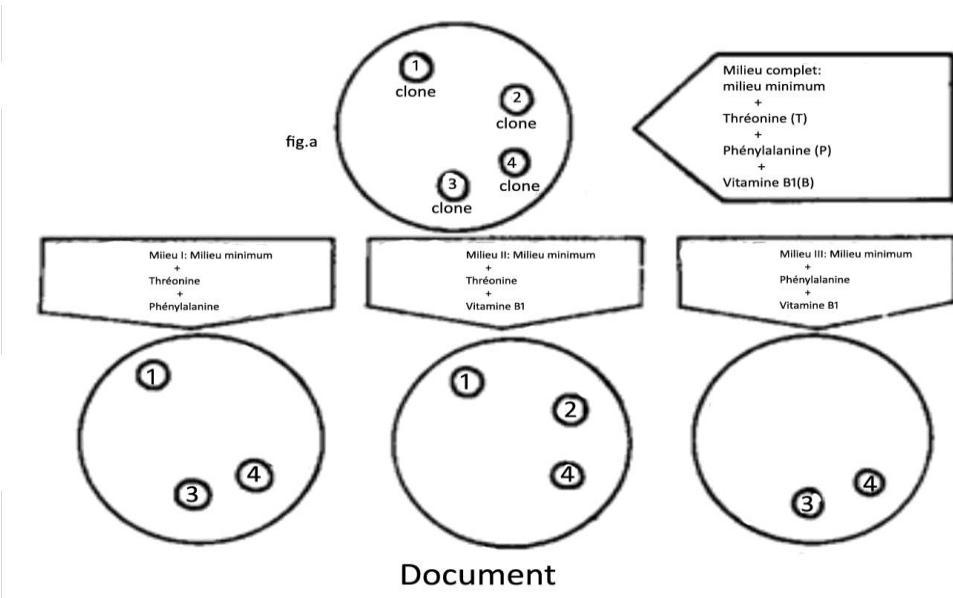
A partir d'une culture d'*Escherichia coli* (bactérie), on ensemence un milieu solide minimum (sels minéraux + sucre) auquel on ajoute les 3 substances suivantes :

- thréonine (T),
- phénylalanine (P),
- vitamine B1 (B).

On obtient ainsi 4 colonies: n° 1, 2, 3 et 4 comme l'Indique la figure a du document ci-joint. On effectue ensuite sur 3 milieux différents: I, II et III des repiquages au cours desquels la position des clones est conservée (voir les figures b. c. d) : seul le clone n° 4 se développe sur les milieux I, II et III ; le génotype de ce clone est donc le suivant : T<sup>+</sup>P<sup>+</sup>B<sup>+</sup>.

1° A partir de ce renseignement et en analysant le, document n° 6, donnez le génotype des clones 1. 2 et 3.

Remarque : le signe + indique que les bactéries sont capables de synthétiser l'élément, le signe - qu'elles en sont incapables.



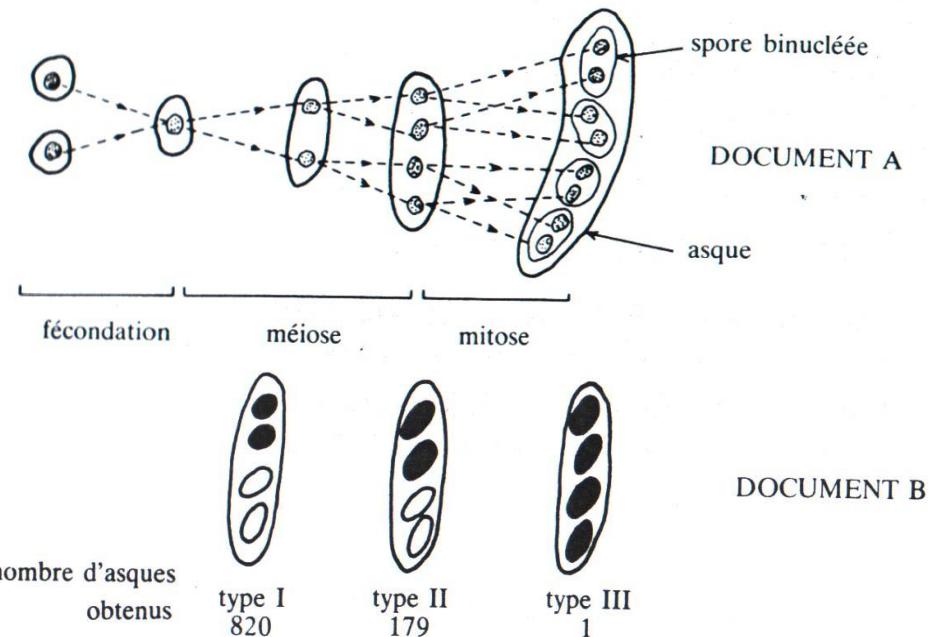
La thréonine est un acide aminé qui correspond à un codon dont les bases azotées sont disposées dans l'ordre suivant : -Adénine - Cytosine - Uracile.

2° Donnez pour cet acide aminé le triplet qui lui correspond sur la séquence de l'A.D.N.

Mai 1981

### III. B4

Les asques du champignon "podospora anserina" renferment chacun 4 spores. Chaque spore contient deux noyaux. Le document A représente l'origine et la répartition des noyaux dans les spores.



Il existe deux variétés de "podospora anserina" l'une à spores noires et petites d'autre à spores blanches et grandes. Le croisement entre ces deux variétés, fournit trois types d'asques selon les proportions indiquées sur le document B.

1 - Analysez les résultats de ce croisement. Que pouvez-vous en déduire ?

2 - Donnez, sous forme de schémas, l'interprétation chromosomique de chacun des trois types d'asques .

Remarque: : l'allèle noir. domine l'allèle . blanc " et l'allèle " grand " domine l'allèle petit " lorsque les deux allèles du même gène sont réunis dans la même spore.

Juin 1983

## C. ÉTUDE BIOMETRIQUE DE LA VARIATION CHEZ LES ORGANISMES DIPLOÏDES

### III.C1

Les résultats numériques indiqués dans les tableaux ci-dessous correspondent à une étude biométrique portant sur la taille des gamètes.

Longueur de la tête du spermatozoïde (en $\mu$ )	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
Fréquence	1	0	4	12	32	48	37	33	40	51	36	18	5	2
Diamètre du gamète femelle (en $\mu$ )	115	120	125	130	135	140	145	150	155					
Fréquence	3	7	18	23	32	26	13	4	1					

Remarque : les échantillons ayant des valeurs voisines ont été regroupés dans une même classe. Chaque classe est alors représentée par sa valeur moyenne.

1) Représentez graphiquement ces deux distributions.

2) Caractérisez chaque distribution par les paramètres de position usuels (mode et moyenne). Qu'en déduisez-vous à propos des variations de taille constatées ?

Mai 1980

### III.C2

1) L'étude biométrique d'une population de plants de haricots a permis d'établir le polygone de fréquence abcde représenté par le graphe 1.

- la variable est la longueur de la tige exprimée en centimètres (i )

- l'ordonnée représente la fréquence (f )

a. Analysez ce polygone de fréquence. On peut penser que cette population n'est pas homogène.

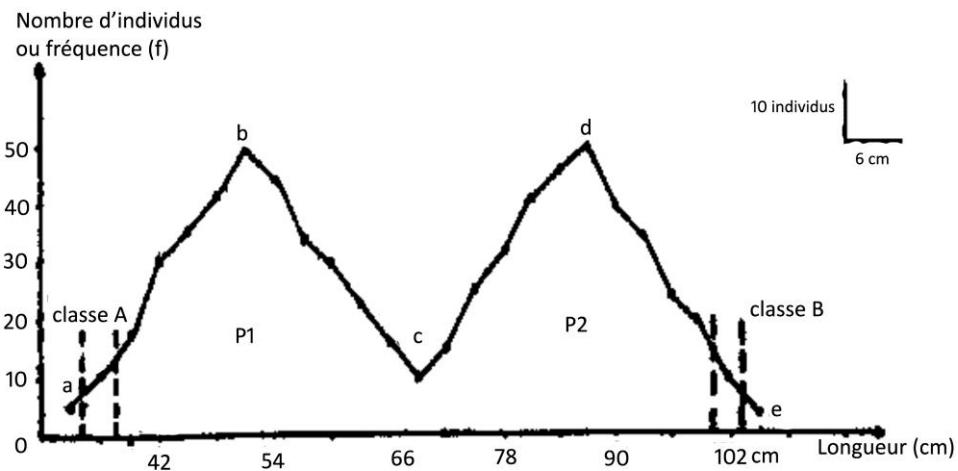
Pourquoi

- b. Que faudrait-il faire pour savoir si la longueur de la tige correspond à un caractère héréditaire (mutation) ou à un caractère non héréditaire (somatique) ?

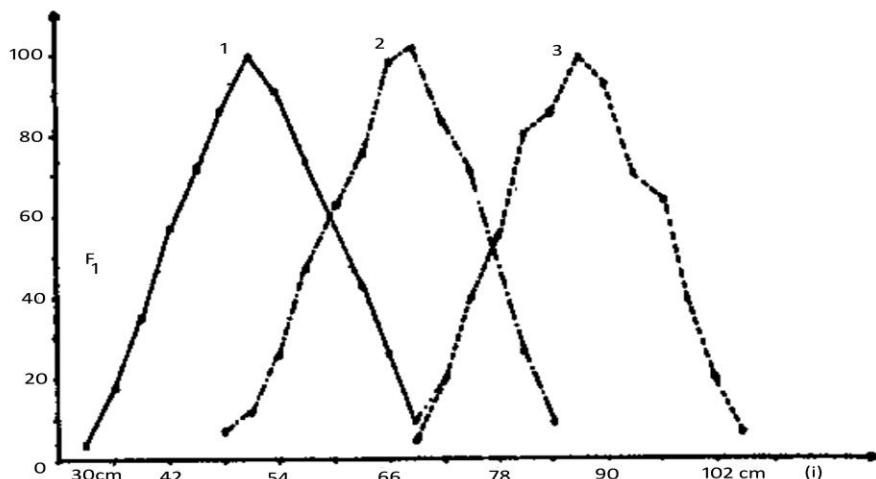
Donner les résultats qu'on pourrait obtenir suivant qu'il s'agit de mutation ou de somation.

2) Si l'on croise des individus de la classe A de P1 entre eux, ou des de la classe B de P2 entre eux, on obtient toujours pour A X A un polygone comparable au tracé abc du graphe 1, et pour B x B un polygone comparable au tracé cde de ce même graphe 1.

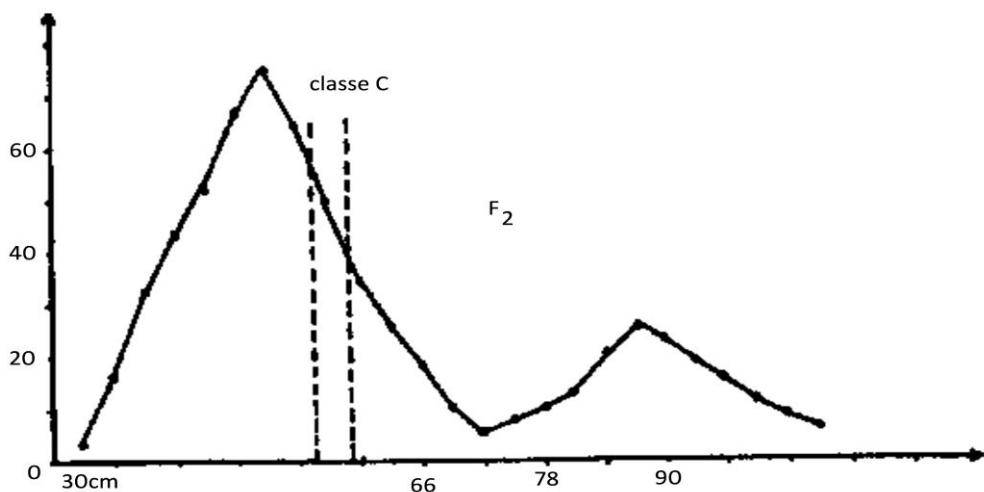
Quelles conclusions peut-on tirer pour les individus de la classe A de P1, et pour ceux de la classe B de P2 ?



graphe.1



Graphe 2



Graphe 3

3) Si l'on croise des plants A de P1 avec des plants B de P2 on obtient que population  $F_1$

représentée sur le graphe 2 par le polygone (1)

a. Sachant que le mode naturel de reproduction de cette espèce, est l'autofécondation, comment doit on s'y prendre dans la pratique pour réaliser ce croisement ?

b. D'après le résultat obtenu, peut-on en déduire qu'il existe un caractère héréditaire dominant et un récessif ? Lesquels ? Pourquoi ?

c. Dans quel cas aurait-on obtenu la population représentée par le polygone (2) ? Même question pour le polygone (3) ?

4) Le croisement entre eux des individus de la population F1, donne toujours une population F2 dont la distribution de fréquence est représentée sur le graphe 3.

Interprétez ce résultat :

recherchez les génotypes des individus de la F1 et faire l'étude de l'échiquier du croisement (ou tableau de croisement).

5) Un Individu de la classe C de F2 est croisé avec un individu de la classe B de P2 (voir graphe 1). La population obtenue est semblable à celle représentée par le polygone (1) de graphe 2.

a. Interprétez ce résultat.

b. Pouvait-il y avoir une autre possibilité ? Précisez laquelle et dites pour- quoi ? Quel aurait été l'allure du polygone de fréquence obtenu ? .

Tracez-le en précisant ses caractéristiques.

**Juin 1 976**

### **III.C3**

On rencontre au Maroc des Gerboises (Mammifères rongeurs aux membres postérieurs très développés). Une campagne de piégeage réalisée entre Oujda et Errachidia a permis de capturer 40 Gerboises. Les longueurs de la tête et du corps (T + C) d'une part et de la queue (Q) d'autre part mesurées pour chaque individu, sont groupées dans le tableau suivant (voir page suivante).

1. - En regroupant les valeurs des longueurs " tête + corps " (T + C) par classe de 5 mm (entre 100 et 155), construire l'histogramme de fréquence des longueurs (T + C) correspondant à l'ensemble du piégeage. Quelle conclusion pouvez-vous tirer?

2. - On veut déterminer si la longueur de la queue (Q) est un bon critère de reconnaissance des Gerboises. Construire l'histogramme par classe de 10 mm (entre 170 et 250).

Quelle(s)particularité(s) présente cet histogramme de fréquence des longueurs de queue (Q) ?

N°	T + C	Q	N°	T + C	Q
1	111	192	21	103	176
2	144	228	22	142	224
3	142	224	23	113	196
4	117	208	24	113	197
5	118	206	25	106	186
6	148	232	26	142	225
7	152	242	27	112	192
8	122	212	28	106	182
9	114	198	29	136	215
10	144	226	30	116	205
11	112	191	31	121	208
12	104	172	32	148	228
13	138	216	33	143	225
14	139	216	34	142	222
15	108	184	35	108	191
16	114	196	36	106	182
17	141	224	37	138	218
18	148	238	38	132	212
19	118	204	39	137	214
20	148	238	40	138	214

Tableau des longueurs, en mm, de la tête et du corps (T + C) et de la queue (Q) des quarante Gerboises capturées.

**III.C4**

Un producteur de plantes à fleurs veut se spécialiser dans la culture d'une espèce qui se vend bien chez les fleuristes.

1. Il achète un lot de graines de cette espèce et les sème : il obtient une première récolte P1 et constate qu'environ 1/3 des fleurs obtenues sont difficiles à vendre car leur pédoncule est trop court.

Le producteur fait une étude de la variation de longueur du pédoncule dans cette population P1 : les résultats sont représentés sur le graphique ci-dessous.

1) Comment appelle-t-on le type de représentation utilisé ?

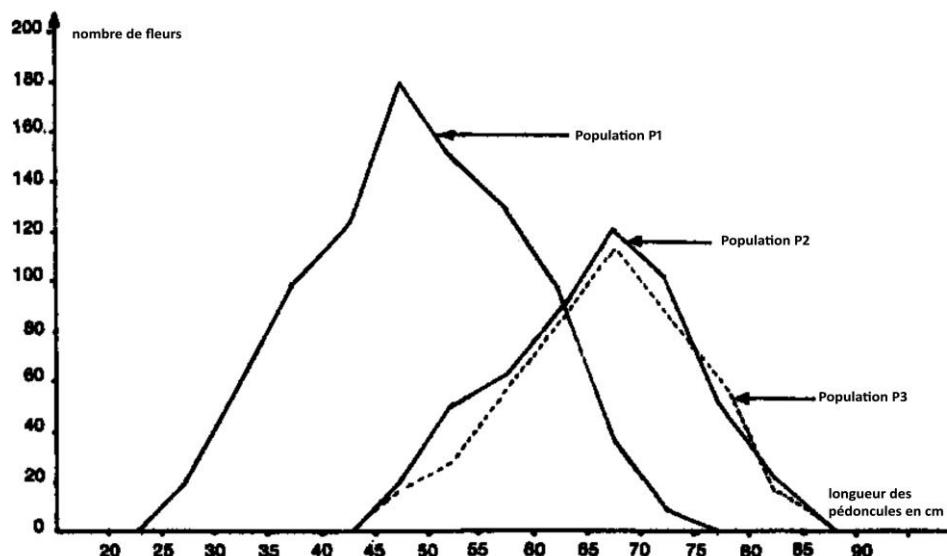
2) Analysez et interprétez la variation de la population P1.

Pour chercher à obtenir une variété ayant des fleurs à long pédoncule, il sème les graines obtenues par autofécondation de fleurs de la classe 70-75 cm, et il obtient une population P2.

3) Interprétez les résultats de la variation de la population P2 représentée sur le graphique. Quel renseignement complémentaire sur P1 pouvez-vous en tirer ?

En opérant de la même manière à partir de fleurs de la classe 75-80 cm de P2, il obtient une population P3.

4) D'après les résultats représentés sur le graphique, le producteur peut-il encore espérer améliorer sa production ? Justifiez votre réponse.



II. Ces fleurs présentent deux variétés :

- l'une possède des pétales rouges et lisses
- l'autre possède des pétales bleus et frisés.

En croisant deux individus de races pures (pour les deux caractères) de ces deux variétés, on obtient une génération F1 de fleurs à pétales violets et lisses.

1) Quelles conclusions pouvez-vous tirer du résultat de ce croisement ?

Le producteur souhaite obtenir des fleurs à pétales violets et frisés : il croise des individus de la génération F1 avec des individus à pétales bleus et frisés.

2) Quel type de croisement a-t-on effectué ? D'après les lois de Mendel, quels seront les résultats théoriques de ce croisement ?

En fait le producteur obtient :

140 fleurs à pétales violets et lisses

135 fleurs à pétales bleus et frisés

6 fleurs à pétales violets et frisés

5 fleurs à pétales bleus et lisses

3) Que peut-on déduire de l'analyse de ce résultat expérimental ?

4) Quel est le phénomène qui a permis d'obtenir les fleurs à pétales violets et frisés recherchées ? Schématissez-le . Pourquoi le nombre de fleurs recherchées est-il si faible?

Centre - Rabat -Juin 1984

## D. APPLICATION DES LOIS DE LA GENETIQUE AUX ORGANISMES DIPLOÏDES.

### III.D1

On croise un taureau sans cornes avec trois vaches :

- la vache A qui a des cornes et donne un veau A, à cornes,
- la vache B qui a des cornes mais donne un veau B' sans cornes,
- la vache C qui n'a pas de cornes mais donne un veau C' à cornes.

Le gène P qui conditionne l'absence de cornes est dominant sur p qui conditionne la présence de cornes.

Quel est le génotype de ces différents animaux ?

### III.D2

1) On croise deux races de Drosophiles, l'une à yeux rouges, l'autre à yeux sépia (couleur gris foncé). Les individus de la première génération F1 obtenue par ce croisement ont tous des yeux rouges. Ils donnent par croisement entre eux une génération F2 comprenant :

- 821 individus à yeux rouges ;
- 273 individus à yeux sépia.

a. Quelles conclusions peut-on tirer de ce résultat concernant la pureté des races utilisées et la dominance des caractères ? (désigner les gènes correspondants par des symboles).

b. Les résultats de la F2 montrent que les gène unis dans le corps des individus de F1 se séparent à la formation des gamètes:

- Qu'appelle-t-on gène et où sont situés les gènes?

- Expliquez brièvement la séparation des gènes lors de la formation des gamètes.

c . Quels sont les génotypes des drosophiles de la F2 ?

Par quelle expérience de croisement pourrait-on déterminer si une drosophile à yeux rouges est de race pure ?

2) On croise une drosophile de race pure à œil sépia et Corps ebony(couleur noir ébène) avec une drosophile hybride à œil rouge et corps normal (ce deuxième insecte est hétérozygote pour les deux couples de caractères ; autrement dit, Il possède dans son génotype les quatre caractères: œil rouge œil sépia - corps normal dominant, corps ebony récessifs)

On obtient à la première génération :

50 % d'insectes à corps normal et œil rouge,

50 % d'insectes corps ebony et œil sépia

Que pouvez-vous conclure de la localisation des caractères étudiés sur les

chromosomes de la drosophile ?

Octobre 1973

**III.D3**

On croise deux variétés d'une plante angiosperme : la 1<sup>ère</sup> 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 :

- a. si les gènes sont portés par 2 paires de chromosomes.
- b. 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).

Septembre 1976

**III.D4**

Deux souches de Drosophile ("Mouches du vinaigre ") aux yeux rouges sont croisées expérimentalement. Les individus de première génération, issus de ce croisement, se répartissent ainsi :

- 400 femelles aux, yeux rouges,
- 194 mâles aux yeux rouges,
- 187 mâles ayant une couleur d'yeux différente, rose.

1) Comment expliquez-vous l'existence de deux prototypes distincts chez les mâles de première génération ?

2) Représentez par un tableau le croisement ainsi réalisé.

D'après ce tableau, retrouvez le génotype des femelles de première génération.

Mai 1979

**III.D5**

On se propose d'étudier la transmission du caractère "couleur du plumage " chez un oiseau le Canari. On dispose de deux races pures de canaris:

- l'une à plumage, couleur "rose-saumon "
- l'autre à plumage, couleur "blanc-ivoire"

On précise que chez les oiseaux le sexe mâle est homogamétique et le sexe femelle hétérogamétique. On effectue alors les deux croisements suivants : Premier croisement : on croise un mâle à plumage " rose-saumon", avec une femelle à plumage .< blanc-

ivoire " On obtient des femelles à plumage rose-saumon " (50 % de la descendance) et des mâles à plumage mixte " rose-saumon " et " blanc-ivoire " (50 %),

Deuxième croisement : on croise un mâle à plumage "blanc-ivoire" avec une femelle à plumage "rose-saumon" On obtient des femelles à plumage "blanc-ivoire" et des mâles à plumage mixte "rose-saumon et " blanc-ivoire", dans des proportions identiques.

1 - Interprétez les résultats obtenus en établissant les échiquiers de croisement.

2 - Quels résultats devrait donner le croisement d'une femelle à plumage " rose-saumon " avec un mâle à plumage mixte " rose-saumon " et " blanc-ivoire " ?

**Mai 1983**

### **III.D6**

1) Des œufs de drosophiles issus de parents homozygotes sont soumis à une irradiation aux rayons X. L'éclosion de ces œufs donne de nombreuses drosophiles de phénotype sauvage [D+] et une drosophile de phénotype [D].

Le phénotype [D+] désigne l'aspect normal des poils du thorax.

Le phénotype [D] désigne un aspect anormal de ces poils. Ces caractères ne sont pas liés au sexe.

a. Peut-on préciser, à partir de ce résultat, l'effet des rayons X ?

b. Comment doit-on appeler la drosophile de phénotype [D] ?

2) Le croisement de la drosophile de phénotype [D] avec une drosophile de phénotype [D+] donne une génération F1 formée de :

150 drosophiles de phénotype [D+] et

148 drosophiles de phénotype [D].

Donnez, à partir de ce résultat, les génotypes possibles des parents de la F1.

3) L'allèle D est-il récessif ou dominant par rapport à l'allèle D+ ?

Pour répondre à cette question, on réalise deux croisements entre des drosophiles de la F1 :

- le 1<sup>er</sup> croisement entre deux drosophiles de phénotype sauvage [D+] donne en F2 des drosophiles ayant toutes un phénotype sauvage.

- le 2<sup>è</sup> croisement entre deux drosophiles de phénotype [D] donne en F2

2/3 de drosophiles de phénotype [D] et

1/3 de drosophiles de phénotype [D+].

a. Les résultats de ces deux croisements vous permettent-ils de répondre à la question posée ?

b. Ces mêmes résultats vous permettent-ils de confirmer vos hypothèses sur les génotypes possibles des parents? Comparer les résultats théoriques aux résultats expérimentaux du deuxième croisement : quelle conclusion pouvez-vous tirer de cette comparaison ?

**Centre de Casablanca - Juin 1984**

### **III.D7**

I. Chez une céréale, on rencontre des graines bronzées à réserves amyloacées et des graines blanches à réserves sucrées. Le croisement de ces 2 races pures entre elles n'a produit à la première génération que des graines bronzées à réserves amyloacées. Que révèle ce résultat?

II. On croise des individus de première génération avec des graines blanches et à réserves sucrées ; on obtient les résultats individus à suivants :

- Graines bronzées à réserves amyloacées....., 758

- graines bronzées à réserves sucrées ....., 66

Graines blanches à réserves amyloacées ....., 62

- Graines blanches à réserves sucrées ....., 714

- 1) Interprétez ces résultats et donnez le génotype des parents et de la F<sub>1</sub>.
- 2) En déduire le génotype des Individus issus de ce deuxième croisement et les proportions des différents types de graines obtenus.

Centre de Rabat - Mai 1984

### III.D8

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

1) 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,

2) Le phénotype recherché est présent en F2.

a. Toutes les pommes ayant ce phénotype intéressent-elles le pépiniériste ? Justifiez votre réponse.

b. Comment doit-il procéder pour isoler l'espèce recherchée ?

Remarque :

Vous symboliserez les caractères de la manière suivante :

- couleur brune B ou b
- couleur robée R ou r
- goût sucré S ou s
- goût fade F ou f

Centre de Fès - Mai 1984

## E. EXEMPLE D'HEREDITÉ HUMAINE

### III.E1

Le fœtus est du groupe sanguin B, rhésus: positif

La mère du groupe A, rhésus négatif.

- 1) Indiquez les génotypes possibles de la mère et de l'enfant.
- 2) Déterminez à partir de ces données, le groupe sanguin et le groupe Rhésus du père? Pour ces 2 questions justifier vos réponses.

Rappels des connaissances nécessaires à cet exercice :

- Les groupes sanguins conventionnels (A, B, AB, et 0) sont déterminés par les 3 gènes possibles :

(A, B et 0).

- A et B sont équivalents, et dominants par rapport à 0. Le groupe AB est déterminé par le génotype A/B

- Le gène Rhésus positif (Rh+) domine le gène Rhésus négatif (Rh-)

- La transmission du groupe sanguin (conventionnel) et du groupe Rhésus se fait de manière indépendante.

Septembre 1975

### III.E2

L'hémophilie est une tare héréditaire dont le gène responsable est porté uniquement par le chromosome sexuel X.

La mère n'est pas tarée, mais elle porte le gène à l'état hétérozygote.

Le père est normal.

Quelle est la probabilité pour que l'enfant ait la maladie ?

1) Si cet enfant est du sexe masculin ?

2) S'il est de sexe féminin ?

Septembre 1975

### III. E 3

Certaines anomalies graves sont déterminées par les chromosomes sexuels X. Ainsi la myopathie entraîne une dégénérescence progressive de la musculature qui peut être mortelle par suite de la paralysie des muscles respiratoires.

Un couple normal a eu un premier garçon atteint de myopathie et désire concevoir un deuxième enfant.

1) Quelle est la probabilité pour que ce deuxième enfant soit myopathe:

- si c'est un garçon ?

- si c'est une fille ?

2) En se basant sur l'ensemble des données fournies et sur les résultats de ce problème, pourrait-on envisager, pour ce couple, le moyen de supprimer le risque d'avoir un enfant myopathe ?

Mai 1980

### III.E4

Mohamed épouse Nadia, tous deux sont normaux. Ils ont deux filles qui sont normales et un garçon qui est daltonien (il ne distingue pas le rouge du vert).

Sachant que le père de Nadia est lui-même daltonien, que le daltonisme n'est pas connu dans la famille de Mohamed, que le caractère daltonien est récessif, expliquez la transmission de ce caractère et indiquez quels sont les génotypes possibles pour les trois enfants de ce couple.

Juin 1972

### III.E5

Madame T... voit bien les douleurs, mais son mari ne distingue pas le vert du rouge, c.a.d. daltonien (caractère lié au sexe).

Leur fils Mohamed est daltonien, ainsi qu'une des 2 sœurs de Mohamed, Aïcha.

Aïcha a 3 enfants dont 2 garçons daltoniens et une fille qui distingue les couleurs.

Mohamed a 2 enfants, 1 garçon et une fille qui distinguent parfaitement les couleurs.

La fille de Mohamed épouse son cousin daltonien et ils ont 2 garçons et 2 filles.

L'arbre généalogique de cette famille est représenté sur la figure f<sub>7</sub>.

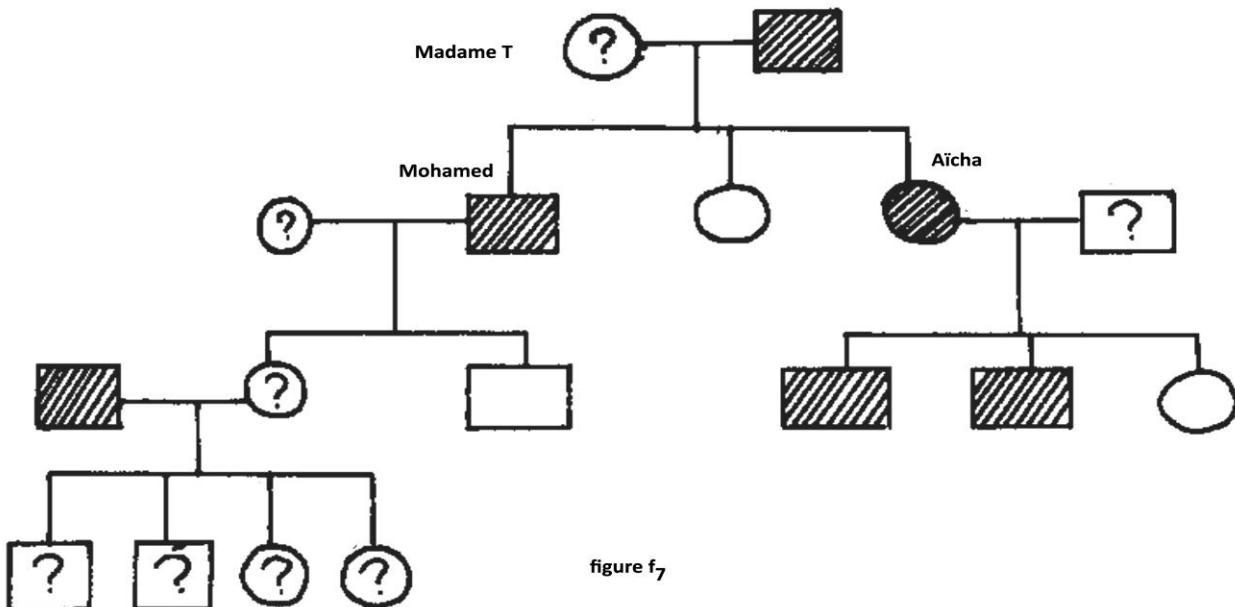


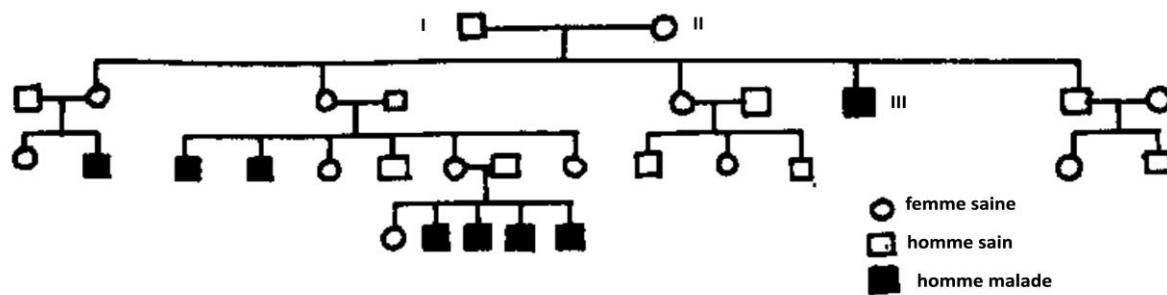
figure f<sub>7</sub>

- 1) Quel est le génotype de Mme T... mère de Mohamed ?
- 2) Quel est le génotype du mari de Aïcha ?
- 3) Quel peut être le génotype de la femme de Mohamed ?
- 4) Quel est le génotype de la fille de Mohamed ?
- 5) Les enfants de la fille de Mohamed peuvent-ils voir parfaitement les couleurs?
- 6) Barrer d'une croix sur l'arbre généalogique reproduit sur votre copie les Individus qui transmettent le daltonisme.

Septembre 1974

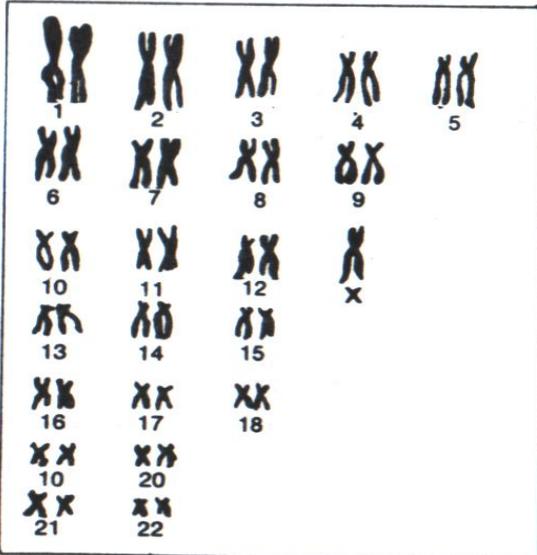
### III.E6

La dystrophie musculaire de DUCHENE est une maladie qui entraîne une dégénérescence des muscles ; cette maladie se manifeste pendant l'enfance et conduit très généralement à la mort de l'individu avant la puberté. Un médecin a établi l'arbre généalogique d'une famille dont plusieurs membres sont morts de cette maladie :



- 1 - Quel est le déterminisme génétique de cette maladie ?
  - 2 - Etablissez de manière raisonnée le génotype des Individus I, II et III.
- Dans une autre famille, on connaît le cas exceptionnel d'un couple sain dont la fille est décédée de dystrophie musculaire. Le caryotype de cette fille est représentée par le document D.
- 3 - En tenant compte des réponses formulées en 1 et 2, et en analysant le document D, donnez le

génotype possible des parents sains ; interprétez l'apparition de la maladie chez la fille décédée.

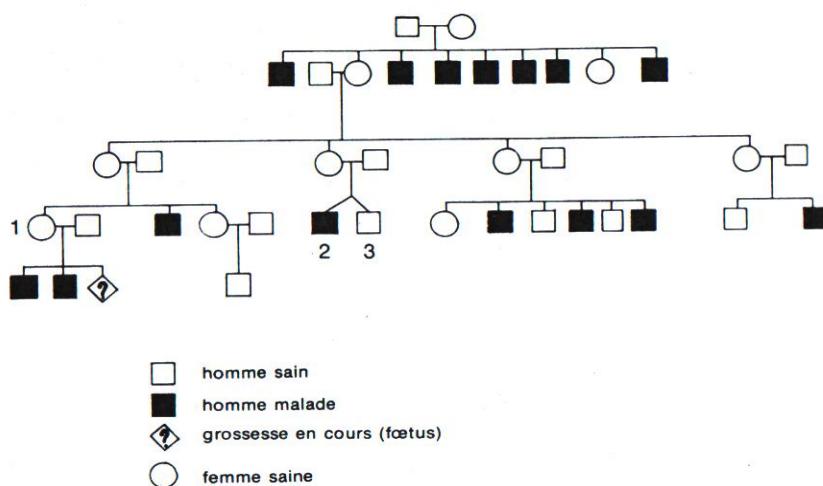


Document D.  
**Caryotype de l'enfant décédé de dystrophie musculaire**

Juin 1981

III.E7

La maladie de LESCH-NYHAN est une forme de paralysie rare mais très grave qui entraîne généralement la mort avant la puberté



## Document

- Après avoir analysé l'arbre généalogique d'une famille (document ci-dessus), indiquez comment se transmet cette maladie.
  - Pour quelle raison est-il peu probable de rencontrer une petite fille malade?
  - Pourquoi un seul des jumeaux 2 et 3 est atteint de cette maladie ?

La femme 1 est enceinte et s'inquiète sur le sort de son troisième enfant ; à 17 semaines de gestation, un prélèvement du liquide amniotique est effectué : le karyotype des cellules de ce

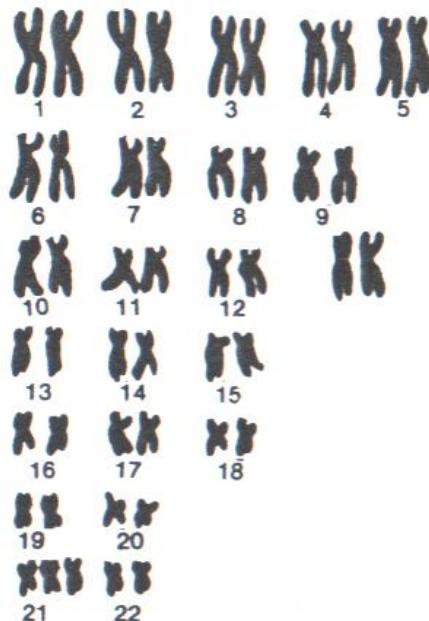
liquide indique un sexe féminin.

4. Quels sont les génotypes possibles de l'enfant?

Mai 1982

### III.E8

Monsieur et Madame T... ont un enfant dont le caryotype est représenté sur le document



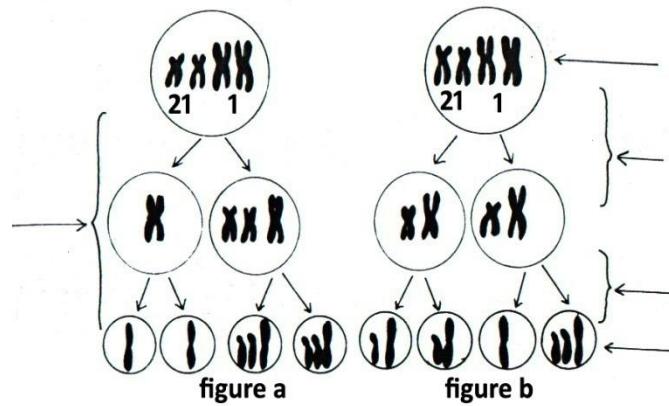
Document 1

1) Quelle particularité présente ce caryotype ?

2) Indiquez la formule chromosomique de cet enfant. Quel est son sexe ? Justifiez votre réponse.

Ces figures a et b du document II représentent deux possibilités de formation des gamètes chez Madame T..., qui présente un caryotype normal.

Remarque : Pour simplifier le schéma, on a uniquement représenté deux paires de chromosomes.



Document II

3) Annotez soigneusement les figures a et b du document II.

4) Comparez le déroulement de la formation des gamètes dans les deux cas.

Centre de Fès. - Juin 1984

### III. F1

Une Maladie, la drépanocytose ou anémie falciforme est caractérisée par la présence dans le sang d'hématies en forme de croissant. Une étude plus précis montre que cette maladie est liée à une modification de la structure de l'hémoglobine ; celle-ci est appelée hémoglobine S chez les sujets malades. Pour expliquer l'apparition de cette forme particulière d'hémoglobine, vous utiliserez les renseignements fournis par les figures f<sub>8</sub>, f<sub>9</sub> et f<sub>10</sub>.

- la figure f<sub>8</sub> représente un fragment d'A.R.N. messager contenu dans un globule rouge normal ; ce fragment d'ARN messager dirige ( code) la synthèse d'un fragment d'hémoglobine normale.
- La figure f<sub>9</sub> représente un fragment d'ARN messager dans un globule rouge en croissant ; ce fragment d'ARN messager code la synthèse d'un fragment d'hémoglobine S.
- le tableau de la figure f<sub>10</sub> représente un extrait du code génétique.
- on vous rappelle enfin que l'hémoglobine est une hétéroprotéine.

1) Déterminez les séquences des fragments d'ADN correspondant aux fragments d'ARN messager représentés par les figures f<sub>8</sub> et f<sub>9</sub>. Justifiez brièvement votre façon de procéder.

2) Déterminez les séquences d'acides amenés (ou fragments d'hémoglobine) codés par les ARN messagers représentés en f<sub>8</sub> et en f<sub>9</sub> ; expliquez également votre façon d'opérer.

3) En analysant et en comparant tous ces résultats, quelles conclusions pouvez-vous faire sur l'origine de cette maladie.

Justifiez votre réponse

**figure f<sub>8</sub>**  
GUACACCUCACUCCAGAACAG  
↓  
début du fragment d'ARNm  
GUACACCUCACUCCAGUACAG

**figure f<sub>9</sub>**  
↓  
début du fragment d'ARNm

CODONS	ACIDES	AMINES	CORRESPONDANTS
CGC	Arginine		
UGU ou UGC	Cystine		
GAA ou CAG	Acide Glutamique		
CAC	Histidine		
CUC ou CUA	Leucine		
CCA	Proline		
AGU ou AGC	Sérine		
ACU ou ACC ou ACA ou ACG	Thrénanine		
UGG	Tryptophane		
GUU	Valine		

**figure f<sub>10</sub>**

Juin 1978

### III.F2

A. Les connaissances actuelles génétique permettent de mieux comprendre l'origine génétique possible de certaines maladies.

Dans une culture de cellules (a) de souris, il est apparu brusquement de cellules (b) incapables de se développer, si on n'ajoute pas au milieu de culture l'enzyme thymidine-kinase (symbolisée par TK). Ces cellules(b) se multiplient en formant une nouvelle lignée cellulaire.

1) Comment appelle-t-on une telle variation ? Pourquoi ?

2) Donnez le phénotype des 2 types de cellules (a) et (b) en utilisant les symboles [TK<sup>+</sup>] et [TK<sup>-</sup>].

B. L'expérience suivante est réalisée en deux temps :

\* On mélange d'abord des fragments d'ADN d'une culture de virus (Herpes simplex) capable de se développer dans un milieu de culture dépourvu de thymidine-kinase mais contenant du phosphate de calcium (voir document I).

\* ensuite, des cellules (b) de souris sont mises en culture avec ce mélange (voir document I). On constate que quelques cellules de souris de cette culture deviennent capables de se développer sur un milieu sans thymidine-kinase.

1) Expliquez ce phénomène en utilisant vos connaissances, et après avoir symbolisé les prototypes par  $[TK^+]$  et  $[K^-]$ .

2) Ces nouvelles cellules forment des clones en se multipliant. Pourquoi peut-on parler de clone ?

3) Expliquez comment le nouveau caractère est transmis dans chaque clone.

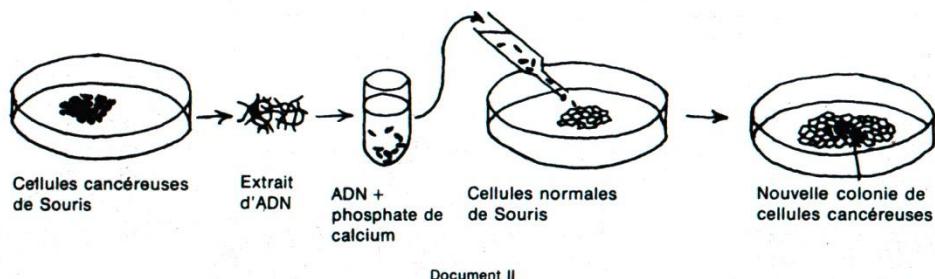
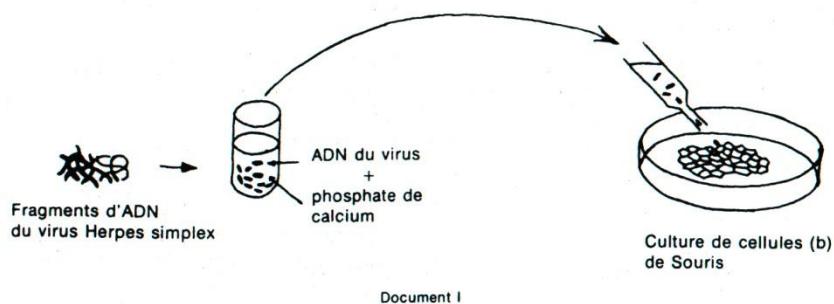
**C.** La méthode décrite précédemment (question B) est utilisée pour rechercher l'origine des cancers. Les cellules cancéreuses sont incapables de contrôler leurs divisions.

Si l'ADN extrait de cellules cancéreuses de souris est injecté à une culture de cellules normales de souris, il apparaît dans cette culture des cellules cancéreuses qui se multiplient activement (voir document II),

1) Dans ce cas, peut-on conclure à une origine génétique des cancers ? Pourquoi ?

On admet qu'il existe des gènes du cancer dans les cellules normales. Mais ces gènes subissent la répression génétique. Un gène du cancer est réprimé par un gène régulateur qui produit une molécule, le répresseur. Ce dernier bloque l'expression du gène du cancer.

2) Quel pourrait être le rôle joué par les substances chimiques (par exemple : les hydrocarbures dans la fumée des cigarettes) qui provoquent l'apparition des cellules cancéreuses, sachant que cet effet est imprévisible et immédiatement héréditaire ?



# GENETIQUE

## Corrigés types

# LES MUTATIONS

## III. A1

Les substances qui commandent cette chaîne des réactions sont des enzymes.

1°) Les rayons ultras violets sont des agents mutagènes ; ils favorisent la modification du matériel génétique (ou mutation) en agissant au niveau des gènes portés par les chromosomes.

2°) Les moisissures, incapables de faire la synthèse de l'arginine, ont eu certains gènes modifiés sous l'action des rayons ultra-violets. Cette modification a fait perdre aux moisissures la possibilité de fabriquer une ou plusieurs enzymes de la chaîne de réactions.

Ces réactions ont mis en évidence la relation « un gène , une enzyme », autrement dit, un gène détermine l'activité ou la synthèse d'une enzyme.

## III. A2.

### 1°) Graphique A.

Courbe en trait plein.

A l'ensemencement, il y a 10 bactéries pour un virus. Une bactérie sur 10 est parasité, les autres continuent à se multiplier, ceci explique l'augmentation de la population bactérienne et la partie croissante de la courbe.

Chaque bactérie parasitée produit plusieurs phages qui sont libérés par éclatement de la cellule bactérienne ; ce qui explique la division progressive puis la disparition de la population bactérienne (partie décroissante de la courbe).

Courbe en trait pointillé.

Le nombre de phages augmente jusqu'à  $10^5$ /ml puis se stabilise ; ceci s'explique par la diminution puis la disparition de la population bactérienne.

### 2°) Graphique B.

Courbe en trait plein.

La population bactérienne du tube 4 suit d'abord une même évolution que les autres populations bactériennes (une phase de croissance suivie d'une diminution progressive).

Cependant on remarque une reprise de la croissance de la population bactérienne qui se stabilise à la concentration de  $10^8$ /ml. Ces bactéries capables de se multiplier en présence du phage sont résistantes au phage.

Le tube 4 permet de mettre en évidence une mutation et l'existence d'au moins une bactérie mutante résistante au phage qui a donné naissance à un clone résistant. Celui-ci croît jusqu'à l'épuisement du milieu nutritif.

Pour les phages : la courbe est identique à la précédente.

# B. GENETIQUE DES HAPLOÏDES.

## III. B1.

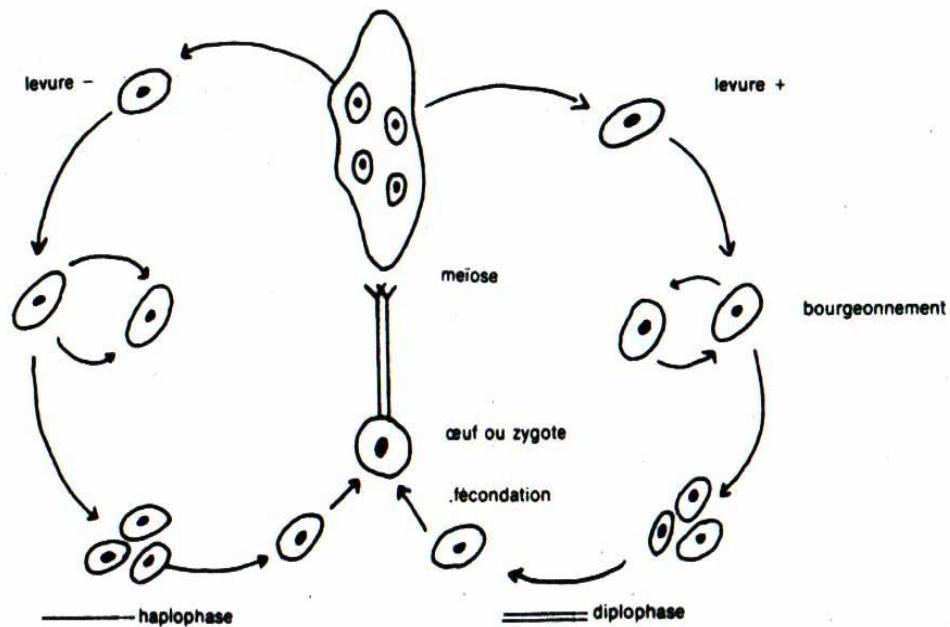
1°) La levure de bière ou *saccharomyces cerevisiae* est un champignon ascomycète unicellulaire. Elle se reproduit activement par bourgeonnement, quand les conditions de milieu sont favorables.

Ce phénomène est appelé reproduction asexuée ou multiplication végétative. Il en résulte une population homogène ou clone dans lequel tous les individus-fils sont génétiquement identiques.

Remarque : le bourgeonnement est une mitose dans laquelle la division du cytoplasme est inégale.

2°) Les individus qui fusionnent peuvent être assimilés à des gamètes puisque leur union (= fécondation) engendre une masse à un seul noyau. Celui-ci est appelée œuf ou zygote.

Cycles de développement et chromosomal de la levure de bière :



3°) En croissant un individu haploïde qui possède les caractères A, B avec un autre individu dont les caractères sont a et b, on obtient un zygote diploïde. Ce dernier, par méiose, libère quatre individus-fils, haploïde, dont le génotype est :

Si les gènes sont indépendants (c'est à dire gène porté par les chromosomes différents) : AB, ab, aB, Ab.  
Ces génotypes sont équiprobaables (c'est à dire d'égale probabilité).

Si les gènes sont liés (c'est à dire portés par un même chromosome) : AB, ab, et éventuellement mais en faible proportion, en cas de crossing-over : Ab, etaB.

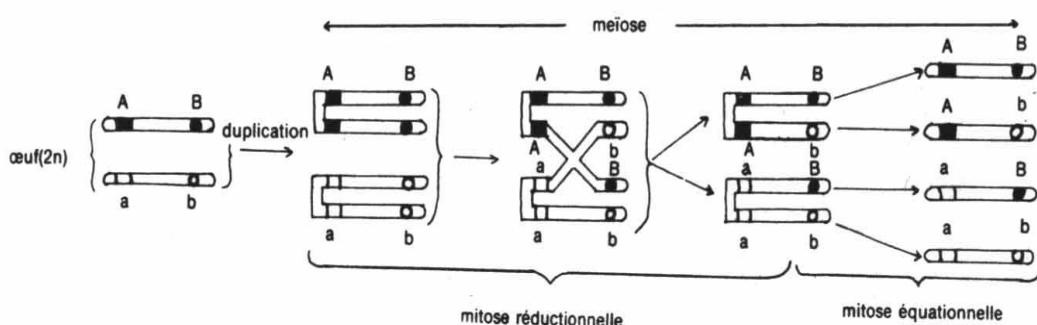
Remarque : l'écriture du génotype peut se faire également de la manière suivante :

Gènes indépendants : AB, ab, aB, Ab.

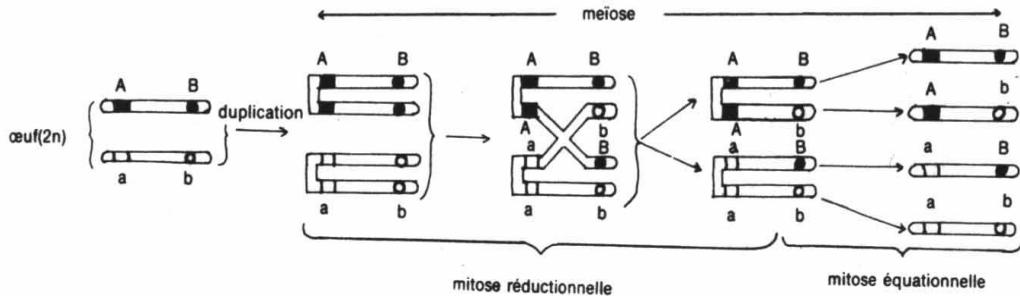
Gènes liés : AB, ab, aB, Ab.

Cette écriture présente l'avantage de préciser la disposition des gènes sur les chromosomes.

4°) 1<sup>er</sup> cas.



L'autre disposition possible n'a pas été représentée parce qu'elle ne répond pas à la question.  
2<sup>ème</sup> cas.



Seule la précision d'un crossing-over permet un échange d'un fragment de chromatide expliquant l'apparition des individus recombinés aB.

### III. B2.

1°) Neurospora est un champignon ascomycète microscopique haploïde. A maturité, un filament mycélien produit soit des microconidies (gamètes mâles), soit un ascogone (gamète femelle). L'asque qui résulte de la fécondation renferme 8 ascospores haploïdes.

Le croisement de deux souches de Neuryspora a engendré une génération qui porte 4 types d'asques représentés par les figures A, B, C, D.

On constate que ce croisement a donné naissance à une asque renfermant des ascospores de type recombiné, en faible proportion : ascospores noires et ovales, ascospores roses et rondes (voir figure D). Il s'agit donc d'un dihybridisme où les gènes qui déterminent les caractères parentaux sont liés.

Désignons par N le gène qui détermine le caractère « noir »

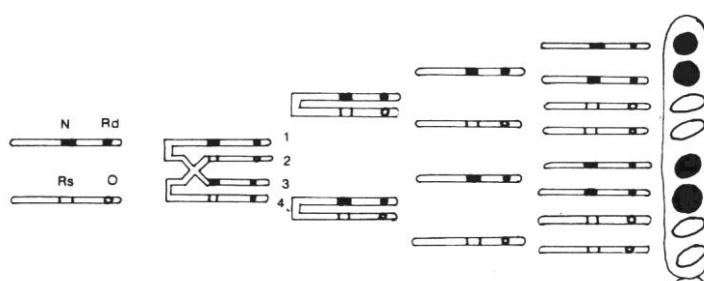
Rd le gène qui détermine le caractère « rond »

Rs le gène qui détermine le caractère « rose »

O le gène qui détermine le caractère « ovale »

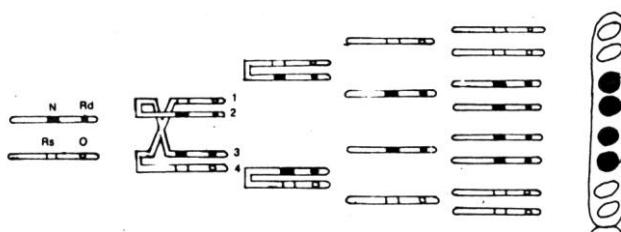
Supposons que le gène qui détermine la couleur est le plus proche du centromère. Pour préciser la disposition des ascospores dans chaque asque, réalisations une interprétation chromosomique des produits de ce croisement. :

Pour l'asque A.



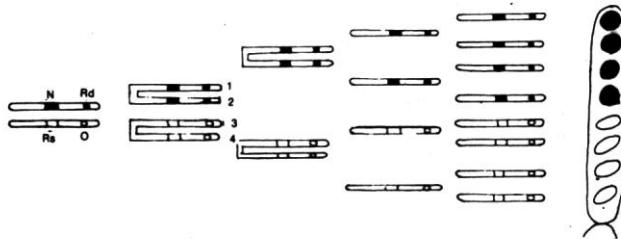
La disparition de ses ascospores a résulté d'une post-réduction, à la suite d'un crossing-over entre les chromatides 2 et 3 et entre le centromère et le gène qui lui est le plus proche.

Pour l'asque B.



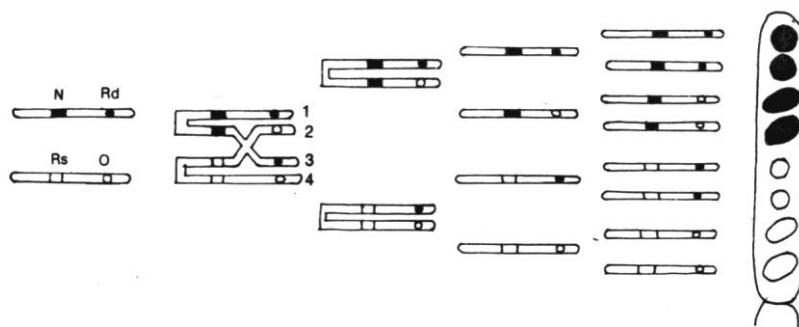
Dans ce cas, la disposition des ascospores est due à une post-réduction, à la suite d'un crossing - over entre les chromatides 1 et 3 et entre le centromère et le gène qui lui est le plus proche.

Pour l'asque C



Pour ce asque, il y a eu pré-réduction, la disposition des gènes n'a pas été affectée. Si le crossing - over a lieu, il se fait au-delà des gènes par rapport au centromère.

Pour l'asque D.



Dans ce cas le crossing - over a lieu entre les chromatides 2 et 3 (entre les gènes de forme et de couleur). Cette asque est pré-réduite pour le caractère couleur, post-réduite pour le caractère forme.

2°) Les champignons du genre *Neurospora* étant haploïde, toute souche est forcément de race pure.

### III. B3.

1°) la résolution de ce problème de génétique fait appel à des réflexions et exige le recours au raisonnement déductif. En effet, pour trouver les génotypes des clones 1, 2 et, il convient d'utiliser les données du problème relatives au clone 4. Ce dernier se développe sur les trois milieux différents I, II et III et a pour génotype T+ P+ B+. L'analyse du document fourni montre que :

Le milieu I est dépourvu de vitamine B1 (B). Puisque le clone 4 s'y développe, c'est qu'il est donc capable de synthétiser cette substance : il est par conséquent, B+ pour ce caractère.

Le milieu II est dépourvu de phénylalanine (P) : le clone 4 est donc P+ puisqu'il se développe en absence de cette substance.

Dans le milieu III, dépourvu de thréonine (T), le clone 4 se développe. Il est donc capable de faire la synthèse de cette substance : il est T+ pour ce caractère.

Adoptons donc le même comportement pour rechercher le génotype des clones 1, 2 et 3.

Le clone 1 se développe sur les milieux I et II qui sont respectivement dépourvus de vitamine B1 (B) et de phénylalanine (P) : il est donc capable de synthétiser ces deux substances et s'écrit B+ P+.

Puisque le clone 1 ne se développe pas sur le milieu III, dépourvu de thréonine, c'est qu'il est capable de synthétiser cette substance et s'écrire donc T+.

Son génotype est donc : T-P+B+.

Le clone 2 ne se développe que sur le milieu II, dépourvu de phénylalanine (P) : il est P+ pour ce caractère. Incapable de se développer sur les milieux I et III respectivement privés de vitamine B (B) et de thréonine (T), il est par conséquent B- et T-.

Son génotype est donc : T- P+ B-.

Le clone 3 se développe sur les milieux I et III : il est donc B+ T+. Incapable de se développer sur le milieu II, il est donc B+ T+. Incapable de se développer sur le milieu II, il est par conséquent P-.

Son génotype est donc T+ P- B+.

2°) On sait que lors de la synthèse des protéines, les acides aminés sont codés dans le cytoplasme au niveau des ribosomes par l'ARNm. Ce dernier est une molécule formée d'un seul brin et diffère de l'ADN, donc provient par transcription, à cause des caractères suivants :

Le sucre est le ribose  $C_5H_{10}O_5$  ;

Parmi les bases, la thymine est remplacée par l'uracile.

Le ribosome se déplace le long de l'ARNm et va le déchiffrer d'un bout à l'autre.

Une correspondance précise relie séquence de nucléotides de l'ARNm et séquence d'acides aminés.

A chaque acide aminé correspond une séquence de trois nucléotide de l'ARNm. Ces trois nucléotides constituent un codon.

Sachant que les bases azotées de l'ARNm ne peuvent s'apparier avec elles de l'ADN que de la manière suivante :

ADN	ARNm
Adénine (A)	Uracile (U)
Cytosine (C)	Guanine (G)
Guanine (G)	Cytosine (C)
Thymine (T)	Adénine (A)

Donc au codon de l'ARNm ACU dirigent l'insertion de la thréonine dans la molécule polypeptidique synthétisée, correspond le triplet TGA de l'ADN.

Remarque : le candidat peut se limiter à fournir uniquement le résultat final de cette dernière question : TGA. Les connaissances rappelées ci-dessus et sur lesquelles le candidat devrait s'appuyer sont supposées connues.

### III. B4.

1°) la population résultant du croisement entre les deux variétés de « podospore anserina » est constituée de 1000 asques (820 + 179 + 1) qui renferment 4000 spores (1000 x 4). Ces spores se répartissent de la manière suivante :

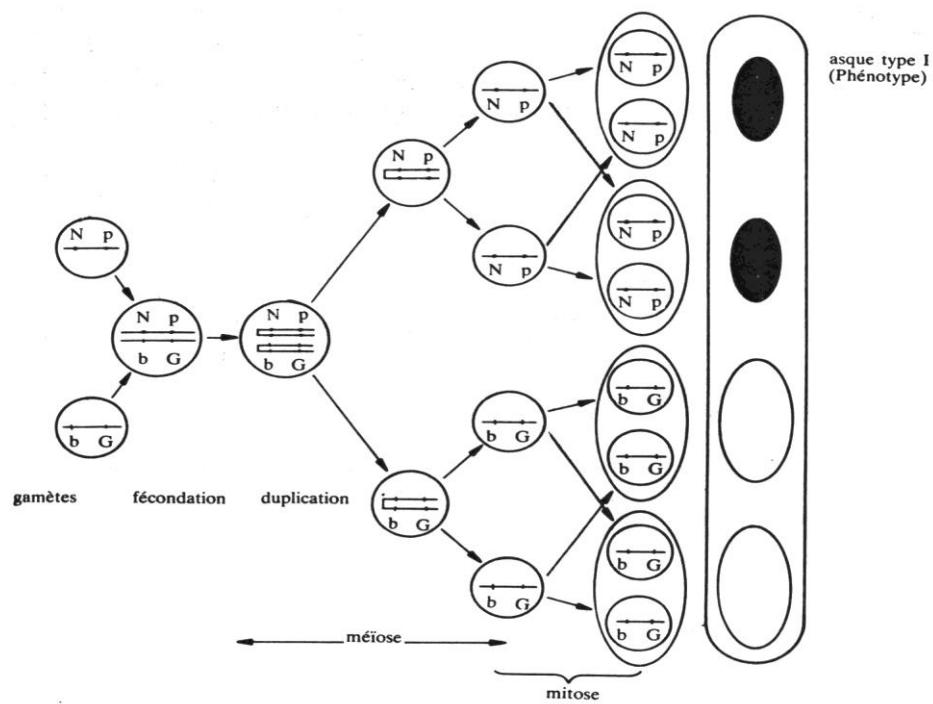
Population	Spores de type parental		Spores de type recombiné
	Spores noires et petites	Spores grandes et blanches	Spores noires et grandes
Asque de type I	820 x 2 = 1640	820 x 2 = 1640	
Asques de type II		179 x 2 = 358	179 x 2 = 358
Asques de types III			1 x 4 = 4
Total	1640	1998	362
Pourcentage	$\frac{1640}{4000} = 41\%$	$\frac{1998}{4000} = 49,95\%$	$\frac{362}{4000} = 9,05\%$

Son remarque la majorité des spores obtenues sont de type parental ( $41 + 49,95 = 90,95$ ), les spores de type recombinés ne représentent que 9,06%.

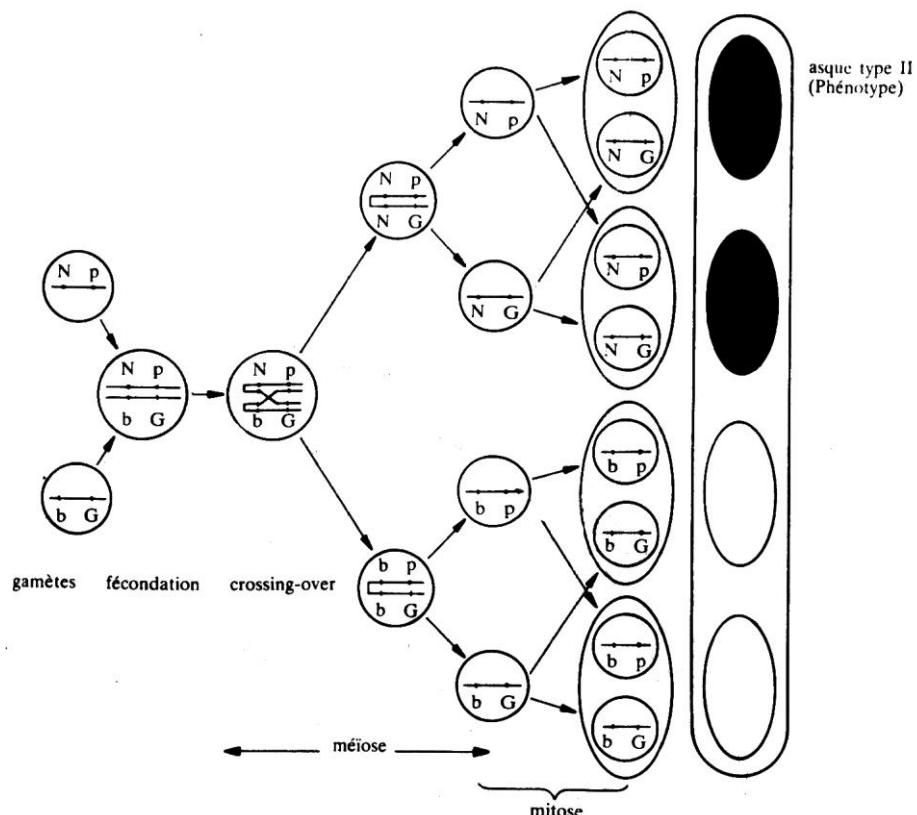
On peut donc déduire, puisqu'il s'agit d'un cas de dihybridisme chez les haploïdes, que les gènes responsables de la taille et de la couleur des spores sont liés.

2°) Si on désigne l'allèle « noir » par N, l'allèle « blanc » par b, l'allèle « grand » par G, l'allèle « petit » par p, l'interprétation chromosomiques des trois types d'asques peut être illustrée ainsi :

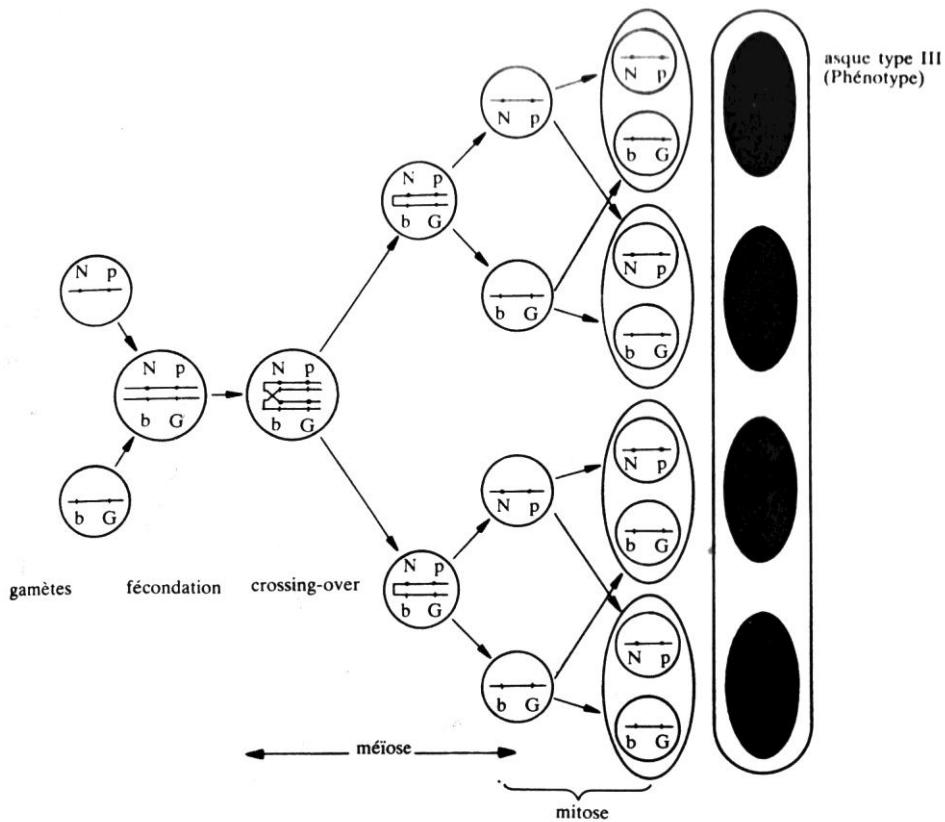
Asque de type I :



Asque de type II



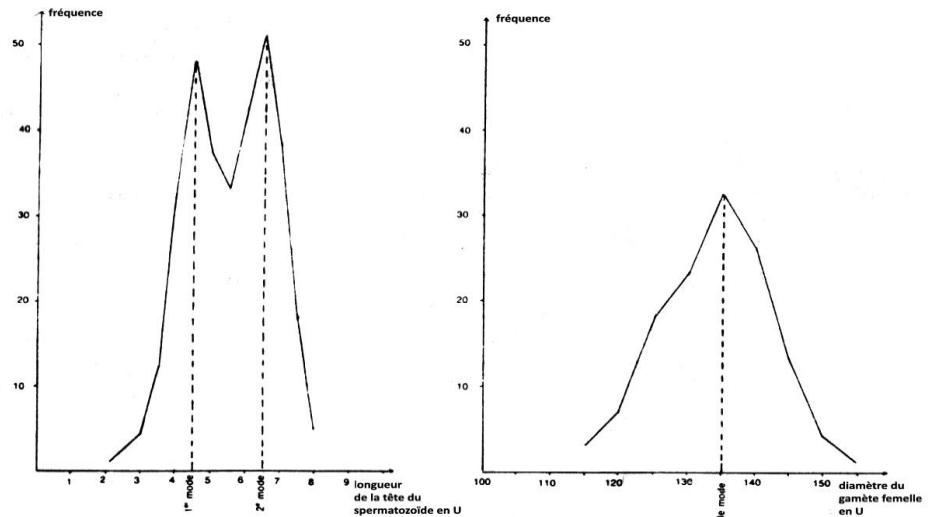
Asque de type III



### Etude biométrique de la variation chez les organismes diploïdes.

III C1.

1°)



2°) Les principales caractéristiques d'une distribution de fréquences sont les paramètres de position, ou valeurs centrales, autour desquelles sont répartis les termes de la série. Ce sont la moyenne et le mode.  
. la moyenne arithmétique ( $m$ ) est le quotient de la somme des valeurs du caractère étudié ( $x$ ) affectés de leur fréquence ( $f$ ) par l'effectif total ( $n$ ).

$$M = \frac{\sum xf}{n}$$

. le mode correspond au type présentant la plus grande fréquence.

Caractéristiques de la distribution relative à la longueur de la tête du spermatozoïde :

La moyenne :

$$M = \frac{(2x1) + (2,5x0) + (3x4) + (3,5x12) + (4x32) + (4,5x48) + (5x37) \dots (8,5x2)}{1+0+4+12+32+48+37+33+40+51+38+18+5+2}$$

$$M = \frac{1796}{321} \quad m = 5,59\mu$$

Le mode.

Le premier mode est  $4,5\mu$ . Le deuxième mode est  $6,5\mu$ .

Caractéristiques de la distribution relative au diamètre du gamète femelle.

La moyenne  $m = 134 \mu$ .

Le mode est  $135\mu$ .

On en déduit que :

La distribution relative à la longueur de la tête du spermatozoïde est bimodale. La population est donc hétérogène comprenant des spermatozoïdes à petites têtes et des spermatozoïdes à grosse tête.

La distribution relative au diamètre du gamète femelle est unimodale ; la population est donc homogène : la taille du gamète femelle varie surtout en fonction de la quantité de réserves vitellines.

### III. C2

1°) a- Le graphe 1 représente un polygone de fréquence bimodal dont les mds sont les suivants :

Premier mode = 51 cm.

Deuxième mode = 87 cm.

Ces deux modes sont très éloignés l'un de l'autre et les distributions de fréquence qui leur correspondent forment deux polygones pratiquement distincts : abc et cde.

Ce sont des indices d'une population hétérogène correspondant aux moins deux lignées pures.

b- On sait qu'une sommation est une variation du phénotype non héréditaire due aux conditions du milieu et qu'une mutation est une variation du génotype transmissible d'une génération à une autre.

Pour savoir si la longueur de la tige des plants de la population P1, d'une part, et de la population P2 d'autre part, jusqu'à ce que la sélection soit inefficace c'est à dire que la descendance soit homogène et forme une lignée pure.

Cas d'une mutation :

Si les descendants respectifs des populations P1 et P2 ont des caractères différents par le mode ou l'étendue de leur distribution de ceux des parents, la sélection est efficace. Il y a donc plusieurs génotypes dans la population : c'est le cas d'une population hétérogène.

Le caractère « longueur de la tige » est héréditaire. C'est le cas le plus vraisemblable.

Cas d'une sommation :

Si, au contraire, les descendants respectifs des populations P1, P2 ne présentent pas de différences par rapports aux parents (mode constant, étendue de distribution comparable), la sélection est d'emblée inefficace. Le caractère « longueur de la tige » est donc une variation individuelle non héréditaire ou somation.

L'allure bimodale du polygone de fréquence serait due au hasard de la récolte. Ce cas est peu vraisemblable.

2°) Les individus de la classe A ont une descendance homogène et stable (figuré par le polygone abc dont l'étendue de distribution est comprise entre 33 et 69 cm et dont le mode est égal à 51 cm). Il en est de même pour les individus de la classe B dont la descendance est figurée par le polygone cde (de mode = 87 cm et d'étendue de distribution comprise entre 69 et 105 cm).

On en déduit que les individus de la classe A et ceux de la classe B forment des lignées pures.

La précision ci-dessous n'est pas exigée ici. Cependant, la suite de l'exercice oblige à tenir le raisonnement suivant :

A chacune des deux races pures, il correspond un certain génotype homozygote.

Par exemple C/C pour les plants à tige courte et L/L pour les plants à tige longue.

Remarque : Le caractère « longueur de tige » est héréditaire. Ce qui est transmis héréditairement, ce n'est pas une longueur déterminée mais une « tendance » à une certaine longueur autour de laquelle se répartissent les individus de la population suivant une courbe symétrique (courbe de Gauss).

3°) a. Il faut réaliser une fécondation croisée avec une pollinisation artificielle. Pour cela, on sectionne les étamines d'une fleur choisie pour être femelle (afin d'éviter l'autopollinisation) ; puis on secoue sur le stigmate de la fleur femelle les étamines de la fleur choisie pour être la fleur mâle.

b. La population F1 obtenue en croisant des plants de A avec des plants de B, constitue une population homogène dont les caractéristiques (mode et étendue de la distribution) sont identiques à ceux des plants de P1.

Ce croisement est conforme à la première loi de Mendel (uniformité des hybrides de la première génération F1).

Donc le caractère « tige courte » est dominant et le caractère « tige longue » est récessif.

Les génotypes des parents : C/C et L/L.

c. Le polygone (2) du graphique 2 représente une population homogène dont les caractéristiques sont les suivants :

- L'étendue de la distribution est comprise entre 48 et 84 cm.

- Le mode est = 69 cm.

Ces caractéristiques sont donc intermédiaires entre ceux de P1 et ceux de P2. Par conséquent, le polygone 2 ne peut être obtenu qu'en cas de dominance intermédiaire des caractères « tige courte » et « tige longue ».

Le polygone 3 serait obtenu dans le cas où le caractère « tige longue » dominera le caractère « tige courte ».

4°) recherche du génotype des individus de la F1 :

Les individus de la F1 sont issus du croisement de parents de race pure :

Parents à tige courte x parents à tige longue.

C/C                    x                    L/L  
Gamètes :                    C

F1 :  $\frac{C}{T}$   
Etude de la population F2      F1 x F1

$\frac{C}{T} \times \frac{C}{T}$

Chacun des individus produit deux types de gamètes : C et L

Réalisons l'échiquier de croisement :

<u>T</u>	<u>C</u>	<u>I</u>
<u>C</u>	<u>C</u>	<u>C</u>
<u>I</u>	<u>C</u>	<u>I</u>

Le caractère C domine le caractère I. Les individus  $\frac{C}{T}$  sont à tige courte.

Proportions de la F2 :

$\frac{3}{4}$  d'individus à tige courte dont  $\frac{1}{4}$  homozygote et  $\frac{1}{2}$  hétérozygote.

$\frac{1}{4}$  d'individus à tiges longues I/I : homozygote.

Le graphe 3 montre un polygone de fréquence bimodal (le premier mode = 51 cm ; le deuxième mode = 87 cm) ou l'effectif des individus à tige courte représentent trois fois celui des individus à tige longue. Ces proportions sont celles de la deuxième génération d'un monohybridisme.

5°) a. La population obtenue est homogène et uniquement constituée d'individus à tige courte.

On connaît déjà le génotype de l'un des parents (individus de la classe B, homozygote récessif) : l/l. D'après l'échiquier précédent, le génotype de l'autre parent (classe C de F2) peut être soit C/C soit C/l.

Pour que la descendance soit homogène, il faut que les gamètes de l'individu de la classe C soit porteur uniquement du gène dominant C.

Son génotype est donc C/C (homozygote dominant).

b. Si l'individu de la classe C avait été hétérozygote (C/l), le croisement aurait été :  $\frac{C}{l} \times \frac{l}{l}$ ; ce qui donne 50% des descendants à tige courte (C/l) et 50% de descendants à tige longue (l/l) et un polygone comme celui du graphe 1.

### III. C3

Remarque : Les deux séries de mesure ont été effectuées sur une population de 40 Gerboises.

Avant de construire les histogrammes, le candidat doit obligatoirement dresser le tableau de distribution de fréquences de longueurs « tête + corps » (T + C) d'une part, et celui des longueurs de la queue (Q), d'autre part. Le candidat doit faire très attention à l'établissement de ces deux tableaux de distribution de fréquences car la construction des histogrammes repose sur eux. Pour dresser ces deux tableaux, on peut soit :

Classer par ordre croissant les longueurs mesurées puis limiter les classes par des traits verticaux comme suit (1<sup>ère</sup> distribution T + C):

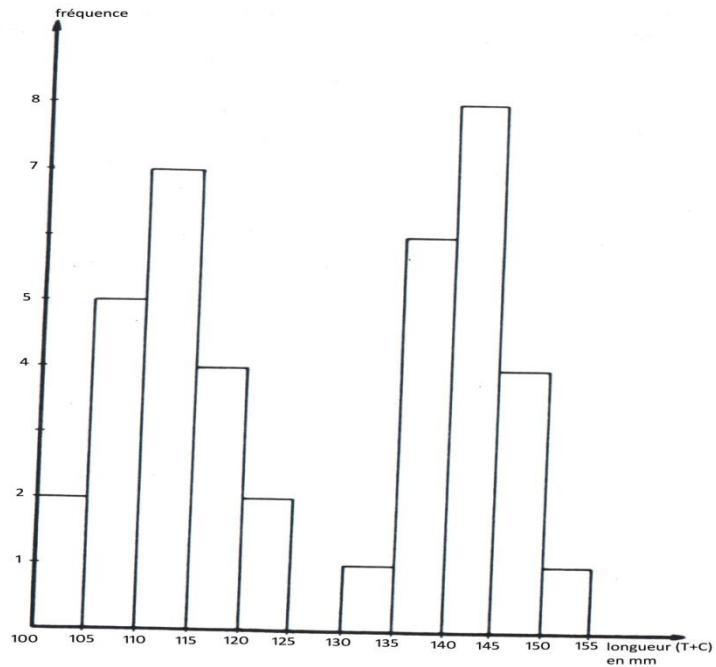
Utiliser des couleurs ou signes différents pour regrouper les mesures appartenant aux mêmes classes.

On obtient les deux tableaux suivants :

Classes (Longueurs T+C)	101 à 105	106 à 110	111 à 115	116 à 120	121 à 125	126 à 130	131 à 135	136 à 140	141 à 145	146 à 150	151 à 155
Fréquence (nombre d'individus)	2	5	7	4	2	0	1	6	8	4	1

Classes (longueur Q)	171 à 180	181 à 190	191 à 200	201 à 210	211 à 220	221 à 230	231 à 240	241 à 250
fréquences	2	4	8	5	8	9	3	1

1- Histogramme de fréquence des longueurs « tête + corps » (T + C).



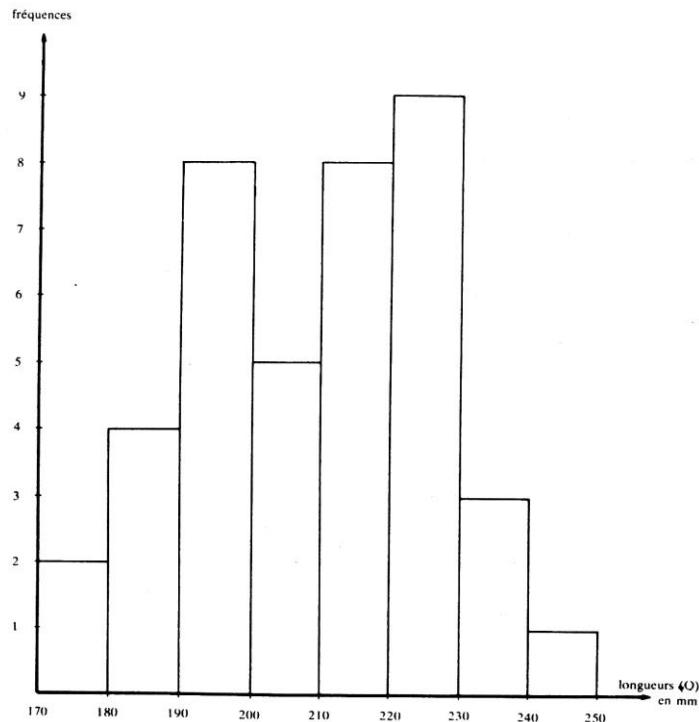
Conclusion : l'histogramme de fréquence tête + corps (T + C) montre deux modes (110 – 115) et (140 – 145) qui traduisent l'existence de deux populations (deux races pures ou lignées différentes).

Histogramme de fréquence des longueurs de la queue (Q).

Particularités : Au contraire des longueurs (T + C), la longueur de la queue (Q) n'est pas un bon critère de reconnaissance des espèces de Gerboises car l'histogramme obtenu ne permet pas de conclure à l'existence de deux populations distinctes.

### III. C4

I. 1<sup>o</sup>) Polygone de fréquence.



2°) Polygone de fréquence unimodale : mode  $m_1 = 47,5 \text{ cm}$ . Variation entre extrêmes 23 – 78 cm à peu près symétrique : donc variation qui semble correspondre à une population homogène.

3°) Polygone unimodale : mode  $m_2 = 68 \text{ cm}$ .

Donc variation différente de celle de P1. La sélection pratiquée a été efficace. Donc P1 était hétérogène (mélange de races).

Il semble que la sélection ait permis d'isoler une population homogène P2 d'individus à pédoncule long de race pure.

4°) Le producteur n'a pas d'espoir de pouvoir améliorer la population, car la nouvelle sélection pratiquée dans P2 est inefficace : P2 et P3 présente même mode et même variation.

## II.

1°) Uniformité des hybrides obtenus en F1 (1<sup>ère</sup> loi de Mendel).

Deux allèles : « forme de pétales »

Lisse (L), dominant

Frisée (f), récessif

Deux allèles : « couleur de pétales » : codominance.

Rouge (R)

Bleu (B)

2°) Le croisement effectué est un croisement en retour ou back-cross. S'agissant d'un dihybridisme chez les organismes diploïdes, les gènes qui déterminent les caractères couleur et aspect des pétales peuvent être liés ou indépendants.

Examinons chacun des deux cas :

Cas où les gènes seraient indépendants :

Parents :  $\frac{R\ L}{R\ L} \times \frac{B\ f}{B\ f}$

Hybrides F1 :  $\frac{R\ L}{B\ f}$

Back-cross :  $\frac{R\ L}{B\ f} \times \frac{B\ f}{B\ f}$

Gamètes	Bf
RL	$\frac{R\ L}{B\ f}$ 25%
Rf	$\frac{R\ f}{B\ f}$ 25%
BL	$\frac{B\ L}{B\ f}$ 25%
Bf	$\frac{B\ f}{B\ f}$ 25%

Cas où les gènes seraient liés.

Parents :  $\frac{RL}{RL} \times \frac{Bf}{Bf}$  - Hybrides F1 :  $\frac{RL}{Bf}$

Back-cross :  $\frac{RL}{Bf} \times \frac{Bf}{Bf}$

Gamètes produits : RL et Bf x Bf

Descendance F2 :  $\frac{RL\ Bf}{Bf\ Bf}$

Descendance constituée de 50% violet lisse et 50% bleu frisé.

Remarques :

Ce croisement ne permet pas d'obtenir des fleurs recherchées (à pétales violets et frisées).

Exceptionnellement, le producteur pourrait obtenir la variété recherchée, s'il se produit un crossing-over lors de la ségrégation des gamètes de la F1 : RL ; Bf ; Rf ; BL.

Résultats théoriques du back-cross :  $\frac{RL}{Bf}, \frac{Rf}{Bf}, \frac{BL}{Bf}, \frac{Bf}{Bf}$

3°) Les résultats expérimentaux montrent qu'il y a prédominance des individus de type parental.

$140 + 135 = 275$  soit  $\frac{275 \times 100}{286} = 96\%$

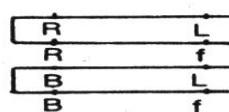
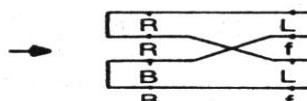
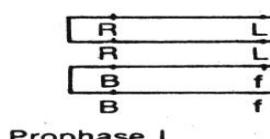
Parmi les individus du type recombiné :

$6 + 5 = 11$  soit  $\frac{11 \times 100}{286} = 4\%$

Le producteur a obtenu la variété recherchée.

Donc chez les hybrides F1, il n'y a pas de ségrégation indépendante : les gènes sont donc liés.

4°) Les fleurs recherchées sont obtenues à la suite d'un enjambement (crossing-over) qui se produit chez les hybrides F1 au cours de la méiose.



Disjonction des chromatides homologues à l'anaphase I.  
Formation de 2 chromosomes recombinés.

Le faible pourcentage des individus de type recombiné (4%) indique que la distance entre les deux locus est petite donc la probabilité de recombinaison est faible.

### III. D1

L'énoncé précise que le gène P qui conditionne l'absence des cornes est dominant par rapport à p qui conditionne la présence des cornes, donc pour le taureau, deux génotypes sont possibles : soit  $\frac{P}{P}$ , soit  $\frac{P}{p}$

La vache A qui porte des cornes a pour génotype  $\frac{P}{p}$ . Son veau A', ayant des cornes, possède le même génotype que sa mère  $\frac{p}{p}$ . Le taureau a transmis un gène p au veau A', donc son génotype ne peut-être que  $\frac{p}{p}$  c'est à dire hétérozygote.

Comme pour la vache A, la vache B est également homogène pour le gène qui détermine la présence des cornes  $\frac{p}{p}$ .

Le veau B', sans corne a hérité de sa mère un gène p et obligatoirement le gène P du taureau. Son génotype est donc  $\frac{P}{p}$ .

Le veau C' possède des cornes, a pour génotype  $\frac{p}{p}$ . Il a hérité de chacun des deux parents un gène p. La vache C qui ne possède pas de cornes, porte obligatoirement un gène p, son génotype est donc  $\frac{p}{p}$ .

### III.D2

1°) a. Le croisement des drosophiles à yeux rouges avec des drosophiles à yeux sépia engendre une population F1, homogène constituée de drosophile à yeux rouges.

De ce résultats, on déduit que le gène qui détermine la couleur rouge des yeux est dominant (R) et le gène qui détermine la couleur sépia est récessif (s). La population est hétérozygote. Les individus parentaux sont de race pure car si quelques drosophiles à yeux rouges ait été hétérozygotes ( $\frac{R}{s}$ ) on aurait eu en F1 quelques individus de type récessif. La génération F2 fait apparaître environ trois fois plus d'individus à yeux rouges que les individus à yeux sépia. Ces proportions  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$  sont caractéristiques d'une F2 de monohybridisme.

En résumé les génotypes parentaux sont  $\frac{R}{R}$  et  $\frac{s}{s}$ . Leurs gamètes sont R et s. Les individus de la F1 sont hétérozygotes  $\frac{R}{s}$ .

b. Un gène est une particule qui occupe un emplacement précis sur un chromosome et qui est responsable de la transmission d'un caractère héréditaire. Le gène est un segment d'ADN, une unité de fonction, qui porte l'information génétique nécessaire à la synthèse de la protéine.

Les gènes d'un couple d'allèle sont situés en deux points homologues, sur les deux chromosomes d'une même paire. Dans le cas de la F1, les gènes R et s occupent le même locus sur chacun des deux chromosomes de la même paire.

Au cours de la formation des gamètes de la F1, pendant la méiose, les chromosomes homologues (l'un portant R, l'autre portant s) se séparent, ce qui provoque la séparation des gènes ou disjonction. Les gamètes obtenus seront de deux types : les uns porteront le gène R, les autres le gène s.

c. Sachant que les individus de la F1 sont hétérozygotes, leur génotype est  $\frac{R}{s}$ .

Le croisement de ces individus entre eux peut-être présenté ainsi :

F1 x F1

Génotype  $\frac{R}{s} \times \frac{R}{s}$

Gamètes produits : R, s et R,s.

L'échiquier de croisement suivant fait apparaître les génotypes des individus de la F1.

Gamètes		R	S
F1			
R	s	$\frac{R}{R}$	$\frac{R}{s}$

S	$\frac{R}{S}$	$\frac{S}{S}$
---	---------------	---------------

Génotypes de la F2 :

$\frac{1}{4} \frac{R}{R}$  homozygote à yeux rouge ;  $\frac{1}{2} \frac{R}{S}$  hétérozygote à yeux rouge ;  $\frac{1}{4} \frac{S}{S}$  homozygote à yeux sépia.

Pour assurer la pureté d'une lignée de drosophiles à yeux rouges, on réalise un croisement en retour ou back-cross. A cet effet, on croise l'individu à tester (drosophile à yeux rouge) avec un autre, à phénotype récessif (drosophile à yeux sépia). On examine ensuite la descendance et deux cas sont possibles :

Si on obtient une population homogène à yeux rouges, la drosophile est donc de race pure c'est à dire homozygote  $\frac{R}{R}$ .

Si on obtient 50% de drosophile à yeux rouge et 50% de drosophile à yeux sépia, dans ce cas, la drosophile testée est hétérozygote  $\frac{R}{S}$ .

2°) Représentons par N, le gène déterminant le caractère corps normal et par e, le gène déterminant le caractère corps ebony.

Ce croisement illustre un exemple de dihybridisme où l'un des individus est double homozygote récessif et l'autre un double hétérozygote ou hybride. En fonction de la localisation des gènes considérés (R, s, N et e) sur les chromosomes homozygotes, les individus croisés peuvent avoir deux génotypes possibles :

Si les gènes R et s d'une part ; N et e d'autre part, sont indépendants, les génotypes dans ce cas seraient :

$\frac{s}{s} \frac{e}{e}$  et  $\frac{R}{R} \frac{N}{N}$

Le croisement de ces deux individus engendre quatre types de drosophiles et qu'il est représenté par l'échiquier suivant :

	RN	Re	sN	Se
se	$\frac{R}{s} \frac{N}{e}$	$\frac{R}{s} \frac{e}{e}$	$\frac{s}{s} \frac{N}{e}$	$\frac{s}{s} \frac{e}{e}$

On obtient donc :

25% individus à yeux rouges et corps normal

25% individus à yeux rouges et corps ebony

25% individus à yeux sépia et corps normal

25% individus à yeux sépia et corps ebony

Ces résultats sont contradictoires à ceux de l'énoncé, par conséquent le gène R et s d'une part, N et e d'autre part sont respectivement liés. Il s'agit donc d'un cas particulier d'hérédité (linkage) où les caractères sont portés par la même paire de chromosomes.

Dans ce cas, le croisement s'écrit :  $\frac{s}{s} \frac{e}{e} \times \frac{R}{R} \frac{N}{N}$ .

Les gamètes sont d'un seul type (se) pour le premier et de deux types pour le deuxième parent (RN et se). L'échiquier de croisement suivant doit confirmer les résultats annoncés.

		Gamètes 1 <sup>er</sup> parent	
		se	se
Gamètes 2 <sup>ème</sup> parent	RN	$\frac{RN}{se}$	$\frac{RN}{se}$
	se	$\frac{se}{se}$	$\frac{se}{se}$

### III. D3

Ce croisement fait intervenir deux couples d'allèles intéressant la taille de la plante (T et t) et la couleur des fleurs (F et f) : c'est un cas de dihybridisme.

La première génération F1 est composée uniquement de plantes de grande taille (T) à fleurs rouges (F). On conclut que les caractères grande taille (T) et fleurs rouges (F) sont dominants.

La F1, formée d'hybrides, a un génotype double hétérozygote.

1°) Le croisement d'une plante de F1, avec une plante de petite taille à fleur blanches (double homozygote récessif) est un back-cross.

Si les gènes sont portés par deux paires de chromosomes, les génotypes des parents sont :  $\frac{TF}{tf}$  et  $\frac{tf}{tf}$ .

Un parent F1 va produire quatre types de gamètes : TF, Tf, tF, tf. L'autre parent ne produira qu'un seul type de gamète tf.

Le tableau suivant résume les fécondations possibles :

	TF	Tf	tF	tf
tf	$\frac{TF}{ff}$	$\frac{Tf}{ff}$	$\frac{tF}{ff}$	$\frac{tf}{ff}$

Ce croisement fait apparaître quatre descendants de phénotype : [TF], [Tf], [tF] et [tf] soit 25% de chaque type.

Si les gènes sont portés par une seule de chromosomes (= gènes liés), le génotype des parents s'écrit comme suit :

Parent F1 :  $\frac{TF}{tf}$ , parent double récessif :  $\frac{tf}{tf}$ .

Le parent F1 ne produira que deux types de gamètes : TF et tf ; l'autre parent ne produit qu'un seul type de gamètes : tf.

L'échiquier de croisement nous donne deux types de descendants : 50% de plantes à phénotype [TF] et 50% à phénotype [tf].

	TF	tf
tf	$\frac{TF}{tf}$	$\frac{tf}{tf}$

2°) La génération F2 est constituée de 1000 individus répartis comme suit :

40% de plantes à phénotype TF

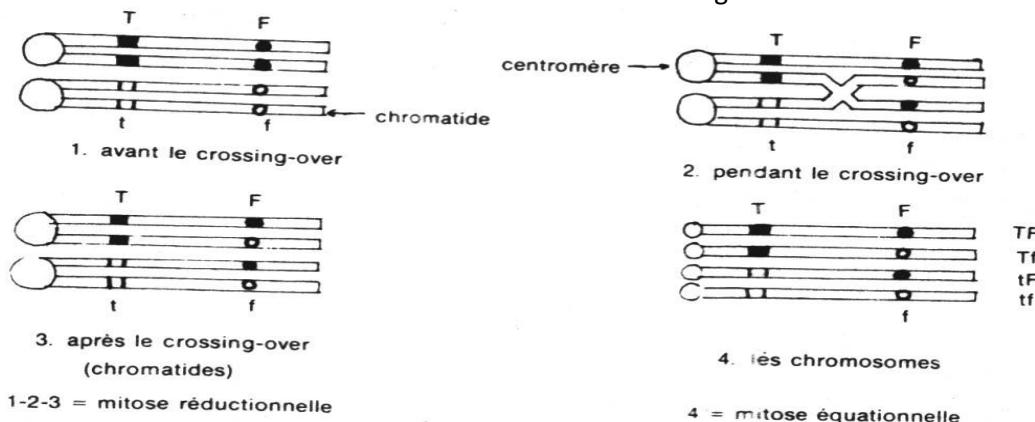
40% de plantes à phénotype tf

10% de plantes à phénotype Tf

10% de plantes à phénotype tF.

Ces proportions se rapprochent beaucoup plus du deuxième cas (gènes liés) que du premier (gènes indépendants). L'apparition de types recombinés nous permet de déduire qu'il s'agit d'une liaison partielle avec recombinaison due à un crossing-over. Ce dernier se produit pendant la prophase de la division réductionnelle de la méiose chez la plante hétérozygote.

Durant cette phase, les chromosomes appariés se fissurent pour former des tétrades. Les schémas suivants illustrent le mécanisme de la recombinaison des gènes.



Chaque chromatide deviendra un chromosome porté par un gamète. Il y aura donc quatre types de gamètes pour le premier parent.

Toutefois, le nombre de gamètes TF et tf est plus important que celui des gamètes tF et Tf, car le crossing-over, selon l'endroit il se produit, n'entraîne pas toujours une modification des gènes étudiés (par exemple s'il se produit de l'autre côté du centromère).

Chez le deuxième parent (double homozygote). Le crossing-over, même s'il se produit ne change pas la répartition des gènes. Ce parent n'a donc qu'un seul type de gamète : tf.

Le 1<sup>er</sup> parent a libéré 40% de TF, 40% de tf, 10% de Tf et 10% de tF.

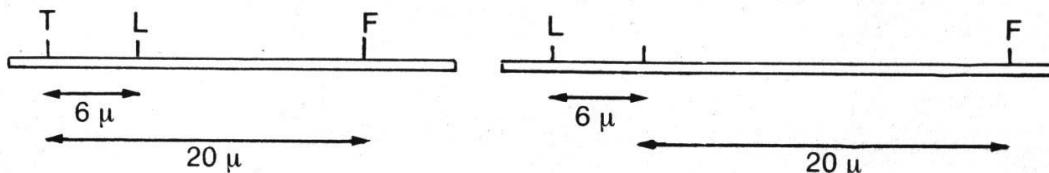
L'union de ces gamètes avec les gamètes tf du 2<sup>ème</sup> parent a donné les résultats indiqués dans l'énoncé.

3°) Le pourcentage de recombinaison est directement proportionnelle à l'espacement des gènes.

Entre les gènes T et F, le pourcentage de recombinaison est :  $\frac{\text{nombre d'individus recombinés}}{\text{nombre total d'individus}} = \frac{98+102}{1000} = 20\%$ .

Il y a donc 20 unités arbitraires (centimorgans) entre T et F. L'énoncé nous précise que le pourcentage de recombinaison entre T et L est égal à 6% (soit 6 unités).

Puisqu'on ne sait pas si le gène L est situé entre T et F ou s'il est à l'extérieur, nous devons envisager ces deux possibilités.



### III. D4.

1°) - Les proportions de la F1 (50% des femelles à yeux rouges, 25% de mâles à yeux rouges et 25% de mâles à yeux roses) nous permettent de déduire que l'un des parents, au moins n'est pas de race pure (c'est à dire est hétérozygote).

Si les deux parents étaient de race pure, la F1 serait homogène (d'après la première loi de Mendel).

Le caractère yeux rose s'est manifesté en F1 alors qu'il n'apparaissait pas chez les deux parents : c'est un caractère récessif.

Ce caractère récessif n'apparait que chez les mâles, donc il est lié au chromosome sexuel X.

Désignons par R le caractère dominant « yeux rouges » et par r le caractère récessif « yeux rose ».

2°) Génotypes possibles des parents :

Le génotype du parent mâle à yeux rouges ne peut-être que  $\frac{X^R}{Y}$ .

Le génotype du parent femelle à yeux rouges ne peut-être que  $\frac{X^R}{X^r}$  puisque les mâles de la F1 à yeux roses ne peuvent hériter le caractère récessif que de ce parent.

Réalisons le tableau de croisement des deux parents :

$b$	$X^R$	$Y$
$X^R$	$\frac{X^R}{X^R}$	$\frac{X^R}{Y}$
$X^r$	$\frac{X^r}{X^R}$	$\frac{X^r}{Y}$

Résultats : 50% de femelles à yeux rouges dont 25% homozygotes et 25% hétérozygote.

25% de mâles à yeux rouges

25% de mâles à yeux roses.

### III. D5

La lecture de l'énoncé fait ressortir qu'il s'agit de la transmission d'un seul couple d'allèles = « la couleur du plumage » chez les canaris. C'est donc un monohybridisme chez un organisme diploïde.

1°) La première loi de Mendel n'est pas vérifiée puisque la F1 n'est pas homogène.

D'autre part, les deux croisements sont des croisements réciproques qui donnent des résultats différents.

La transmission du caractère couleur de plumage est lié au sexe.

Dans la descendance de la première génération, apparaît un caractère intermédiaire « rose saumon et blanc ivoire » pour chacun des deux croisements effectués : il y a donc codominance entre les deux allèles.

Écriture génotypique =

Mâle : XX ou ZZ

Femelle : XY (ZO) ou ZW (ZO) car chez le canari, les mâles sont homogamétiques alors que les femelles sont hétérogamétiques.

Interprétation du premier croisement :

Soit r, l'allèle « rose saumon » et b, l'allèle « blanc ivoire ».

Génotypes des parents : mâle :  $\frac{X^r}{X^r}$ ; femelle :  $\frac{X^b}{Y}$  ou  $\frac{O}{O}$

Gamètes : mâle un seul type  $X^r$ ; femelle deux types  $X^b$  et Y (ou O)

Echiquier de croisement :

	$X^b$	$Y$
$X^r$	$\frac{X^b}{X^r}$	$\frac{X^r}{Y}$

Interprétation du deuxième croisement

Génotypes des parents : mâle  $\frac{X^b}{X^b}$ ; femelle  $\frac{X^r}{Y}$

Gamètes : mâle un seul type  $X^b$ ; la femelle deux types  $X^r$  et Y.

Echiquier de croisement

	$X^r$	$Y$
$X^b$	$\frac{X^b}{X^r}$	$\frac{X^b}{Y}$

2°) Résultats du troisième croisement.

Génotypes des parents : femelle  $\frac{X^r}{Y}$  ; mâle  $\frac{X^r}{X^b}$

Gamètes : femelle  $X^r$  et Y ; male  $X^r$  et  $X^b$

Echiquier de croisement :

	$X^r$	Y
$X^b$	$X^b$ $\frac{X^r}{X^r}$	$X^b$ $\frac{Y}{Y}$
$X^r$	$X^r$ $\frac{X^r}{X^r}$	$X^r$ $\frac{Y}{Y}$

### III. D6

1°) a. Les rayons X ont fait apparaître un phénotype [D] inexistant chez les parents homozygotes. Ce changement de caractères qui touche un seul individu est une mutation. Les rayons X sont des agents mutagènes.

b. La drosophile de type [D] est un mutant.

2°) On constate que la première de Mendel ne s'applique pas. Le parent de phénotype [D] est hétérozygote.

3°) a. Les résultats de deux croisements montrent que :

Les individus  $[D^+]$  sont homozygotes ;

Les individus  $\{D\}$  sont hétérozygotes. L'allèle D est dominant et l'allèle  $D^+$  est récessif.

b. Le parent hétérozygote est celui qui a le phénotype [D]. Les génotypes possibles des parents de la F1 sont :  $DD^+$  pour l'individu  $[D]$  ;  $D^+D^+$  pour l'individu  $[D^+]$ .

c. Croisement 2.

Mâle F1  $[D]$  x femelle F1  $[D]$  donne F2.  $\frac{D}{D^+} \times \frac{D}{D^+}$

	D	$D^+$
D	$\frac{D}{D} [D]$	$\frac{D^+}{D} [D]$
$D^+$	$\frac{D^+}{D} [D]$	$\frac{D^+}{D^+} [D^+]$

Les proportions phénotypiques théoriques de ce croisement sont :  $\frac{3}{4} [D]$  et  $\frac{1}{4} [D^+]$ .

Les résultats théoriques ne sont pas conformes aux résultats expérimentaux. Les proportions expérimentales ne peuvent être expliquées que par le fait le gène D est létal à l'état homogène, l'œuf n'est pas viable.

### III. D7

I . La première génération, constituée uniquement de « graines bronzées à réserves amyloacées » est une population homogène d'individus hybrides.

Le caractère « graine bronzée » B domine le caractère « graine blanche » b.

Le caractère « graine amyloacée » A domine le caractère « graine sucrée » a.

II. Le croisement effectué est un croisement en retour ou back-cross. A l'issu de ce croisement, on a obtenu :

$$\frac{(758 + 714) \times 100}{1600} = 92\% \text{ d'individus de type parental [BA] et [ba].}$$

$$\frac{(66 + 62) \times 100}{1600} = 8\% \text{ d'individus de type recombiné.}$$

1°) Ces proportions et l'apparition de phénotype nouveaux indiquent un cas de gènes liés avec crossing-over.

Génotype de parents :  $\frac{BA}{BA}$  et  $\frac{ba}{ba}$ .

Génotype de la F1 :  $\frac{BA}{ba}$

2°) Croisement effectué :  $\frac{BA}{ba} \times \frac{ba}{ba}$

Gamètes	BA	ba	Ba	bA
ba	$\frac{BA}{ba}$	$\frac{ba}{ba}$	$\frac{Ba}{ba}$	$\frac{bA}{ba}$
Phénotypes	[bronzé amylacé]	[banc sucré]	[bronzé sucré]	[blanc amylacé]
%	46%	46%	4%	4%

### III. D8

1°) a. Les individus de la première génération sont tous semblables : uniformité des hybrides, première loi de Mendel vérifiée et les parents sont de race pure. Il s'agit d'une dominance totale. Rose et fade sont dominants. R domine b. De même F domine s.

b. A la deuxième génération F2, on obtient 4 phénotypes différents dans les proportions suivantes :

[RF] 689 pommes soit 9/16.

[bF] 220 pommes soit 3/16

[Rs] 215 pommes soit 3/16

[bs] 76 pommes soit 1/16

Il y a eu ségrégation indépendante des caractères pendant la formation F1. Il s'agit d'un dihybridisme à gènes indépendants.

Génotypes des parents :  $\frac{b\ s}{b\ s} \times \frac{R\ F}{R\ F}$

Gamètes des parents : bs x RF

Génotype de la F1 :  $\frac{R\ F}{b\ s}$

Croisement de la F1 x F1 :  $\frac{R\ F}{b\ s} \times \frac{R\ F}{b\ s}$

Gamètes de la F1 : RF ; Rs ; bF et bs.

Echiquier de croisement :

	RF	Rs	bF	bs
RF	$\frac{R\ F}{R\ F}$	$\frac{R\ F}{R\ s}$	$\frac{R\ F}{b\ F}$	$\frac{R\ F}{b\ s}$
Rs	$\frac{R\ F}{R\ s}$	$\frac{R\ s}{R\ s}$	$\frac{R\ F}{b\ s}$	$\frac{R\ s}{b\ s}$
bF	$\frac{R\ F}{b\ F}$	$\frac{R\ F}{b\ s}$	$\frac{b\ F}{b\ s}$	$\frac{b\ F}{b\ s}$
bs	$\frac{R\ F}{b\ s}$	$\frac{R\ s}{b\ s}$	$\frac{b\ F}{b\ s}$	$\frac{b\ s}{b\ s}$

2°) Le type recherché par le pépiniériste est : pomme de couleur rosée et d'un goût sucré [Rs].

A la deuxième génération F2, les pommes ayant le phénotype recherché [Rs] ont deux génotypes possibles :

$\frac{R\ s}{R\ s}$ -homozygote.

$\frac{R_S}{b_s}$ -hétérozygote pour le caractère couleur.

Donc seules les pommes ayant un génotype homozygote intéressent le pépiniériste.

Pour isoler l'espèce recherchée (une lignée pure produisant uniquement des pommes rosées sucrées), le pépiniériste doit appliquer l'autofécondation des plants issus des pommes rosées sucrées et par sélection, éliminer les pommes qui présenteraient, à l'issue de ce croisement, un caractère différent.

### E. Exemples d'hérédité humaine.

#### III. E1.

Rappels :

Groupes sanguins	Génotypes possibles
A	$\frac{A}{A}$ ou $\frac{A}{O}$
B	$\frac{B}{B}$ ou $\frac{B}{O}$ $\frac{A}{B}$
AB	$\frac{B}{A}$
O	$\frac{O}{O}$

Facteurs Rhésus	Génotypes possibles
Rh+	$\frac{Rh^+}{Rh^+}$ ou $\frac{Rh^+}{Rh^-}$
Rh-	$\frac{Rh^-}{Rh^-}$

1°) La mère a pour phénotype « groupe A, rhésus négatif », son génotype théorique peut-être :

$$\frac{A\ Rh^-}{A\ Rh^-} \text{ ou } \frac{A\ Rh^-}{O\ Rh^-}$$

L'enfant a pour phénotype « groupe B, rhésus positif », son génotype théorique peut-être :

$$\frac{B\ Rh^+}{B\ Rh^+} \text{ ou } \frac{B\ Rh^+}{B\ Rh^-} \text{ ou } \frac{B\ Rh^+}{O\ Rh^+} \text{ ou } \frac{B\ Rh^+}{O\ Rh^-}$$

La mère étant homozygote pour le facteur rhésus elle a donc cédé obligatoirement un chromosome porteur du gène Rh-. Son fils est hétérozygote pour le facteur rhésus :  $\frac{Rh^+}{Rh^-}$ .

L'enfant étant du groupe B, n'a pas hérité le gène A de sa mère. Celle-ci lui a transmis le gène O.

En conclusion :

Le génotype de l'enfant est  $\frac{B\ Rh^+}{O\ Rh^-}$ . celui de la mère est  $\frac{A\ Rh^-}{O\ Rh^-}$ .

2°) L'enfant de génotype  $\frac{B\ Rh^+}{O\ Rh^-}$  a reçu obligatoirement de son père les gènes B et Rh+. Le génotype possible du père est soit le « groupe B, Rhésus positif » soit le « groupe AB, Rhésus positif ».

#### III. E2.

C'est un exemple d'hérédité liée au sexe. Désignons par :  $X^h$  le gène responsable de l'hémophilie et  $X^N$  le gène normal. L'énoncé nous donne directement le génotype des parents :

Le père normal est  $X^N Y$  ; la mère hétérozygote est  $X^h X^N$ .

Le tableau de croisement suivant résume les fécondations possibles :

	$X^N$	Y
$X^h$	$X^h X^N$	$X^h Y$
$X^N$	$X^N X^N$	$X^N Y$

Probabilité pour que l'enfant soit hémophile :

1°) 50% de chance pour que le garçon soit hémophile.

2°) 0% de chance pour les filles (une fille sur deux est hétérozygote).

#### III. E3

La myopathie illustre un exemple d'hérédité liée au sexe.

Le gène responsable de cette maladie est porté par le chromosome sexuel X.

Pour qu'un couple normal a donné naissance à un garçon myopathe, c'est que le gène responsable de la myopathie est récessif.

Désignons par N le gène normal et par m le gène responsable de la myopathie. Ce dernier gène ne peut-être transmis que par la mère du garçon dont le génotype est  $X^N X^m$ . Le génotype du père est  $X^N Y$ . Le génotype de l'enfant myopathe est  $X^m Y$ .

1°) La probabilité pour qu'un deuxième enfant soit myopathe.

Croisement  $X^N Y \times X^N X^m$ . La probabilité est déterminée à partir du tableau de croisement suivant :

	$X^N$	$Y$
$X^N$	$X^N X^N$	$X^N Y$
$X^m$	$X^m X^N$	$X^m Y$

Si le deuxième enfant est un garçon, la probabilité est égale à  $\frac{1}{2}$ .

Si c'est une fille, la probabilité est nulle.

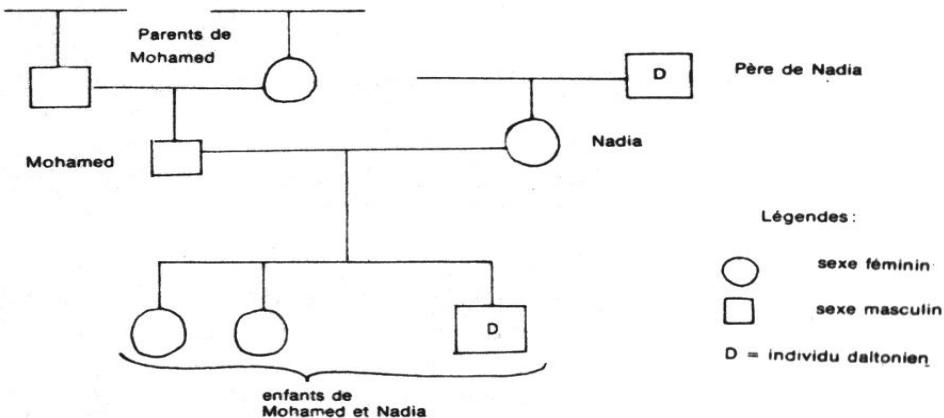
Remarque : parmi les descendants de sexe féminin, 50% de filles sont porteuses du gène qui détermine la myopathie.

2°) Il faudrait envisager un moyen permettant de sélectionner les spermatozoïdes afin d'éliminer ceux qui portent le chromosome Y (spermatozoïde à petite tête).

### III. E4.

Remarque : L'énoncé ne précise pas que le daltonisme est un cas d'hérédité liée au sexe. Or, il est fait mention de cette maladie génique dans le manuel de 7<sup>ème</sup> année Sciences expérimentales (page 244). Au cas où le candidat aurait oublié, il pourrait s'efforcer de déduire qu'il s'agit d'un cas d'hérédité liée au sexe à partir des données de l'énoncée.

Pour plus de clarté, réalisons d'abord l'arbre généalogique de la famille.



Cherchons le génotype du fils de Mohamed et de Nadia

Soit D, le gène qui détermine le caractère daltonien. On sait que le caractère daltonien est récessif. Pour qu'un individu soit daltonien, il faut qu'il soit homozygote pour ce caractère.

D'après l'énoncé, Mohamed est normal ; il ne peut transmettre à ses enfants que le gène normal N. C'est donc Nadia qui a transmis à son garçon le gène D. Le daltonisme est donc un cas d'hérédité lié au sexe et que le gène D est porté par le chromosome X.

Le fils de Mohamed et de Nadia est donc  $\frac{X^D}{Y}$ .

Cherchons le génotype des filles.

On sait que Mohamed est normal, son génotype est  $\frac{X^N}{Y}$ .

Nadia de phénotype normal a hérité de son père le chromosome sexuel  $X^D$ . Son génotype est donc :  $X^D X^N$ .

Réalisons un croisement : Mohamed  $\frac{X^D}{Y} \times$  Nadia  $\frac{X^D}{X^N}$ .

Les gamètes possibles sont : pour le père :  $X^D$  et  $Y$  ; pour la mère :  $X^D X^N$ .

Il y a donc deux types de spermatozoïdes et deux types d'ovules.

L'étude de l'échiquier de croisement nous permet de trouver les génotypes de leurs enfants.

	$X^N$	Y
$X^D$	$\frac{X^N}{X^D}$	$\frac{X^D}{Y}$
$X^N$	$\frac{X^N}{X^N}$	$\frac{X^N}{Y}$

Les deux filles de Mohamed et de Nadia sont de phénotypes « normal » mais peuvent être soit homozygotes  $\frac{X^N}{X^N}$  soit hétérozygotes  $\frac{X^N}{X^D}$ . dans ce dernier cas, elles sont dites porteuses du caractère de daltonisme.

### III.E5.

Chez l'homme, les caractères liés au sexe sont portés par le chromosome X et non par le chromosome Y d'une manière générale. L'hérédité liée au chromosome Y est très rare.

Désignons par  $X^d$  le gène responsable du daltonisme et par  $X^N$  le gène normal.

1°) Génotype de Madame T.

a. Premier raisonnement :

Madame T n'étant pas daltonienne, son génotype peut-être  $\frac{X^N}{X^N}$  ou  $\frac{X^N}{X^d}$ . Son mari daltonien est obligatoirement

$\frac{X^d}{Y}$ .

Echiquier de croisement.

Premier cas :

	$X_D$	Y
$X_N$	$X_N X_D$	$X_N Y$
$X_N$	$X_N X_D$	$X_N Y$

Aucun garçon n'est daltonien

Deuxième cas :

	$X_D$	Y
$X_D$	$X_D X_D$	$X_D Y$
$X_N$	$X_N X_D$	$X_N Y$

Un garçon sur deux est daltonien. Une fille est obligatoirement daltonienne.

Donc Madame T, ayant un garçon (Mohamed) et une fille (Aïcha) daltoniens, ne peut avoir comme génotype que  $\frac{X^N}{X^d}$ . Le caractère daltonien est donc récessif par rapport à l'état normal. Ce type de raisonnement est dit raisonnement par tâtonnement. Un autre type de raisonnement, dit raisonnement par déduction, permet d'obtenir le même résultat.

b. Deuxième type de raisonnement (par déduction).

Madame T est mariée à un homme daltonien dont le génotype ne peut-être que  $\frac{X^d}{Y}$ . Leur fils Mohamed daltonien doit avoir le même génotype que son père  $\frac{X^d}{Y}$ .

On sait que les cellules somatiques d'un individu comportent deux chromosomes sexuels, l'un transmis par son père, l'autre par sa mère.

Le chromosome Y de Mohamed lui a été transmis par son père ; donc son chromosome X vient de sa mère.

Puisque Madame T n'est pas daltonienne, son génotype ne peut-être que  $\frac{X^N}{X^d}$ . donc le caractère daltonien est récessif.

2°) Génotype du mari de Aïcha

Raisonnement par tâtonnement.

Aïcha est daltonienne, son génotype est obligatoirement  $\frac{X^d}{X^d}$ . Son mari peut-être soit  $\frac{X^d}{Y}$  soit  $\frac{X^N}{Y}$ .

1<sup>er</sup> cas :

	$X_d$	$Y$
$X_d$	$X_d X_d$	$X_d Y$
$X_d$	$X_d X_d$	$X_d Y$

Tous les enfants sont daltoniens. Ce résultat est en contradiction avec la descendance de Aïcha qui a une fille normale

2<sup>ème</sup> cas

	$X_N$	$Y$
$X_d$	$X_d X_N$	$X_d Y$
$X_d$	$X_d X_N$	$X_d Y$

Donc le mari de Aïcha est un homme normal  $\frac{X^N}{Y}$ .

b. Raisonnement par déduction.

Aïcha étant daltonienne, son génotype est obligatoirement  $\frac{X^d}{X^d}$ . Sa fille de phénotype normal a donc hérité de son père de son père un chromosome sexuel  $X^N$  et de sa mère un chromosome sexuel  $X^d$ . Le génotype du mari de Aïcha ne peut-être que  $\frac{X^N}{Y}$ .

3°) Génotype de la femme de Mohamed.

Mohamed est daltonien. Son génotype est donc  $\frac{X^d}{Y}$ . Son fils voyant parfaitement les couleurs a donc hérité de son père le chromosome Y et de sa mère le chromosome  $X^N$ .

La femme de Mohamed possède déjà le chromosome sexuel  $X^N$ . Son génotype peut être soit  $\frac{X^N}{X^N}$  soit  $\frac{X^N}{X^d}$ .

Dans les deux cas, elle peut donner avec son mari daltonien  $\frac{X^d}{Y}$ , des enfants normaux, en leur cédant le chromosome  $X^N$ .

Puisque ce couple n'a que deux enfants, on ne peut savoir si la femme de Mohamed est  $\frac{X^N}{X^N}$  ou  $\frac{X^N}{X^d}$ .

4°) Génotype de la fille de Mohamed.

La fille de Mohamed de phénotype normal a reçu de son père daltonien un chromosome sexuel  $X^d$ . Donc sa mère lui a transmis obligatoirement le chromosome sexuel  $X^N$ . Son génotype est donc :  $\frac{X^N}{X^d}$ .

5°) Génotypes possibles de la descendance de la fille de Mohamed.

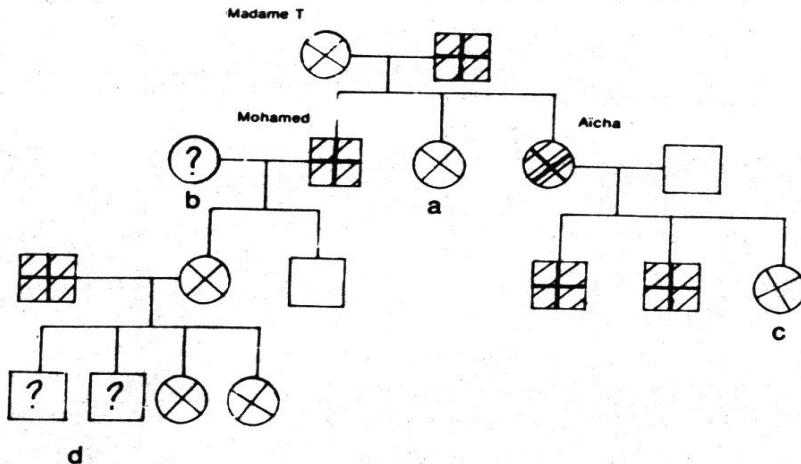
La fille de Mohamed est  $\frac{X^N}{X^d}$ . Son mari daltonien est obligatoirement  $\frac{X^d}{Y}$ .

Leur union engendre la descendance illustrée par l'échiquier de croisement suivant :

	$X_d$	$Y$
$X_d$	$X_d X_d$	$X_d Y$
$X_N$	$X_d X_N$	$X_N Y$

Oui, 50% de garçons et de filles ne sont pas daltoniens

6°) Les individus qui transmettent le daltonisme sont les daltoniens mais aussi les femelles hétérozygotes. Ils sont marqués d'une croix.



Remarques :

a = cette fille est  $\frac{X^N}{x^d}$  car elle a reçu  $X^d$  de son père.

b = le génotype de la femme de Mohamed n'ayant pu être déterminé avec certitude, le doute subsiste donc.

c = cette fille est  $\frac{X^N}{v_d}$  car elle a reçu un  $X^d$  de sa mère.

d = ces deux garçons peuvent être soit :

a 333 000

Balcons  
Normaux

**L'un daltonien, l'autre normal**

On ne peut donc être catégorique quant à leur phénotype

III E6

Les individus malades sont tous des garçons : le caractère est donc lié au sexe ; compte-tenu que les mères sont saines et que l'homme est porteur des chromosomes X et Y, la tare apparaît récessive.

Sont saillies et que l'homme est porteur des chromosomes X et Y, la tare apparaît récessive. C'est donc le chromosome X qui porte le gène responsable de la dystrophie musculaire de Duchenne. On peut le noter par  $X^d$ . Soit  $X^D$  le chromosome portant le gène qui ne s'exprime pas. On peut le désigner par X.

Les génotypes sont donc les suivants :

Pour I : homme  $\frac{X^D}{Y}$ .

Pour II : femme conductrice  $\frac{X^d}{v^D}$ .

Pour III : homme malade  $\frac{X^d}{Y}$ .

### 3°) Le génotype des parents :

Père sain :  $\frac{X^D}{Y}$ .

Mère conductrice :  $\frac{X^d}{X^D}$ .

## Interprétation.

L'analyse du document D permet de constater que la garniture chromosomique de la fille décédée est normale : elle ne présente qu'un chromosome sexuel X (syndrome de Turner) ; le gène, bien que récessif, s'exprime.

22 A +  $X^d$  fécondé par 22 A + O = 44 A +  $X^d$ .  
 Ovule de la femme spermatozoïde normal fille malade décédée.

III. E7.

Les enfants malades ont des parents phénotypiquement sains : cette maladie est récessive. En tenant compte également du fait que seuls les descendants masculins sont atteints, on en déduit que c'est une maladie héréditaire liée au sexe, transmise par le chromosome sexuel X des mères qui sont porteuses, mais phénotypiquement saines.

On peut donc écrire  $X^m$  e chromosome sexuel portant l'allèle muté m.

Le génotype d'une petite fille malade serait  $X^mX^m$ . Le père aurait pour génotype  $X^mY$  et serait malade. Or, en général, les hommes meurent avant la puberté donc ne peuvent procréer.

Puisque les jumeaux 2 et 3 ne sont pas de même phénotype, c'est que leur génotype est différent.

Le jumeau n°2, malade, a donc hérité de sa mère le chromosome sexuel  $X^m$ , alors que le jumeau n°3 a hérité le chromosome X.

Ils proviennent donc de la fécondation de deux ovules différents par deux spermatozoïdes contenant chacun un chromosome sexuel Y. ce sont donc des faux jumeaux.

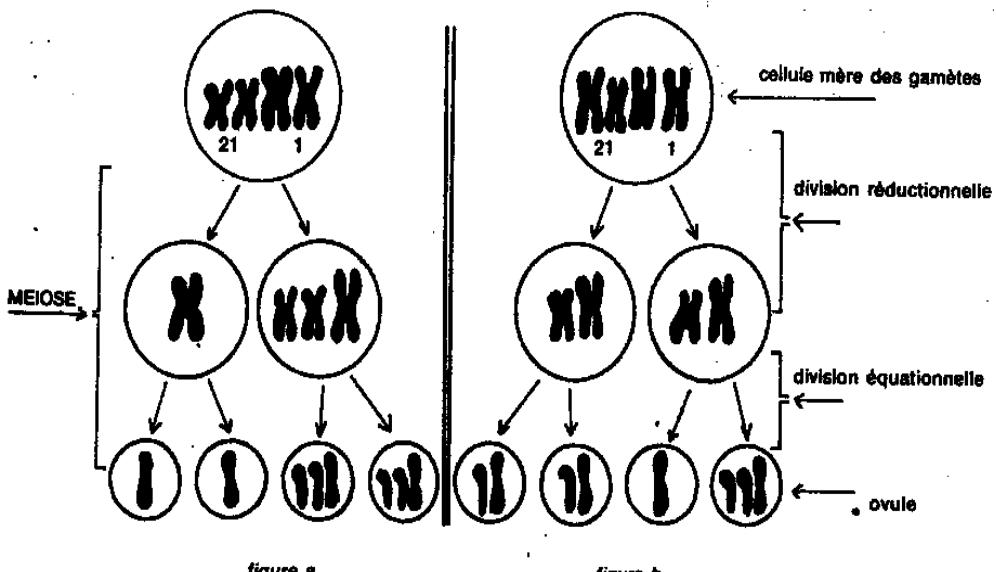
Comme le père est sain, de génotype  $\frac{X}{Y}$  et la mère conductrice, de génotype  $X^mX$ , les génotypes possibles du 3<sup>e</sup> enfant de sexe féminin sont donnés par l'échiquier suivant (le chromosome Y n'intervient pas) :

	$X_m$	X
X	$X_mX$	XX

fille porteuse      fille saine

### III.E8

- 1) Le caryotype du document I est constitué par 47 chromosomes (au lieu de 46) où le chromosome n°2 1 est représenté 3 fois au lieu d'une paire ; c'est la Trisomie n° 2 1.
- 2) Formule chromosomique : 45 autonomes + 2 chromosomes sexuels (XX).  
Sexe de l'enfant : la présence de XX dans son caryotype indique qu'il s'agit d'une fille.
- 3)



Document II

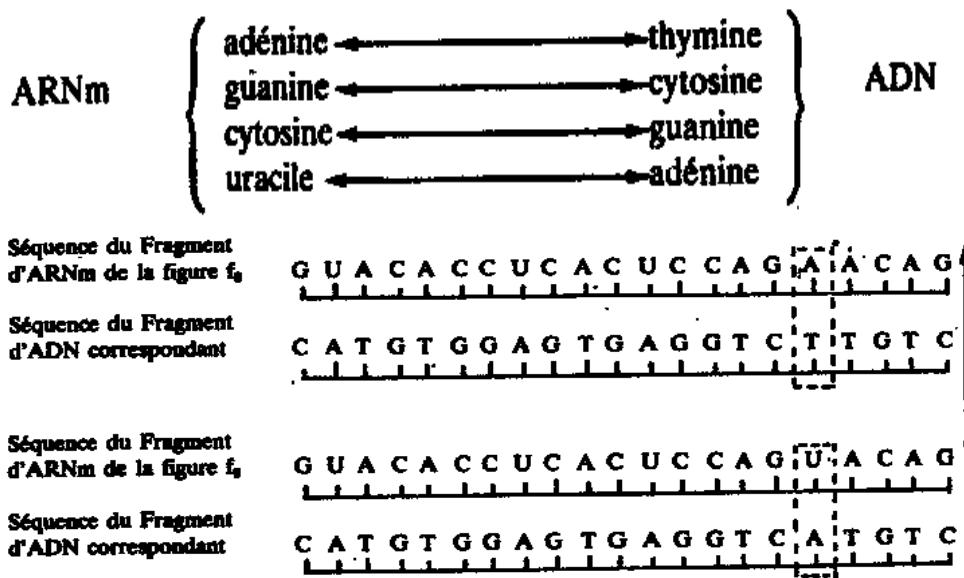
4) Figure a : pas de ségrégation des chromosomes homologues de la paire 21 au cours de la division réductionnelle, d'où la formation de gamètes tous anormaux. Figure b : ségrégation normale des chromosomes homologues de la paire 21 au moment de la division réductionnelle ; mais pas de ségrégation des chromatides du chromosome 21 pendant la division équationnelle de l'une des cellules, d'où la formation de 50 % de gamètes normaux et 50 % de gamètes anormaux.

#### F. Le mode d'action des gènes, le code génétique et la transcription de l'information génétique

##### III.F1

1) Chaque fragment d'ARNm a été synthétisé à partir d'un brin de la molécule d'A.D.N.

La séquence en bases azotées de l'ARNm est complémentaire de celle du brin d'ADN selon le schéma suivant :



2) L'hémoglobine est une protéine dont la séquence est codée par l'ARNm. On sait que chaque codon (c'est à dire un triplet de 3 nucléotides, donc de 3 bases azotées successives) est lié à un acide aminé.

Chaque fragment d'ARNm comprend donc 7 codons, lesquels codent une séquence de 7 acides aminés. Il suffit de se reporter au tableau pour trouver l'acide aminé correspondant à chaque codon.

Ainsi pour la figure f<sub>8</sub> la séquence d'acides amenés est la suivante :

valine - histidine - leucine - thréonine - proline [ acide glutamique ] acide glutamique

Pour la figure f<sub>9</sub>, la séquence est :

valine - histidine - leucine - thréonine - proline [ valine ] acide glutamique.

3) En conclusion, la drépanocytose est due à une variation de la structure de l'hémoglobine. Cette variation concerne le 6<sup>e</sup> acide aminé.

Celui-ci est de l'acide glutamique dans l'hémoglobine normale. Il est remplacé par la valine dans l'hémoglobine S. Cette modification est due au remplacement de la 17<sup>e</sup> base azotée de l'A.D.N. : la thymine est remplacée par de l'adénine sur l'A.D.N. codant l'hémoglobine S.

Cette modification est une mutation. La drépanocytose est donc une maladie héréditaire.

### III.F2

A. 1) Cette variation est une mutation, car elle apparaît brusquement et est immédiatement héréditaire.

2) Les cellules (a) peuvent vivre sur un milieu dépourvu de l'enzyme TK.

Elles sont donc capables de faire la synthèse de cette enzyme. Leur phénotype est [TK<sup>+</sup>] : c'est le type sauvage.

Les cellules (b) sont incapables de faire la synthèse de l'enzyme TK. Leur phénotype est [TK<sup>-</sup>] : type mutant.

B. 1) D'après ce qui précède le virus possède le phénotype [TK<sup>+</sup>], les cellules (b) de souris le phénotype [TK<sup>-</sup>]. Au contact de l'ADN du virus [TK<sup>+</sup>] certaines cellules [TK<sup>-</sup>] de souris sont transformées en cellules [TK<sup>+</sup>] C'est le phénomène de la transformation . Les cellules de souris [TK<sup>-</sup>] ont donc acquis le nouveau caractère [TK<sup>+</sup>] qui ne peut être apporté que par un fragment d'ADN du virus [TK<sup>+</sup>].

Ce fragment d'ADN porteur du gène TK<sup>+</sup> a dû être incorporé dans l'ADN chromosomique de quelques cellules (b) de souris qui deviennent des cellules capables de faire la synthèse de l'enzyme thymidine-kinase.

2) Les nouvelles colonies de cellules [TK<sup>+</sup>] sont formées d'individus tous issus par reproduction conforme d'une seule cellule transformée ; elles possèdent toutes les mêmes caractères dont le caractère [TK<sup>+</sup>]. Elles forment donc un clone.

3) Le caractère [TK<sup>+</sup>] est l'expression d'un gène qui est un fragment d'ADN incorporé à un chromosome.

Au cours de la duplication de l'ADN précédent chaque mitose (interphase), le gène

$TK^+$  est reproduit de manière conforme puis est transmis aux cellules-filles à la fin de chaque division cellulaire.

C. 1) Oui, il existerait des gènes du cancer. Les cellules normales ont été " transformées " en cellules cancéreuses par incorporation d'un fragment d'ADN porteur du gène du cancer. L'ADN est le support chimique des caractères héréditaires.

2) Les substances cancérigènes seraient mutagènes.

Elles produiraient une mutation (modification héréditaire) du gène régulateur qui ne produirait plus de répresseur efficace. Le gène du cancer s'exprime alors. (L'induction par blocage du répresseur est exclue : cela n'expliquerait pas le caractère d'emblée héréditaire).

# SUPPLEMENT

# Centre de Rabat

## Mai 85

### ENONCES

#### **A. Premier problème.**

On se propose d'étudier les facteurs intervenant dans la durée de la gestation et dans la parturition chez les mammifères. Les recherches ont été faites sur les brebis dont la gestation dure 135 jours et la parturition (mise-bas) une douzaine d'heures.

**I.** L'étude de certaines anomalies constatées dans la durée de la gestation a conduit des chercheurs à réaliser une série d'expériences :

- LEGGINS détruit l'hypophyse fœtale au cours du troisième mois de gestation. Il constate une prolongation de la durée de gestation.
- Il perfuse un autre fœtus avec une hormone hypophysaire, l'ACTH, cette perfusion est réalisée plusieurs semaines avant la fin de la gestation. Il constate une mise-bas prématurée.
- Le même résultat (mise-bas prématurée) est obtenu chez d'autres brebis en perfusant le fœtus avec du cortisol fœtal, hormone secrétée par les surrénales.
- parallèlement à ces travaux, une autre équipe de chercheurs procède à l'ablation des surrénales fœtales, ce qui entraîne une prolongation de la durée de la gestation.

1°) Quels renseignements vous apportent ces expériences?

2°) En vous appuyant sur ces renseignements et sur vos connaissances, établissez sous forme d'un schéma simple, la relation entre les structures et les facteurs du fœtus qui interviennent dans le déclenchement de la mise-bas. (La reproduction des structures n'est pas exigée).

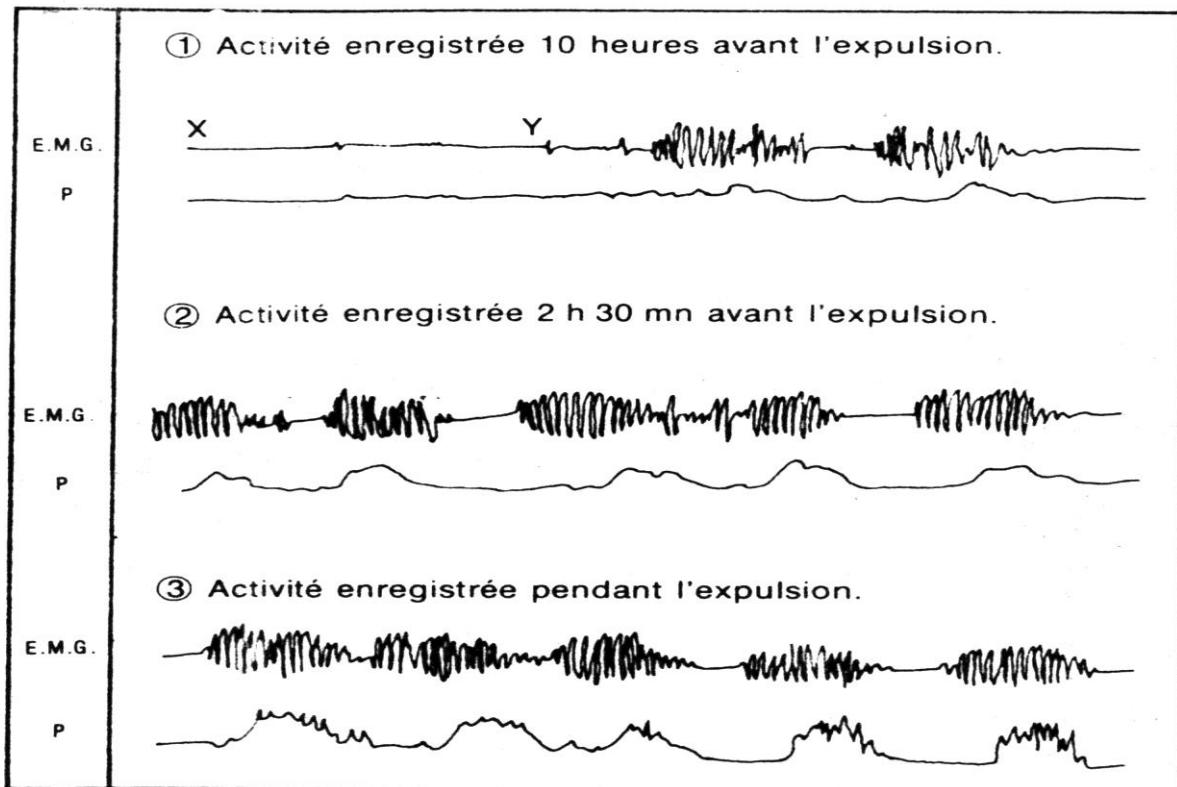
**II.** D'autres expériences ont permis d'étudier l'activité utérine et ses causes lors de la parturition :

- Sans porter d'excitation, on procède à l'enregistrement de l'activité électrique du myomètre (électromyogramme = E.M.G.) et à celui de la variation de la pression intra-utérine (P) chez la brebis. Les résultats obtenus sont représentés par le document A

3°) Analysez avec précision ces enregistrements.

4°) Quelle relation pouvez-vous établir entre ces deux types d'enregistrements ?

5°) A quel état physiologique du myomètre correspond la première partie XY de l'enregistrement 1 du document A ? Justifiez votre réponse. Comment pouvez-vous l'expliquer ?



#### Document A

En 1974, deux chercheurs ROUSSEAU et PRUD'HOMME ont montré que la progestérone inhibe la propagation des potentiels d'action entre des cellules de muscle utérin en culture.

6°) Ce résultat vous permet-il de confirmer votre réponse à la question 5 ? Justifiez.

La perfusion du fœtus avec une solution contenant du cortisol provoque une diminution du taux de progestérone et une augmentation du taux d'œstrogènes, ce qui entraîne une mise-bas prématurée. On sait d'autre part que la progestérone se transforme en œstrogène par des réactions biochimiques.

7°) Par quel moyen le cortisol fœtal provoque-t-il la mise-bas.

Des recherches récentes ont montré qu'une substance chimique appelée prostaglandine, secrétée par l'utérus, est le principal responsable des contractions utérines. Sa synthèse est activée par les œstrogènes, son action est inhibée par la progestérone.

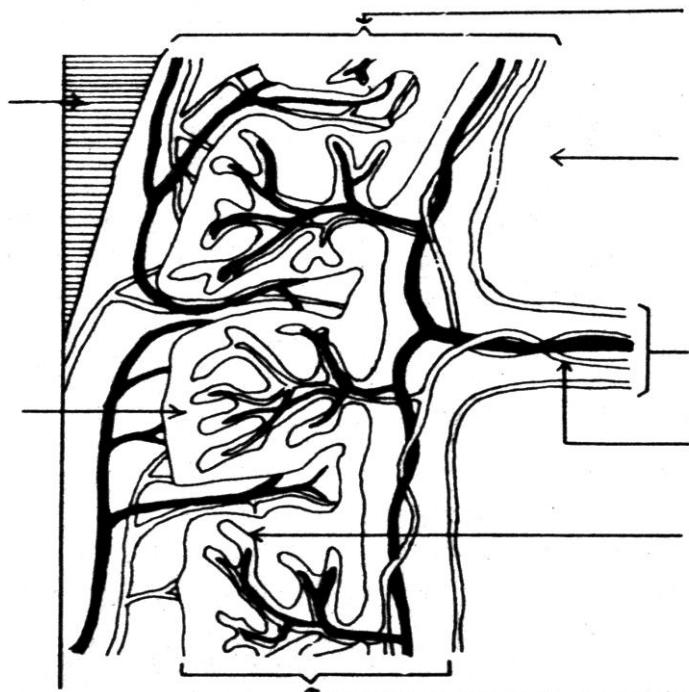
8°) Quelles relations pouvez-vous maintenant entre le cortisol fœtal et le déclenchement des contractions utérines ?

La brebis (comme la femme) libère une hormone qui agit directement sur l'utérus pour entretenir ses contractions pendant la mise-bas.

9°) Quelle est cette hormone ?

En résumé :

10°) Les structures représentées sur le document B sont le lieu d'action des différents facteurs vus précédemment. Annotez ce document.



## Document B

11°) Toutes les expériences précédentes ont permis de mettre en évidence les facteurs qui interviennent dans la parturition chez la brebis. Regroupez les relations qui existent entre ces facteurs en un schéma de synthèse.

### B. Deuxième problème

Chez Neurospora, il existe deux types de thalles haploïdes nommés A et a. la fécondation n'est possible qu'entre un ascogone et une microconidie appartenant à deux thalles différents (l'autofécondation est impossible).

Sur un milieu de culture, on réalise un croisement entre deux souches de *Neurospora* :

La 1<sup>re</sup> souche de type A nécessite pour son développement la présence d'un acide aminé la leucine (Leu<sup>+</sup>).

La 2<sup>e</sup> souche de type a se développe en absence de leucine ( $\text{Leu}^+$ ).

Les spores issues de ce croisement sont réparties comme suit :

875 Aleu

875 a Leu<sup>+</sup>

125 Aleu<sup>+</sup>

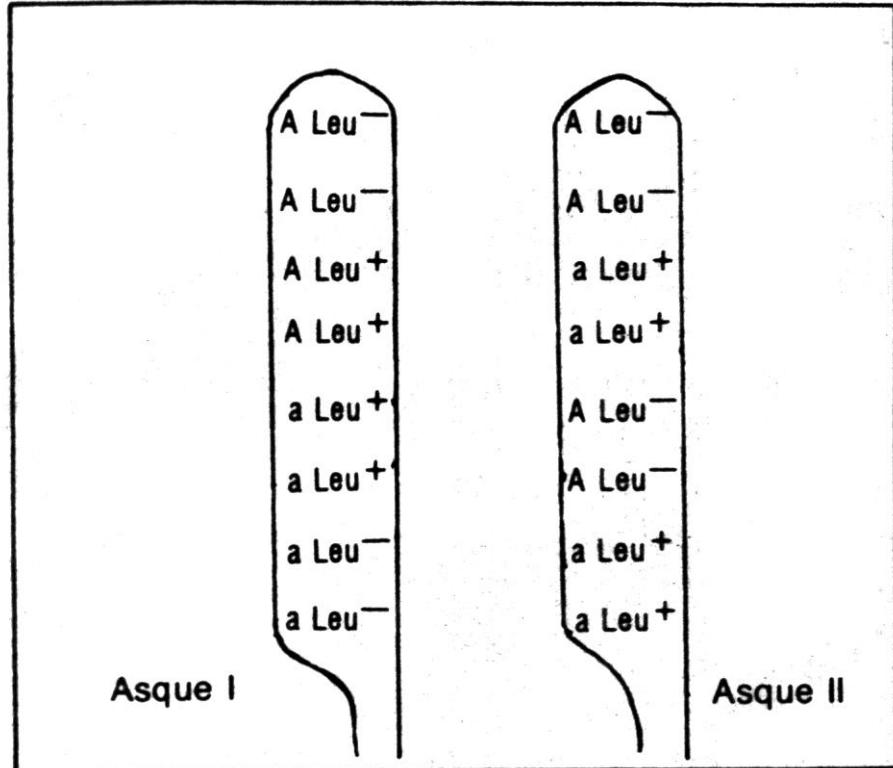
125 a Leu

125 à 150

2°) sachant que pour le couple d'allèles ( $A, a$ ) la poursuite

2') sachant que pour le couple d'allèles (A, a) le pourcentage de pré-reduction est de 84% et que les deux locus sont situés du même côté du centromère, établissez la carte factorielle pour les deux couples d'allèles en question.

3') A l'aide de schémas, expliquez comment on obtient les deux types d'asques du document C issu du croisement précédent.



Document C

# Centre de Rabat

## Mai 85

### Corrigés

#### A. Premier problème.

I. 1°) Des quatre expériences décrites on peut déduire que :

- L'hypophyse fœtale est indispensable pour que la parturition se produise à la date normale.
- L'hormone hypophysaire l'ACTH est responsable de la mise-bas prématurée.
- Le cortisol entraîne une mise-bas prématurée puisque l'ablation des surrénales provoque une prolongation de la durée de la gestation.

2°) Un schéma simple montrant les relations entre les structures et les facteurs du fœtus qui interviennent dans la mise-bas peut-être établi comme suit :

Hypothalamus → hypophyse → ACTH → surrénale → cortisol → utérus (mise-bas)

II. 3°) L'étude des enregistrements montre que :

Le début du travail utérin se produit environ 10 heures avant l'expulsion (mise-bas).

Les phénomènes électriques sont caractérisés par des trains de potentiel d'action dont la fréquence augmente de 2h30 avant l'expulsion et pendant l'expulsion.

La pression intra-utérine augmente de la même façon.

4°) Un léger décalage dans le temps apparaît entre les variations électriques et celles de la pression intra-utérine. Les phénomènes électriques sont donc à l'origine des contractions du muscle utérin qui entraîne une augmentation de la pression intra-utérine.

5°) La partie XY de l'enregistrement 1 du document A correspond au silence utérin car elle ne présente pas de potentiel d'action. Ce silence s'explique par le taux élevé de progestérone, hormone responsable de la gestation.

6°) Ce résultat confirme que la progestérone est responsable du silence utérin puisqu'elle inhibe la naissance des potentiels d'action indispensables à toute contraction.

7°) Le cortisol provoque la mise-bas en favorisant la transformation de la progestérone en œstrogènes.

8°) Le cortisol fœtal favorise la transformation de la progestérone en œstrogène. Il en résulte une augmentation du taux d'œstrogènes et une diminution de celui de la progestérone.

Le taux élevé d'œstrogènes active la synthèse de la prostaglandine.

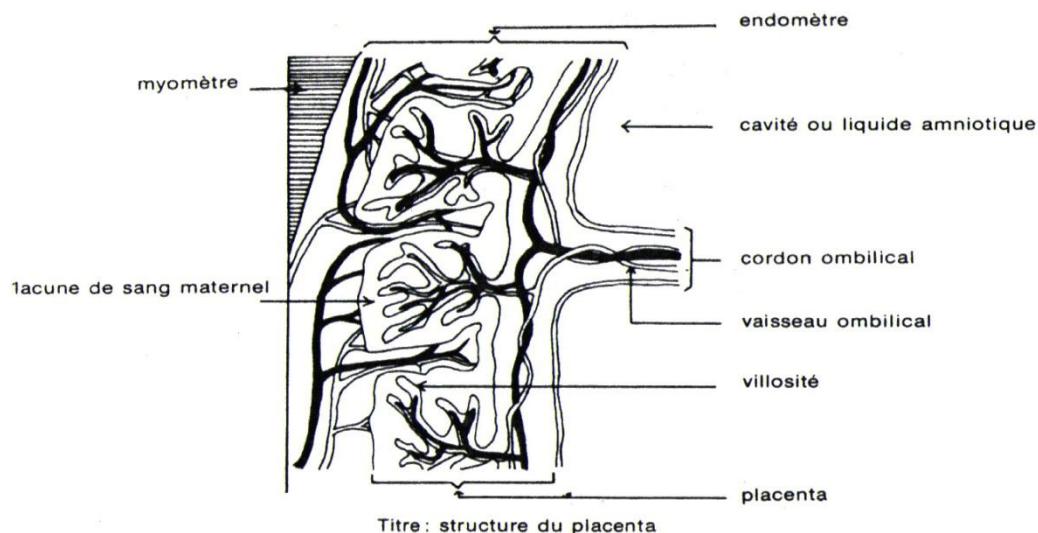
Le taux bas de la progestérone lève l'inhibition exercée sur l'action de la prostaglandine.

En conséquence, la prostaglandine déclenche les contractions utérines.

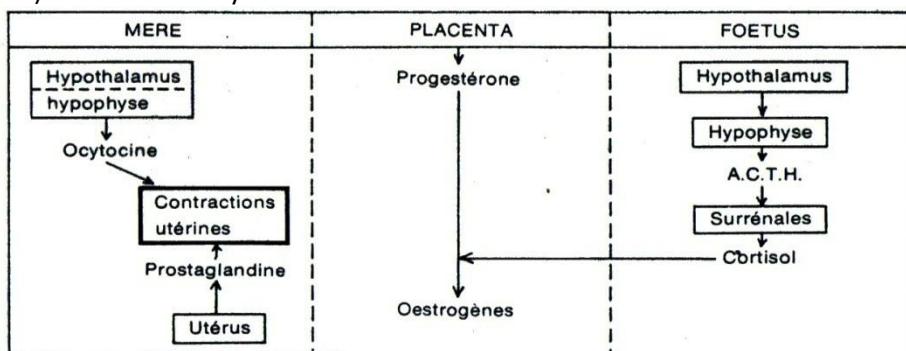
9°) Il s'agit de l'ocytocine.

Elle est sécrétée par l'hypothalamus et libérée par la posthypophyse.

10°) Annotation du document B :



11°) Le schéma de synthèse :



### Deuxième problème.

1°) Le croisement est effectué entre deux individus différents par deux caractères (deux couples d'allèles) : il s'agit d'un dihybridisme.

Le nombre d'asques de type parental (1750) est très supérieur à celui du type recombiné (250) : les gènes sont liés.

2°) Le pourcentage de post-réduction pour le couple d'allèles (A, a) est de  $100-84 = 16$ . On sait que dans un asque, post-réduit, la moitié des ascospores seulement a subit une recombinaison dans la région entre le gène et le centromère.

La distance entre le centromère-locus (A, a) =  $\frac{16}{2}$  soit 8 centimorgans.

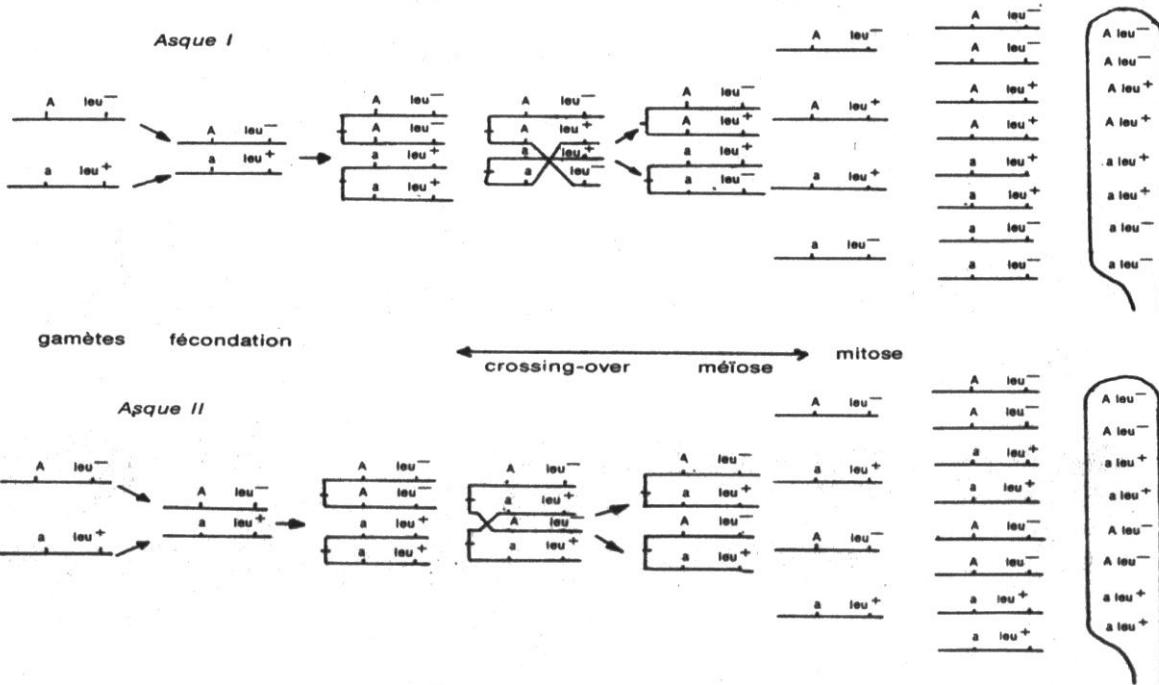
Le pourcentage de recombinaison pour les deux couples d'allèles est :  $\frac{250 \times 100}{2000} = 12,5\%$

La distance locus (A, a), locus (Leu<sup>+</sup>, Leu<sup>-</sup>) = 12,5 centimorgans.

Carte factorielle :



3°)



# Centre de Rabat

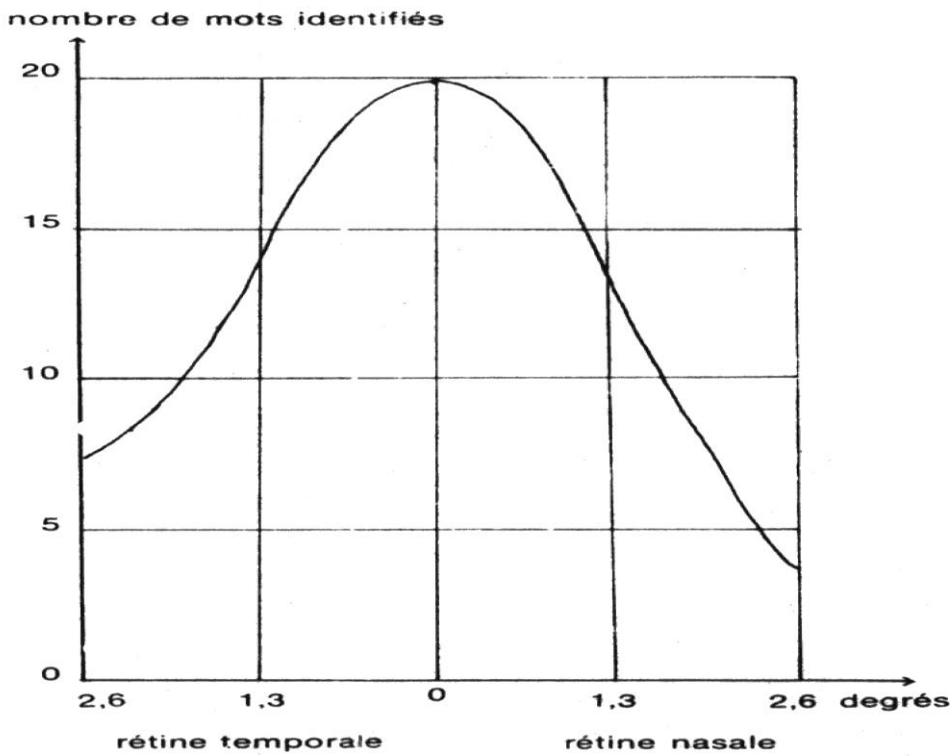
## juin 85

### Enoncés

#### Premier problème

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.

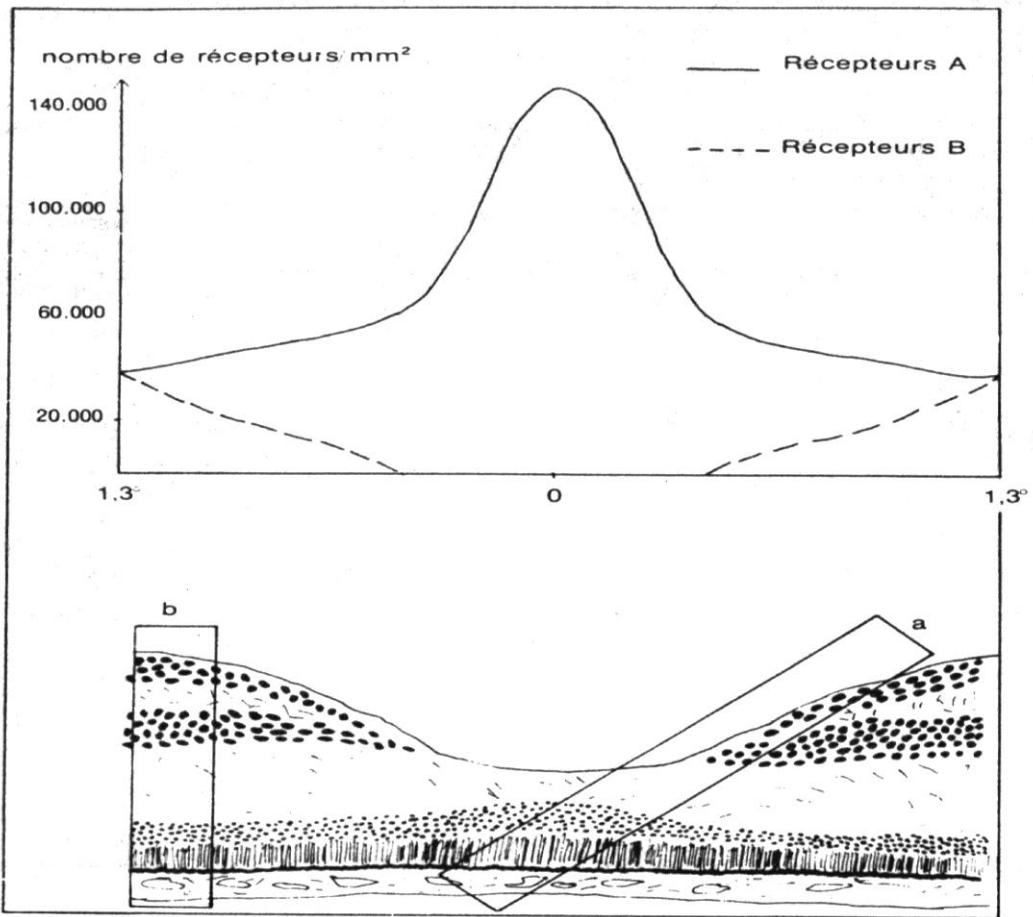


figure 2

- 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 à 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 ?
- Deuxième problème.**
- I. HENNEMAN et ses collaborateurs étudient chez un chat anesthésié les propriétés de nombreuses structures identiques à celle représentée dans la partie encadrée de la figure 1.

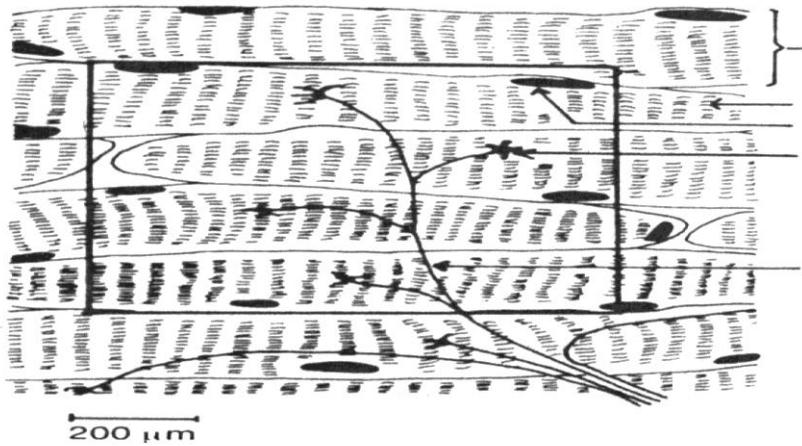


figure 1

Après avoir isolé, au niveau de la racine antérieure du nerf sciatique, une centaine de fibres motrices innervant le muscle gastrocnémien, ils les ont excités séparément et utilisant des fréquences différentes. Ils enregistrent la contraction du muscle à la suite de l'excitation d'une fibre motrice, toutes les autres fibres étant alors au repos.

La figure 2 représente les myogrammes obtenus pour deux structures étudiées (A et B) du muscle gastrocnémien.

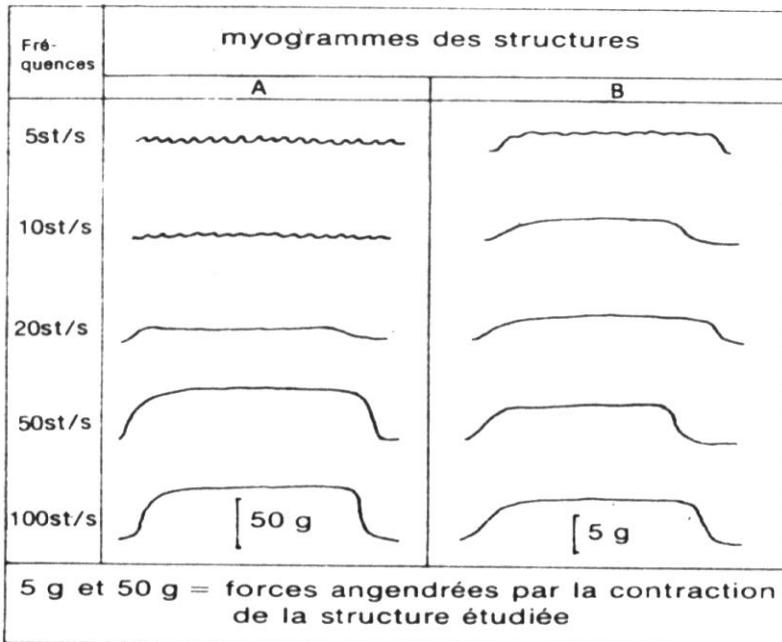


figure 2

- 1°) Annotez la figure 1 et identifiez la structure encadrée.
  - 2°) Que représentent les myogrammes obtenus pour 5 et 50 stimulations par secondes ?
  - 3°) Quelles remarques pouvez-vous faire en comparant les enregistrements obtenus pour A et B ?
- II. Un autre chercheur BURKE et ses collaborateurs excitent deux autres structures (C et D) de muscle gastrocnémien du chat à la fréquence de 40 stimulations par seconde. L'expérience est répétée toutes les secondes. La figure 3 représente les enregistrements m1 et m2 obtenus pour chacune des structures :

Les myogrammes m<sub>1</sub> sont obtenus lors d'une série d'excitations à différents moments de l'expérience. Les myogrammes m<sub>2</sub> sont obtenus tout au long de l'expérience avec une vitesse de rotation très faible du cylindre d'enregistrement. (Afin de simplifier ces enregistrements, des réponses à plusieurs stimulations ont été représentées par un seul bâton)

4°) Quelle nouvelle remarque pouvez-vous maintenant faire sur les structures C et D ?

5°) En vous basant uniquement sur les résultats de toutes les expériences précédentes, quelle conclusion pouvez-vous tirer sur le fonctionnement du muscle ?

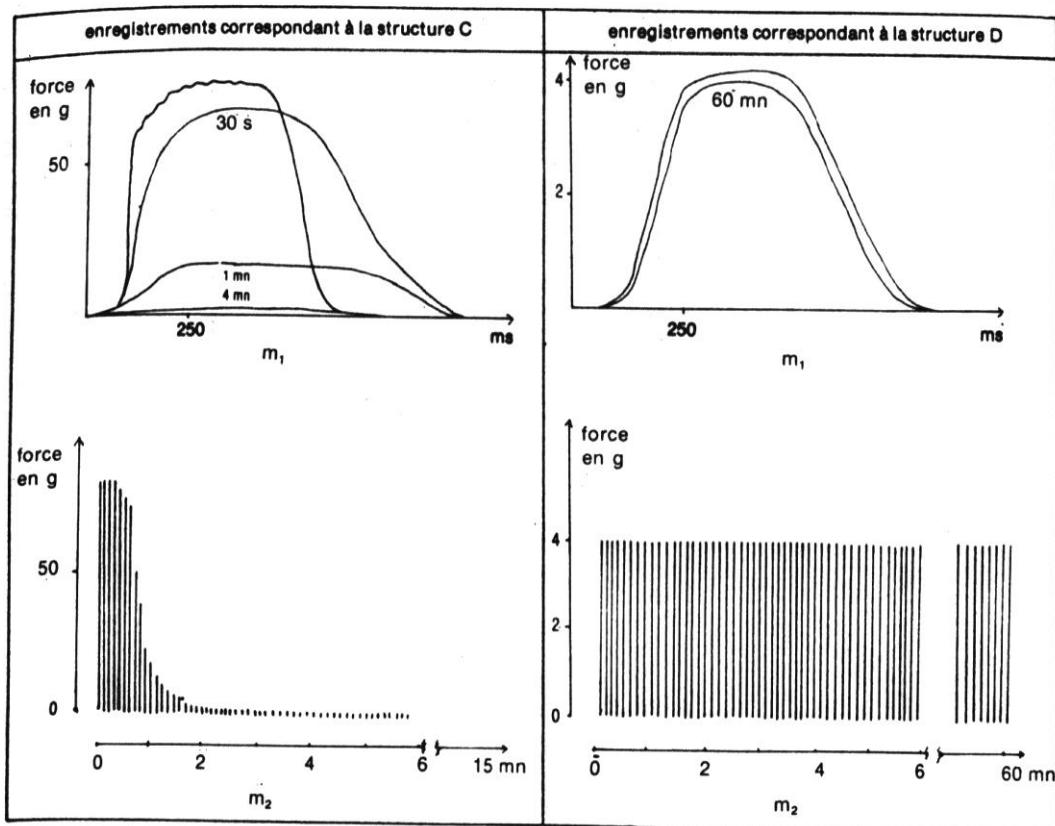


figure 3

# Centre de Rabat

## Juin 85

### Corrigés

## Premier problème.

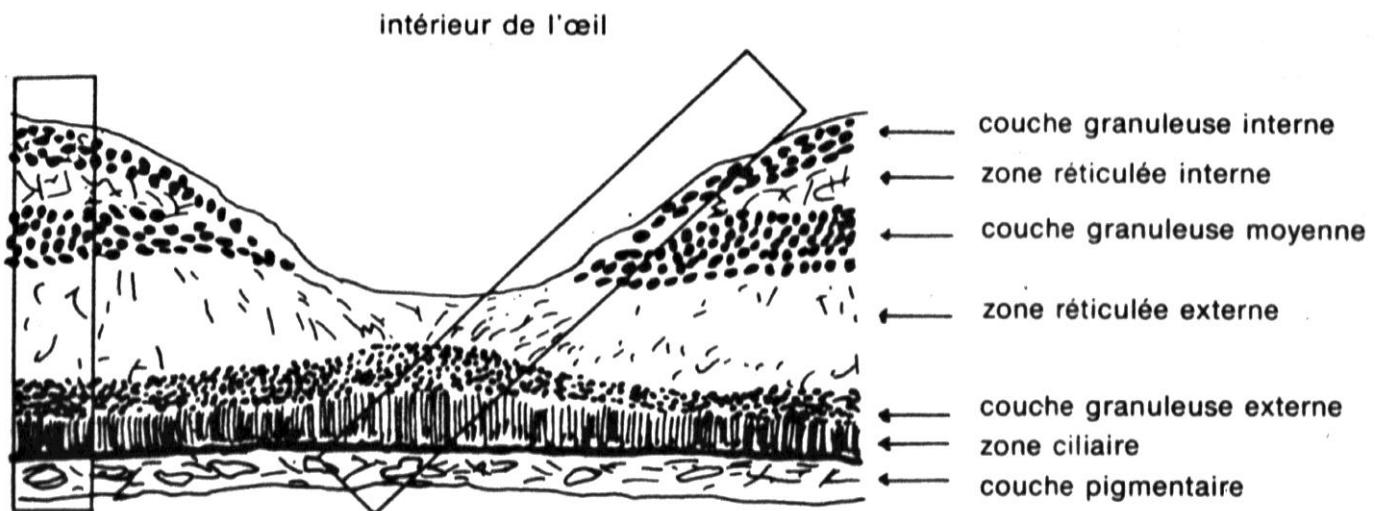
### 1°) Analyse de la courbe.

Tous les mots présentés sur l'axe optique sont identifiés.

Le nombre de mots identifiés diminue au fur et à mesure qu'on les éloigne de l'axe optique.

Le nombre de mots identifiés est plus grand du côté temporal que du côté nasal.

2°) Il s'agit d'une coupe de la rétine au niveau de la fovéa.



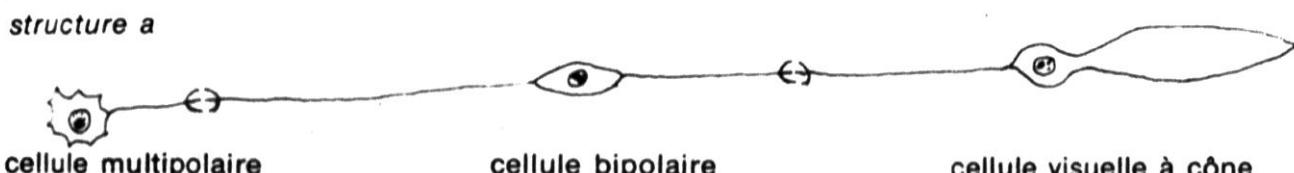
## **extérieur de l'œil**

3°) Les récepteurs A sont des cellules visuelles à cônes.

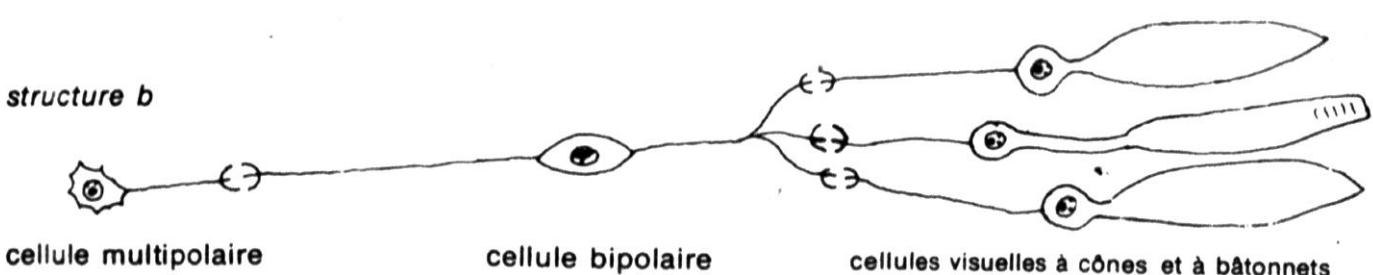
Les récepteurs B sont des cellules visuelles à bâtonnets.

4°)

### **structure a**



### structure b

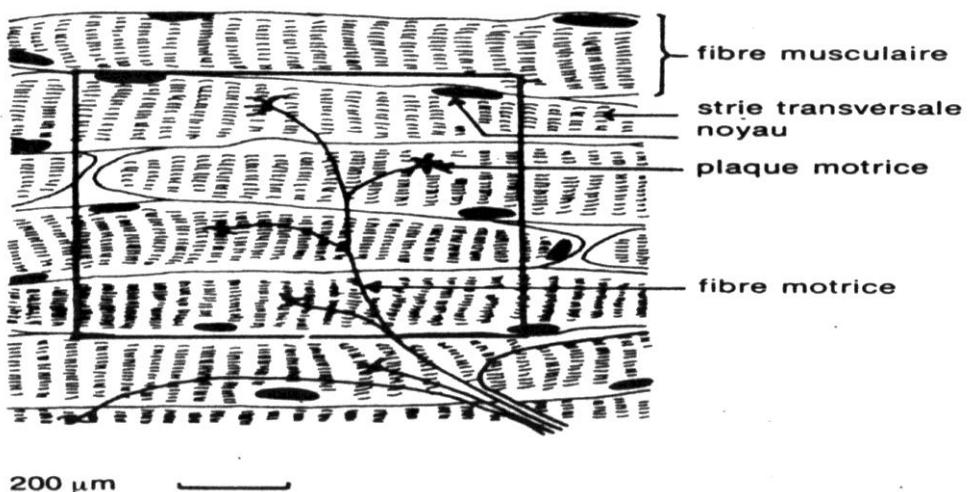


5°) – L'identification de tous les mots présentés sur l'axe optique s'explique par le nombre très élevé de cellules visuelles à cônes ( $150.000/mm^2$ ) au niveau de la fovéa.

- la diminution du nombre de mots identifiés de part et d'autre de l'axe optique correspond à la diminution progressive du nombre de cellules visuelles à cônes de part et d'autre de la fovéa.
  - A écartement égal, le nombre de mots identifié est supérieur du côté temporal que du côté nasal, alors que le nombre de cônes diminue de façon identique des deux côtés.
- La structure linéaire de la rétine au niveau de la fovéa permet une vision très fine, nette. La structure convergente de part et d'autre de la fovéa permet une vision moins nette.
- 6°) Les messages visuels provenant de la rétine temporale de l'œil gauche aboutissent directement dans l'hémisphère cérébral gauche dans lesquels sont situés les deux centres.
- Par contre, les messages visuels provenant de la rétine nasale de l'œil gauche doivent passer par l'hémisphère cérébral droit. D'où la supériorité de l'identification des mots du côté temporal.

## Deuxième problème.

I. 1°)



2°) – Pour cinq stimulations par seconde :

Le myogramme de la structure A représente des secousses isolées.

Le myogramme de la structure B représente un tétanos imparfait.

Pour 50 stimulations par seconde :

Les myogrammes des structures A et B représentent des tétanos parfaits.

3°) – Le tétanos parfait est obtenu plus rapidement dans le cas de la structure B (10 st/s) que dans le cas de la structure A (50 st/s).

La structure A développe au cours d'un tétanos parfait une tension dix fois plus grande que celle développée par la structure B.

II. 4°) On remarque la structure C développe une force importante au début de l'expérience mais se fatigue rapidement (4 min).

La structure D développe une force relativement faible au début de l'expérience. Cette force est maintenue pendant une durée plus longue (60 mn). Cette structure donc mieux à la fatigue.

5°) Un muscle est un ensemble d'unités motrices différentes par leurs propriétés (excitabilité, force développée, résistance à la fatigue).

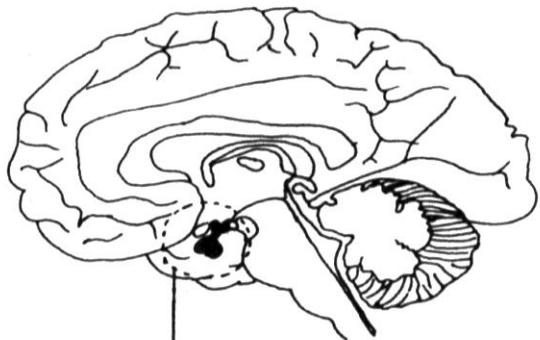
# Centre de Marrakech

Mai 85

## Enoncés

I. Les figures 1 et 2 représentent les structures anatomiques qui interviennent dans la fonction de reproduction chez les mammifères.

1°) Donnez un titre à chacun des dessins de ces figures et écrivez directement sur ce document, les noms des organes indiqués par les flèches (y compris les organes A et B).



Titre : .....

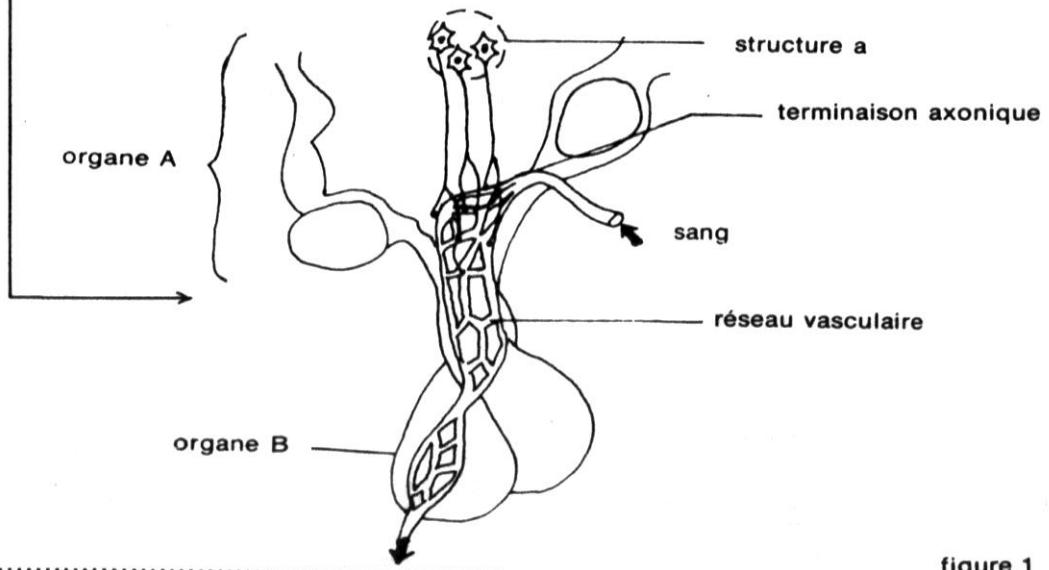
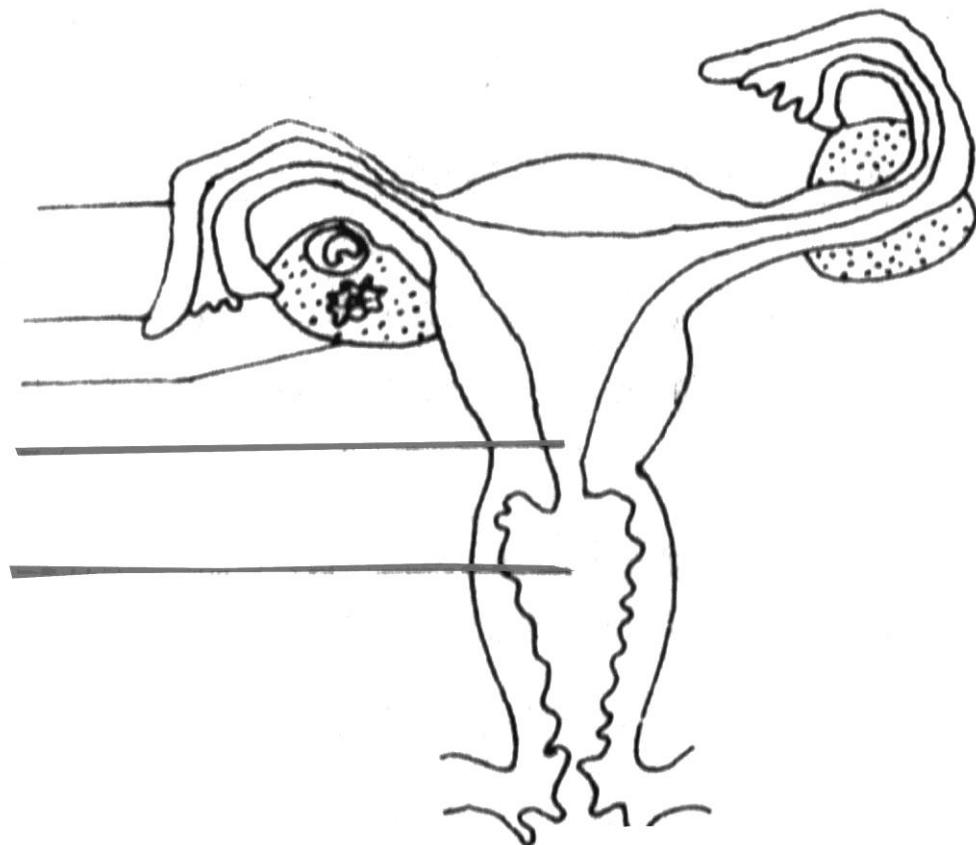


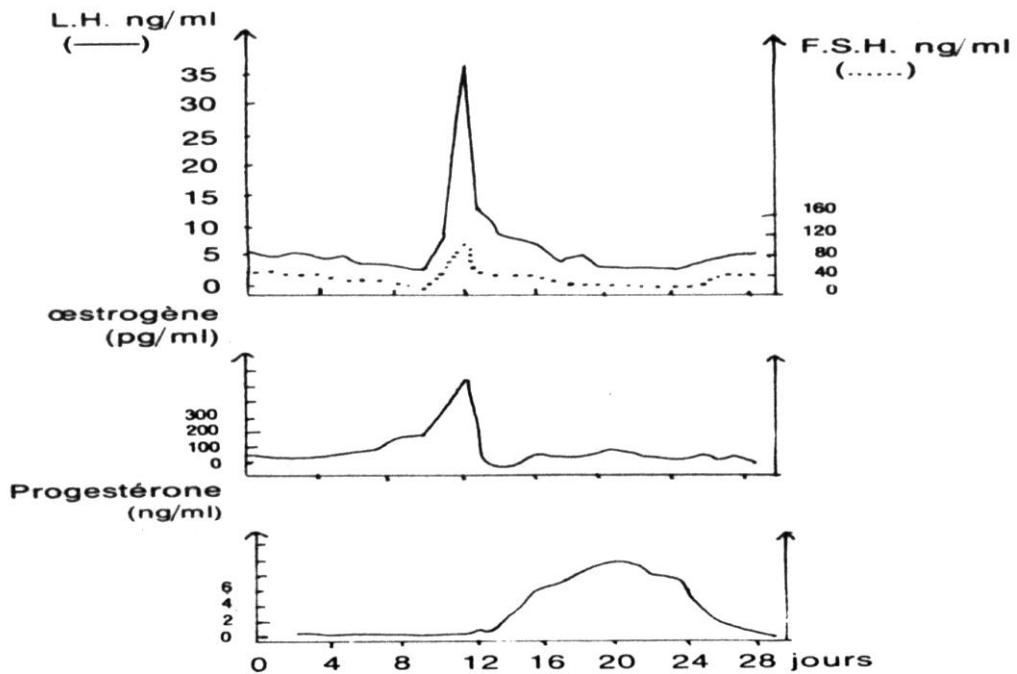
figure 1



*figure 2*

**Titre :** .....

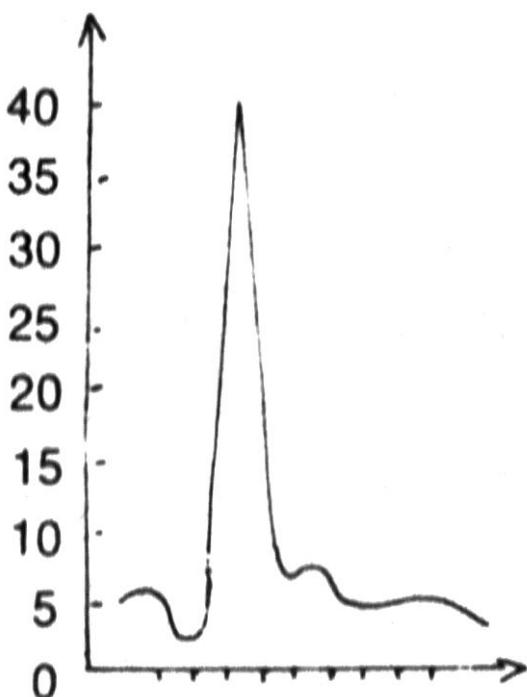
Les courbes de la figure 3 indiquent les variations des concentrations plasmatiques en hormones œstrogènes, progestérone, FSH et LH chez une guenon, au cours d'un cycle menstruel.



*figure 3*

- 2°) Précisez l'origine de ces hormones.
- 3°) Situez directement sur la figure 3, par rapport aux variations hormonales et grâce à une légende appropriée, les différentes phases et les événements caractéristiques du cycle menstruel.
- II. Afin de mettre en évidence des relations entre les sécrétions hormonales présentées précédemment, on réalise les expériences suivantes :
- 1<sup>ère</sup> expérience : On injecte à une guenon, à partir du 3<sup>e</sup> jour de son cycle de fortes doses quotidiennes d'ostéogènes. La figure 4 représente la variation des concentrations plasmatiques en LH et en œstrogènes à la suite de ces injections.

L.H. plasmatique (ng/ml)



œstrogènes plasmatiques (pg/ml)

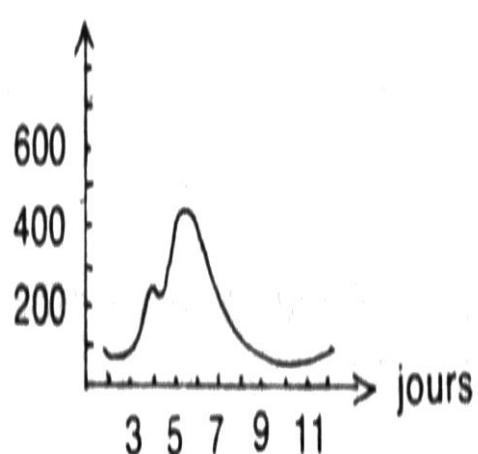


figure 4

1°) Quelle est la concentration maximale atteinte par l'hormone œstrogène ?

2°) Quel est l'effet de ces injections sur la sécrétion de LH ?

2<sup>e</sup> expérience : Après avoir enlevé à une guenon ses deux ovaires, on effectue pendant plusieurs jours des dosages sanguins fréquents (toutes les 20 mn) de LH. Les résultats de ces dosages sont indiqués par la courbe de la figure 5.

L.H. plasmatique (ng/ml)

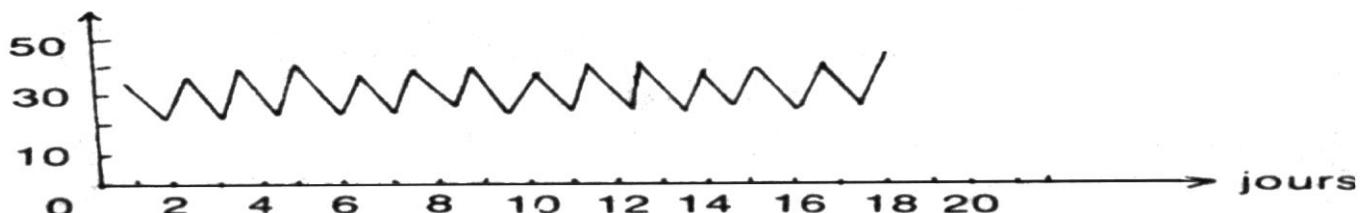


figure 5

3°) Quelles sont les caractéristiques de cette courbe par rapport à sa correspondance sur la figure 3 ?

3<sup>e</sup> expérience : On injecte régulièrement, pendant 4 jours, à cette guenon castrée, de faibles doses d'œstrogène. Les résultats de cette expérience sont présentés par la figure 6.

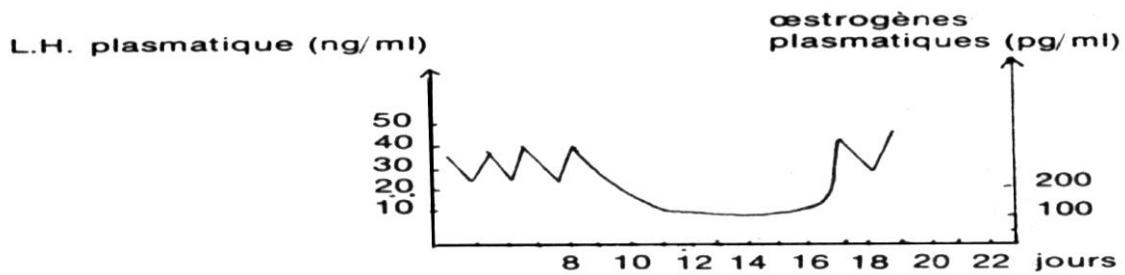


figure 6

4°) Que peut-on déduire de ces résultats ?

5°) En considérant l'ensemble des courbes 3, 4, 5 et 6 précisez les relations existant entre les organes responsables des sécrétions hormonales présentées.

III. En vue d'étudier la commande de la régulation hormonale de la fonction de reproduction, E. KNBIL et son équipe ont, en 1974, réalisé les expériences suivantes :

1<sup>ère</sup> expérience : ils effectuent chez des guenons et des rates adultes, l'ablation d'une structure précisément localisée structure « a » de l'organe « A » (voir figure 1). L'opération supprime les sécrétions de LH, de FSH, d'œstrogènes et de progestérone.

1°) Qu'apporte cette expérience quant à la commande de ces sécrétions hormonales ?

2<sup>ème</sup> expérience : Chez des guenons intacts, ils sectionnent toutes les connections nerveuses de l'organe A afin d'isoler ce dernier du reste du cerveau. Cette intervention n'a aucun effet sur les sécrétions hormonales, qui restent normales.

3<sup>ème</sup> expérience : Chez les guenons sur lesquelles a été réalisée l'expérience précédente, E.KNOBIL place des microélectrodes à la surface des neurones de la structure « a » et découvre que ces neurones émettent des potentiels d'action rythmiques.

2°) Sachant que la structure « a » sécrète une hormone, la GnRH, formulez une hypothèse sur le mécanisme déclenchant la sécrétion de LH et de FSH.

Le deuxième expérience réalisée chez des rates intactes entraîne la suppression des sécrétions hormonales.

3°) Quels rapports peut-on établir entre les faits rapportés par la 2<sup>ème</sup> expérience et le fait que chez la rate, l'ovulation est provoquée (accouplement), alors qu'elle est spontanée chez la guenon ?

Les expériences suivantes ont été réalisées par d'autres chercheurs.

4<sup>ème</sup> expérience : Chez des guenons adultes, ils prélèvent l'organe B (voir figure 1) et le réimplante immédiatement dans une autre région de l'organisme des mêmes animaux (sous la peau par exemple). L'organe transplanté, convenablement vascularisé, reste vivant. Pourtant, les animaux opérés réagissent comme s'ils n'avaient plus cet organe et présentent en particulier un arrêt des sécrétions de LH, FSH, œstrogènes et de progestérone.

5<sup>ème</sup> expérience : L'organe B peut-être cultivé in-vitro ; cependant, il ne produit ces hormones habituelles qu'à la condition d'être mis en présence de fragments prélevés dans la structure « a » de l'organe A.

4°) Montrez en quoi les faits rapportés par ces deux dernières expériences s'accordent avec les résultats des 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> expériences du paragraphe III.

## B. Deuxième problème.

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).

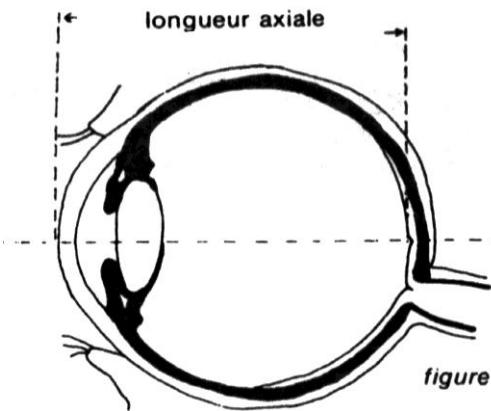


figure 7

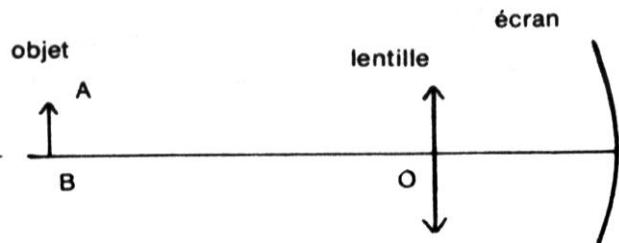


figure 8

- 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 quel 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.

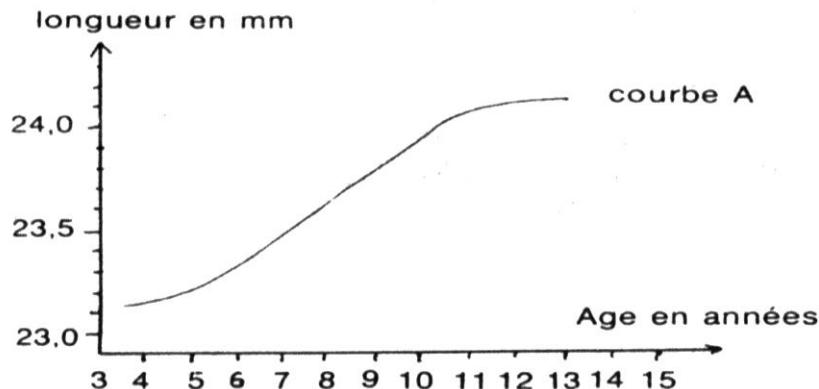


figure 9

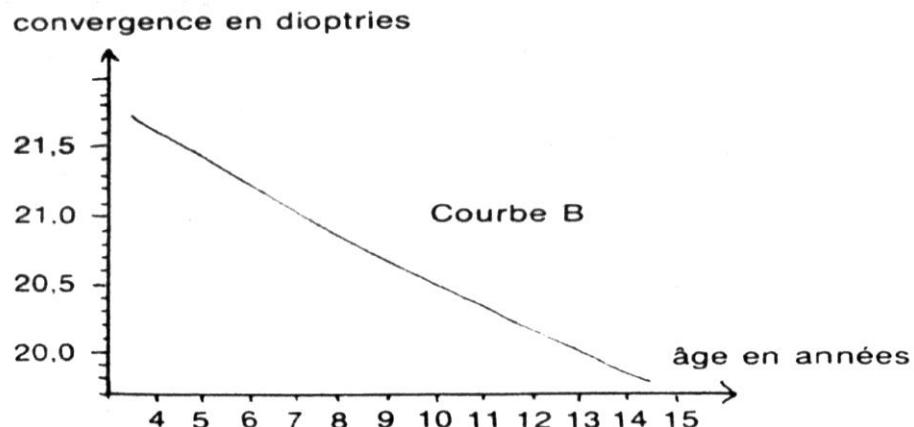
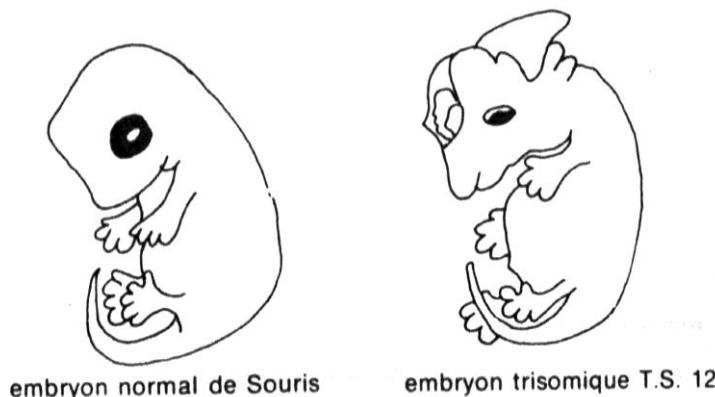


figure 10

- 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  $23 \pm 1$  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 ?

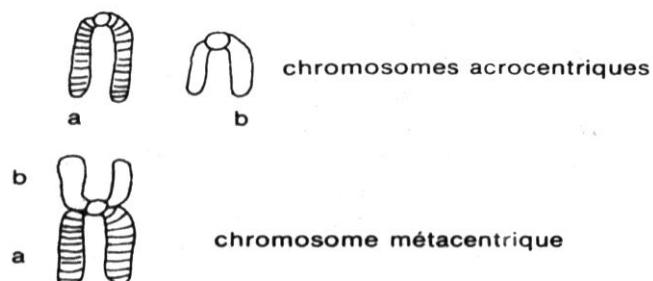
### C. Troisième problème.

**I.** Sur la figure 1, l'embryon de souris de droite n'est pas viable car, il présente un chromosome additionnel à la paire de chromosome n°12 (trisomie TS 12). Il en résulte, une non fermeture de la calotte crânienne et un éversement du cerveau. Il devient aujourd'hui possible d'obtenir à volonté cette anomalie.



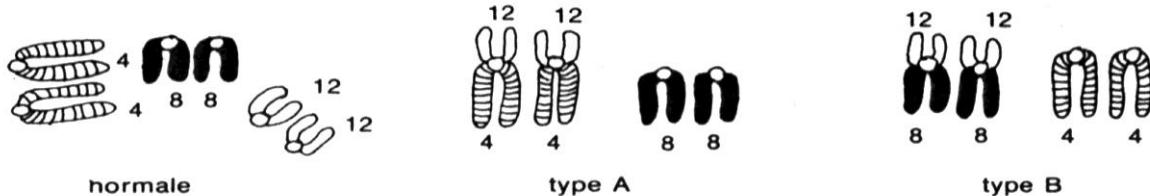
**figure 1**

Chez les souris, les chromosomes sont acrocentriques (figure2) en ce sens que leur centromère est terminal. Dans certains cas, 2 chromosomes acrocentriques peuvent se souder en perdant un centromère. Ils forment alors un chromosome métacentrique (fig 2). Ainsi, par exemple, chez une race de souris A, les chromosomes n°12 sont associés aux chromosomes n°4, les chromosomes n°8 restant acrocentriques (voir figure 3). Par ailleurs, chez une race de souris B, les chromosomes n°12 sont associés aux chromosomes n°8, les chromosomes n°4 restant acrocentriques (voir figure 3). Phénotypiquement, rien ne distingue les souris de type A et B, des souris normales ;



**figure 2**

## Assortiment chromosomique de cellules de Souris:



*figure 3*

1°) Cette dernière affirmation est-elle surprenante ? Répondez à la question en analysant les contenus chromosomiques.

2°) Donnez sous forme de schéma l'assortissement chromosomique 'en vous limitant aux chromosomes représentés ici), des gamètes produits par une souris A.

3°) Même question pour une souris B.

**II.** Si on croise une souris A et une souris B de sexe opposée, on obtient un individu C.

1°) Représentez sous forme de schéma l'assortiment chromosomique d'une cellule somatique de C.

Au cours de la gamétogénèse des souris C, la méiose est un peu particulière : le chromosome n°12 est totalement passif et accompagne simplement le chromosome sur lequel il est soudé.

2°) Représentez sous forme de schémas, l'assortiment chromosomique de chaque type de gamètes formé par une souris C.

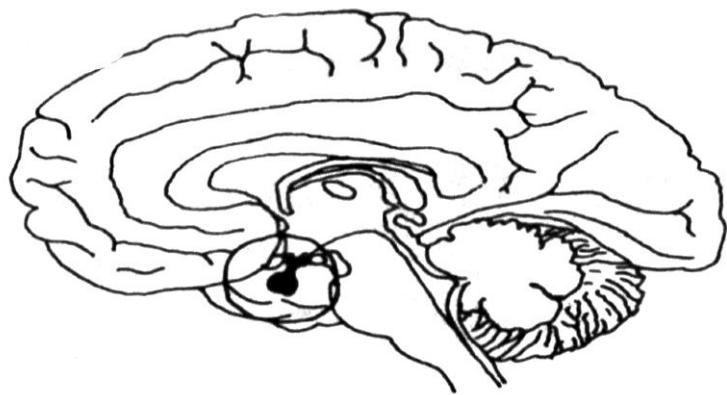
**III.** On réalise un croisement entre une souris C et une souris normale.

1°) Quelle est la probabilité d'obtenir par ce croisement une souris de phénotype normal ?

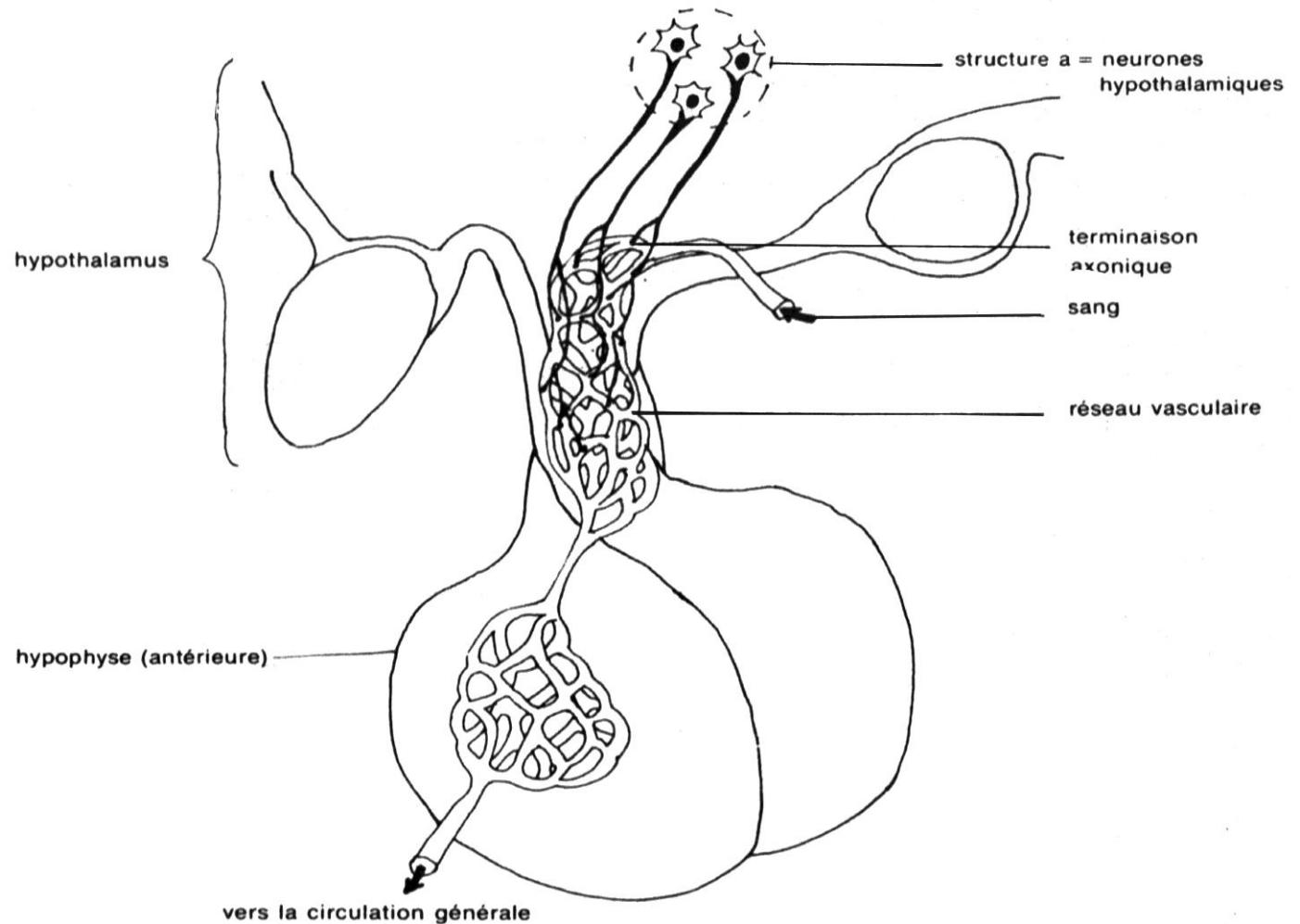
2°) Quelle est la probabilité d'obtenir un embryon trisomique TS 12 ?

**Centre de Marrakech**  
**Mai 85**  
**Corrigés**

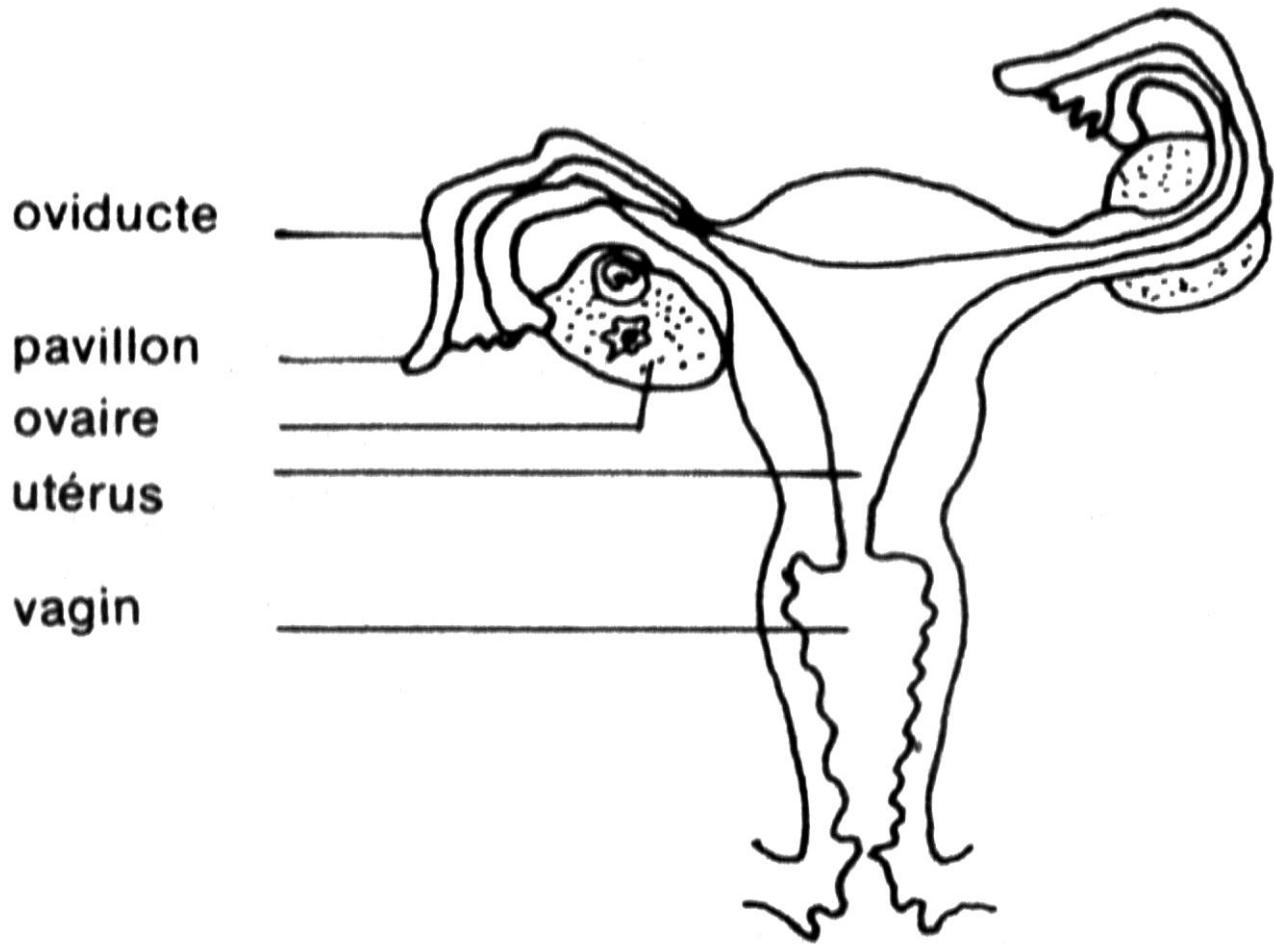
A. Premier problème ;  
1°)



*Titre : coupe longitudinale d'un encéphale humain  
Localisation du complexe hypothalamo-hypophysaire*



*Titre : L'hypophyse et ses relations avec l'hypothalamus*



### ***Titre : appareil génital de la femme vu de face***

2°) On distingue deux types d'hormones :

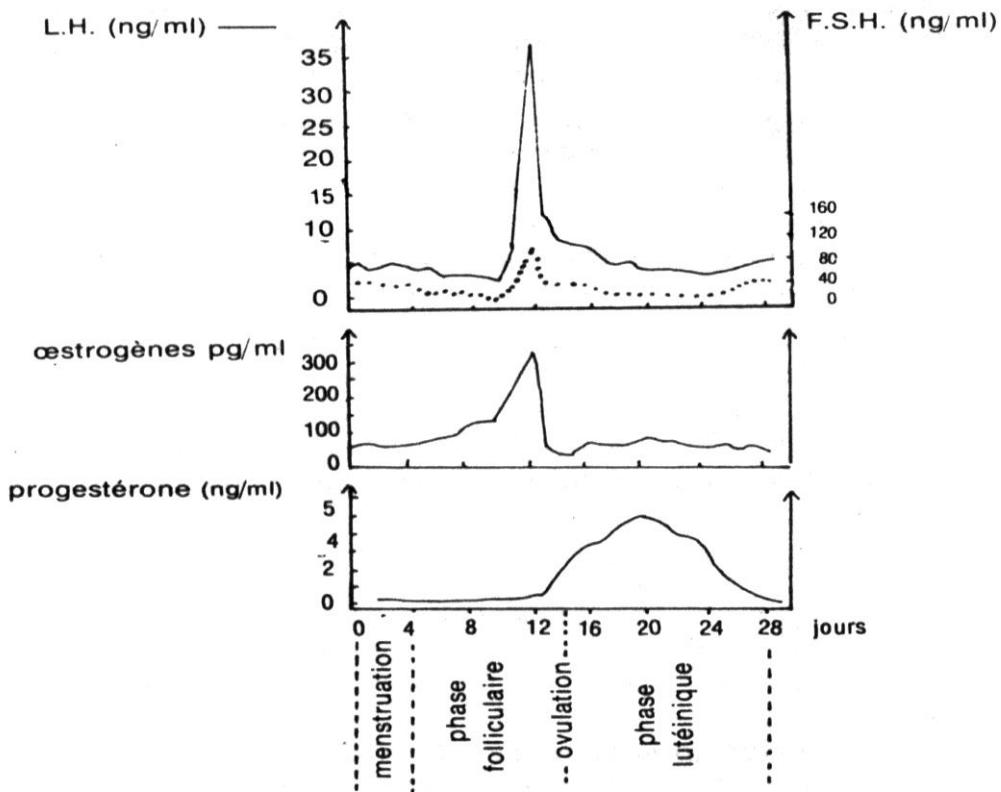
Deux hormones produites par l'hypophyse antérieure : FSH et LH ;

Deux hormones ovariennes :

Les œstrogènes produites durant tout le cycle sexuel par les cellules de la thèque interne du follicule et du corps jaune, ainsi que par la granulosa.

La progestérone produite surtout durant la deuxième phase du cycle sexuel (phase lutéinique) par les cellules lutéales du corps jaune.

3°)



- II. 1°) A la suite de l'injection hormonale le taux d'œstrogènes atteint 400 pg/ml au 6<sup>e</sup> jour.
- 2°) Cette injection hormonale a provoqué une brusque et importante sécrétion de LH. (pic sécrétoire de LH).
- 3°) A la différence de la première courbe (fig.3) qui présente un pic sécrétoire de LH au 12<sup>e</sup> jour du cycle, celle de la figure 5, obtenue à la suite de l'ovariectomie de la guenon, se caractérise par un taux de base de LH élevé et une variation régulière de ce taux (entre 23 et 40 ng/ml).
- 4°) L'injection d'une faible dose d'œstrogènes à la guenon castrée provoque l'inhibition de la sécrétion de LH.
- 5°) Pendant la phase folliculaire, la FSH stimule la croissance des follicules et la production d'hormones œstrogènes. Celles-ci exercent une rétroaction négative sur l'hypophyse tant que leur concentration dans le sang est inférieure à une valeur liminaire voisine de 75 pg/ml. Dès que la concentration en œstrogènes dans le sang atteint une valeur suffisante (300 pg/ml), elle exerce une rétroaction positive sur l'hypophyse et déclenche un pic sécrétoire de FSH et LH autorisant l'ovulation. La LH stimule ensuite la transformation de follicule ouvert en corps jaune. Celui-ci secrète des œstrogènes et la progestérone qui exercent une rétroaction négative sur la sécrétion de la prostaglandines.
- III. 1°) La structure hypothalamique « a » est nécessaire pour maintenir la sécrétion de LH et FSH par l'hypophyse et par suite celle d'œstrogène et de progestérone par l'ovaire.
- 2°) La GnRH est synthétisée dans le corps cellulaire des neurones hypothalamiques. Elle chemine ensuite le long des axones situés dans la tige hypophysaire jusqu'aux terminaisons axoniques et c'est l'arrivée des potentiels d'action, qui prennent naissance dans les corps cellulaires au niveau des terminaisons axoniques, qui déclenche la libération de cette neurohormone dans le réseau vasculaire de la tige hypophysaire. Ce

dernier la conduit ensuite jusqu'à l'hypophyse antérieure où elle stimule la synthèse et la libération des prostaglandines.

3°) Chez la rate, la stimulation des récepteurs des voies génitales pendant l'accouplement provoque la naissance d'un influx nerveux sensitif. Celui-ci est conduit par les neurones du système nerveux central jusqu'à l'hypothalamus où il stimule la sécrétion de GnRH par les hormones hypothalamiques. La GnRH stimule la sécrétion de LH par les cellules hypophysaires et celle-ci déclenche l'ovulation.

Chez la guenon, l'hypothalamus secrète de manière automatique la GnRH. Le pic de LH autorisant l'ovulation est déclenché périodiquement par rétroaction positive de l'ostéogène au niveau de l'hypophyse dès que la concentration en œstrogène dans le sang atteint une valeur seuil.

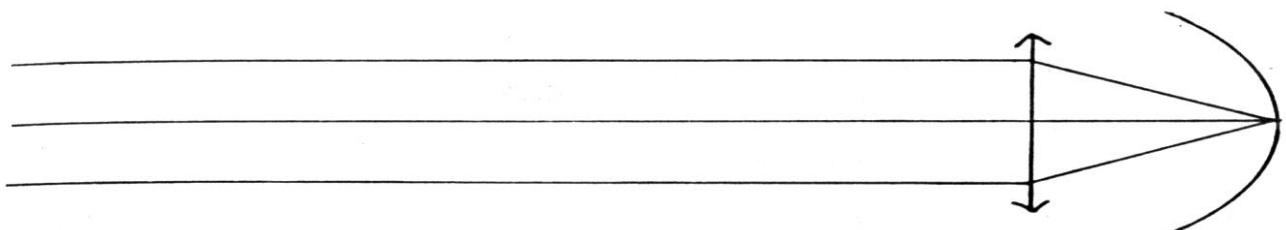
4°) L'hypothalamus commande l'activité sécrétoire de l'hypophyse par l'intermédiaire d'une neurohormone déversée dans le réseau vasculaire de la tige hypophysaire.

### B. Deuxième problème.

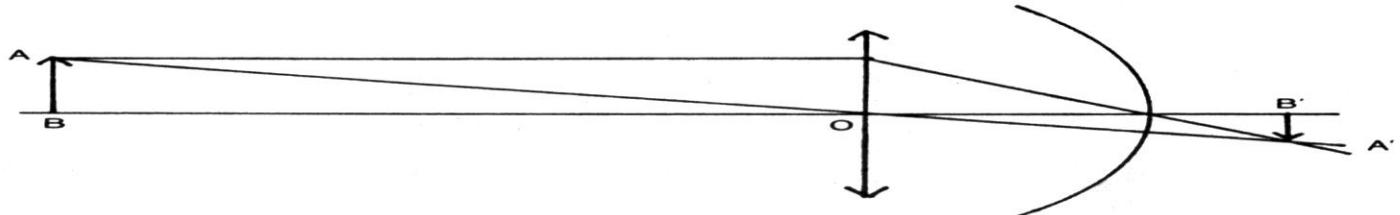
I. 1°) La cornée, l'humeur aqueuse, le cristallin et le corps vitré.

2°) a. Le foyer image de cette lentille doit se trouver sur l'écran.

b.



3°) a.



b. Il faut soit augmenter la convergence de la lentille, soit déplacer la lentille vers l'avant ou l'écran vers l'arrière.

c. Par le mécanisme de l'accommodation. La contraction du muscle ciliaire entraîne le relâchement des ligaments suspenseurs et le bombement du cristallin qui devient plus convergent.

II. 1°) a. A trois ans, la longueur axiale du globe oculaire est environ 23,1 mm. De 5 à 11 ans, cette longueur augmente rapidement pour atteindre 24,1 mm. Elle se stabilise par la suite pour former un palier à partir de 12 ans.

b. cette croissance a pour effet d'augmenter la distance entre la rétine et le cristallin.

2°) a. De trois à quinze ans, la convergence du cristallin diminue fortement passant de 21,6 à 19,8 dioptries (absence de palier à 15 ans).

b. La convergence diminuant, l'image aura tendance à se former plus en arrière de l'écran (répine).

3°) Entre 3 et 15 ans, les évolutions étudiées ne sont pas indépendantes. Au fur et à mesure que la rétine recule, le cristallin diminue de convergence donc le foyer image continue à coïncider avec la rétine (dans le cas des objets situés à l'infini). Les deux évolutions se compensent.

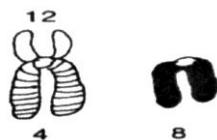
III. 1°) Chez les sujets, l'image se formera en avant de la rétine.

2°) Ces sujets sont atteints de la myopie.

### C. Troisième problème.

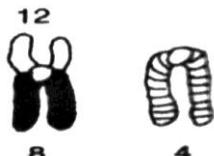
I. 1°) Cette affirmation n'est pas surprenante car malgré l'anomalie, le matériel génétique est complet. On retrouve la présence de tous les gènes à l'état diploïde.

2°) Assortissement chromosomique des gamètes produits par la souris A.



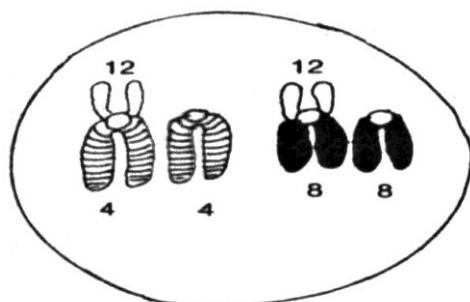
**un chromosome métacentrique 4-12 et un chromosome acrocentrique 8.**

3°) Assortissement chromosomique des gamètes produits par une souris B.



**un chromosome métacentrique 8-12 et un chromosome acrocentrique 4.**

II. 1°)



**la garniture chromosomique d'une cellule somatique d'individu C, comprend**

- 2 chromosomes acrocentriques 8 et 4**
- 2 chromosomes métacentriques 4-12 et 8-12.**

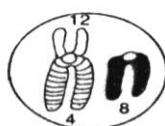
2°) Etant donné que le chromosome n°12 est totalement passif, la méiose donne lieu à quatre possibilités car il y a disjonction indépendante des chromosomes ; production de 4 types de gamètes :

Type 1 portant un chromosome acrocentrique 8 et un chromosome métacentrique 4-12.

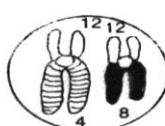
Type 2 portant deux chromosome métacentriques 4-12 et 8-12.

Type 3 portant un chromosome acrocentrique 4 et un chromosome métacentrique 8-12.

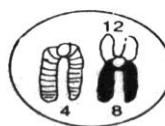
Type 4 portant deux chromosomes acrocentriques 4 et 8.



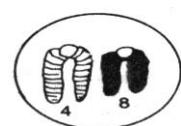
**type 1**



**type 2**



**type 3**



**type 4**

III. 1°) Les souris normales produisent un seul type de gamètes.

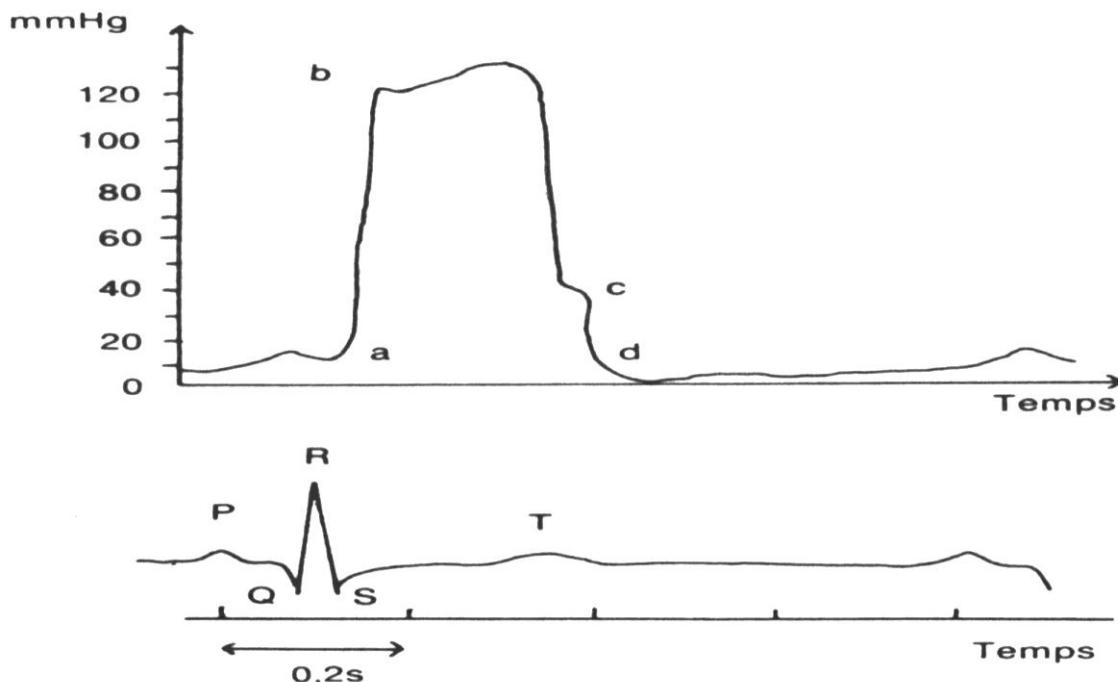
Parmi les quatre types de gamètes produits par la souris C, il y a deux types (1 et 3), donc 50% qui sont normaux car ils renferment les trois chromosomes considérés (4,8 et 12), alors que les deux autres types (2 et 4), soit 50% des gamètes, sont anormaux car le type 2 porte deux chromosomes 12 au lieu de un, et le type 4 en est dépourvu. Donc la probabilité d'obtenir une souris anormale est de 50%.

2°) Seuls les gamètes du type 2 peuvent être à l'origine d'embryons trisomiques TS 12. Ces gamètes représentent 25% des gamètes produits. Donc la probabilité d'obtenir des embryons trisomiques TS 12 est de 25%.

**Centre de Marrakech**  
**Juin 85**  
**Enoncé**

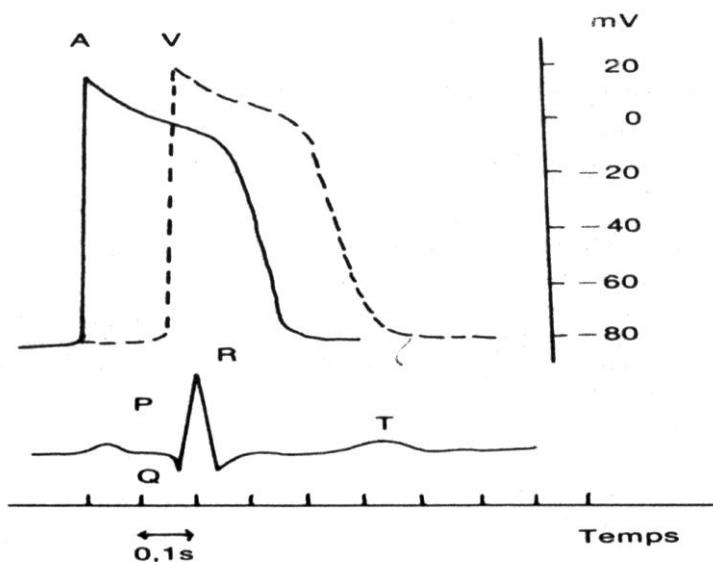
**A. Premier problème.**

- I. La figure 1 représente l'enregistrement simultané des variations de la pression intracardiaque (cardiogramme manométrique) et d'un électrocardiogramme, au cours d'une révolution cardiaque chez l'Homme.



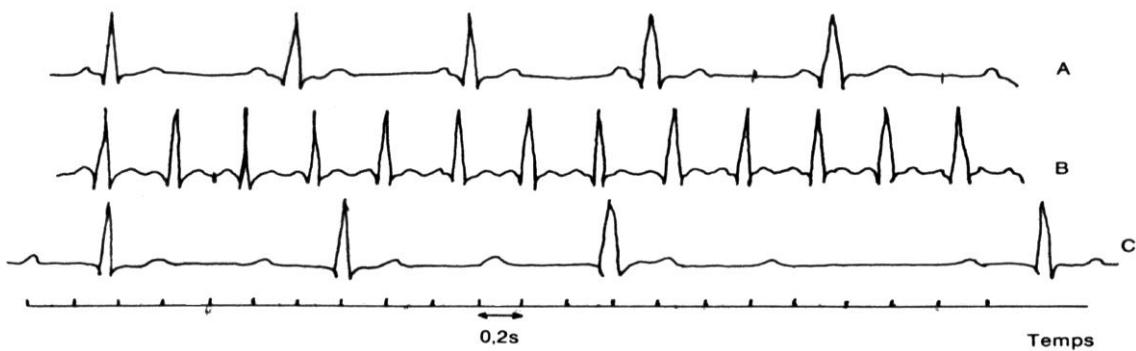
*figure 1*

- 1°) Analysez puis interprétez le cardiogramme manométrique en tenant compte des événements vasculaires a, b, c, d, que vous déterminerez.  
2°) Précisez les rapports chronologiques entre les ondes P, QRS et T de l'électrocardiogramme et les phases du cardiogramme manométrique.  
L'enregistrement simultané de l'électrocardiogramme et des variations du potentiel intracellulaire d'une fibre auriculaire et d'une fibre ventriculaire au cours d'une révolution cardiaque, permet d'obtenir les tracés de la figure 2.



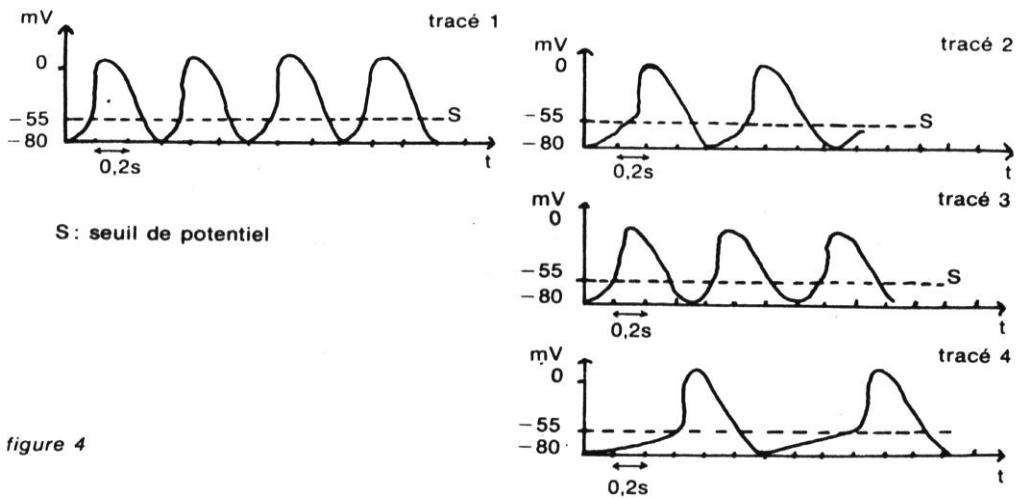
**figure 2**

3°) déduisez de cette figure la signification électrique des ondes P, QRS et T de l'électrocardiogramme ;  
**II.** Les trois électrocardiogrammes A, B et C de la figure 3 correspondent à trois individus différents et ont été enregistrés à l'état de repos musculaire complet.



**figure 3**

- 1°) Calculez les rythmes cardiaques révélés par les électrocardiogrammes A et B.
  - 2°) a. Quelle est la phase de révolution cardiaque qui est la plus affectée quand le rythme cardiaque s'accélère ?  
 b. Comment expliquez-vous alors, qu'un rythme cardiaque très élevé (200 battements par minute) chez l'Homme au repos entraîne une diminution du débit cardiaque ?
  - 3°) Précisez les différences entre l'électrocardiogramme C et l'électrocardiogramme A.
- III.** La figure 4 représente les enregistrements des variations du potentiel intracellulaire de fibres myocardiques du nœud sinusal, chez un mammifère, dans les conditions suivantes :



*figure 4*

Le tracé 1 correspond à une fibre d'un cœur isolé de l'organisme.

Le tracé 2 correspond à une fibre d'un cœur en place dans des conditions de repos.

Le tracé 3 correspond à une fibre d'un cœur en place lors d'une stimulation du système nerveux orthosympathique.

Le tracé 4 correspond à une fibre d'un cœur en place lors d'une stimulation du système nerveux parasympathique.

1°) Analysez le tracé 1 puis expliquez brièvement, en faisant appel à vos connaissances, l'origine de la contraction cardiaque.

2°) A partir des tracés de la figure 4 :

Déduisez, pour chacune des conditions, le rythme cardiaque.

Précisez quelle est la phase qui varie selon les conditions et qui détermine (au niveau du nœud sinusal) le rythme ; expliquez.

3°) En considérant les réponses aux questions III1 et III2, formulez des hypothèses sur les causes possibles, des perturbations révélées par les électrocardiogrammes B et C de la figure 3.

Deuxième problème.

Chez le criquet mâle, les deux testicules sont formés chacun de plusieurs centaines de follicules allongés. Chaque follicule comporte un certain nombre de loges et communique, à l'une de ses extrémités, avec le canal déférent (voir figure 5).

Dans la première loge 'loge A) se trouvent des petites cellules se divisant par mitoses successives ; les autres loges sont formées chacune de cellules au même stade d'évolution.

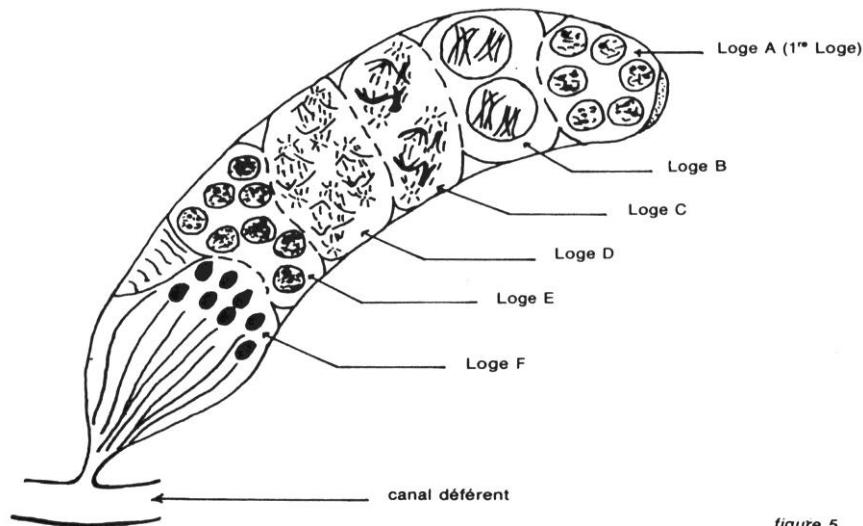


figure 5

Remarques : Seules les noyaux des cellules sont représentés sur la figure 5. Pour la clarté des schémas, le nombre chromosomique a été simplifié.

1°) A quelles phases et à quels types de division, appartiennent les cellules des loges B, C et D ? Justifiez vos réponses en faisant appel aux phénomènes nucléaires caractéristiques qui apparaissent sur la figure 5.

2°) En vous appuyant sur les réponses à la 1<sup>ère</sup> question et en considérant le contenu cellulaire de l'ensemble des loges ;

Dites à quoi correspondent ces différentes loges.

Décrivez l'évolution cellulaire qui se déroule dans le follicule testiculaire en précisant le nom des cellules des différents loges.

### C. Troisième problème.

En 1967, Rothenbuhler a étudié le comportement social des abeilles ; lorsqu'une ruche est atteinte par une maladie appelée la « loque du couvain », certaines ouvrières présentent des comportements particuliers qui ont pour résultat d'éliminer les larves malades.

Un premier comportement consiste à ôter la couvercle des loges contenant les larves malades ; on symbolisera par  $[O^+]$  ce comportement et par  $[O^-]$  son absence.

Un deuxième comportement consiste à jeter les larves malades ; on symbolisera par  $[J^+]$  ce comportement et par  $[J^-]$  son absence.

Le croisement entre une reine d'une ruche présentant ces deux comportements avec un mâle d'une autre ruche ne les possédant pas, donne une descendance F1 ne présentant pas ces comportements.

1°) a. Que vous indique ce résultat ?

b. Quel est le génotype des parents ?

Le croisement d'un individu F1 avec un individu possédant les deux comportements donne une descendance suivante :

25% d'individus ayant les deux comportements

25% d'individus ayant le 1<sup>er</sup> comportement

25% d'individus ayant le 2<sup>ème</sup> comportement

25% d'individus ayant aucun des deux comportements.

2°) Quel est le génotype de ces nouveaux parents ?

3°) Comment appelle-t-on ce type de croisement ?

4°) Interprétez les résultats obtenus en établissant le tableau de ce croisement.

# Centre de Marrakech

## Juin 85

### Corrigés

#### A. Premier problème.

I. 1°) La première ondulation représente la variation de la pression auriculaire et comprend une légère augmentation de pression correspondant à la systole auriculaire, puis une diminution de pression correspondant au début de la diastole auriculaire.

La 2<sup>ème</sup> partie du tracé représente une variation de la pression ventriculaire. On voit une élévation brusque de la pression suivie d'une élévation plus progressive (jusqu'à 130 mm Hg) puis une chute brusque (jusqu'à 0 mm Hg) ; le tracé montre ensuite une très légère augmentation de pression qui dure jusqu'à la systole auriculaire suivante.

Interprétation : L'élévation brusque de la pression commence en « a » qui correspond à la fermeture des valvules auriculo-ventriculaires et finit en « b » qui correspond à l'ouverture des valvules sigmoïdes ; cette élévation de pression est due à une contraction isométrique du myocarde ventriculaire : les valvules étant toutes fermées, il y a augmentation de pression à volume constant.

De « b » à « c », c'est la phase d'évacuation, « c » correspond à la fermeture des valvules sigmoïdes ; la systole ventriculaire dure donc « a à c ».

De « c » à la systole auriculaire suivante, c'est la diastole générale ; « d » correspond à l'ouverture des valvules auriculo-ventriculaires et au début du remplissage ventriculaire.

2°) L'onde P précède et déclenche la systole auriculaire. Le complexe QRS précède et déclenche la phase de contraction isométrique du ventricule. L'onde T est synchrone de l'évacuation ventriculaire ; elle précède la déconcentration ventriculaire.

3°) L'onde P correspond à la dépolarisation du myocarde auriculaire, le complexe QRS correspond à la dépolarisation des fibres ventriculaires, l'onde T est liée à la repolarisation des fibres ventriculaires.

II. 1) Rythme cardiaque révélé par le cardiogramme A : les quatre premières révolutions se déroulent en  $16 \times 0,2$  s soit 3,2 s.

En une minute (60 s) on aura :  $\frac{4 \times 60}{3,2} = 75$  battements par minute ;

Rythme cardiaque révélé par le cardiogramme B : les 13 révolutions se déroulent en  $20,5 \times 0,2$  s soit 4,1 s.

En une minute (60 s) on aura :  $\frac{13 \times 60}{4,1} = 190$  battements par minute

2) a. Quand le rythme cardiaque s'accélère. il se produit :

- un rapprochement de l'onde T du complexe ORS qui la précède ;
- un rapprochement de l'onde P de l'onde T qui la précède ; En conséquence, la phase de la révolution cardiaque qui est la plus affectée est la diastole générale.

b. C'est pendant la diastole que le ventricule se remplit ; si celle-ci est raccourcie, le sang n'a pas le temps de pénétrer en quantité suffisante dans le ventricule afin de permettre une éjection systolique normale ; d'où une diminution du débit cardiaque.

3) L'intervalle de temps qui sépare le complexe QRS de l'onde P qui le précède augmente. Après trois révolutions cardiaques, il y a disparition du complexe QRS et de l'onde T qui le suit.

III. 1) Le potentiel intracellulaire des cellules du nœud sinusal est instable, il varie lentement à partir de sa valeur de repos (- 80 mv) jusqu'à un potentiel seuil (- 55 mv) à partir duquel se déclenche un potentiel d'action.

Celui-ci diffuse dans le myocarde auriculaire, en déclenche la contraction puis atteint le nœud

septal ; par le faisceau de His et le réseau de Purkinje, il envahit ensuite le myocarde ventriculaire et en déclenche la contraction.

2) a. Tracé 1 : 100 battement/mn. Tracé 2 : 75 battement/mn

Tracé 3 : 85 battement/mn. Tracé 4 : 50 battement/mn

b. C'est surtout la durée de la phase de dépolarisation spontanée des cellules du nœud sinusal qui varie et détermine ce rythme.

3) Pour B : Remplacement du nœud sinusal (pacemaker physiologique), par un foyer anormal d'excitation dont la fréquence d'émission est supérieure à celle du nœud sinusal.

Modification de l'équilibre entre le système parasympathique et le système orthosympathique aboutissant à une accélération de l'activité du sinus (Exemple : intervention du centre adrénalino-sécréteur).

Pour C: Mauvaise conduction de l'onde d'activation du cœur entre son point de départ (l'oreillette) et son point d'arrivée (le ventricule).

### B. Deuxième problème

1) - Les cellules de la loge B se trouvent en prophase de 1er division de méiose.

Les chromosomes homologues sont appariés et dupliqués chacun en deux chromatides.

- Les cellules de la loge C sont en anaphase réductionnelle. Les 2 chromosomes homologues de chaque paire sont séparés et montent chacun vers un pôle du fuseau.

- Le nombre de noyaux de la loge D est le double de celui de la loge C. Ces noyaux sont en anaphase et les chromosomes sont formés chacun par une seule chromatide ; il s'agit de l'anaphase de la deuxième division de méiose.

2) a. Les contenus cellulaires des différentes loges correspondent aux stades successifs de la spermatogénèse qui s'effectue depuis l'extrémité distale du follicule vers le canal déférent.

b. Dans la loge A se trouvent des spermatogonies en phase de multiplication.

Dans la loge B, certaines spermatogonies deviennent des spermatocytes I par augmentation générale de leurs dimensions (accroissement) et déroulement dans leur noyau des phénomènes chromosomiques constituant la prophase de la division rédactionnelle.

Dans la loge C se trouvent des spermatocytes I en anaphase de division rédactionnelle (maturation).

Dans la loge D, les spermatocytes II résultant de la division rédactionnelle des spermatocytes I apparaissent en anaphase de la division équationnelle (maturation).

Dans la loge E, il y a les spermatides résultant de la division équationnelle des spermatocytes II (maturation).

Dans la loge F se trouvent les spermatozoïdes résultant de la différenciation des spermatides.

### C. Troisième problème

1) a. Les individus de la première génération F1 forment une population homogène où les caractères de la reine (comportements) ont été masqués. Ces caractères sont donc récessifs : O<sup>-</sup> domine O<sup>+</sup> et J<sup>-</sup> domine J<sup>+</sup>

b. Les parents sont homozygotes (de race pure).

Puisqu'il s'agit d'un cas de dihybridisme chez des organismes diploïdes, les gènes considérés peuvent être indépendants ou liés.

Les génotypes des parents s'écriront de deux façons :

La reine  $\frac{O^+ J^+}{O^+ J^+}$  ou  $\frac{O^+ J^-}{O^+ J^+}$

Le mâle :  $\frac{o^- J^-}{o^- J^-}$  ou  $\frac{o^- J^+}{o^- J^+}$

2) Le croisement entre un hybride F1 et un homozygote récessif a donné 50 % d'individus de type parental et 50 % d'individus de type recombiné. Ces résultats correspondent à ceux d'un dihybridisme où les gènes sont indépendants. Le génotype de ces nouveaux parents peut donc s'écrire :  $\frac{o^- J^-}{o^+ J^+} \times \frac{o^+ J^+}{o^+ J^+}$

3) Ce croisement correspond à un back-cross (croisement en retour).

4)

P \ F1	<u>O<sup>+</sup></u> <u>J<sup>+</sup></u>	<u>O<sup>+</sup></u> <u>J<sup>-</sup></u>	<u>O<sup>-</sup></u> <u>J<sup>+</sup></u>	<u>O<sup>-</sup></u> <u>J<sup>-</sup></u>
<u>O<sup>+</sup></u> <u>J<sup>+</sup></u>	$\frac{o^+ J^+}{o^+ J^+}$ [O <sup>+</sup> J <sup>+</sup> ] 25%	$\frac{o^+ J^+}{o^+ J^-}$ [O <sup>+</sup> J <sup>+</sup> ] 25%	$\frac{o^+ J^+}{o^- J^+}$ [O <sup>+</sup> J <sup>+</sup> ] 25%	$\frac{o^+ J^+}{o^- J^-}$ [O <sup>+</sup> J <sup>+</sup> ] 25%

## Centre de Fès

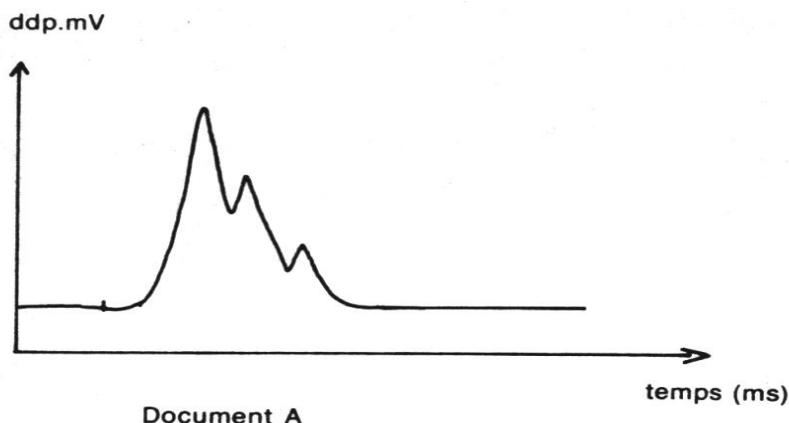
### Mai 1985 énoncés

#### A. Premier problème

Dans le cadre de l'étude des propriétés du neurone, un physiologiste déclare " ...un neurone nous apparaît comme une cellule douée de fonctions diverses, mais toutes ces fonctions s'organisent pour la transmission d'informations d'un point de l'organisme à un autre... "

Lors de l'étude de ces fonctions, on réalise les expériences décrites ci-dessous :

1. Première expérience : On porte sur un nerf une stimulation efficace. L'enregistrement du document A représente les phénomènes électriques qui apparaissent sur un oscilloscope relié à deux électrodes réceptrices dont l'une est placée à la surface du nerf à plusieurs centimètres des électrodes excitatrices ; l'autre électrode étant maintenue à un potentiel fixe.



1) Analysez et interprétez cet enregistrement.

2) Quelle hypothèse peut-on formuler quant à la structure de ce nerf ?

La mesure du diamètre des fibres nerveuses de ce nerf conduit au tableau de distribution de fréquences suivant :

Diamètre des fibres en $\mu$	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	14	18	19	20	21
fréquences	17	23	65	11	21	59	83	74	43	10	39	81	97	71	52	17

3) Construire le polygone de fréquences de cette distribution (on prendra 1 cm pour  $2\mu$  et 1 cm pour 8 unités de fréquences).

4) Quels renseignements tirez-vous de l'analyse de ce polygone de fréquences et du tableau représenté ci-dessous :

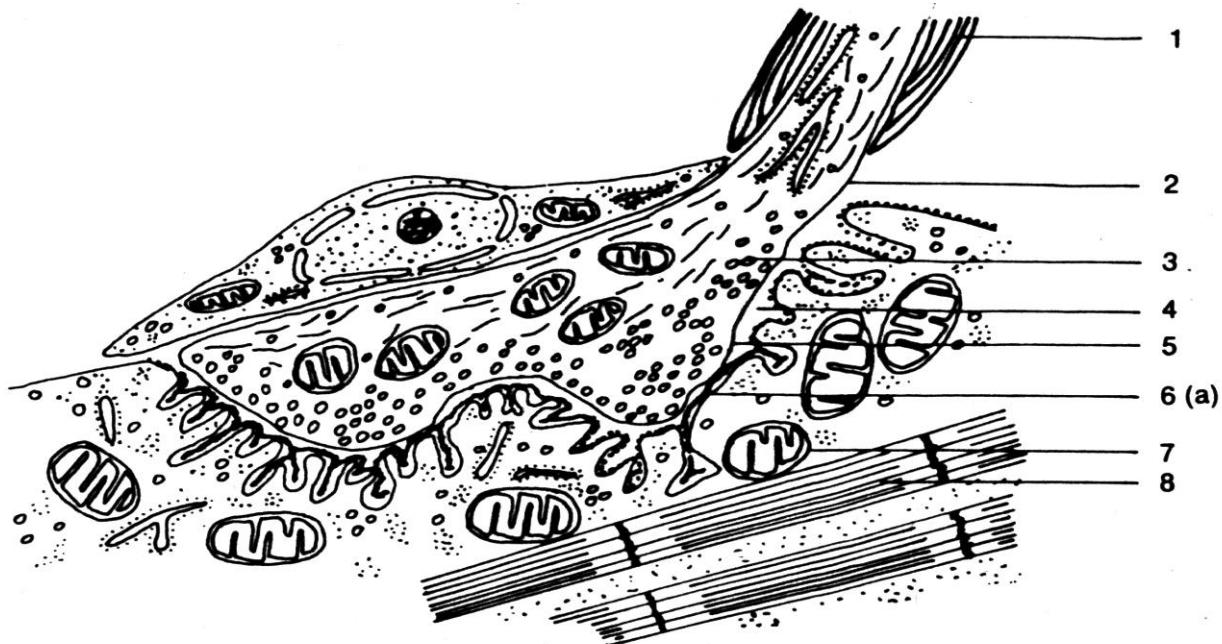
Nature de la fibre	Diamètre de la fibre en microns	Vitesse de conduction de l'influx nerveux en m/sec
Myélinisée	10 $\mu$ à 20 $\mu$ 5 $\mu$ à 12 $\mu$ 3 $\mu$ à 6 $\mu$ 0,5 $\mu$ à 1,2 $\mu$	70 à 120 m/sec 30 à 70 m/sec 15 à 30 m/sec 3 à 15 m/sec
Amyélinisée(sans myéline)	0,5 à 1,2 $\mu$	0,7 à 2,3 m/sec

II. Deuxième expérience : 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.

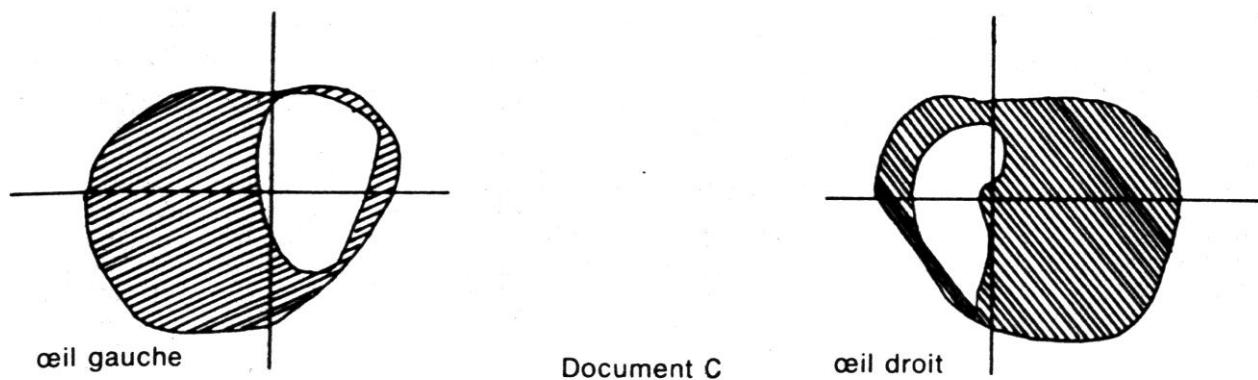
2) Annotez le document B : vous reporterez sur votre copie la légende correspondant à chaque numéro du document.



Document B

#### B. Deuxième problème

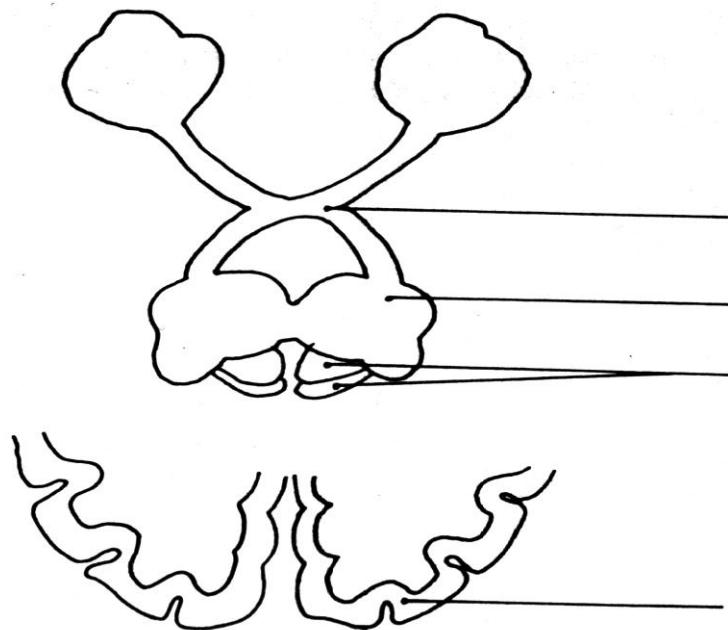
Le document C représente les champs visuels d'un individu atteint de cécité partielle bilatérale. Les surfaces hachurées correspondent aux zones d'ombre (perte de la vision).



1) Quelles peuvent être les causes de cette cécité partielle ? Des examens cliniques n'ont révélé chez ce malade que la présence d'une tumeur hypophysaire.

2) Quelle relation peut-on établir entre cette anomalie de la vision et la présence de la tumeur ?

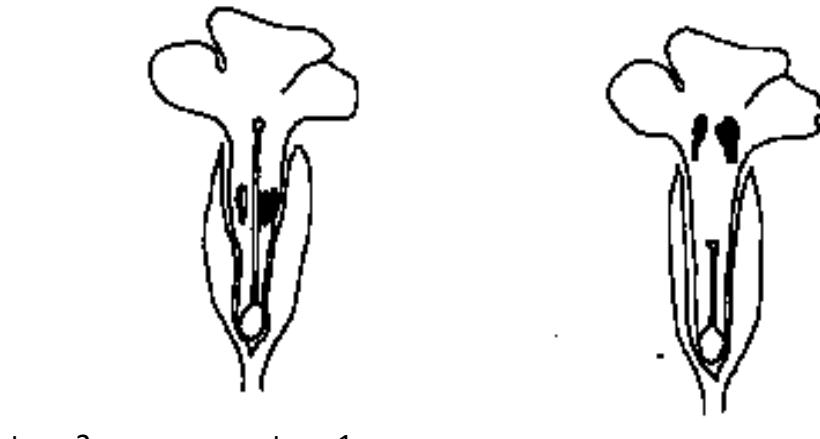
3) Annotez le document D. Placez sur ce document les voies optiques, et indiquez la zone touchée par la tumeur.



**Document D**

### C. Troisième problème

I. Dans un peuplement naturel, les primevères (*Primula officinalis*) présentent deux sortes de fleurs portées par des individus différents. Ces deux sortes de fleurs sont représentées sur le document E.



**Document E**

1) Comparez les deux fleurs.

2) En fonction des données anatomiques, précisez pour chaque type de fleurs les modes de pollinisation possibles.

II. Les caractères anatomiques observés sont contrôlés par un gène à deux allèles :

- \* l'allèle L, dominant, détermine les caractères du type 1 ,
- \* l'allèle l, récessif, détermine les caractères du type 2.

Indiquez pour chaque type de fleurs le ou les génotype(s) possible(s). Justifiez vos réponses.

III. L'étude statistique d'une population de primevères révèle la présence de 50 % de plants portant des fleurs de type 1 , et 50 % de plants portant des fleurs de type 2.

- Interprétez ces résultats ; en déduire le mode de pollinisation qui a permis d'obtenir ces proportions.

**IV.** Chez de nombreuses angiospermes, les grains de pollen d'une fleur ne germent pas sur le stigmate de cette fleur , on dit qu'il y a incompatibilité.

On admet qu'un gène noté S est responsable de cette incompatibilité. Ce gène peut se présenter sous la forme de quatre allèles  $S_1$  ,  $S_2$ ,  $S_3$  et  $S_4$ . La présence d'un même allèle dans le pollen et le tissu du stigmate empêche la germination du grain de pollen.

On réalise les croisements indiqués ci-dessous :

	Génotype du parent porteur de l'ovule	Génotype du parent donneur du pollen
Premier croisement	$S_1//S_3$	$S_2//S_4$
Deuxième croisement	$S_1//S_3$	$S_1//S_3$
Troisième croisement	$S_1//S_3$	$S_1//S_2$

1) Quels sont les génotypes des grains de pollen et des cellules du stigmate qui interviennent dans les trois croisements ? Les figures du document F montrent le devenir des grains de pollen à la suite des croisements mentionnés ci-dessus.

figure 1



figure 2

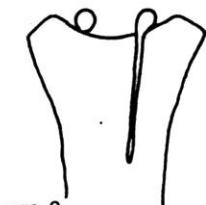
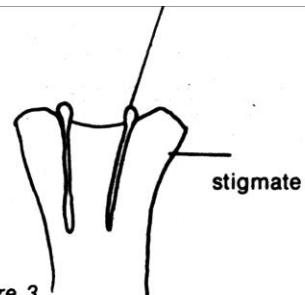


figure 3



Document F

2) A quel croisement correspond chaque figure du document F ? Justifiez vos réponses.

3) Donnez la descendance du troisième croisement.

# Centre de Fès

## Mai 1985

### Corrigés

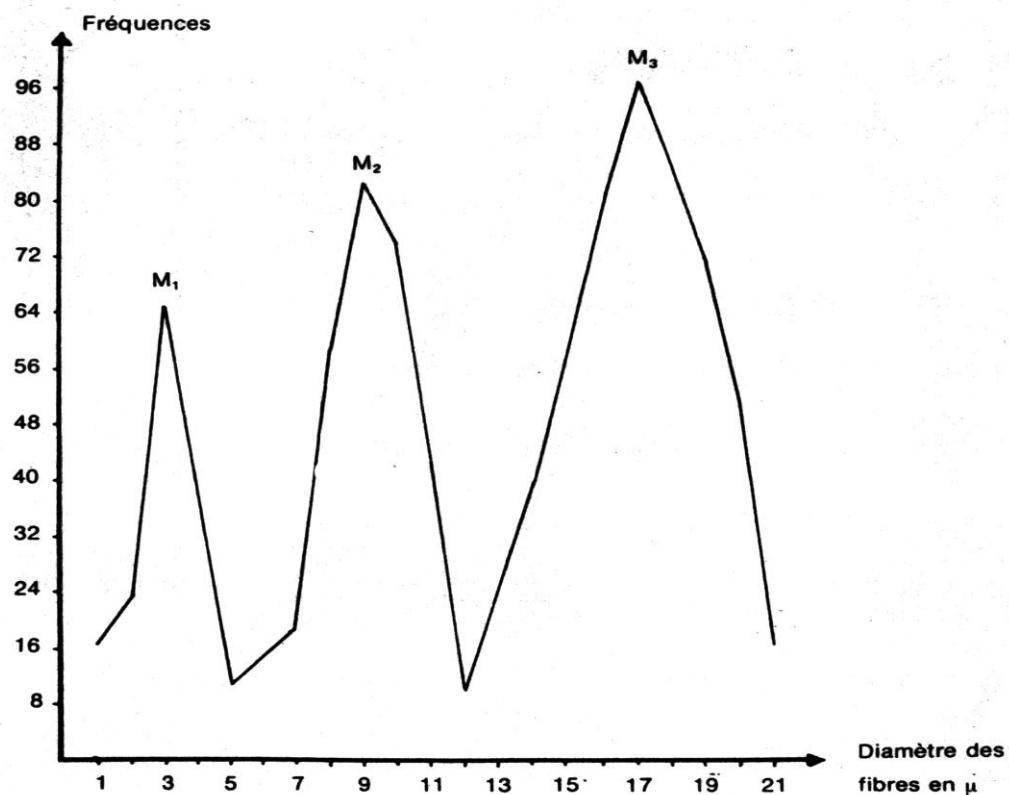
#### A.. Premier problème

1 ) L'enregistrement représente une série de potentiels d'action monophasiques d'amplitudes différentes.

Ces potentiels d'action traduisent le passage d'influx nerveux qui ont pris naissance au point d'excitation et qui se propagent à des vitesses différentes.

2) Les différences de vitesse de propagation des P.A. laissent supposer la présence dans le nerf de plusieurs fibres nerveuses différentes.

3)



4) Le polygone de fréquences obtenu est trimodal.

Donc le nerf considéré a une structure hétérogène ; il est constitué par trois groupes de fibres nerveuses qui diffèrent par leur diamètre.

Le tableau montre que la vitesse de conduction de l'influx nerveux dépend d'une part, du diamètre des fibres nerveuses (la vitesse de conduction est proportionnelle au diamètre des fibres), d'autre part de la présence ou de l'absence de myéline (les fibres myélinisées conduisent plus vite l'influx nerveux).

Conclusion : la vitesse de propagation de l'influx nerveux dépend de deux facteurs : le diamètre des fibres nerveuses et de la présence ou de l'absence de myéline.

II. 1 ) L'absence de contraction musculaire indique que l'influx nerveux n'a pas été transmis au muscle. Cette transmission se fait normalement par l'intermédiaire de l'acétylcholine qui se fixe

sur les récepteurs post-synaptiques.

En se fixant sur ces récepteurs, la tubocurarine empêche l'action de l'acétylcholine.

2) Annotation du Document B

- 1 = gaine de myéline
- 2 = axone
- 3 = vésicule synaptique
- 4 = espace synaptique
- 5 = membrane prédynastique
- 6 = membrane post-synaptique
- 7 = mitochondrie
- 8 = myofibrille B.

### B. Deuxième problème

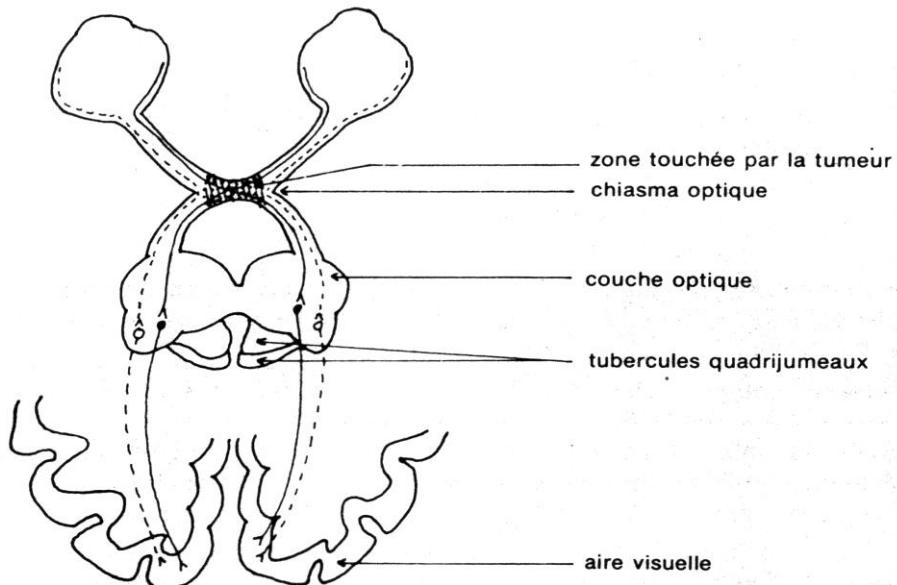
1 ) Les zones d'ombre sont situées essentiellement dans la partie temporelle du champ visuel qui correspond à la rétine nasale de chaque œil.

Cette cécité peut être due à des lésions qui seraient situées :

- soit au niveau de la rétine nasale de chaque œil,
- soit au niveau des fibres nerveuses issues de ces rétines,
- soit au niveau des aires de projection visuelles correspondantes.

2) L'hypophyse est située à proximité du chiasma optique, lieu du croisement des fibres nerveuses issues des rétines nasales. Une tumeur au niveau de l'hypophyse peut empêcher le fonctionnement de ces fibres et être la cause de cette anomalie.

3)



Document D

### C. Troisième problème

I. 1 ) Fleur de type I : style court, étamines situées au-dessus du stigmate.

Fleur de type 2 : style long étamines situées en dessous du stigmate.

2) modes de pollinisation possibles :

- type I : 2 possibilités, Pollinisation directe et pollinisation croisée (ou indirecte)
- type 2. une seule possibilité : Pollinisation croisée.

II. L'allèle L, dominant, détermine les caractères de la fleur du type I (style court et étamines

situées au-dessus du stigmate).

Le génotype des fleurs du type I peut être soit :

- homozygote L // L
- hétérozygote L // l.

Dans les deux cas, seul l'allèle L va se manifester.

L'allèle l, récessif, ne peut se manifester que chez les individus homozygotes l // l. Donc le génotype des fleurs du type 2 est l // l.

Gé polypes :

- type 1 : L // L ou L // l
- type 2 : l // l

**III.** Les pourcentages observés (50% de plants portant des fleurs de type 1, 50 % de plants portant des fleurs de type 2) sont les résultats de croisements entre des individus hétérozygotes et des individus homozygotes récessifs.

Quel que soit le type de fleurs, la pollinisation est croisée.

#### **IV.1 ) Génotype des cellules du stigmate : S1 // S3**

Génotypes des grains de pollen :

- 1er croisement : S2 et S4
- 2e croisement : S1 et S3
- 3e croisement : S1 et S2

2) Figure 1 : Il n'y a pas de germination . il y a incompatibilité ; les grains de pollen ont les mêmes allèles que les cellules du stigmate. Ce cas correspond au 2e croisement.

Figure 2 : une seule catégorie de grains de pollen germe. Ces grains de pollen ont un allèle différent de ceux du stigmate. Les autres qui ne germent pas portent le même allèle que les cellules du stigmate. Donc le donneur des grains de pollen a un allèle identique et un allèle différent de ceux des cellules du stigmate. Ce cas correspond au 3<sup>e</sup> croisement.

Figure 3 : tous les grains de pollen germent. Ils ont donc des allèles différents de ceux des cellules du stigmate soit S2 et S4 . Le donneur des grains de pollen a donc pour génotype S2 // S4 . La figure 3 correspond au 1er croisement.

3) Les génotypes des parents du 3<sup>e</sup> croisement :

Parent donneur de l'ovule, S1 // S3

Parent donneur des grains de pollen, S1 // S2.

Gamètes femelles : deux types, S1 et S2 ,

Gamètes mâles : deux types S1 et S2a .

Les grains de pollen portant l'allèle S1 ne peuvent germer sur le stigmate considéré (incompatibilité).

Par conséquent, seuls les grains de pollen portant S2 pourront germer et donner des spermatozoïdes portant l'allèle S2 .

Echiquier de croisement :

	S <sub>1</sub>	S <sub>3</sub>
S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub> //S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> //S <sub>3</sub>

50 % des plants de génotype S1 // S2

50 % des plants de génotype S3 // S2

# **Centre de Fès**

## **Juin 1985**

### **ENONCES**

#### **A.. Premier problème**

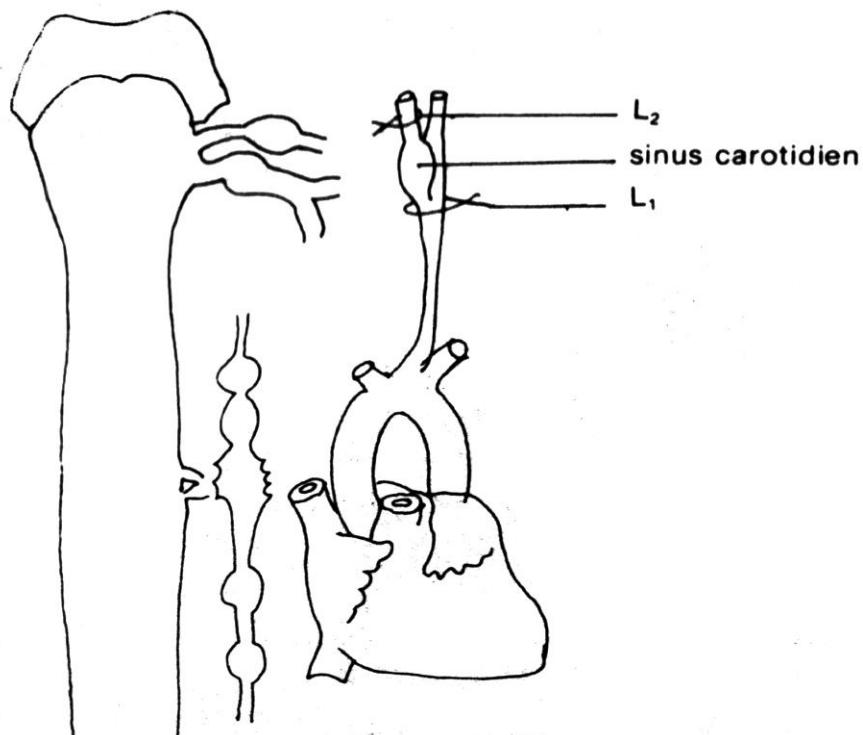
Lors de l'étude du fonctionnement du cœur chez un Mammifère, on a mis en évidence des nerfs qui relient :

- \* le bulbe rachidien au sinus parotidien (nerf a),
- \* le bulbe rachidien à l'oreillette droite (nerf b),
- \* la moelle épinière au myocarde ventriculaire (nerf c).

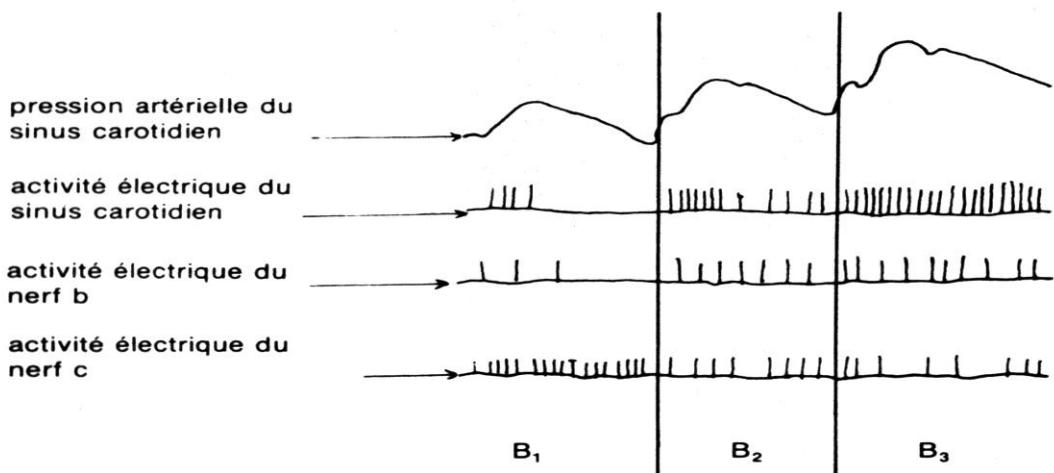
Pour déterminer le rôle des structures citées ci-dessus dans la régulation de l'activité cardiaque, on réalise les expériences suivantes :

- Expérience 1 : On ligature l'artère carotide entre la crosse aortique et le sinus carotidien (ligature L1, document A). On enregistre alors la pression artérielle et l'activité électrique au niveau du sinus carotidien, ainsi que l'activité électrique des nerfs b et c. Le document B représente les résultats obtenus.

- 1) Analysez brièvement ces enregistrements.
- 2) Quelle hypothèse pouvez-vous émettre quant au rôle du sinus carotidien ?
- Expérience 2 : On enlève la ligature L1, et on place une autre ligature en aval du sinus carotidien (ligature L2, document A). On réalise les mêmes enregistrements que ceux de l'expérience 1 . Le document B3 traduit les résultats obtenus.
- 3) De l'analyse de cette deuxième série d'enregistrements, déduire le rôle du sinus carotidien.
- 4) En vous aidant des résultats expérimentaux précédents et de vos connaissances, expliquez comment le cœur réagit à une importante perte de sang (hémorragie).
- 5) Complétez le document A en plaçant les voies et les centres nerveux qui interviennent dans la régulation de l'activité cardiaque.



Document A



- B<sub>1</sub> : enregistrements après ligature en L<sub>1</sub>
- B<sub>2</sub> : enregistrements en conditions normales
- B<sub>3</sub> : enregistrements après ligature en L<sub>2</sub>

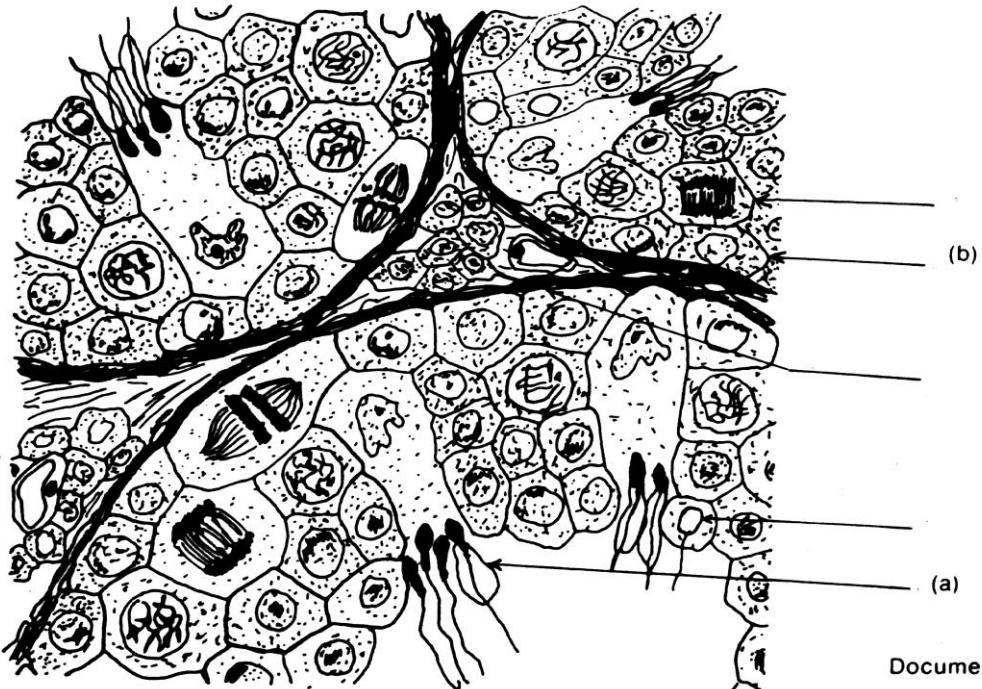
### B. Deuxième problème

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.

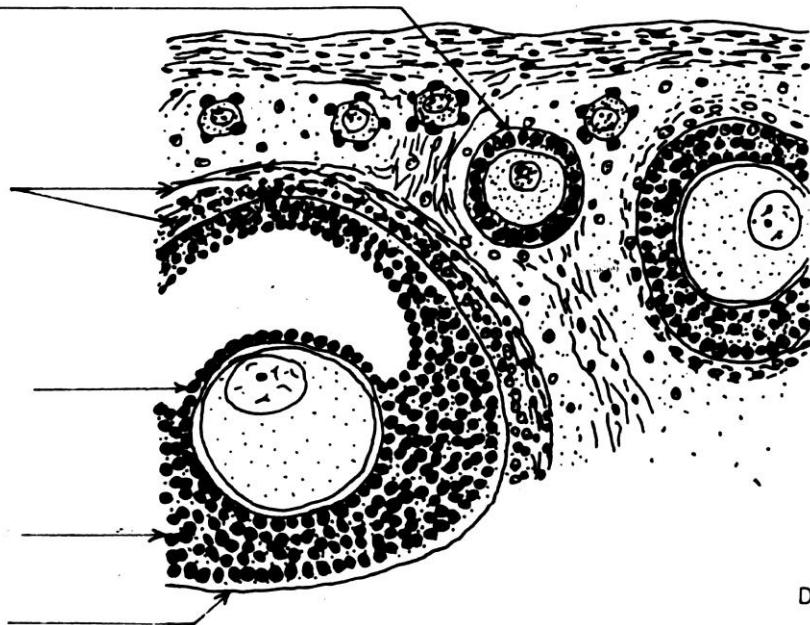
1) Expliquez l'action de l'hypophyse sur le développement des caractères sexuels secondaires.

Les documents C et D sont les représentations schématiques de coupes microscopiques des glandes sexuelles mâles et femelles.



Document C

Titre : .....



Document D

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) schématissez 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.

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) schématissez 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.

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  $t^+$

## Centre de Fès

Juin 1985

## Corrigés

### A. Premier problème

1) La mise en place de la ligature L1 a entraîné :

- une diminution de la pression artérielle au niveau du sinus parotidien ;
- une importante diminution de l'activité électrique du sinus parotidien et du nerf b ;
- une augmentation de l'activité électrique du nerf c.

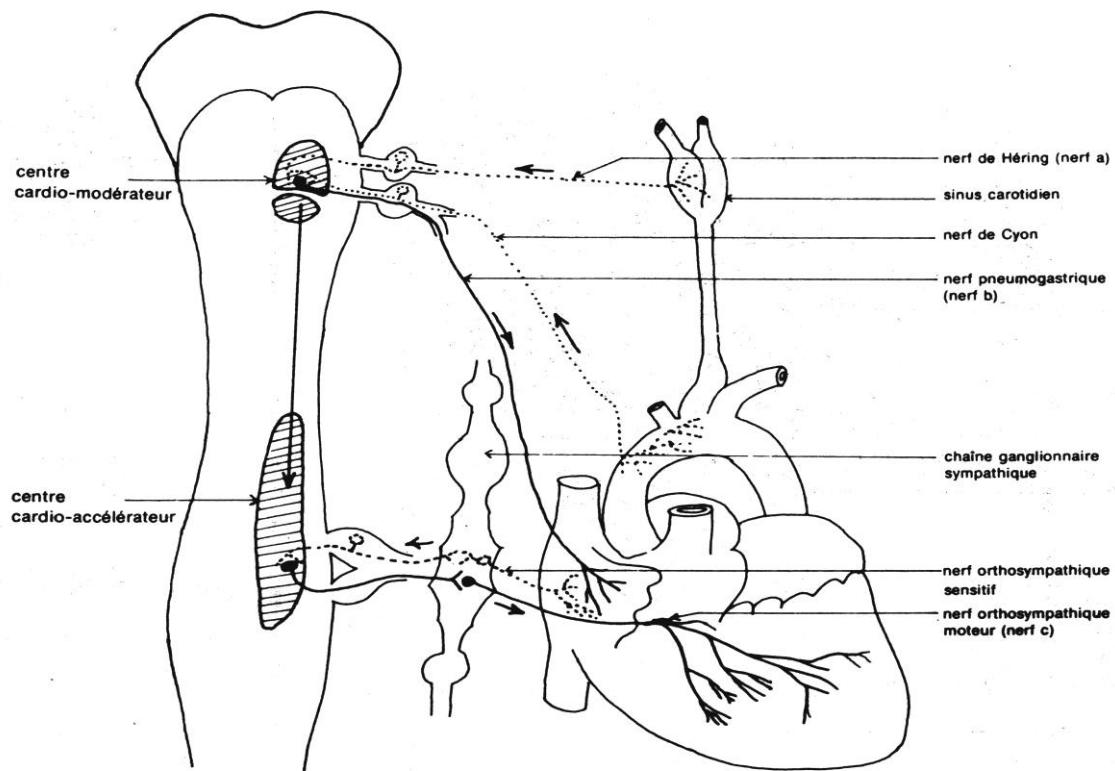
2) La ligature L1 a empêché le sang d'arriver au niveau du sinus parotidien et la diminution de la pression artérielle constatée à ce niveau permet de supposer que le sinus parotidien est sensible aux variations de la pression sanguine.

3) Après la ligature L2, on note :

- une augmentation de la pression sanguine au niveau du sinus parotidien ;
- une augmentation de l'activité électrique du sinus carotidien et du nerf b ;
- une diminution de l'activité électrique du nerf c.

Donc, de ces deux expériences, on peut déduire que le sinus parotidien est sensible aux variations de la pression sanguine et qu'il renferme des barorécepteurs.

4) Une perte importante de sang entraîne une diminution de la pression artérielle, l'activité des barorécepteurs de la crosse aortique et du sinus carotidien diminue, le centre cardiomodérateur n'est plus stimulé ; le tonus vagal diminue. Dans ces conditions, le centre cardio-accélérateur, n'étant plus inhibé, provoque l'accélération du rythme cardiaque, ce qui a pour conséquence l'augmentation de la pression artérielle.



## B. Deuxième problème

1 ) Le développement des caractères sexuels secondaires est directement contrôlé par les sécrétions hormonales des nomades qui sent elles-mêmes contrôlées par les hormones hypophysaires (F.S.H. et L.H.).

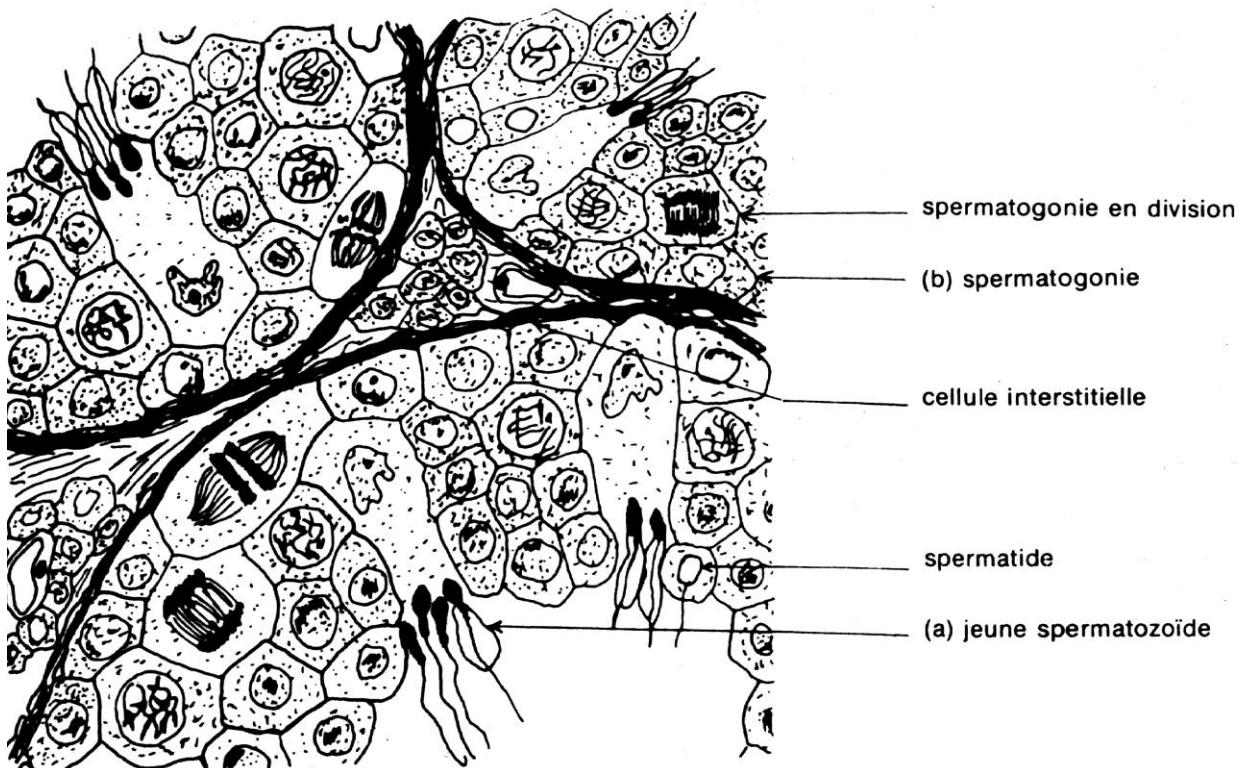
Chez le mâle, la L.H. stimule l'activité des cellules interstitielles qui sécrètent la testostérone (hormone mâle) qui agit sur le développement des caractères sexuels secondaires mâles.

Chez la femelle :

- La F.S.H. stimule l'évolution des follicules et les sécrétions d'œstrogènes par les cellules folliculaires.

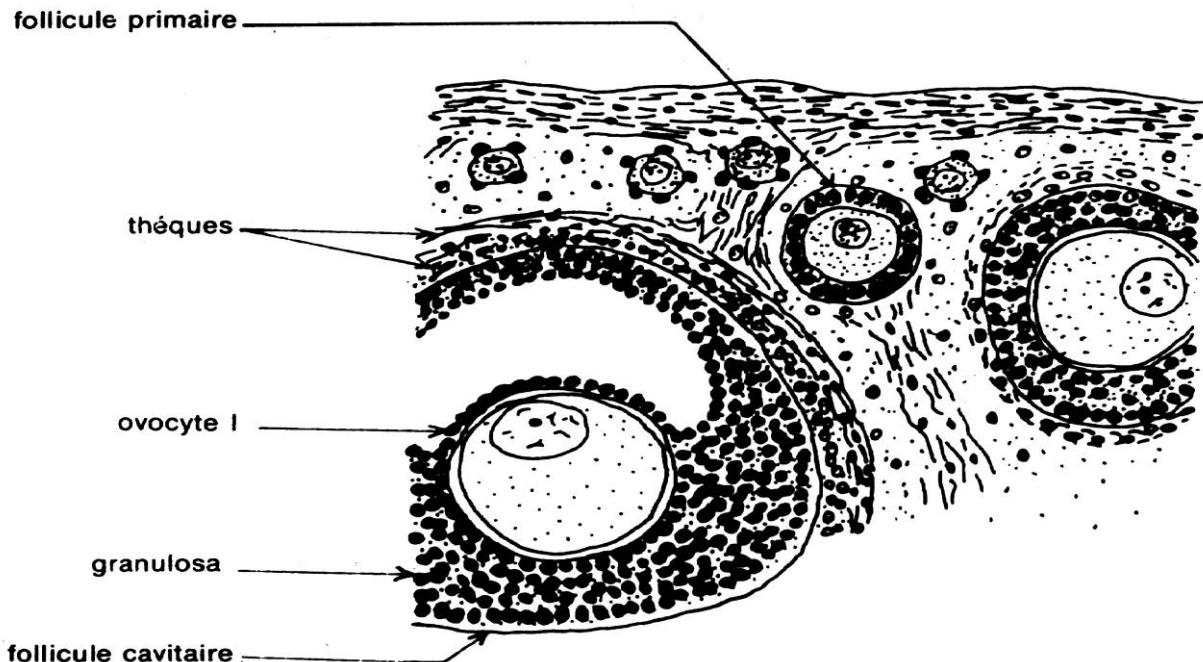
Les œstrogènes contrôlent le développement des caractères sexuels secondaires femelles.

- La L.H. maintient les sécrétions d'œstrogènes.



Titre : coupe transversale de tubes séminifères

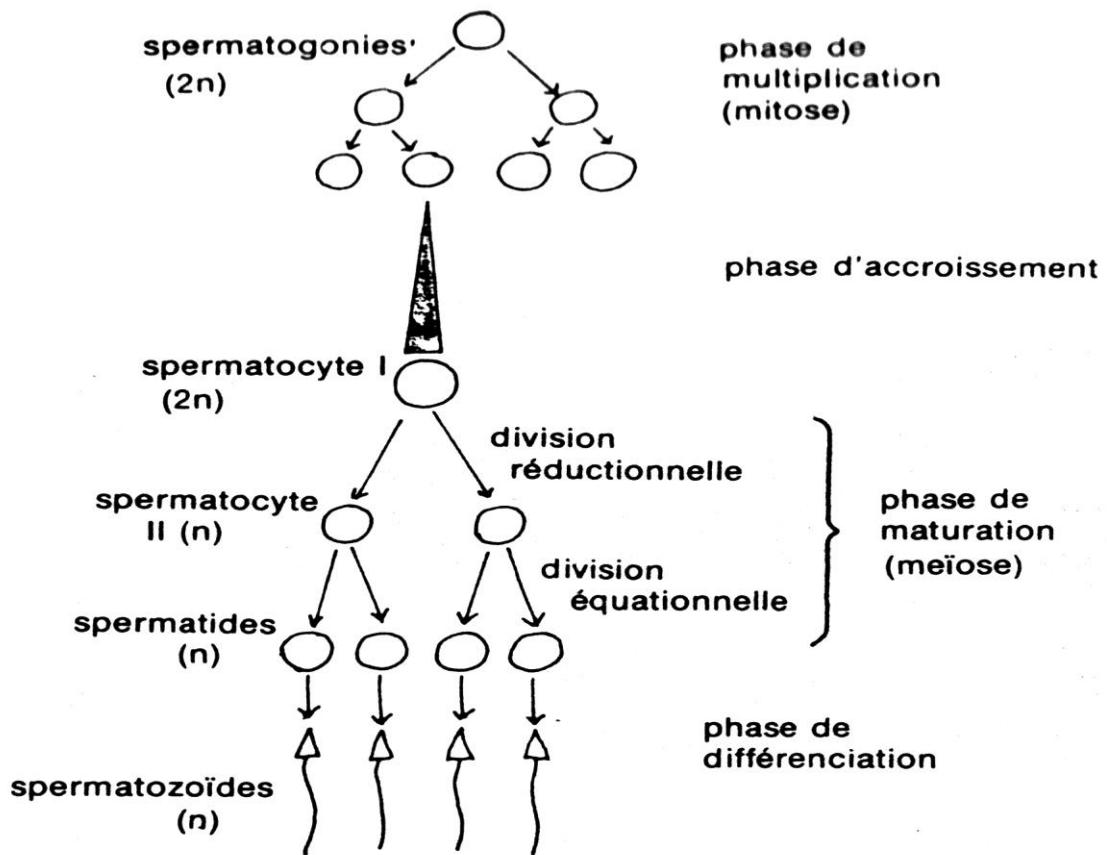
Document C



*Titre : coupe partielle d'un ovaire très grossi*

Document D

3)



4) Les cellules a (spermatozoïdes) renferment  $1,26 \cdot 10^{-12}$  g d'A.D.N., tandis que les cellules b (spermatogonies) en renferment le double. Les spermatozoïdes sont des cellules haploïdes qui proviennent des spermatogonies, cellules diploïdes.

Au cours de la spermatogénèse, il se produit une réduction de la quantité d'A.D.N., donc du nombre de chromosomes. Cette réduction a lieu au moment de la méiose (phase de maturation).

### C. Troisième problème

1) Dans ce croisement, la femelle (XX) est hétérozygote pour le gène t ; soit  $t+//t$ , alors que le mâle (XY) est homozygote pour ce même gène, soit  $t//t$ .

Génotype de ces individus :

- femelle XX  $t+//t$

- mâle XY  $t//t$

Chacun de ces individus produit deux types de gamètes :

- gamètes femelles : Xt+ et Xt

- gamètes mâles : Xt et Yt

Echiquier de croisement

	Xt+	Xt
Xt	$\frac{X\ t^+}{X\ t}$	$\frac{X\ t}{X\ t}$
Yt	$\frac{X\ t^+}{Y\ t}$	$\frac{X\ t}{Y\ t}$

On obtient alors :

- 25 % XX  $t+//t$  Drosophiles femelles normales.

- 25% XX  $t//t$  Drosophiles femelles anormales c'est-à-dire mâles phénotypiques.

- 25 % XY  $t+//t$

- 25 % XY  $t//t$ .

2) Le gène considéré } ; donc 50 % Drosophiles mâles normales.

- pour les drosophiles femelles :  $t+//t$

- pour les drosophiles mâles : XY  $t+//t$

Gamètes des hybrides F1 :

- la femelle produit deux types de gamètes : Xt+ et Xt

- le mâle en produit 4 types : Xt+, Xt, Yt+ et Yt.

Echiquier de croisement

	Xt+	Xt	Yt+	Yt
Xt+	$\frac{X\ t^+}{X\ t^+}$	$\frac{X\ t^+}{X\ t}$	$\frac{X\ t^+}{Y\ t^+}$	$\frac{X\ t}{Y\ t^+}$
Xt	$\frac{X\ t^+}{X\ t}$	$\frac{X\ t}{X\ t}$	$\frac{X\ t^+}{Y\ t}$	$\frac{X\ t}{Y\ t}$

Résultats :

- 3/8 de femelles normales

- 1/8 de mâles phénotypiques

- 4/8 (soit 50 % de mâles normaux).

# Centre de Casablanca

Mai 1985

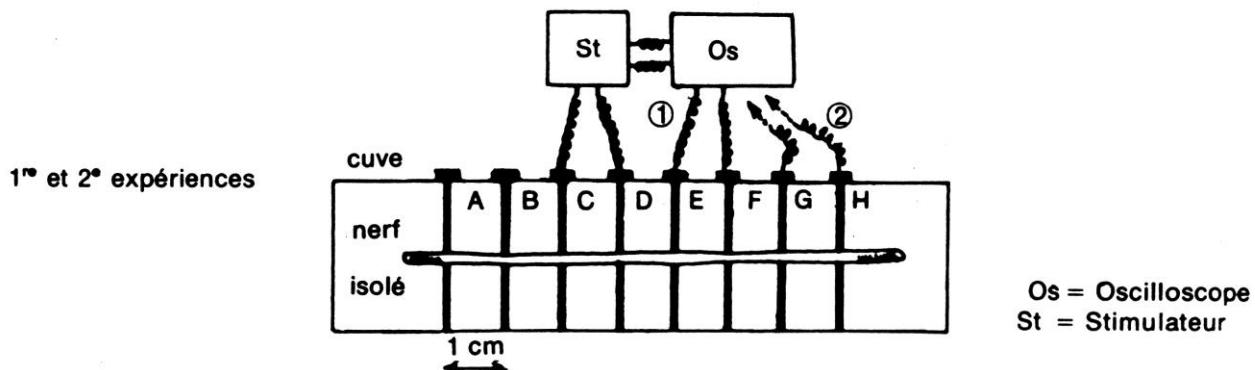
## ENONCES

### A.. Premier problème

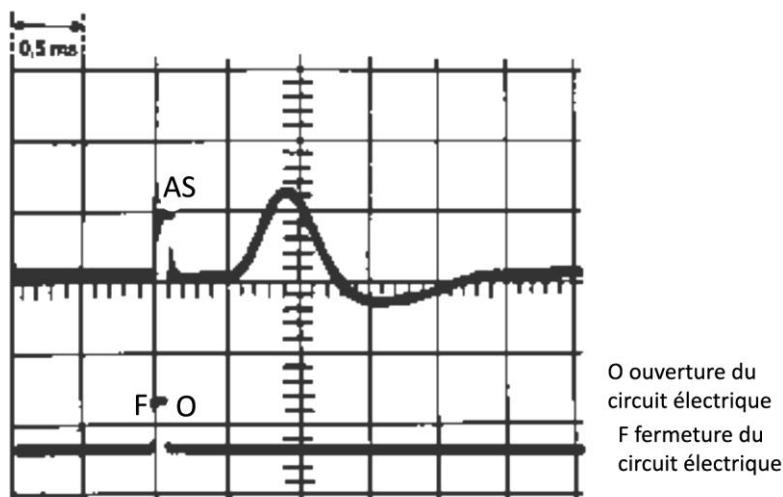
I. Un nerf sciatique de grenouille, fraîchement prélevé, est placé au contact d'une série d'électrodes dans une " cuve à nerf ". Les électrodes sont désignées par des lettres de A à H et seules les électrodes branchées fonctionnent. On relie à un stimulateur les électrodes C et D qui deviennent les électrodes 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 ).



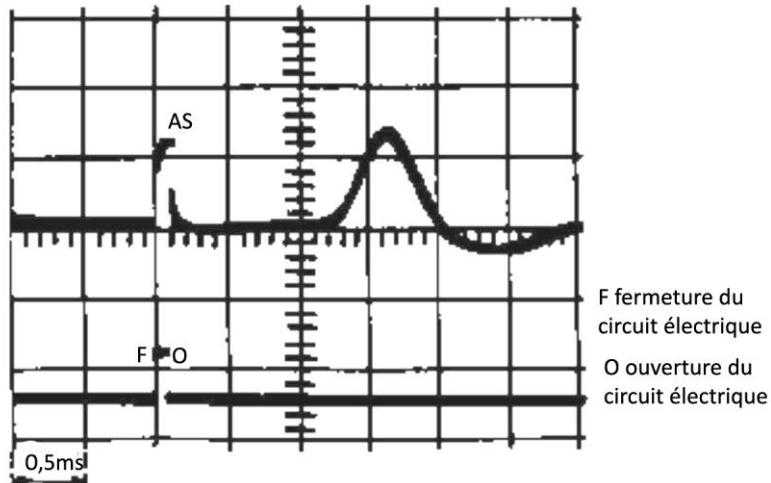
On effectue une excitation efficace et on observe les tracés représentés sur le document I : le stimulateur étant relié à une voie de l'oscilloscope, le tracé inférieur montre l'excitation et le tracé supérieur (l'autre voie de l'oscilloscope) montre l'enregistrement obtenu sur le nerf.



Document I

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.



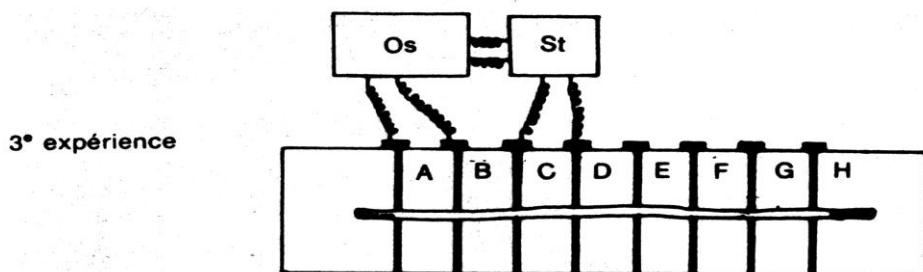
Document II

- 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.

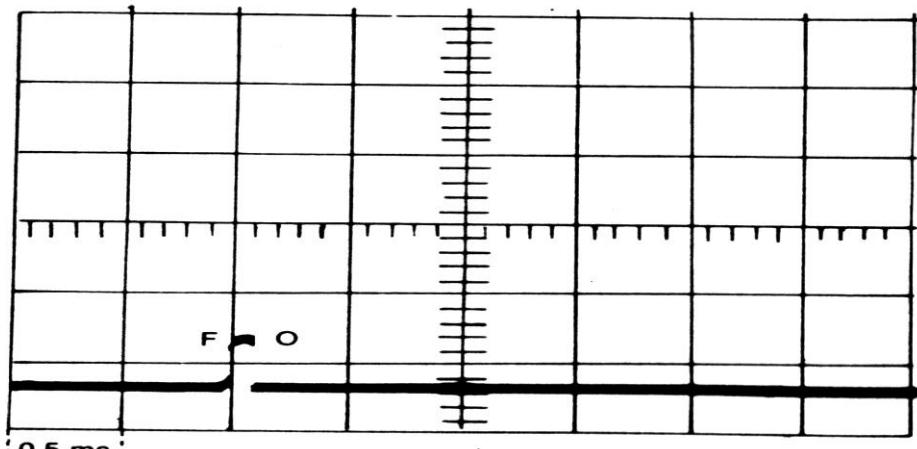
Evaluez le temps perdu qui sépare l'établissement du courant du début de la réponse du nerf sur le document I ( $t_1$ ) et sur le document II ( $t_2$ ).

- 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)].



Document III

2) Quelle précision supplémentaire concernant la propagation de l'influx nerveux apporte cette troisième expérience ?

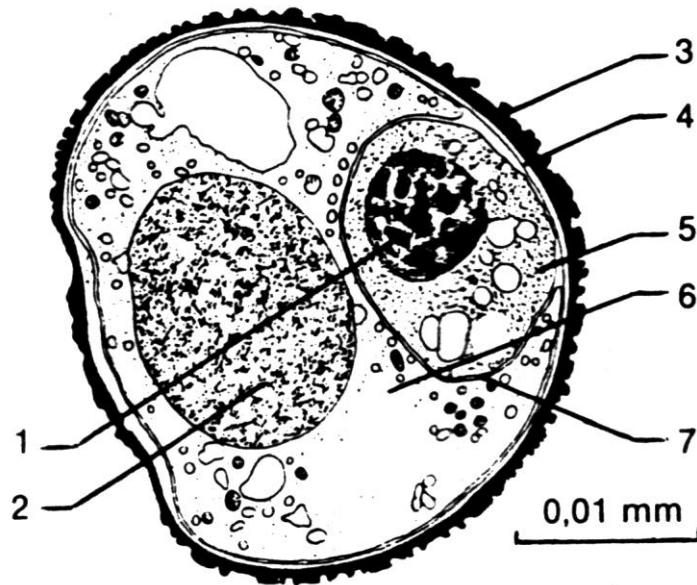
3) La propriété, ainsi mise en évidence, existe-t-elle dans le fonctionnement normal du système nerveux d'un organisme vivant ? Justifiez brièvement votre réponse.

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,

#### B. Deuxième problème

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 ;

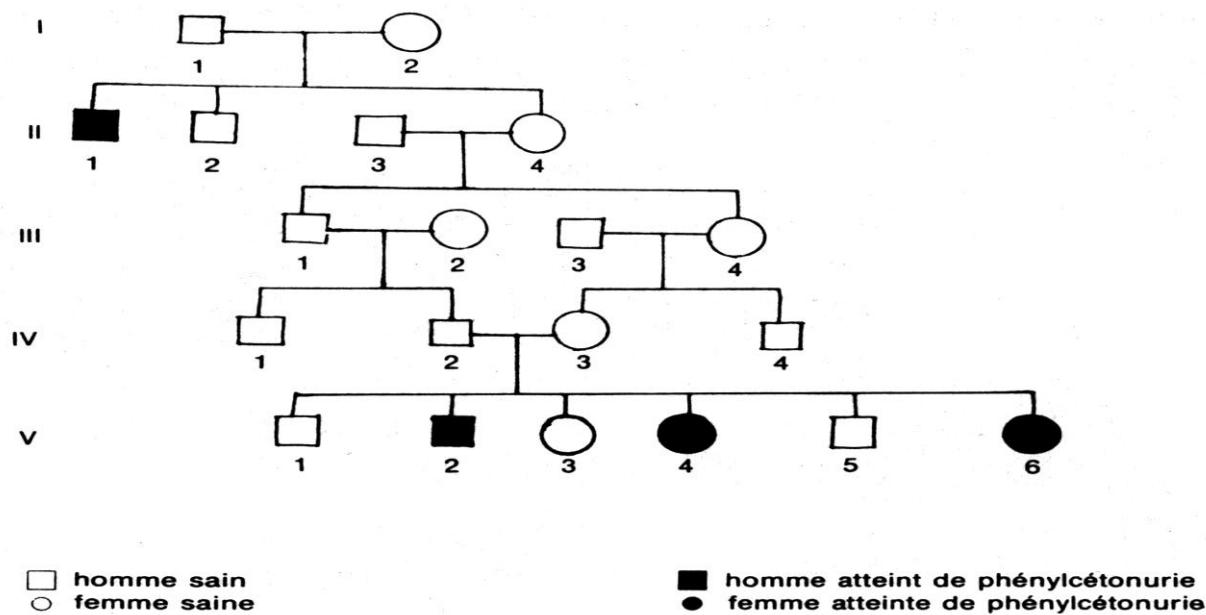
3) Schéma de la fécondation.

### C. Troisième problème

La phénylcétonurie est une maladie héréditaire non liée au sexe et due à un trouble du processus enzymatique qui transforme la phénylalanine en tyrosine. En effet, un sujet atteint de phénylcétonurie ne peut pas transformer un acide aminé (la phénylalanine) en un autre acide aminé (la tyrosine) par suite d'un déficit en une enzyme (l'hydroxylase).

L'accumulation dans l'organisme de la phénylalanine et de ses dérivés est toxique pour le système nerveux. Les sujets malades, s'ils ne sont pas traités, sont atteints peu à peu de débilité mentale grave (intelligence nettement inférieure à la moyenne)

I. Un couple normal a un premier enfant atteint : II<sub>1</sub>, (voir document V).



Document V

1 ) Le gène responsable de cette maladie est-il dominant ou récessif ? Justifiez votre réponse.

2) Quel est le génotype des parents ?

3) Ce couple a un deuxième enfant normal : II<sub>2</sub>, Quelle était la probabilité pour qu'il soit atteint ?

4. ) Le mode d'action des gènes permet-il de comprendre la cause du déficit enzymatique responsable de cette maladie ?

II. Le couple (IV<sub>2</sub> et IV<sub>3</sub>) a un premier enfant atteint V<sub>2</sub>.

1) Précisez le lien de parenté de ce couple.

2) Comment appelle-t-on une telle union ?

3) Quel danger présente-t-elle ?

III. Ce couple apprend qu'un régime alimentaire spécial pour l'enfant, commencé avant l'âge de 3 mois, évite l'apparition de la débilité.

Pour diagnostiquer cette maladie, il existe un test (le test de Guthrie) facile à pratiquer quelques jours après la naissance par un examen des urines ou du Sang.

1) Quelle est la valeur pratique d'un tel test ?

2) Si l'enfant est reconnu atteint, que doit-on conseiller aux parents ?

**Centre de Casablanca**  
**Mai 1985**  
**CORRIGES**

**A. Premier problème**

1) La déviation AS représente l'artefact de stimulation. Celui-ci correspond exactement au signal électrique (du tracé inférieur) : il est synchrone de la stimulation. L'artefact est donc le témoin du passage du courant électrique.

2) Les deux tracés supérieurs représentent les enregistrements des réponses électriques du nerf à l'excitation .

Chaque tracé montre deux déviations en sens inverse dissymétriques (les 2 électrodes réceptrices étant à la surface du nerf et suffisamment rapprochées entre elles) : ce sont 2 potentiels d'action diphasiques approximativement de même amplitude.

On constate une différence à propos du temps perdu qui sépare le début de l'artefact du début du potentiel d'action : cette durée qui correspond au temps de latence est plus longue sur le document II. Par conséquent, la durée totale du potentiel d'action est plus grande sur le document II que sur le document I.

Evaluation des 2 temps perdus (pour ce faire, il convient de tenir compte de la fermeture du circuit qui est à l'origine du potentiel d'action) :

$$t_1 = 0,55 \text{ ms} (5,5 \text{ graduations})$$

$$t_2 = 1,2 \text{ ms} (12 \text{ graduations})$$

3) Calcul de la vitesse de l'influx nerveux (en m/s).

$$V = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}$$

Mesure des distances séparant la cathode de la première électrode réceptrice :

$$d_1 = \text{distance de D à E} = 1 \text{ cm}$$

$$d_2 = \text{distance de D à G} = 3 \text{ cm}$$

donc

$$V = \frac{(3-1) \cdot 10^{-2}}{(1,2-0,55) \cdot 10^{-3}} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{0,65 \cdot 10^{-3}} = 30,76 \text{ m/s}$$

Remarque : on peut tolérer ici une marge d'erreur dans la lecture du temps de latence (+ 0,05 ms). Ainsi le résultat pourra être compris entre 28,57 m/s et 33,33 m/s . Une valeur correcte de la vitesse de l'influx avec des données fausses ou sans données ne peut être retenue.

**II. 1)** Représentation de l'enregistrement obtenu sur l'écran de l'oscilloscope. Remarque: : le candidat devra tenir compte, lors de l'exécution de la courbe, du temps perdu = temps de latence propre du nerf + temps de conduction de l'influx nerveux de l'électrode D à l'électrode B (2 cm) = 0,15 ms + (0,35 ms x 2) = 0,85 ms (8,5 graduations)

Il devra également respecter l'amplitude du potentiel d'action et sa durée partielle (temps perdu non compris) qui ne doivent pas varier.

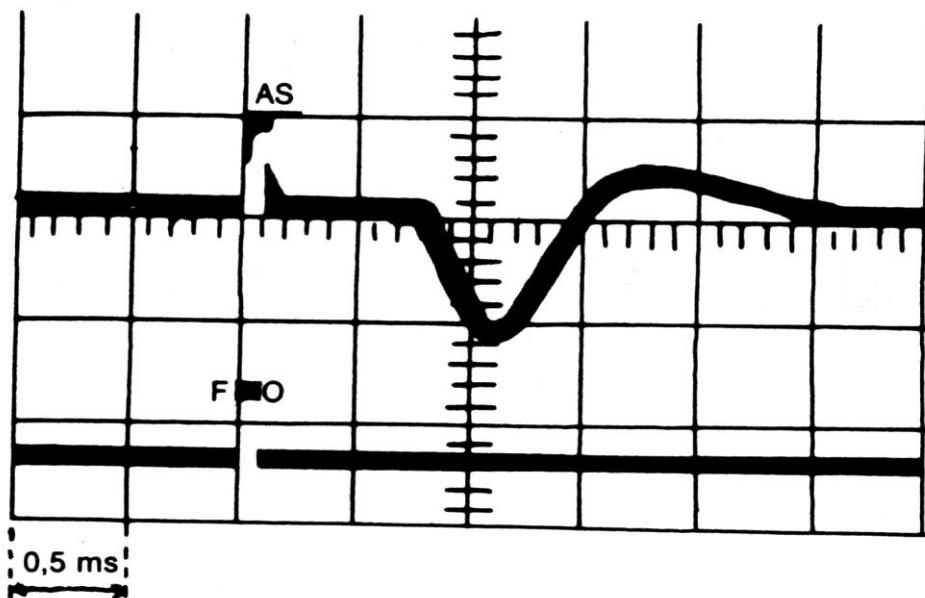
Il convient de faire coïncider dans le temps AS et FO et de tenir compte :

- du temps perdu = 0,85 ms ;

- de l'inversion du potentiel d'action diphasique ;

- de l'amplitude du potentiel d'action diphasique (= 6 graduations verticales) ;

- de la durée du potentiel d'action diphasique (= 2,5 ms).



2) Les électrodes de réception étant situées de l'autre côté des électrodes stimulatrices par rapport aux expériences précédentes, on enregistre un potentiel d'action diphasique (inversé par rapport à ceux obtenus avec les branchements 1 et 2). On peut donc en déduire que l'influx nerveux peut se propager dans les deux sens à la surface d'un nerf isolé.

3) Non, le sens de propagation de l'influx nerveux dans les fibres d'un nerf « *in vivo* » est orienté. On définit un sens physiologique de l'influx depuis les corps cellulaires jusqu'à l'extrémité des axones (qui constituent les fibres du nerf).

Ce sens normal de propagation est conditionné par la présence de synapses qui transmettent l'influx dans un seul sens.

### B. Deuxième problème

I. Il s'agit d'un grain de pollen de lis en coupe observé au microscope électronique.

1 : noyau de la cellule reproductrice ;

2 : noyau de la cellule végétative ,

3 : e xi ne ;

4 : int i n e ;

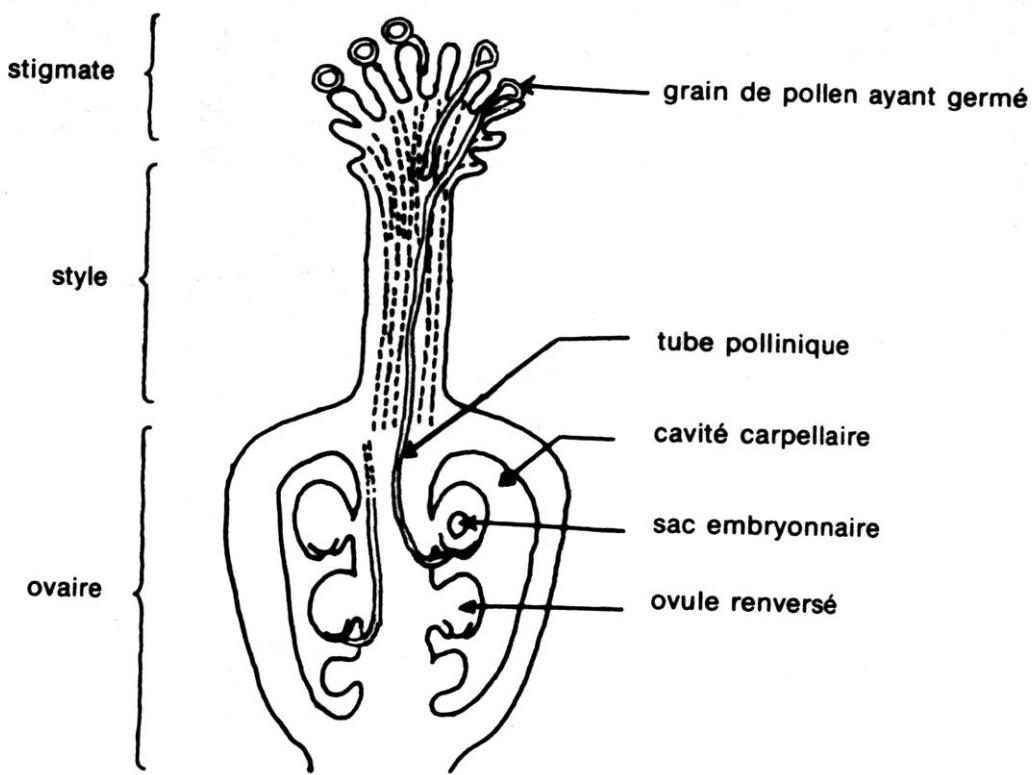
5 : cytoplasme de la cellule reproductrice ;

6 : cytoplasme de la cellule végétative ;

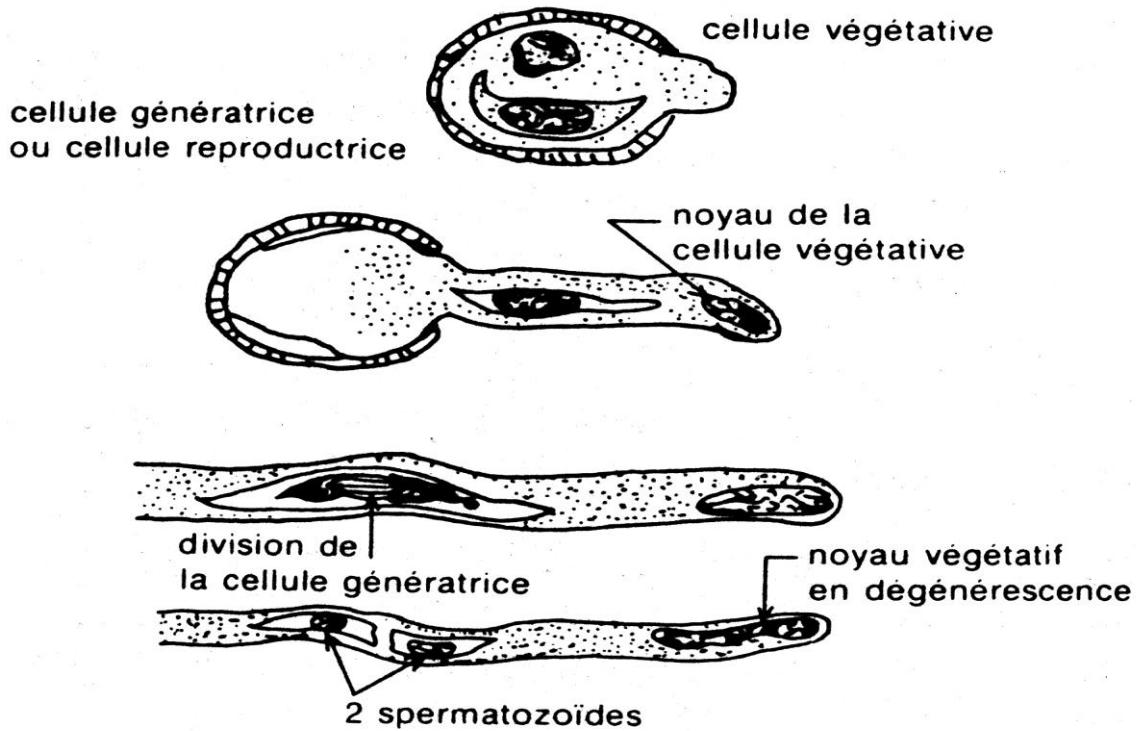
7 : deux membranes plastiques

II. Exécution des schémas + liste minimale des principales légendes dont il faudra tenir compte :

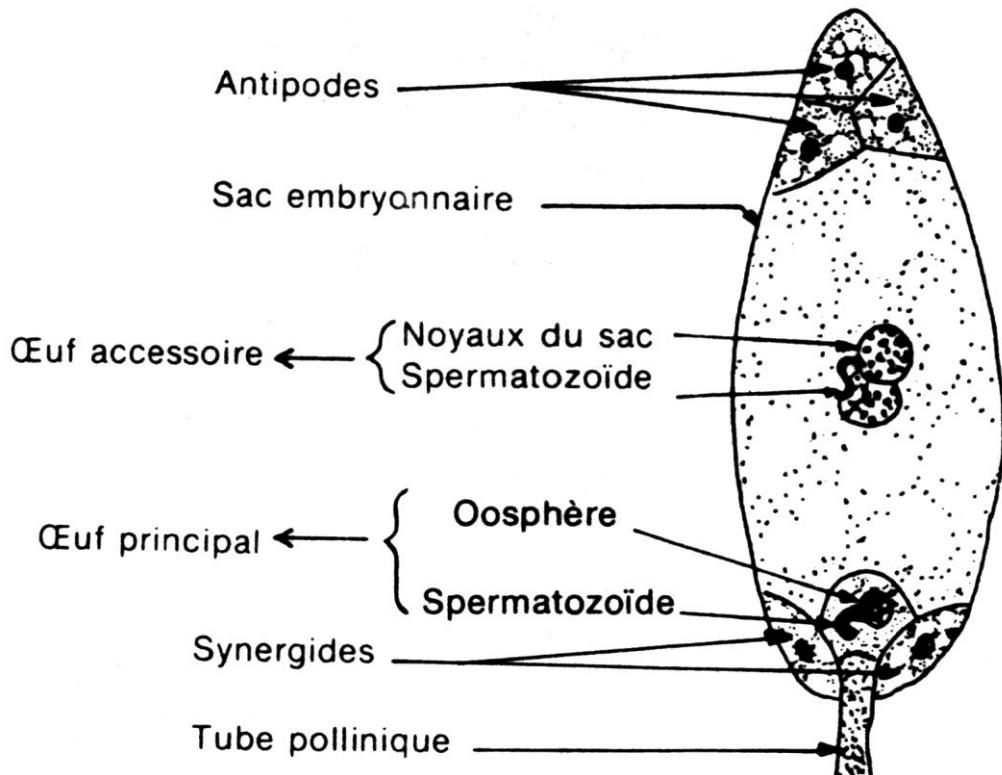
1) Schéma de la germination du grain de pollen et du trajet du tube pollinique dans le pistil :



2) Schémas de la formation des spermatozoïdes chez le lis :



3) Schéma de la double fécondation :



### C. Troisième problème

- I. 1) Les parents sont apparemment normaux, mais ont un enfant atteint ; donc le gène responsable de cette maladie est récessif.
- 2) Représentons par N l'allèle déterminant le caractère normal (sain) et par p l'allèle déterminant la maladie (phénylcétonurie).
- L'enfant atteint a comme génotype p/p. Ses parents doivent être obligatoirement hétérozygotes P//N.
- 3) Le génotype possible du 2<sup>è</sup> enfant est soit , N//N soit N//P.

	$\text{♀}$	$\text{♂}$	$\text{N}$	$\text{P}$
	$\text{N}$		$\text{N}$	$\text{N}$
	$\text{P}$		$\text{N}$	$\text{N}$

enfant atteint de phénylcétonurie.

D'après cet échiquier de croisement, il y avait un risque sur 4 qu'il soit atteint.

- 4) Cette maladie dépend de la mutation d'un gène ; cette mutation ne rend plus possible la

synthèse de l'enzyme normalement formée : d'où le déficit enzymatique constaté.

**II.** 1) IV<sub>2</sub> et IV<sub>3</sub>, issus de III<sub>1</sub> et III<sub>4</sub> (frère et sœur) sont cousins germains.

2) C'est une union consanguine.

3) Elle présente le risque de faire réapparaître la maladie récessive, cachée chez les parents, avec des risques beaucoup plus élevés.

**III.** 1 ) Le test de Guthrie permet de détecter les enfants atteints qui vont pouvoir échapper à la débilité.

2) Si l'enfant est reconnu atteint, on doit conseiller aux parents de faire suivre à leur enfant un régime alimentaire dépourvu de phénylalanine.

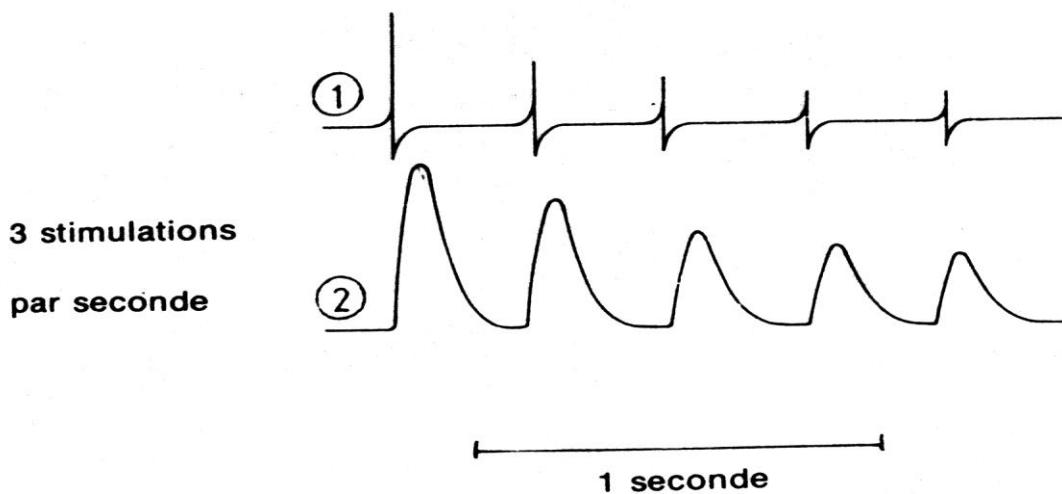
**Centre de Casablanca**  
**Juin 1985**  
**ÉNONCÉS**

**A . Premier problème**

I. La myasthénie, maladie assez rare, est caractérisée par une fatigabilité intense des muscles squelettiques. Dès la fin du siècle dernier, on avait remarqué qu'au maximum de la fatigue le muscle restait excitable directement par une stimulation électrique alors qu'il ne l'était plus par l'intermédiaire de son nerf.

Pour confirmer un diagnostic de myasthénie, on enregistre les électromyogrammes et les contractions du muscle adducteur du pouce, en réponse à des stimulations du nerf moteur (nerf cubital) qui innervé ce muscle.

Les tracés 1 et 2 reproduits sur le document I sont obtenus sous stimulation maximale du nerf cubitus à la fréquence de trois stimulations par seconde. On admettra que les propriétés du nerf capital ne varient pas en cours d'expérience.



**Document I**

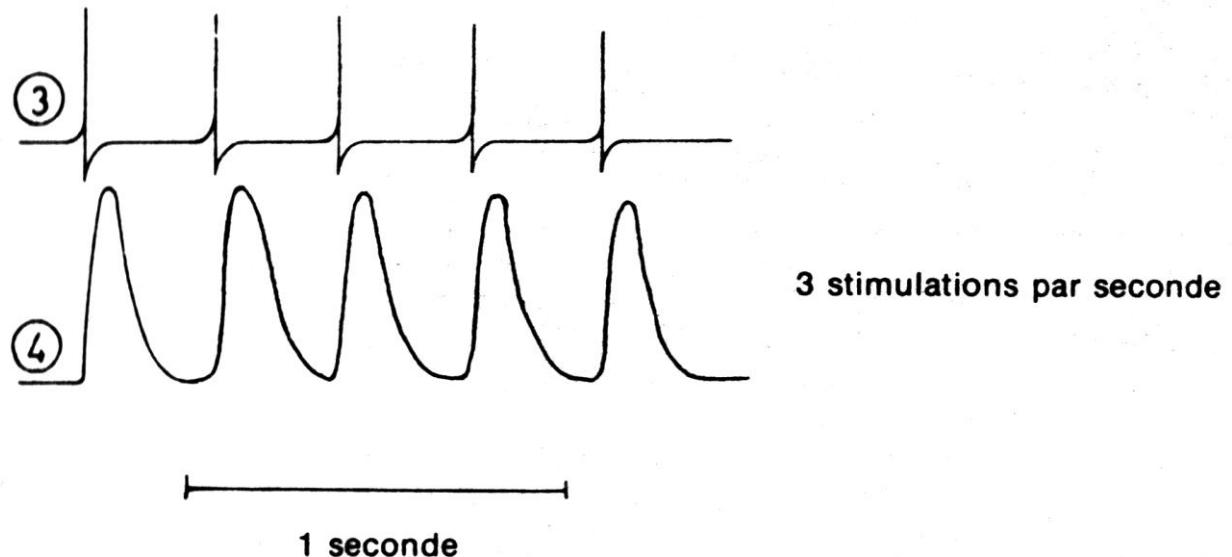
Document I

1 ) Commentez ces enregistrements.

2) En vous appuyant sur ce documentaire et sur vos connaissances, pouvez- vous dire, en justifiant votre réponse, si l'expérience précédente a été faite sur un sujet sain ou malade ?

II. L'expérience précédente est refaite, mais quinze minutes avant sa réalisation, on pratique sur le même sujet une injection intramusculaire de prostigmine. Cette substance empêche l'hydrolyse de l'acétylcholine par la cholinestérase et retardé l'inactivation de ce médiateur au niveau de la plaque motrice. On enregistre alors les tracés (3) et (4) en portant sur le nerf capital trois stimulations par seconde.

Enregistrements 15 minutes après injection de prostigmine



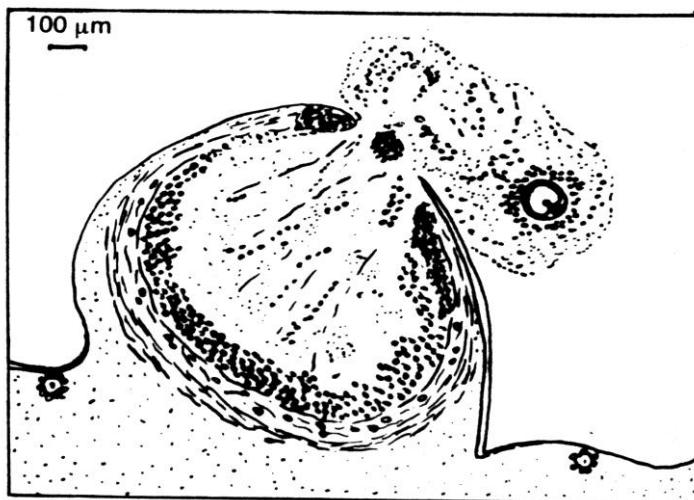
### Document II

- 1) Quelles modifications subissent les enregistrements du document II par rapport à ceux qui leur correspondent sur le document I ?
- 2) Comment expliquez-vous les différences constatées entre ces enregistrements ?

#### B. Deuxième problème

I.

- 1 ) Identifiez et légandez aussi soigneusement que possible le document III observé au niveau de l'appareil reproducteur d'un Mammifère.



### Document III

- 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<sup>e</sup> jour du traitement.

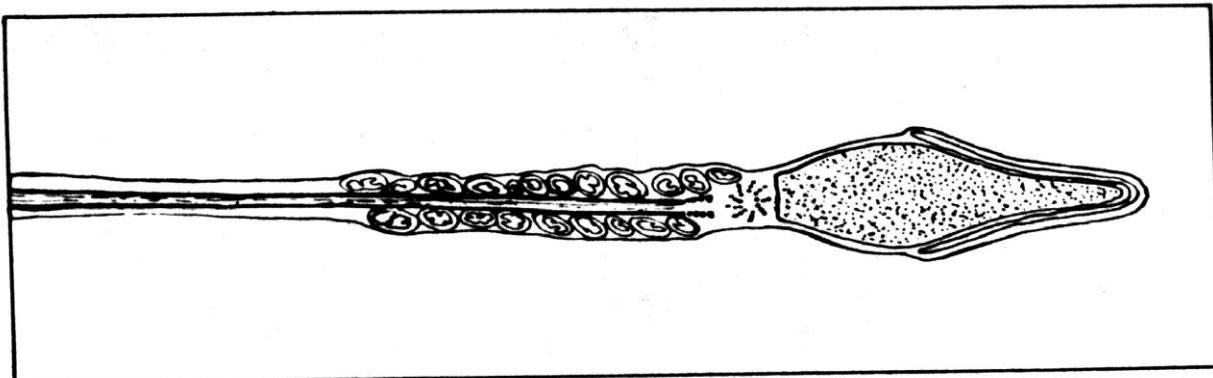
Des injections en perfusion continue ou selon un rythme différent ne donnent aucun résultat.

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) Lédez de façon complète, le document IV.



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 mèdroxy-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/cm<sup>3</sup>. Le seuil de fertilité est de 15 millions/cm<sup>3</sup> (quantités normales : 30 à 150 millions/cm<sup>3</sup>).

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 mèdroxy-progestérone) dérivé de la progestérone pour entraîner la baisse de production des spermatozoïdes ?

c. Pourquoi l'application de la testostérone est-elle nécessaire ?

# **Centre de Casablanca**

**Juin 1985**

## **CORRIGÉS**

### **A. Premier problème**

I.1 ) Le tracé 1 représente l'électromyogramme obtenu par suite de l'application sur le nerf cubital de quelques stimulations dont la fréquence est de trois par seconde.

Le tracé (2) indique le myogramme qui résulte de ces stimulations.

En analysant les enregistrements 1 et 2 on constate que :

- Chaque potentiel d'action musculaire précède une secousse musculaire isolée ;
- l'amplitude de la réponse musculature faiblit rapidement et de la même façon que le PA musculaire.

Chaque potentiel d'action précède et déclenche la contraction du muscle adducteur du pouce. Puisque l'amplitude des contractions musculaires diminue rapidement en moins d'une seconde, c'est que la fatigue musculaire survient très vite.

2) Puisque la fatigue se produit brutalement en un laps de temps très bref, ce qui est concrétisé par la baisse proportionnelle de l'amplitude des phénomènes électriques et des secousses musculaires qui leur correspondent, on est en droit de dire que les enregistrements (1) et (2) du document I ont été réalisés chez un sujet atteint de myasthénie.

En effet. chez un sujet sain, ces tracés n'auraient subi aucune modification d'amplitude en si peu de temps (moins d'une seconde).

Par ailleurs. on peut préciser, en se référant à l'énoncé, que la fatigue apparaît au niveau de la plaque motrice (transmission de l'influx nerveux) puisque le muscle reste excitable si on le stimule directement.

II. 1 ) Contrairement à l'expérience précédente, on constate que les électromyogrammes (tracés 3 ), et les myogrammes correspondants (tracés 4 ) sont de grande amplitude. La fatigue musculaire ne se produit pas aussi brutalement qu'avant l'injection de prostigmine.

2) Les différences constatées entre les enregistrements reproduits sur le document II par rapport à ceux représentés sur le document I s'expliquent par l'action de la prostigmine (ou néostigmine). Celle-ci inhibe la cholinestérase (enzyme responsable de l'hydrolyse de l'acétylcholine au niveau de la plaque motrice). L'acétylcholine est libérée dans l'espace synaptique à la suite de l'ouverture des vésicules synaptiques. Cette ouverture est déclenchée. Oui, ces observations confirment l'importance du rythme des neurosécrétions de l'hypothalamus :

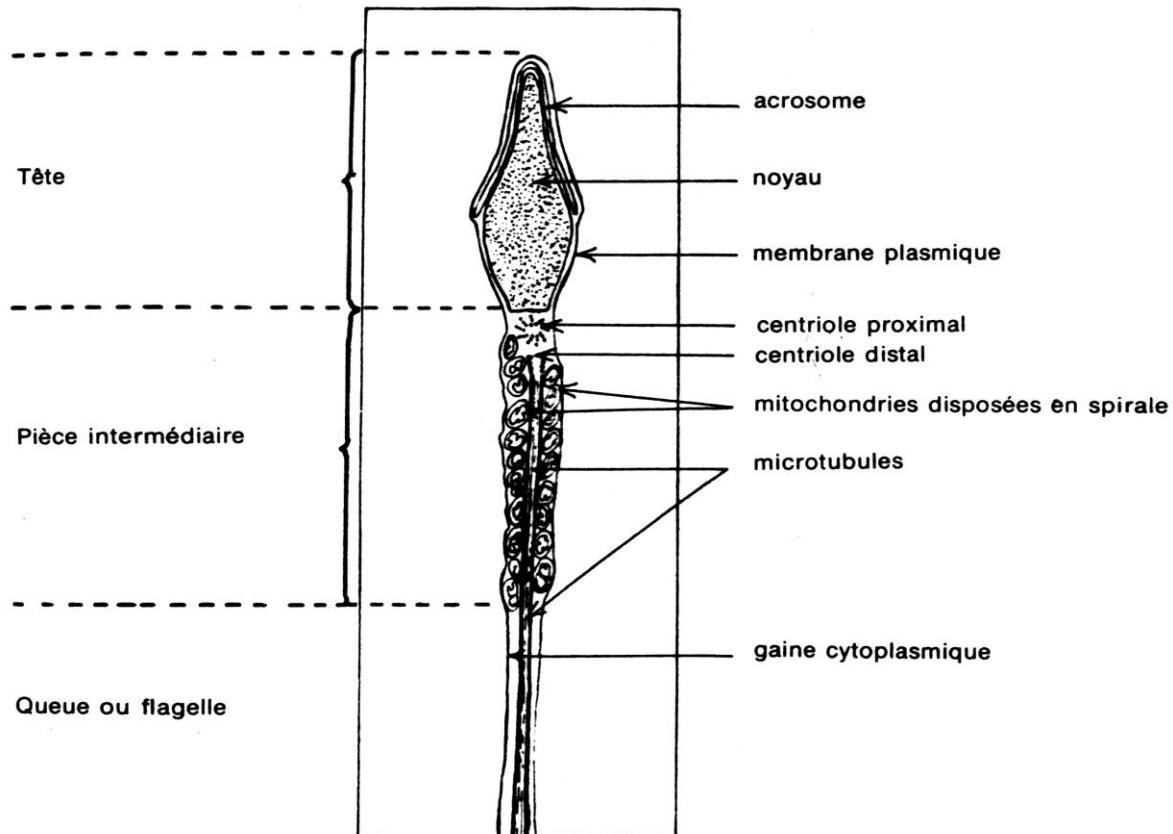
- seul le rythme de 90 minutes chez la femme stérile est capable d'entraîner une ovulation ;
- un autre rythme continu ou de période différente, n'entraîne pas d'ovulation. .

b. Les neurosécrétions de l'hypothalamus injectées selon un rythme convenable doivent :

- stimuler les sécrétions hypophysaires de FSH et d'un peu de LH qui, agissant en synergie, stimulent à leur tour la croissance des follicules (dont un terminera sa croissance jusqu'au stade de follicule mûr) ;
- permettre au 13<sup>ème</sup> jour du traitement un " pic de décharge " de FSH et surtout de LH. C'est le pic de LH qui provoque la rupture du follicule mûr, c'est-à-dire l'ovulation.

La rétroaction " hormones ovaries-hypophyse" n'est pas exigée pour expliquer le pic de LH.

II.1 ) Titre : un spermatozoïde en coupe longitudinale observé au microscope électronique.



2)a. Ce traitement est bien une méthode contraceptive car le nombre de spermatozoïdes est ramené à une valeur 3 fois inférieure à celle du seuil de fertilité, donc il n'y a plus de fécondation probable.

En effet le seuil de fertilité est le nombre minimal de spermatozoïdes en dessous duquel il n'y a pas de fertilité c'est-à-dire de fécondation probable.

b. Le dérivé de la progestérone met en jeu le mécanisme de la rétroaction.

Ce produit " inhibe " les neurosécrétions de l'hypothalamus d'où chute des sécrétions hypophysaires de gonadostimulines (FSH et LH). La chute du taux de FSH entraîne un ralentissement de la spermatogénèse, étant donné que les tubes séminifères ne sont plus suffisamment stimulées.

La chute du taux de LH (ou ICSH) entraîne une baisse de la sécrétion de testostérone, hormone sexuelle produite par les cellules interstitielles qui ne sont plus suffisamment stimulées.

L'application de la testostérone est nécessaire parce que cette hormone est indispensable chez l'adulte pour maintenir les caractères sexuels secondaires masculins. En effet sa diminution entraînerait une régression de ces caractères.

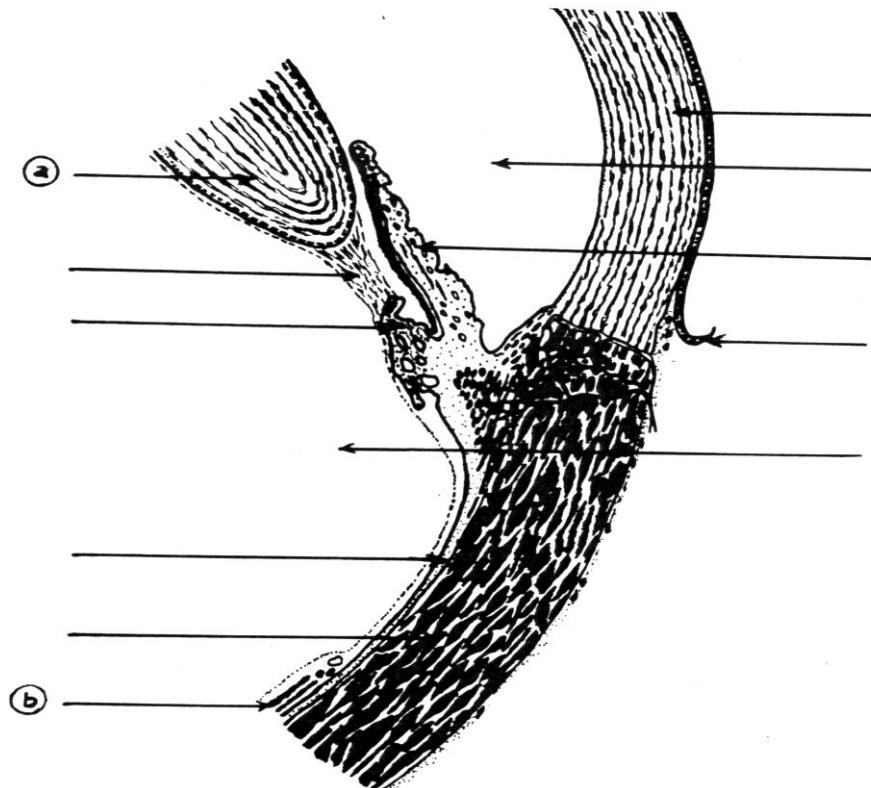
L'absorption du dérivé de la progestérone non accompagnée d'une application de testostérone entraînerait une féminisation.

Cette dernière réponse n'est pas exigée.

**Centre de Casablanca**  
**Mai 86**  
**énoncés**

**A .Premier problème.**

Le document I représente le schéma agrandi d'une portion de coupe antéropostérieure d'un organe des sens chez l'Homme.

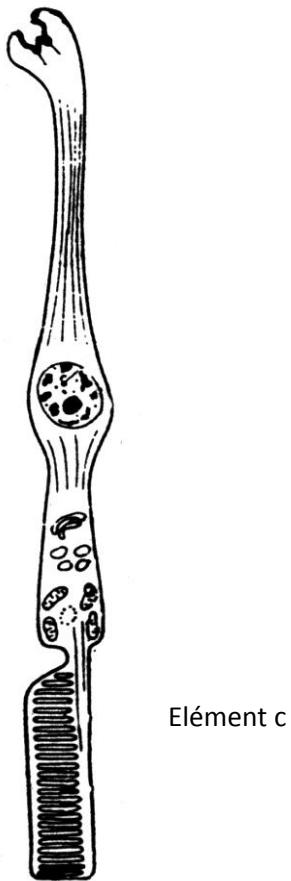


DOCUMENTI

1 ) Identifiez et légandez ce document.

2) En vous appuyant sur vos connaissances, précisez le rôle fondamental de l'élément (a) et expliquez le mécanisme de son fonctionnement .

**B.** Le document II représente le schéma d'un élément © vu au microscope électronique et qui appartient à la membrane (b) la plus interne de l'organe sensoriel en question.

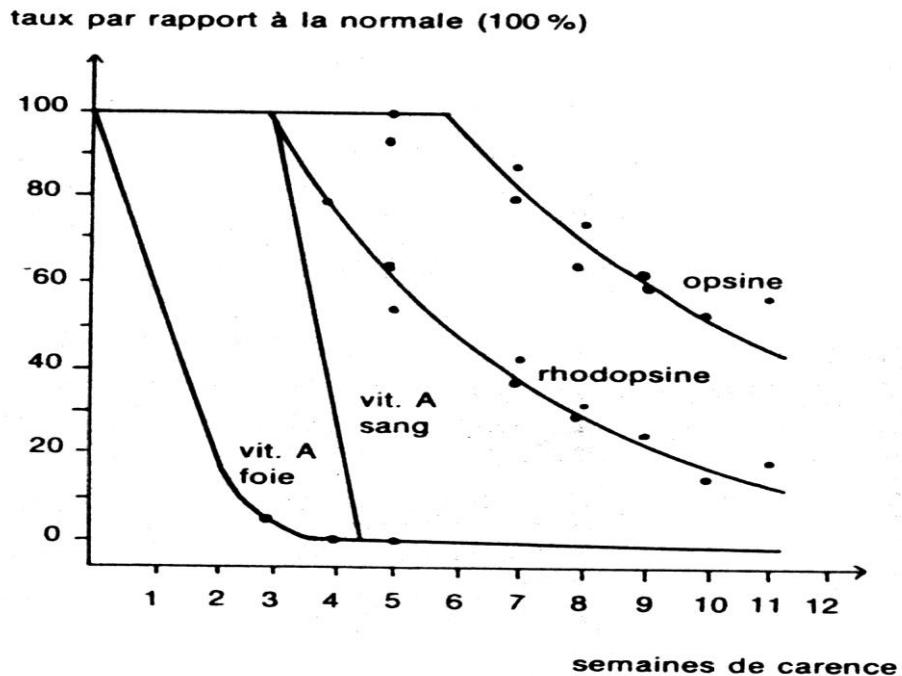


Elément c

#### DOCUMENT II

Identifiez cet élément c et annotez le document II aussi complètement que possible.

**C.** Pour dégager le rôle de l'élément © dans la physiologie de l'organe des sens étudié, on se propose d'exploiter les résultats expérimentaux obtenus par deux chercheurs, Dowling et Wald. Ces derniers ont soumis des rats blancs à un régime alimentaire carencé en vitamine A. Les effets de cette carence, qui sont traduits par le document III, ont entraîné l'héméralopie chez ces rats.



### DOCUMENT III

- Analysez et interprétez la succession des phénomènes présentés par le document III.  
Par ailleurs, l'observation au microscope électronique d'une coupe de la membrane b a révélé, chez ces rats, la dégénérescence des structures renfermées dans le segment externe ou terminal de l'élément © .
- Expliquez le fonctionnement de l'élément c en montrant le lien qui existe entre cet élément et la vitamine A.  
On rappelle que la vitamine A ou rétinol donne par déshydrogénération du rétinal et que la croissance du segment externe de l'élément © est indéfinie (son sommet se détruit pendant que sa base se reforme).

### Deuxième problème

Chez les Mammifères, trois niveaux interviennent principalement dans la régulation hormonale de la fonction de reproduction. Ce sont les gonades, l'hypophyse et l'hypothalamus.

Les expériences suivantes visent à éclaircir les relations entre ces niveaux.

On cherche d'abord à établir la relation existant entre l'hypophyse et les ovaires. Pour cela, on analyse les expériences suivantes :

- Expérience 1 : lorsqu'on pratique l'ablation des deux ovaires d'une femelle on constate que les concentrations sanguines en FSH et LH décuplent (elles sont multipliées par 10) en quelques semaines.

1 ) Donnez l'origine des deux hormones FSH et LH et expliquez brièvement leurs actions.

2) Interprétez cette expérience.

- Expérience 2 : on injecte l'oestradiol à des femelles singes Rhésus qui ont subi l'ablation des ovaires et on constate l'apparition d'un pic de LH.

Mais ce pic n'apparaît pas si la concentration en oestradiol injecté est inférieure à 0,1 microgramme par litre de sang pour la femelle Rhésus, d'une part, et si la durée de la présence de

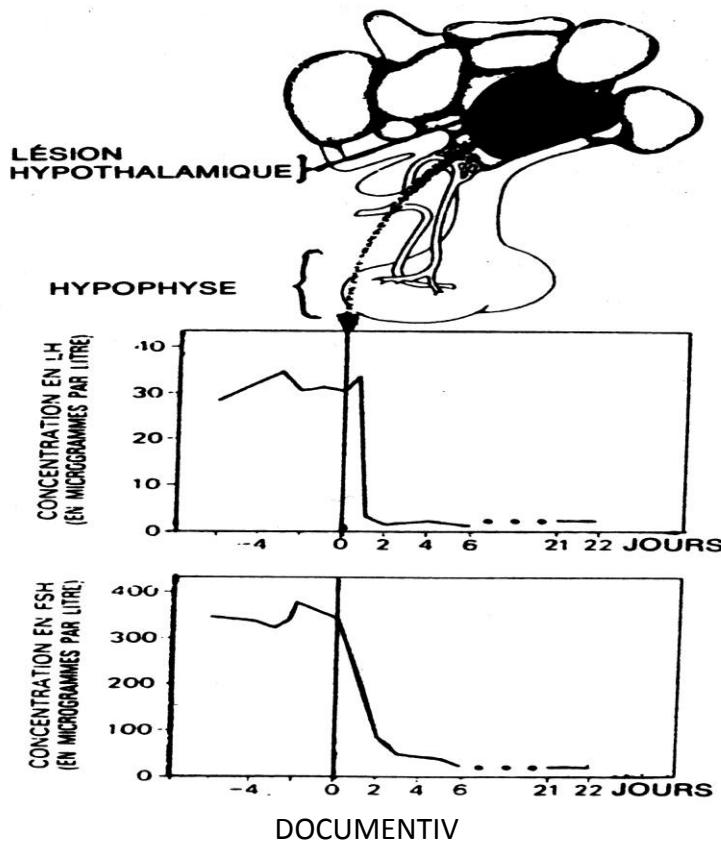
l'œstradiol dans le sang est inférieure à 36 heures, d'autre part.

3) Que représente la concentration de 0,1 microgramme d'œstradiol par litre de sang dans cette expérience ?

4) En vous appuyant sur cette expérience et sur vos connaissances, expliquez l'apparition du pic de LH.

Ensuite, on cherche à éclaircir les relations qui existent entre l'hypothalamus et l'hypophyse par l'expérience suivante :

- Expérience 3 : on effectue sur des singes femelles des lésions localisées de l'hypothalamus et on mesure ensuite leur concentration sanguine en FSH et en LH. Les résultats de cette expérience sont traduits par le document IV.



5) Analysez ce document. Quelle conclusion pouvez-vous en tirer ?

6) En utilisant vos connaissances, expliquez le mécanisme d'action qu'exerce l'hypothalamus sur l'hypophyse.

### Troisième problème

Au moment de la prophase I de la méiose, les chromosomes homologues se disposent comme le montre le document V.



#### DOCUMENT V

- 1) Décrivez les modifications que subissent les chromosomes au cours de cette phase.  
A l'endroit indiqué par la flèche (document V) une petite portion de l'ADN a été analysée :

- fragment d'une chromatine du chromosome A = fragment a      A C C G T A C C T T T G G C

- fragment d'une chromatine du chromosome B = fragment b      A C G G A T C T C C C A G G

- 2) Etablissez, en utilisant le tableau 1, la séquence de protéine prévue, c'est-à-dire correspondant à l'ADN analysé. Aidez-vous du tableau II en écrivant le nom des acides aminée en abrégé.

	fragment a d'une chromatide du chromosome A	fragment b d'une chromatide du chromosome B
ADN avant la division	T A C C G T A C C T T T G G C <u>                                                                             </u>	T A C G G A T C T C C C A G G <u>                                                                             </u>
ARN messager	<u>                                                                             </u>	<u>                                                                             </u>
séquence de protéine prévue		
séquence de protéine obtenue	Met — Ala — Trp — Arg — Ser	Met — Pro — Arg — A.Glu — Pro

TABLEAU I

Méthionine	= Met	AUG
Sérine	= Ser	UCU-UCC-UCA-UCG-AGU-AGC
Proline	= Pro	CCU-CCC-CCA-CCG
Alanine	= Ala	GCU-GCC-GCA-GCG
Lysine	= Lys	AAA-AAG
Acide glutamique	= A.Glu	GAA-GAG
Tryptophane	= Trp	UGG
Arginine	= Arg	CGU-CGC-CGA-CGG-AGA-AGG
Glycine	= Gly	GGU-GGC-GGA-GGG

TABLEAUII

En fin de méiose, l'analyse de la séquence de protéine obtenue révèle la composition suivante :

- protéine I correspondant au fragment a (Méthionine-Alanine-Tryptophane-Arginine-sérine)

- protéine 2 correspondant au fragment b

(Méthionine-proline-Arginine-Acide glutamique-proline)

3) Comparez les deux résultats sur votre tableau, en tenant compte uniquement du dernier acide aminé de chaque séquence.

Qu'en déduisez-vous e?

4) Quelle est l'importance génétique du phénomène ainsi mis en évidence ?

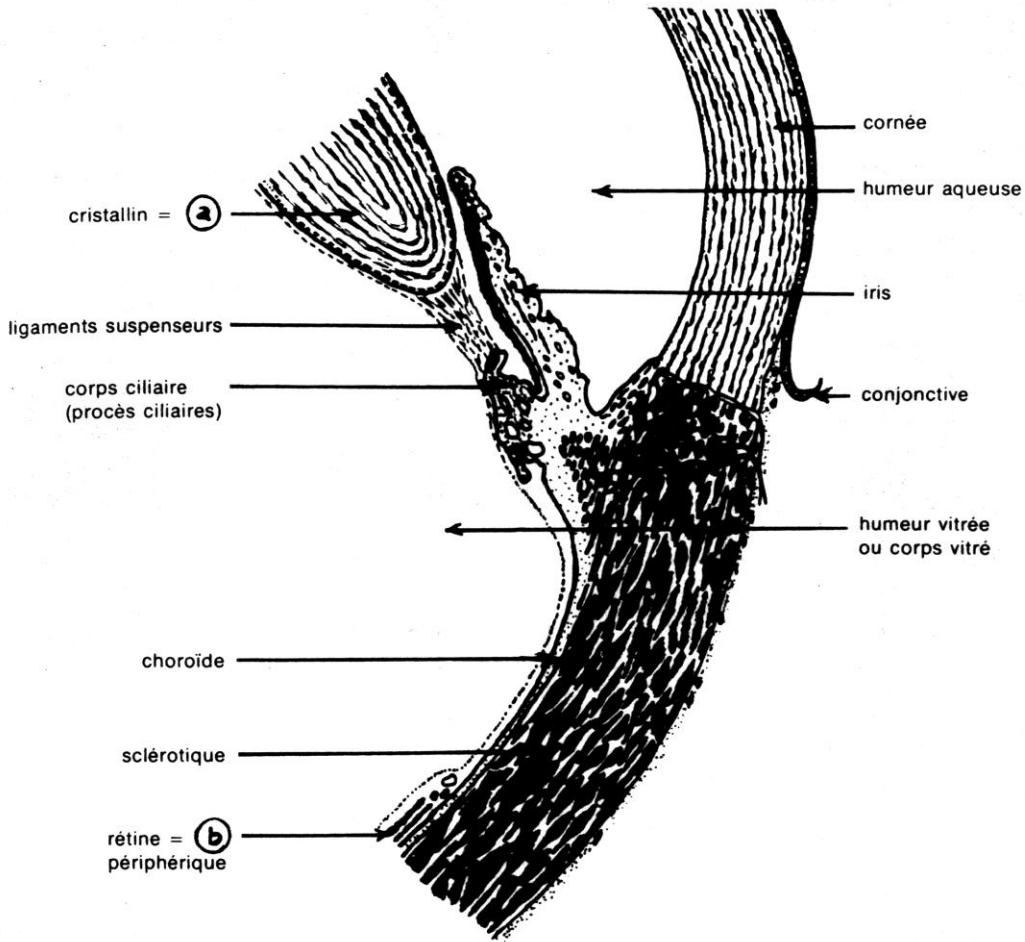
# Centre de Casablanca

Mai 86

## Corrigés

### Premier problème

A. 1 ) Il s'agit du schéma agrandi d'une portion de coupe antéropostérieure d'un œil humain :



### DOCUMENTI

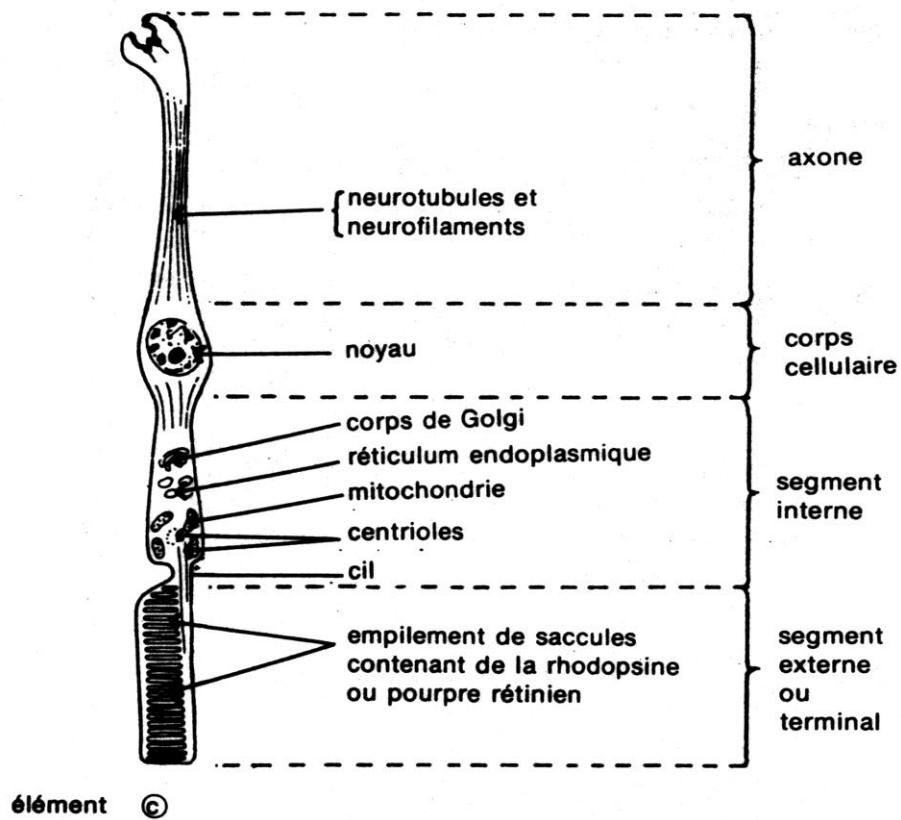
2) Le cristallin joue un rôle fondamental dans l'accommodation . Cette opération permet d'amener les images sur le plan rétinien. Lors de l'accommodation, les fibres musculaires du corps ciliaire se contractent et provoquent le relâchement des ligaments suspenseurs.

Libéré de cette traction, le cristallin se déforme, se bombe, grâce à son élasticité naturelle. Cette déformation est due au glissement des différentes écailles du cristallin les unes sur les autres qui finissent par épouser la forme du noyau dense. Le bombement de la face antérieure du cristallin est plus accentué dans la région centrale de cette lentille. La courbure de la face antérieure du cristallin augmente beaucoup, celle de la face postérieure varie peu.

L'accommodation est un phénomène réflexe qui se produit simultanément pour les deux yeux et qui s'accompagne de la convergence des axes optiques et du rétrécissement des pupilles

(diaphragmation).

B. L'élément © est un photorécepteur ou cellule visuelle à bâtonnet.



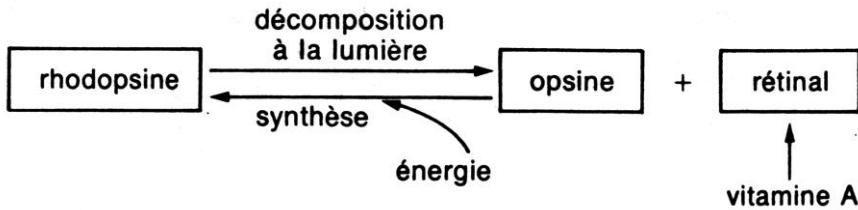
#### DOCUMENT II

C. 1 ) Dès que l'alimentation cesse de fournir de la vitamine A, le taux de cette dernière baisse assez rapidement dans le foie. Les réserves du foie en vitamine A s'épuisent rapidement en 3 à 4 semaines. A cette période le taux de vitamine A dans le sang chute très rapidement en pratiquement une semaine et demie. Cette chute est suivie par une baisse progressive de la rhodopsine (ou pourpre rétinien) dans la rétine. Un peu plus tard, et parallèlement à l'abaissement du taux de rhodopsine, on enregistre une diminution du taux d'opsine .

L'alimentation doit apporter en permanence la vitamine A.. Celle-ci est stockée dans le foie puis libérée de façon continue dans le sang en fonction des besoins. La vitamine A intervient dans la synthèse de la rhodopsine ou pourpre rétinien, pigment indispensable à la vision en faible éclairage.

Cette expérience met en évidence le rôle de la rhodopsine et donc des bâtonnets dans la vision crépusculaire.

2) On sait que la rétine de grenouille ou celle du lapin perd sa couleur pourpre sous l'action de la lumière et la retrouve ensuite à l'obscurité. La rhodopsine, pigment de couleur pourpre, est donc décomposée par la lumière en ses éléments opsine et rétinal, puis régénère ensuite à l'obscurité. Le rétinal dérive de la vitamine A par déshydrogénération.



Cette décomposition du pigment est à l'origine de la naissance de l'influx nerveux au niveau du photorécepteur, influx qui progresse ensuite le long des chaînes de neurones.

La rhodopsine "usée" est constamment remplacée par un renouvellement continu des disques ou saccules du segment externe du bâtonnet (un nouveau disque se forme toutes les 20 minutes environ à la base du segment externe tandis que le sommet de ce dernier se brise) ce qui témoigne de l'importance de la vitamine A dans la conservation d'une bonne vision crépusculaire. En cas de carence en vitamine A, l'héméralopie s'installe en quelques semaines, une fois que les réserves de l'organisme en cette vitamine se sont épuisées. Ceci conduit à la dégénérescence du segment externe du bâtonnet.

### **Deuxième problème**

1 ) L'origine : FSH et LH sont sécrétées par le lobe antérieur de l'hypophyse ; ce sont des gonadostimulines qui stimulent l'activité des gonades, ici les ovaires, l'action de ces deux hormones :

- La FSH ou folliculostimuline stimule les follicules ovariens, favorise leur croissance et leur maturation. Elle active donc la sécrétion d'œstrogènes par la thèque interne et les cellules de la granulosa.
- La LH ou hormone lutéinisante déclenche l'ovulation et la transformation du follicule éclaté en corps jaune.

Ce dernier sécrète essentiellement de la progestérone grâce aux cellules lutéiniques mais aussi des œstrogènes grâce à la thèque interne.

2) L'ablation des deux ovaires supprime par la même occasion la production des hormones ovariennes : les œstrogènes et la progestérone.

L'absence de ces deux hormones sexuelles décuple le taux sanguin de FSH et de LH. Par conséquent l'activité de l'hypophyse est stimulée par une absence d'hormones ovariennes dans le sang.

On est en présence ici d'un phénomène (les sécrétions ovariennes) qui agit sur la cause qui l'a engendré (les sécrétions d'hormones hypophysaires). Il s'agit donc d'un rétrocontrôle, rétroaction ou feed-back.

Comme c'est l'absence du taux des hormones ovariennes dans le sang qui stimule la sécrétion de FSH et de LH, il s'agit d'un rétrocontrôle à effet négatif.

3) La concentration de 0, 1 microgramme d'œstradiol par litre de sang représente une valeur-seuil ou valeur liminaire.

4) Les œstrogènes comprennent l'œstradiol, l'estrone et l'œstriol.

L'œstradiol est l'hormone la plus importante des œstrogènes ; elle est responsable de l'apparition du pic de LH.

Mais dans ce cas, c'est l'augmentation rapide de l'œstradiol dans le sang (concentration > 0,1 µg/l) et pendant une durée suffisante (36 heures au moins) qui déclenche le pic de LH.

Il s'agit donc d'un rétrocontrôle à effet positif.

5) - Analyse : Les lésions localisées de l'hypothalamus entraînent une chute très importante des concentrations de LH et de FSH dans le sang, chute qui persiste...

- Conclusion : la partie lésée commande la sécrétion hypophysaire de LH et de FSH. En effet cette partie semble nécessaire au maintien d'une sécrétion de FSH et de LH par l'hypophyse antérieure.

6) L'hypothalamus agit sur l'hypophyse par l'intermédiaire d'une hormone qui est synthétisée par certains neurones hypothalamiques. Une telle hormone produite par les cellules nerveuses est appelée neurohormone.

Déversée dans le sang, cette substance est véhiculée jusqu'à l'hypophyse antérieure où elle contrôle la libération des gonadostimulines : FSH et LH. C'est pour cela qu'on l'appelle : hormone de libération ou RH (releasing Hormone).

Une seule hormone semble être responsable à la fois de la libération de FSH et de LH. C'est l'hormone GnRH (Gonadotrophin Releasing Hormone) ou hormone de libération des gonadotrophines.

### Troisième problème

1) Cette prophase est plus longue et plus complexe qu'une prophase équationnelle. Les chromosomes deviennent visibles ; les deux chromosomes homologues de chaque paire s'apparent et s'accroissent étroitement sur toute leur longueur. Ils sont déjà divisés en 2 chromatides.

Le document V montre bien cette phase : chaque paire de chromosomes ainsi accolés est appelée bivalent.

Puis les chromosomes, comme le montre le document V, deviennent plus courts et plus épais ; la fissuration devient visible. Chaque bivalent est alors formé de 4 chromatides ou tétrades seulement reliées au niveau du centromère.

2) Les séquences de protéine s'obtiennent par transcription de l'ADN en ARN messager, puis par traduction en utilisant le code génétique du tableau II

	fragment a	fragment b
ADN avant la Division	T A C C G T A C C T T T G G C	T A C G G A T C T C C C A G G
ARN messager	A U G G C A U G G A A A C C G	A U G C C U A G A G G G U C C
Séquence de protéine prévue	Met Ala Trp Lys Pro	Met Pro Arg Gly Ser

3) Le tableau de comparaison révèle :

	Fragment a	Fragment b
Séquence de protéine prévue	Met-Ala-Trp-Lys-Pro	Met-Pro-Arg-Gly-Ser
Séquence de protéine obtenue	Met-Ala-Trp-Arg-Ser	Met-Pro-Arg-A.Glu-Pro

- pour le fragment a, les 3 premiers acides aminés sont inchangés, identiques ; par contre les 2 derniers acides aminés ont été remplacés par Arg et Ser.

- pour le fragment b, on peut faire la même observation ; les 2 derniers acides aminés ont été remplacés par A.Glu et Pro.

En ce qui concerne le dernier acide aminé, on constate une inversion : Ser remplace Pro en a, et Pro remplace Ser en b.

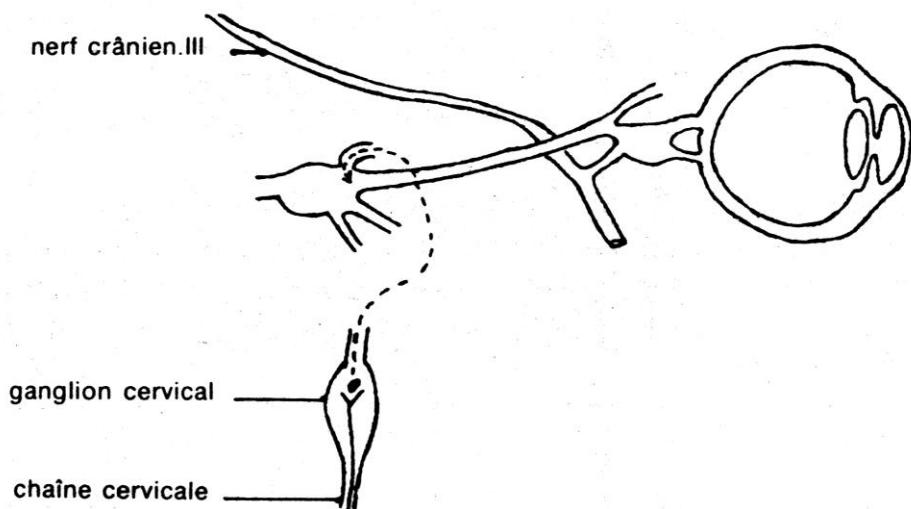
On peut donc en déduire qu'un fragment d'ADN a été échangé : or on sait qu'au moment de la rupture des chiasmas, les contacts entre chromatide sont complexes : ils peuvent aboutir à des enjambements (crossing-over en anglais). L'inversion observée, qui correspond à un échange réciproque de segment de chromatides, doit être considérée comme un enjambement.

4) Les enjambements provoquent des recombinaisons ; ils ont donc un rôle très important en Génétique. Ils ont permis à Morgan et à son école de proposer le principe et la méthode pour calculer la position des gènes sur les chromosomes, d'où les cartes factorielles.

Au cours de la méiose, on observe un brassage interchromosomique qui répartit de manière aléatoire, au hasard, les chromosomes des parents. Les enjambements provoquent une autre modification, le brassage intrachromosomique avec répartition aléatoire des allèles qui assure la variabilité du matériel génétique transmis. Le génotype est donc original par rapport à celui des parents : la diversification est telle que - le cas des vrais jumeaux mis à part - deux individus ayant le même génotype ne se rencontreront jamais.

4) Quelles informations tirez-vous de cette expérience ?

- Expérience 2 : La section de la III<sup>e</sup> paire de nerfs crâniens - nerfs moteurs oculaires communs (Document III) - a pour conséquence la dilatation de la pupille quel que soit l'éclairement.



#### DOCUMENT III

- Expérience 3 ; La destruction des ganglions cervicaux ou de la chaîne cervicale (Document III) entraîne le rétrécissement de la pupille quel que soit l'éclairement.

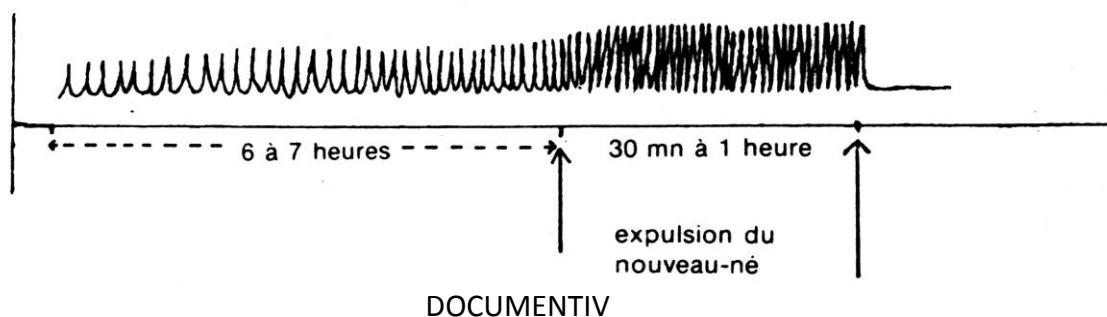
5) En utilisant les données des expériences précédentes, expliquez les mécanismes nerveux qui interviennent dans la diaphragmation.

#### Troisième problème

L'expulsion du fœtus chez les mammifères nécessite la mise en jeu de certains organes dont l'utérus.

Le document IV traduit l'activité mécanique de cet organe chez la Femme, au moment de l'accouchement.

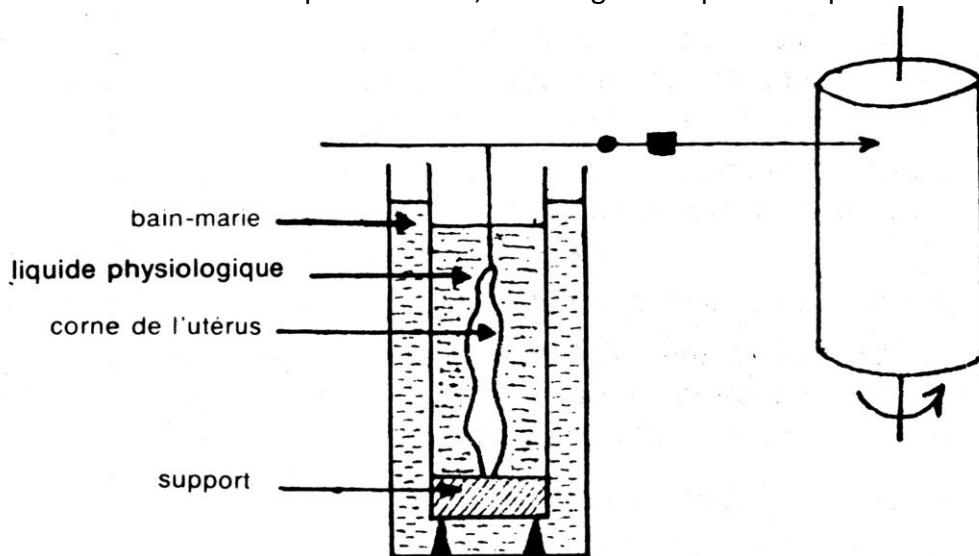
Amplitude



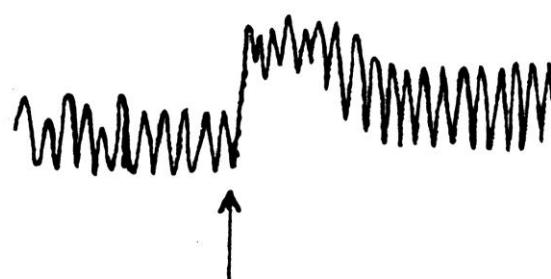
1) Analysez le document IV.

2) Quelles hypothèses pouvez-vous avancer pour expliquer le phénomène observé ? Pour mieux connaître l'activité de cet organe, l'expérience suivante est réalisée : après avoir sacrifié (tué) une Ratte, on place deux ligatures sur une corne de son utérus. Le fragment ainsi délimité est isolé, puis attaché par sa ligature inférieure à la base d'un tube contenant un liquide physiologique suffisamment aéré. Ce tube est placé dans un bain-marie à 38°C. La ligature supérieure est reliée à un stylet inscripteur qui s'appuie sur un cylindre enregistreur animé d'un mouvement uniforme (Document V).

En opérant dans ces conditions expérimentales, on enregistre la première partie du document VI.



Document V



DOCUMENT VI

3) Quels conclusions tirez-vous de l'analyse de cette première partie du document VI ?

La deuxième partie du document VI est obtenue après avoir ajouté au liquide physiologique un extrait post-hypophysaire.

4) En utilisant ces derniers résultats, comment pouvez-vous expliquer le phénomène observé chez la Femme au moment de l'accouchement ?

5) Etant donné les propriétés du muscle utérin précédemment mises en évidence, comment pouvez-vous expliquer la niodation ?

#### **Quatrième problème**

On dispose dans un laboratoire de 3 lots de Souris :

- brunes à moustaches raides,
- albinos à moustaches raides,
- brunes à moustaches frisées.

Le croisement de Souris albinos à moustaches raides avec des Souris brunes à moustaches frisées, produit en F1 uniquement des individus bruns à moustaches raides.

1) Quels renseignements ce croisement vous apporte-t-il ?

Remarque : pour la suite de l'exercice, on prendra comme représentation symbolique, les abréviations suivantes des caractères héréditaires considérés b r u n : B ou b ; raide : R ou r ; albinos : A ou a ; frisé : F ou f.

Le croisement des individus de F1 entre eux, donne pour la génération F2 :

- 56 Souris brunes à moustaches raides,
- 6 Souris albinos à moustaches frisées,
- 18 Souris albinos à moustaches raides,
- 20 Souris brunes à moustaches frisées.

2) L'examen des résultats de la F2 vous permet-il de déduire comment sont répartis, sur les chromosomes, les gènes étudiés ? Justifiez votre réponse par un échiquier de croisement.

On croise des femelles de F1 avec des mâles albinos à moustaches frisées. La descendance obtenue se répartit en :

- 20 Souris brunes à moustaches raides,
- 16 Souris albinos à moustaches frisées,
- 18 Souris albinos à moustaches raides,
- 19 Souris brunes à moustaches frisées.

3) Quel est l'intérêt de ce croisement par rapport au précédent ?

- Volume d'éjection systolique ; de 98 ml/tat. à 190 ml/bat au lieu de 70 ml/bat. à 140 ml/bat chez l'individu bon entraîné, rend le cœur de athlète capable de fournir suffisamment d'oxygène nécessaire à l'organisme durant l'effort.

#### **Deuxième problème**

1) A la naissance l'acuité visuelle est faible ; elle est de 1,75/10 au troisième mois et augmente progressivement avec l'âge de l'enfant pour atteindre sa valeur normale ( 10/10) à partir du cinquantième mois.

2) A la naissance certaines structures (osseuses, musculaires et nerveuses...) ne sont pas complètement formées. L'augmentation de l'acuité visuelle constatée chez l'enfant n'est qu'une preuve de la croissance et du développement des structures cérébrales qui continue après la naissance.

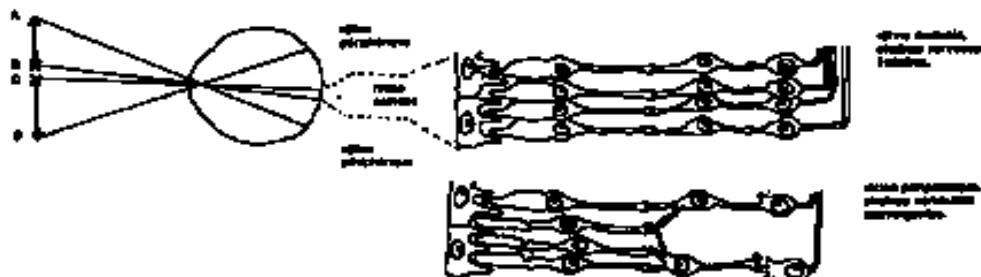
3) La variation de l'acuité visuelle en fonction de la position de l'objet par rapport à l'axe optique,

traduit l'hétérogénéité de structure de la rétine :

- Au niveau de la rétine centrale la vision est nette (acuité visuelle maximale).

Cela est dû à l'existence à ce niveau de chaînes nerveuses linéaires monosynaptiques. Chaque stimulation lumineuse est conduite par une chaîne nerveuse.

- Au niveau de la rétine périphérique l'acuité visuelle est faible, parce que les chaînes nerveuses sont à ce niveau, convergentes, plusieurs informations sont conduites par un seul neurone multipolaire.



- Objets AB et CD (position périphérique), leur image se forme sur la rétine périphérique.

- Objet BC (position centrale), son image se forme sur la rétine centrale.

4) La vision est sous la dépendance du cortex cérébral.

La diaphragmation ne dépend pas du cortex cérébral.

La diaphragmation est un phénomène réflexe.

5) Expérience 2 : La dilatation de la pupille, quelque soit l'éclairement, après la section du nerf III montre que ce dernier renferme des fibres nerveuses qui innervent les fibres musculaires responsables du rétrécissement (constriction) de la pupille.

Expérience 3 : la chaîne cervicale renferme des fibres nerveuses qui innervent les muscles dilatateurs de la pupille.

La diaphragmation est un phénomène réflexe qui fait intervenir deux types de voies motrices : constructrices et dilatatrices.

### Troisième problème

1) Le tracé représente des contractions utérines dont la fréquence et l'amplitude augmentent au cours de l'accouchement.

2) L'augmentation de l'amplitude et de la fréquence des contractions utérines peut être expliquée par des mécanismes nerveux, par des mécanismes hormonaux.

3) Analyse de la première partie du document VI :

- le tracé présente des oscillations qui correspondent aux contractions et relâchements du muscle utérin.

- Le fragment étant isolé, les contractions ne peuvent être attribuées ni à des phénomènes nerveux, ni à des phénomènes hormonaux ; le muscle est doué d'automatisme.

4) L'addition d'extrait hypophysaire provoque une augmentation de l'amplitude des contractions utérines.

L'augmentation des contractions de l'utérus chez la Femme au moment de l'accouchement peut s'expliquer par l'influence des sécrétions hormonales comme l'ocytocine qui est sécrétée par le lobe postérieur de l'hypophyse.

5) La nidation ou fixation de l'embryon dans la paroi de l'utérus ne peut se faire qu'après l'arrêt des contractions de cet organe. Ce qui se produit durant la phase lutéinique grâce aux hormones

progestatives (progesterone) sécrétées par le corps jaune.

#### Quatrième problème

1) - Uniformité des hybrides de la F1 .

- Les parents sont de race pure.

- Dominance du caractère brun sur albinos (B > a) et du caractère raide sur frisé (R > f)

2) - Quatre phénotypes sont obtenus dans les proportions ; 9,3,3, 1 , ce qui suggère un dihybridisme à gènes indépendants.

- PARENTS: aa,RR x BB,ff

- F1: Ba,Rf

Gamètes F1: BR, Bf, aR, af.

	BR	Bf	aR	af
BR	BB.RR	BB.Rf	Ba.RR	Ba.Rf
Bf	BB.Rf	BB.ff	Ba.Rf	Ba.ff
aR	Ba.RR	BB.ff	aa.RR	aa.Rf
af	Ba.Rf	Ba.ff	aa.Rf	aa.ff

- répartition des phénotypes à partir de ce croisement théorique

- 9 individus de phénotype brun, raide

- 3 individus de phénotype brun, frisé

- 3 individus de phénotype albinos, raide

-1 individu de phénotype albinos, frisé.

- Ces résultats concordent avec les données statistiques, il s'agit bien d'un dihybridisme à gènes indépendants.

Le croisement des femelles F1 avec des mâles albinos frisés est un test- cross (croisement-test). Il renseigne sur la pureté de la race (Homozygote, ou Hétérozygote) ; les mâles albinos frisés sont de race pure et ne produisent qu'un seul type de gamètes (B R), les femelles F1 sont hybrides, elles produisent quatre types de gamètes (B R, B f, a R, a).

# Centre de Rabat

## Mai 86

### ÉNONCÉ

#### Premier problème

On se propose d'étudier les mouvements oculaires chez des mammifères, mouvements indispensables à la vision dans différentes directions de l'espace.

1. Le schéma de la figure 1 représente des muscles qui interviennent dans ces gouvernants : les muscles droits internes (DI) et les muscles droits externes (DE). Ces muscles sont innervés par les nerfs crâniens III (moteur oculaire commun = MOC), et VI (moteur oculaire externe = MOE).

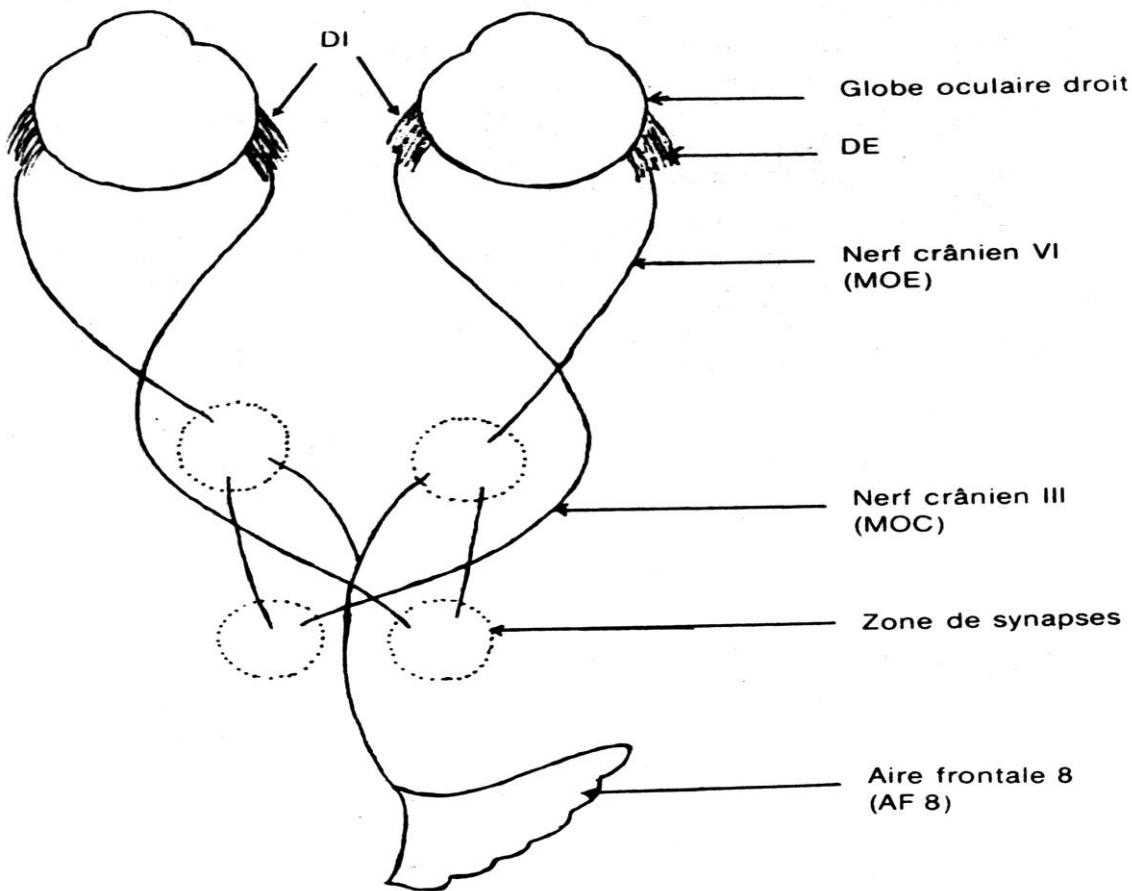


Figure 1 : éléments du système neuromusculaire des yeux.

1 ) Ces muscles interviennent-ils de la même façon lors d'une déviation simultanée des yeux dans un plan horizontal vers la droite ? Précisez.

Une expérience de Sherrington réalisée chez le singe, consiste à exciter l'aire corticale frontale 8 (AF 8) de l'hémisphère cérébral droit. Ce chercheur a noté à la suite de cette excitation un mouvement des globes oculaires vers la gauche.

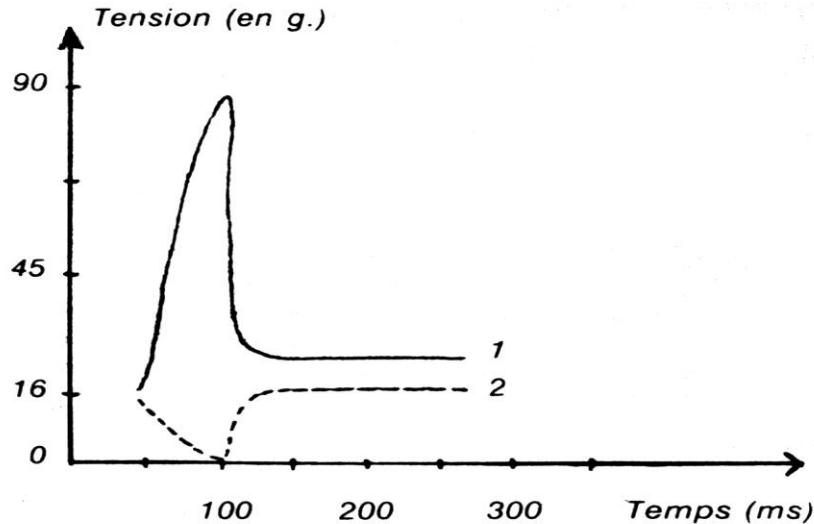
2) a. Indiquez de manière précise sur la figure 1 le sens de l'influx (par des flèches) et la nature des synapses neuro-neuroniques et neuromusculaires (+ pour les synapses excitatrices et - pour les synapses inhibitrices).

b Complétez la figure 1 en plaçant les corps cellulaires des divers neurones permettant d'aboutir à

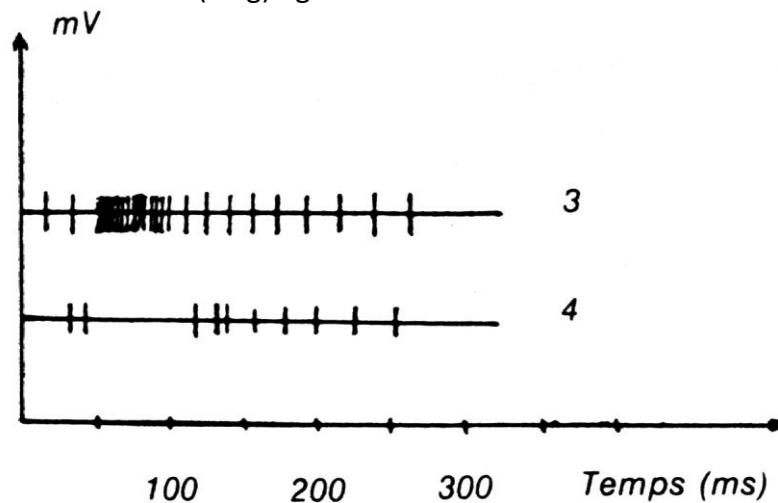
ce mouvement.

II. On s'intéresse ensuite à un type particulier de mouvements oculaires chez l'Homme : les mouvements saccadés (= mouvements brusques et rapides).

- On a étudié expérimentalement un de ces mouvements. La figure 2 correspond à des activités neuromusculaires associées à ce mouvement.



a) Tension des 2 muscles DI et DE (en g) figure 2



b) Activité de 2 neurones isolés chacun des nerfs III et VI.

3) Sachant que le mouvement concerne l'œil droit et qu'il se fait vers la gauche, analysez les graphes a et b de la figure 2. Faites correspondre à chaque enregistrement l'organe mis en jeu puis précisez la relation qui existe entre les deux graphes.

4) A quoi correspondraient les enregistrements 1,2,3, et 4 si l'œil droit effectue le même mouvement, mais vers la droite ?

Deuxième problème

Il est connu que la progestérone exerce une action importante sur l'un des organes représentés sur la figure 1 .

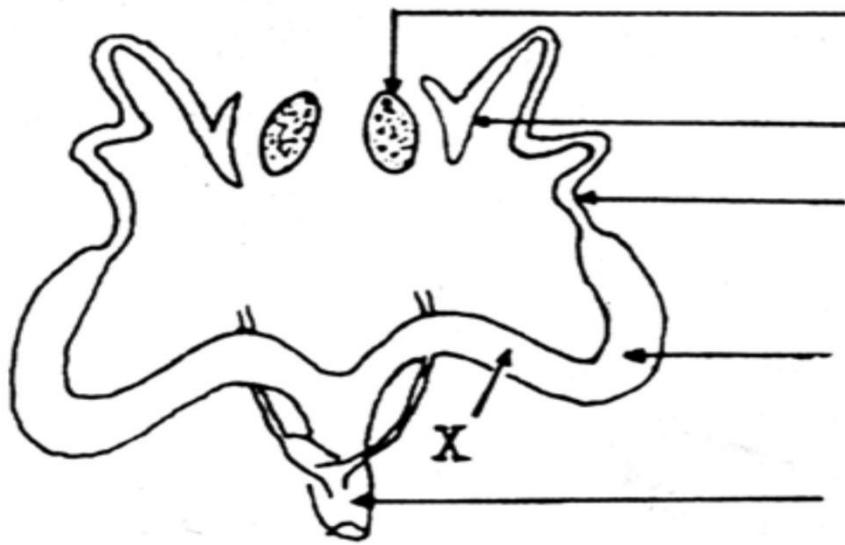


Figure 1

On se propose d'étudier l'action d'une substance chimique de synthèse, le RU486 sur la muqueuse utérine. Pour cela on réalise sur 4 lots de lapines impubères (qui n'ont pas encore atteint la puberté) une série d'expériences. Le protocole expérimental et les résultats sont regroupés dans le tableau 2.

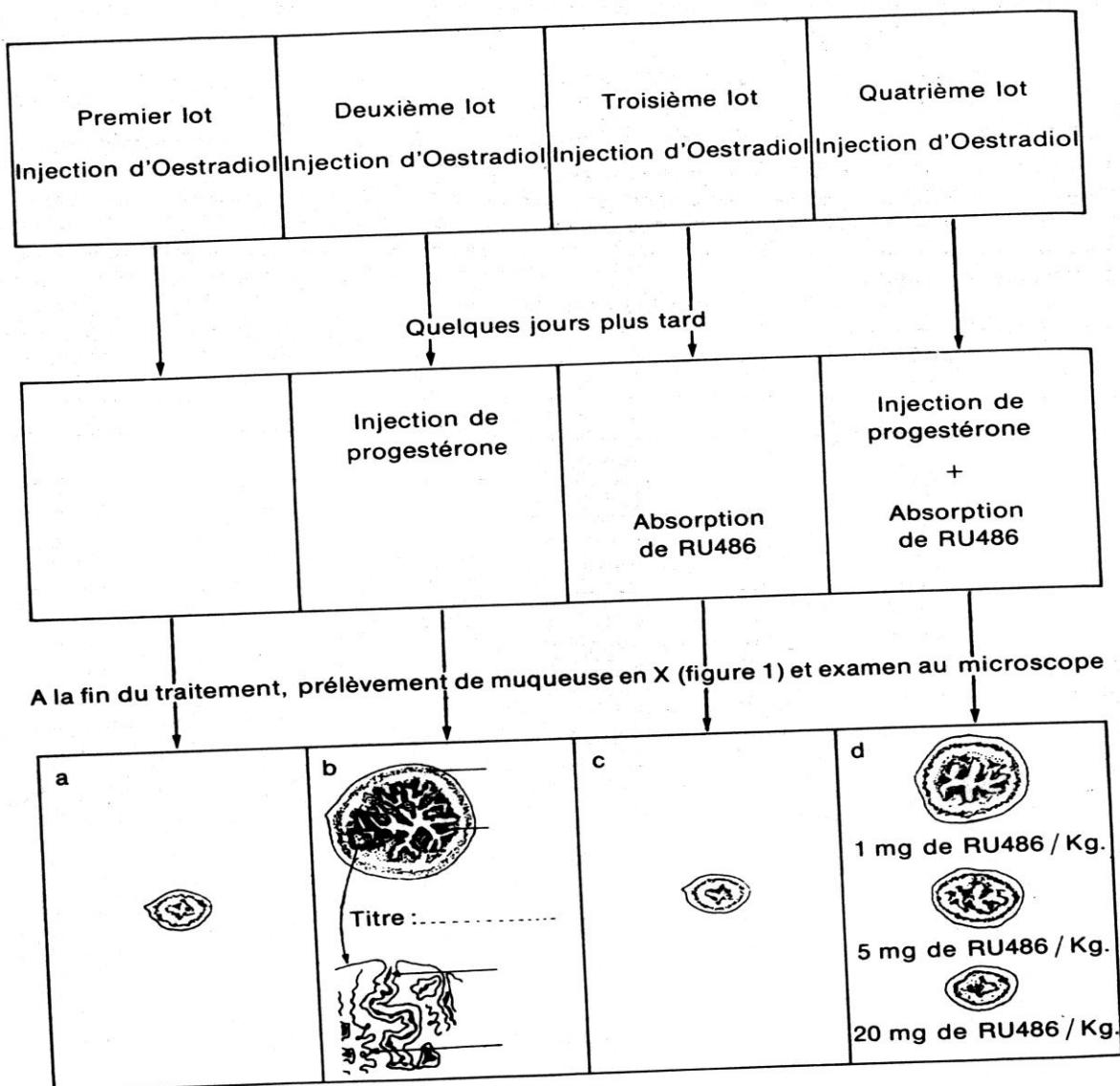


Tableau 2

Remarque : L'œstradiol est injecté de façon à rendre l'utérus sensible à l'action de la progestérone.

2) a. Mettez une légende et un titre aux schémas b.

b. Que pouvez-vous déduire de cet ensemble d'expériences ? Quelles hypothèses pouvez-vous formuler quant au mode d'action de RU486 ?

On a pu, au laboratoire, isoler les récepteurs de la progestérone à partir de muqueuses utérines. Ces récepteurs ont été mis en présence de progestérone et de RU486 dans les conditions indiquées dans le tableau suivant.

	Pourcentage de récepteurs occupés par :	
	Progestérone	RU486
Progesterone	100	0

Progesterone + RU486(5mg/Kg)	33	67
Progesterone + RU486(20mg/Kg)	0	100

3) Après avoir analysé les données de ce tableau, laquelle de vos hypothèses pouvez-vous retenir ?

Précisez le mode d'action de RU486

Des chercheurs ont fait prendre du RU486 à des femmes ayant un cycle menstruel normal de 28 jours. Le schéma b de la figure 3 montre le moment de la prise de RU486 et les modifications constatées.

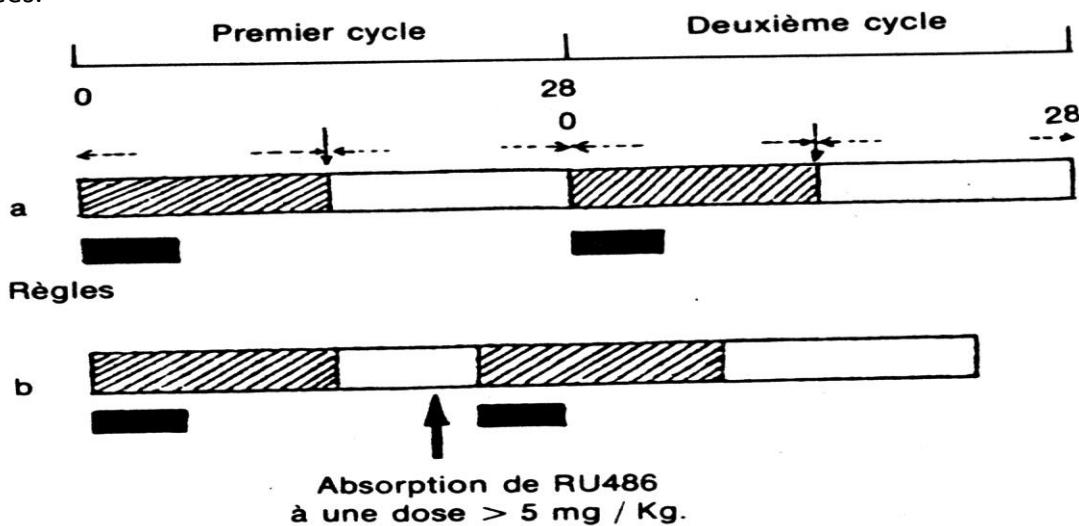


Figure 3

Par ailleurs, une analyse de sang faite chez ces femmes à la suite de l'absorption d'une dose de RU486 supérieure à 5 mg/Kg de poids, montre une chute brutale du taux de progestérone identique à celle qui se produit à la fin d'un cycle menstruel normal.

4) a. Légendez le schéma a de la figure 3.

b. Quelle est la conséquence de l'absorption de RU486 ?

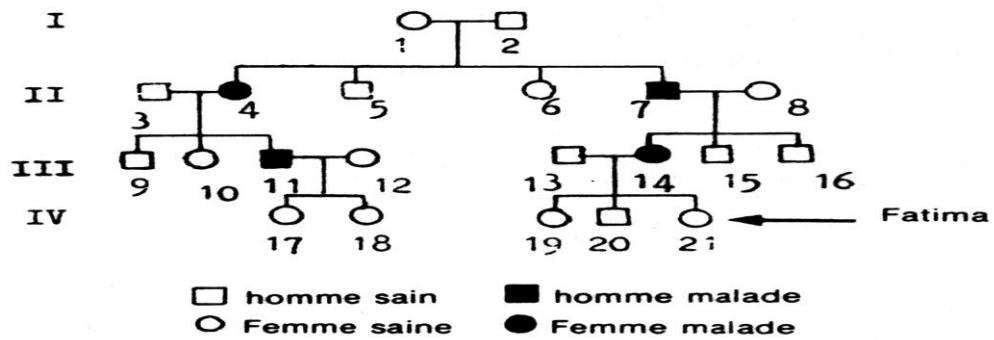
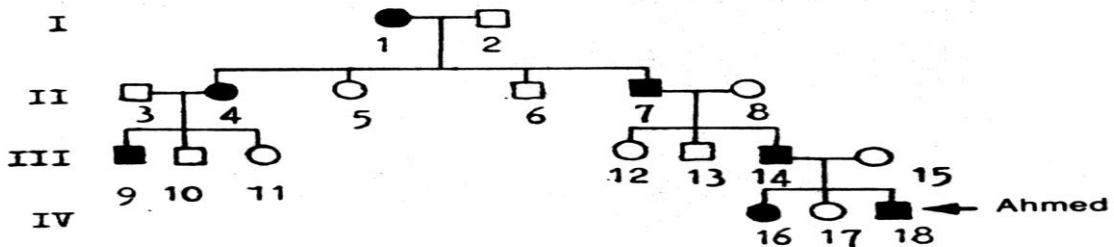
c. Quelle hypothèse pouvez-vous avancer pour expliquer ce deuxième mode d'action de ce produit chimique ?

d. On pense utiliser RU486 pour limiter les naissances. Pourquoi ?

### Troisième problème

Madame Fatima attend un enfant et s'interroge sur les anomalies qu'il risque de présenter. Son mari Ahmed dont l'arbre généalogique est représenté sur le document III est issu d'une famille dont certains membres sont atteints de la maladie de Recklinghausen. C'est une maladie dominante qui se manifeste par la présence de taches brunes ou de tumeurs sur la peau.

Madame Fatima appartient à une famille dont certains membres sont atteints de la maladie de Sandhof (Voir document III) Il s'agit d'une maladie métabolique caractérisée par une régression psychique et motrice.



#### DOCUMENT III

- 1) En vous basant sur l'étude des 2 arbres généalogiques, déterminez le mode de transmission des 2 maladies en vous appuyant sur un raisonnement rigoureux.
  - 2) Sachant qu'aucune famille ne présente la maladie de l'autre, quel est le génotype d'Ahmed et de Fatima pour les deux caractères à la fois ? Justifiez votre réponse.
  - 3) Quelle est la probabilité pour que l'enfant soit atteint :
    - a. de la maladie de Recklinghausen ?
    - b. de la maladie de Sandhof ?
  - 4) La probabilité sera-t-elle la même si l'enfant est une fille ou un garçon ?
- Remarque : On suppose que les deux gènes sont indépendants et qu'aucune mutation n'est intervenue.

**Centre de Rabat**  
**Mai 86**  
**CORRIGES**

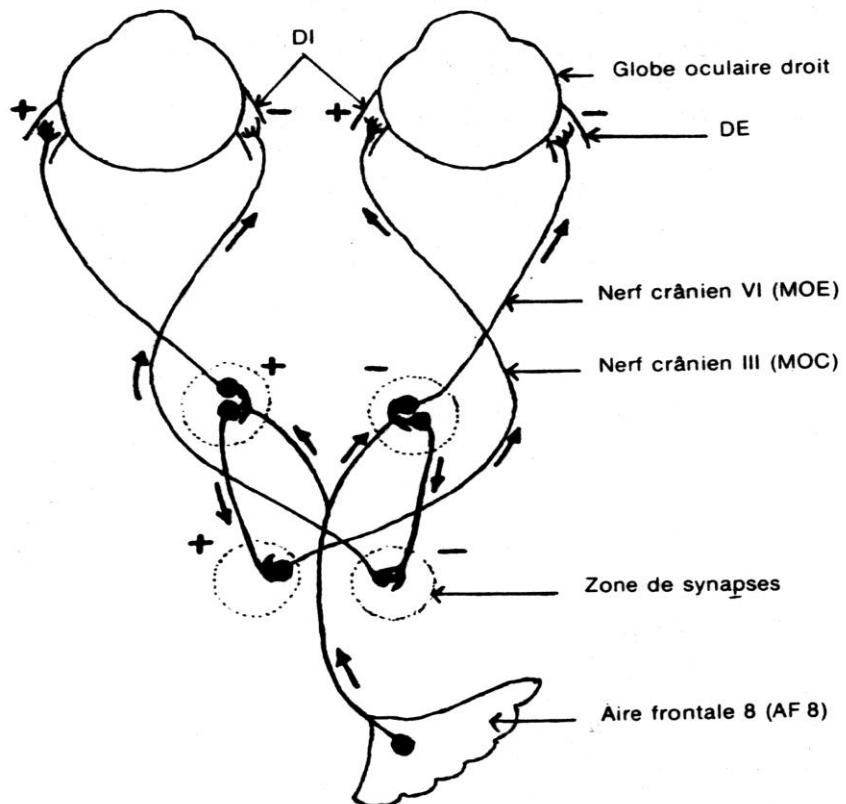
**Premier problème**

Les muscles n'interviennent pas de la même façon lors d'une déviation simultanée des deux yeux dans un plan horizontal vers la droite :

	Œil droit	Œil gauche
Contraction	Muscle externe	Muscle interne
Relâchement	Muscle interne	Muscle externe

Les muscles interne et externe de chaque œil sont antagonistes.

2) a et b



II. 3) Analyse du graphe a et organes mis en jeu :

- La courbe 1 montre une augmentation rapide de la tension, de 16 à 90 g, puis une diminution plus rapide, de 90 à 28 g.
  - La courbe 2 montre une diminution rapide de la tension (de 16 à 0 g.), puis une augmentation plus rapide ramenant la tension à son point de départ, 16 g.
  - La courbe 1 traduit une contraction. Elle représente l'activité du muscle droit interne de l'œil droit. Parallèlement, la courbe 2 représente l'activité du muscle droit externe de cet œil.
- Analyse du graphe b et organes mis en jeu : Les enregistrements du graphe b représentent des potentiels d'action.

L'enregistrement 3 : La fréquence des potentiels d'action augmente entre 50 et 100 ms, puis diminue par la suite.

L'enregistrement 4 : On observe une disparition des potentiels d'action entre 50 et 100 ms.

- L'enregistrement 3 représente l'activité électrique d'un neurone du nerf crânien III ; alors que l'enregistrement 4 représente l'activité électrique d'un neurone du nerf crânien VI.

Relation entre les graphiques a et b :

- L'augmentation de la fréquence des potentiels d'action enregistrés sur un neurone du nerf crânien III provoque la contraction du muscle droit interne de l'œil droit.

- L'absence de potentiels d'action constatée au niveau d'un neurone du nerf crânien VI est à l'origine du relâchement du muscle droit externe de l'œil droit.

4) Si l'œil droit effectue le même mouvement vers la droite, on obtiendra les mêmes graphes que ceux de la figure 2, mais avec les correspondances suivantes :

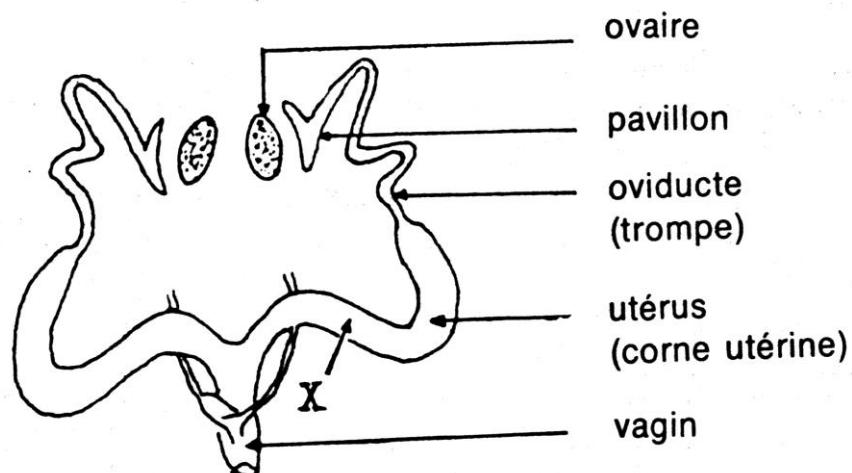
= la courbe 1 correspond au muscle droit externe

= la courbe 2 correspond au muscle droit interne

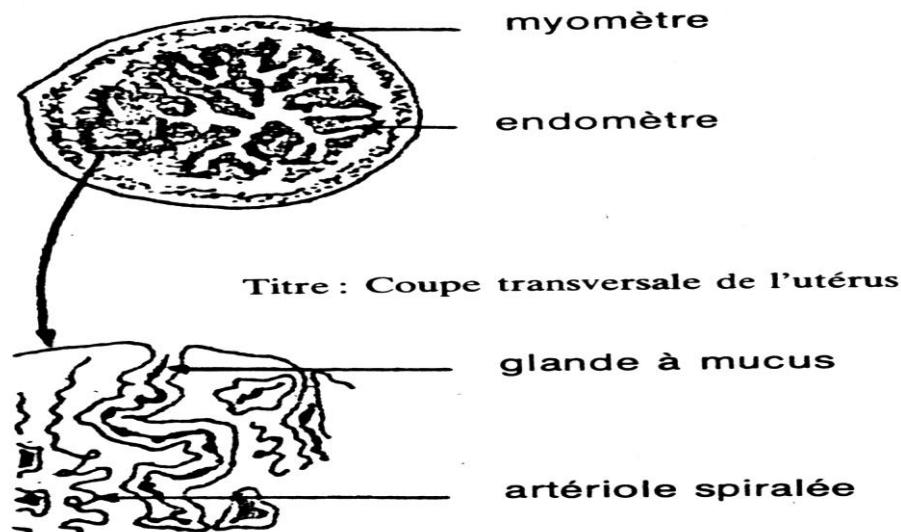
= L'enregistrement 3 correspond au nerf crânien VI

= L'enregistrement 4 correspond au nerf crânien III

## Deuxième problème



Titre : Appareil génital femelle (d'un Mammifère)



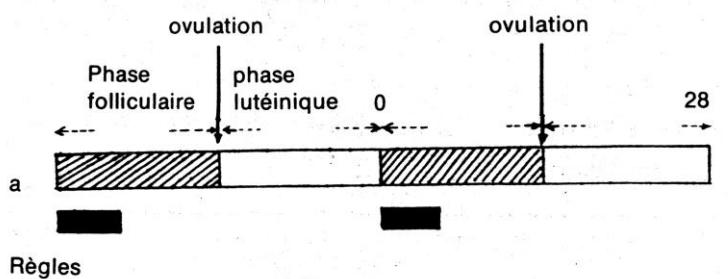
- b - La progestérone provoque un développement de l'utérus avec prolifération de la muqueuse caractérisée par l'hypertrophie des glandes et l'augmentation de la vascularisation (Schéma b)
- RU486 seul ne provoque pas de transformations de l'utérus (Schéma c).
- En présence de RU486, l'effet de la progestérone est diminué (schéma d). Cette diminution est d'autant plus importante que la concentration du produit est élevée. Pour une concentration de 20 mg/ Kg, l'action de la progestérone ne se fait plus sentir.

On peut donc émettre les hypothèses suivantes :

- \* soit que RU486 détruit la progestérone,
  - \* soit que RU486 empêche la progestérone d'agir.

3) - En absence du RU486 la progestérone occupe tous les récepteurs.

  - En présence de RU486 à faible dose, les 2/3 de récepteurs sont occupés par lui.
  - En présence de RU486 à forte dose, tous les récepteurs sont occupés par lui.
  - On peut donc dire que le RU486 bloque l'action de la progestérone en occupant ses récepteurs, ce qui confirme la deuxième hypothèse émise.



b La conséquence de l'absorption de RU486 est l'apparition prématuée des règles par raccourcissement de la phase lutéinique sans changement de durée du cycle suivant.

c . Dans un cycle normal, la chute de la progestérone est due à la dégénérescence et l'arrêt du fonctionnement du corps jaune. Donc on peut émettre l'hypothèse que RU486 détruit le corps jaune, ce qui explique le résultat de l'analyse du sang.

d. RU486 peut être utilisé pour limiter les naissances car :

- Il bloque l'action de la progestérone nécessaire au développement des tissus mammaires.

Il existe également un risque d'action de la progestérone nécessaire au développement de la muqueuse, en occupant

tous les récepteurs.

- Il détruit le corps jaune et provoque donc la chute du taux de progestérone qui entraîne la régression de la muqueuse, ce qui rend impossible toute nidation.

### Troisième problème

1) + Le mode de transmission de la maladie de Recklinghausen :

- D'après l'énoncé c'est une maladie dominante.

- Supposons que la maladie soit liée au sexe

\* L'existence d'hommes sains exclut que le gène de la maladie soit porté par le chromosome Y.

\* Le gène de la maladie serait porté par le chromosome X : 14 est un père malade, Ses filles doivent l'être également ; ce qui n'est pas vérifié par le pedigree (la fille 17 est normale).

On peut faire le même raisonnement avec le père 7 et sa fille 12.

Conclusion : la maladie est autosomale.

+ Le mode de transmission de la maladie de Sandhof :

- 4 et 7 sont malades, alors que leurs parents sont sains donc la maladie est récessive.

- Supposons que la maladie soit liée au sexe

\* Si le gène est porté par le chromosome Y, tous les garçons doivent être malades, ce qui n'est pas le cas.

\* 4 est malade, elle est donc homozygote. Son père doit être malade. ce qui n'est pas le cas.

Conclusion : la maladie est autosomale.

2) Soit : - R l'allèle dominant responsable de la maladie de Recklinghausen.

r l'allèle récessif (normal).

- s l'allèle récessif responsable de la maladie de Sandhof.

S l'allèle dominant (normal).

Sachant que les gènes sont indépendants :

- Le génotype d'Ahmed pour la maladie de Recklinghausen est R//R ou R//r

Or sa mère est normale, son génotype sera donc : R//r.

Si on considère les deux maladies le génotype d'Ahmed est : R//r S//S

- Fatima est saine, son génotype est soit S//S soit S//s or sa mère est malade, son génotype est donc : S//s.

Si on considère les deux maladies le génotype de Fatima sera : r//r S//s.

3) a.

+ Les gamètes des parents sont :

- pour Ahmed (S, R); (S, r)

- pour Fatima (S, r); (s, r)

+ L'échiquier de croisement :

	$\frac{1}{2} S R$	$\frac{1}{2} S r$
$\frac{1}{2} S r$	$\frac{S R}{S r} \frac{1}{4}$	$\frac{S r}{S r} \frac{1}{4}$
$\frac{1}{2} s r$	$\frac{s R}{s r} \frac{1}{4}$	$\frac{s r}{s r} \frac{1}{4}$

50 % [S, R] ayant la maladie de Recklinghansen

On obtient 2 phototypes : 50 % [S, r] sains

- La probabilité pour que l'enfant soit atteint de la maladie de Recklinghansen est.

$\frac{1}{2}$

b. D'après le même échiquier, la probabilité pour que l'enfant soit atteint de la maladie de Sandhof est nulle.

4) La probabilité sera la même puisque les deux maladies sont autosomales.

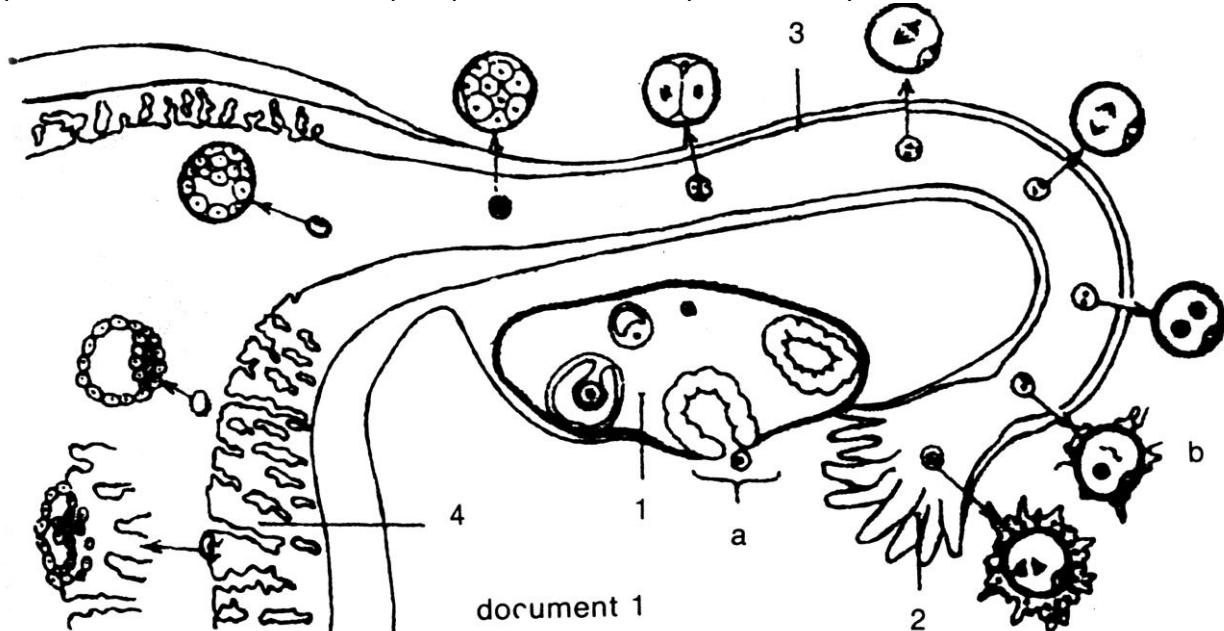
# Centre de Marrakech

## Mai 86

### ÉNONCÉS

#### Premier problème

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

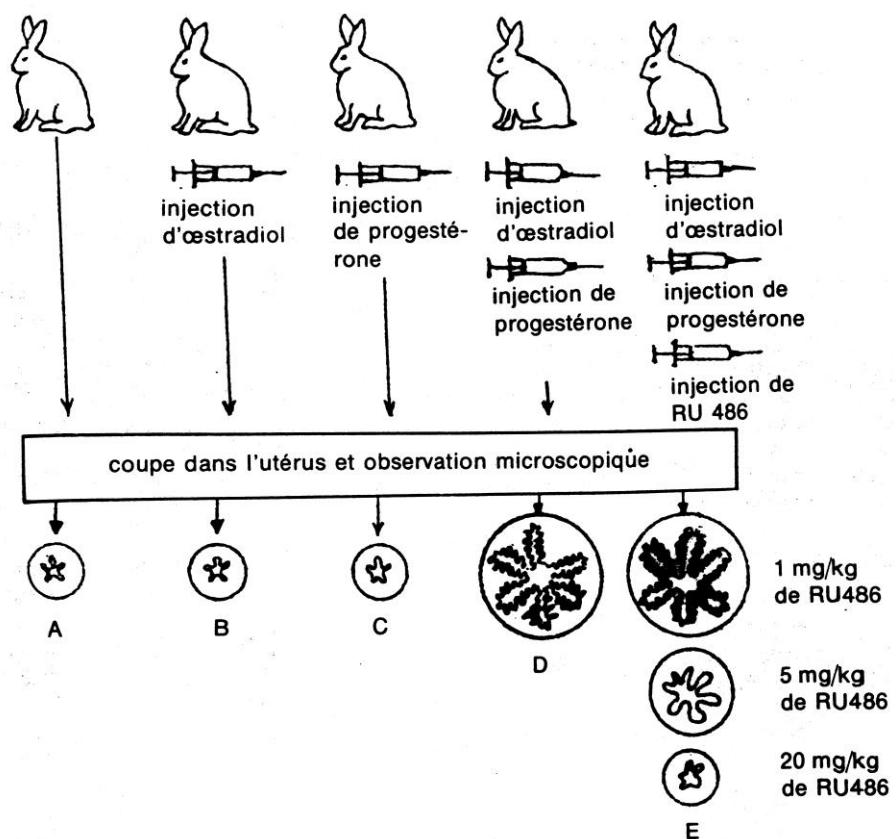
1) Donnez les conclusions 1, 2 et 3 du tableau.

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



#### DOCUMENT 2

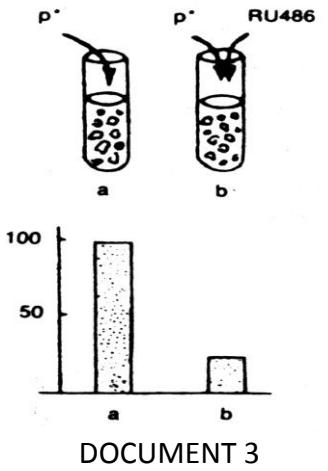
1) La coupe A étant considérée comme témoin, donnez une conclusion pour chacune des coupes d'utérus B, C, D et E.

2) En faisant appel à vos connaissances concernant l'action des hormones ovarielles 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.

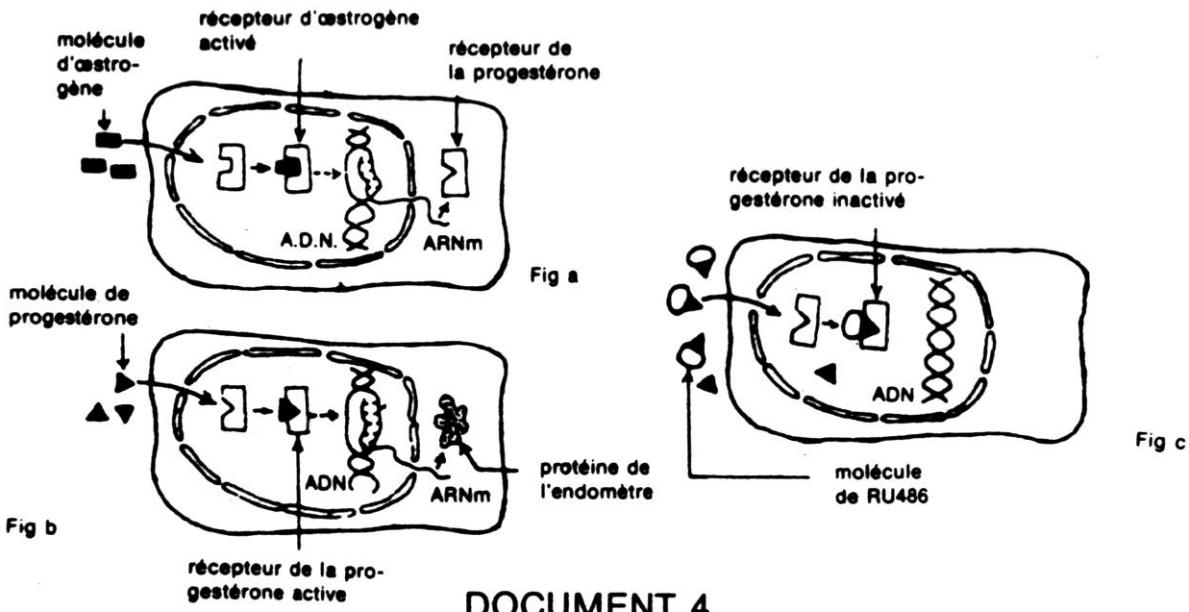


1) Analysez cet histogramme.

2) Que pouvez-vous déduire de cette analyse ?

D'une façon générale, les hormones ovaraines 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 ovaraines au niveau d'une cellule de l'endomètre.



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

progesterone plastique 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 ?

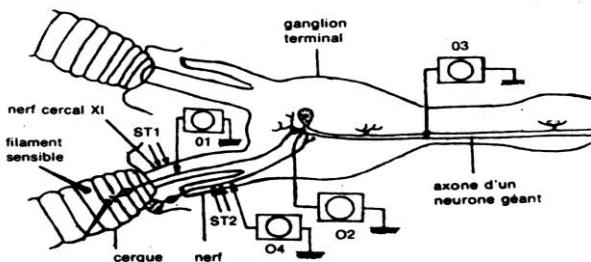
2) Sur quel événement du document 1 agit-il ?

3) Expliquez en quoi le RU 486 pourrait constituer une nouvelle méthode de contrôle des naissances.

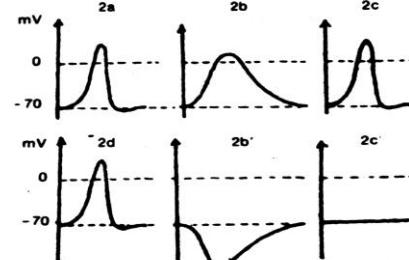
### Deuxième problème

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 O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> et O<sub>3</sub>, (voir document 1). Les courbes 2a, 2b et 2c du document 2 représentent, les enregistrements respectivement obtenus sur O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> et O<sub>3</sub>.



DOCUMENT 1



DOCUMENT 2

399

1) Dites en quoi consistent les phénomènes enregistrés.

2) Quel est l'effet de la stimulation du nerf cercal XI sur le neurone géant ?

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 O<sub>4</sub>, O<sub>2</sub> et O<sub>3</sub>.

3) Que remarquez-vous par rapport à l'expérience précédente ?

4) Quelles caractéristiques du fonctionnement synaptique sont ainsi mises en évidence ?

II. Le document 3 montre l'ultrastructure d'une synapse neuro-neuronique.



DOCUMENT 3

1) Reportez les chiffres de ce document sur votre copie et écrivez les légendes correspondantes. 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,

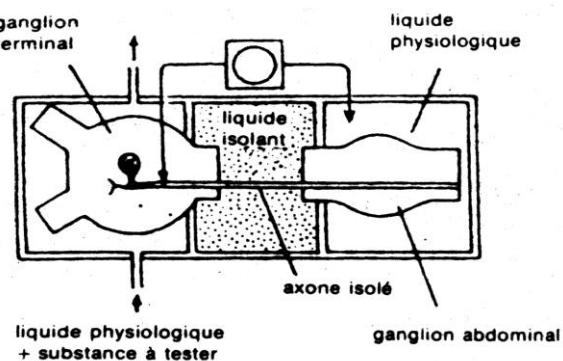
2) En vous basant sur le document 3, faites deux schémas fonctionnels expliquant les enregistrements 2b et 2b'.

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.

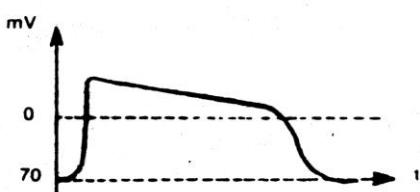
**III. Le neurone géant de la blatte permet de connaître les mécanismes d'action de diverses substances sur le système nerveux, comme les venins par exemple.**

Le venin d'un scorpion d'Afrique du Nord (*Androctonus australis*) est l'un des plus toxiques pour l'Homme. Un des polypeptides entrant dans sa composition, a été isolé et testé sur le neurone géant de la blatte grâce au montage représenté par le document 4.

Le tracé du document 5 correspond à l'enregistrement obtenu après application de ce polypeptide.



DOCUMENT 4



DOCUMENT 5

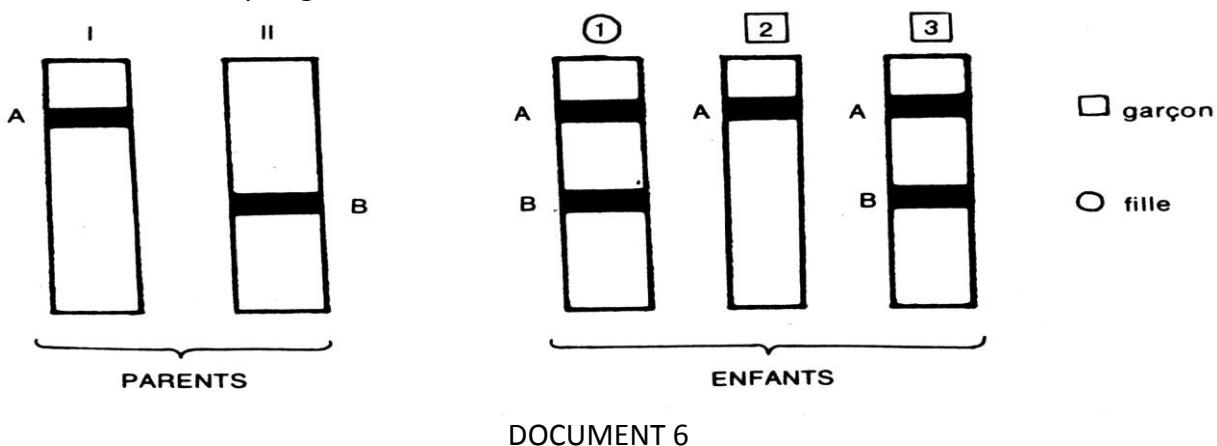
1) Analysez ce tracé.

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.

### Troisième problème

La glucose-6-phosphate déshydrogénase (G6PD) est une enzyme dont la synthèse chez l'Homme est gouvernée par un gène du chromosome X : ce gène existe sous forme de deux allèles A et B correspondant respectivement à deux variantes A et B de la GPD. Ces deux variantes présentent la même efficacité enzymatique, toutefois, l'analyse par électrophorèse (méthode de séparation des différents constituants d'un mélange dans un champ électrique) montre, que la G6PD-A migre plus vite que la G6PD-B.

Les électrophorèses faites à partir d'hémolsat de globules rouges des membres d'une famille ont permis d'obtenir, les zymogrammes du document 6.



DOCUMENT 6

1) En vous basant sur les zymogrammes des enfants 1 et 2, dites lequel des zymogrammes I et II se rapporte à la mère. Justifier votre réponse.

2) Ecrivez les génotypes de la mère, du père et des enfants 1 et 2.

3) Le zymogramme du troisième enfant révèle une anomalie chromosomique :

- A l'aide d'un raisonnement rigoureux, précisez quelle est cette anomalie.

- écrivez le génotype de cet enfant.

- Lequel des parents est responsable de cette anomalie ? Justifiez.

- Expliquez alors brièvement comment cette anomalie a-t-elle pu se produire.

# Centre de Marrakech

## Mai 86

### CORRIGES

#### Premier problème

I. Titre : Coupe partielle de l'appareil génital de la femme illustrant les phénomènes d'ovulation, de fécondation, de segmentation et de nidation.

1 = ovaire

2 = pavillon de la trompe

3 = oviducte ou trompe

4 = muqueuse utérine ou endomètre

a = ovulation

b = fécondation

c = nidation

II. 1 ) Les trois conclusions du tableau sont les suivantes :

- L'hypophyse est indispensable au fonctionnement de l'ovaire.

- La sécrétion de gonadostimulines est stimulée par l'absence d'hormones ovariennes.

- Les hormones ovariennes inhibent la sécrétion de gonadostimulines.

2) L'hypophyse règle l'activité des ovaires grâce aux gonadostimulines (FSH et LH) qu'il sécrète. Les ovaires agissent en retour sur l'hypophyse par l'intermédiaire des hormones ovariennes (œstrogènes et progestérone) qu'ils déversent dans le sang. C'est la connaissance de cette rétroaction qui a permis la mise au point de la pilule. Cette dernière contient habituellement un mélange d'œstrogènes et de progestérone. Les œstrogènes, à dose suffisante, inhibent la sécrétion de FSH. Cette inhibition empêche la maturation folliculaire.

La progestérone, à dose suffisante, inhibe la sécrétion de LH. Cette inhibition bloque l'ovulation.

III. 1) Coupe B : L'œstradiol seul n'agit pas sur l'utérus.

Coupe C : La progestérone seule n'agit pas sur l'utérus.

Coupe D : Les actions combinées de l'estradol et de la progestérone, provoquent la prolifération de l'endomètre utérin (muqueuse en dentelle).

Coupe E : L'injection de RU 486 :

- à faible dose, n'empêche pas l'action combinée des deux hormones ovariennes.

- à dose moyenne, inhibe partiellement cette action.

- à forte dose, inhibe totalement cette action.

2) Hypothèses :

- Le RU 486 détruirait la molécule de progestérone

- le RU 486 inactiverait la progestérone en se fixant sur elle ;

- le RU 486 s'opposerait à l'action de la progestérone en occupant ses sites sur la muqueuse utérine ;

- le RU 486 détruirait le corps jaune, ce qui entraîne une chute du taux de progestérone dans le sang.

IV. 1) Analyse :

Dans le tube a, toutes les cellules de l'endomètre ont fixé la progestérone.

Dans le tube b, seules 25 % de ces cellules ont fixé la progestérone.

2) Conclusion :

Le RU 486 empêche la fixation de la progestérone sur l'endomètre.

3) a) La liaison des molécules d'œstradiol à leurs récepteurs spécifiques, déclenche la synthèse des récepteurs spécifiques de la progestérone.

b) La liaison des molécules de progestérone à leurs récepteurs spécifiques, déclenche la synthèse des protéines responsables de la prolifération de l'endomètre.

En stimulant la synthèse des récepteurs de la progestérone, l'œstradiol prépare l'endomètre à l'action de la progestérone.

4) En raison d'une analogie structurale, les molécules de RU 486 se figent sur les récepteurs de la progestérone et bloquent l'effet de celle-ci sur l'endomètre.

Ceci explique pourquoi l'injection d'une dose suffisante de RU 486, empêche la prolifération de l'endomètre.

L'affinité des récepteurs de la progestérone est plus grande pour le RU 486, que pour la progestérone elle-même, ce qui explique le fort pourcentage de fixation du RU 486 par rapport à la progestérone dans le tube b.

V.1) Le RU 486 détruit le corps jaune (lutéolyse).

2) Le RU 486 agit sur la nidation.

3) Le RU 486 empêche le développement de l'endomètre ; la nidation ne peut donc se faire.

- Il peut interrompre un début de gestation, en supprimant la sécrétion de progestérone entraînant alors la régression de l'endomètre.

**Deuxième problème**

I. 1) La stimulation étant efficace, les trois courbes 2a. 2b et 2c représentent chacune un potentiel d'action monophonique puisque, dans chaque cas, on n'a utilisé qu'une seule électrode réceptrice :

- la courbe 2a représente un P.A. prédynastique ;
- la courbe 2b traduit un P.A. post synaptique d'amplitude plus faible et de durée plus grande ;
- la courbe 2c est un P.A. propagé, comparable à la courbe 2a.

2) La stimulation du nerf cercal XI crée une onde de dépolarisation qui se propage le long de l'axone et se transmet au neurone géant qui assure sa conclusion.

3) La stimulation du nerf cercal X engendre un P.A. monophasique (courbe .2d comparable à 2a) qui entraîne l'hyperpolarisation de la membrane post synaptique (courbe 2b'). Cette hyperpolarisation ne se propage pas le long du neurone géant (courbe 2c' = Potentiel de repos).

4) La comparaison de la courbe 2b à la courbe 2b' permet de conclure à l'existence de deux types de synapse :

- une synapse excitatrice entre le nerf cercal XI et le neurone géant ;
- une synapse inhibitrice entre le nerf cercal X et le neurone géant.

II. 1 ) 1 = bouton synaptique du neurone prédynastique

2 = vésicule synaptique

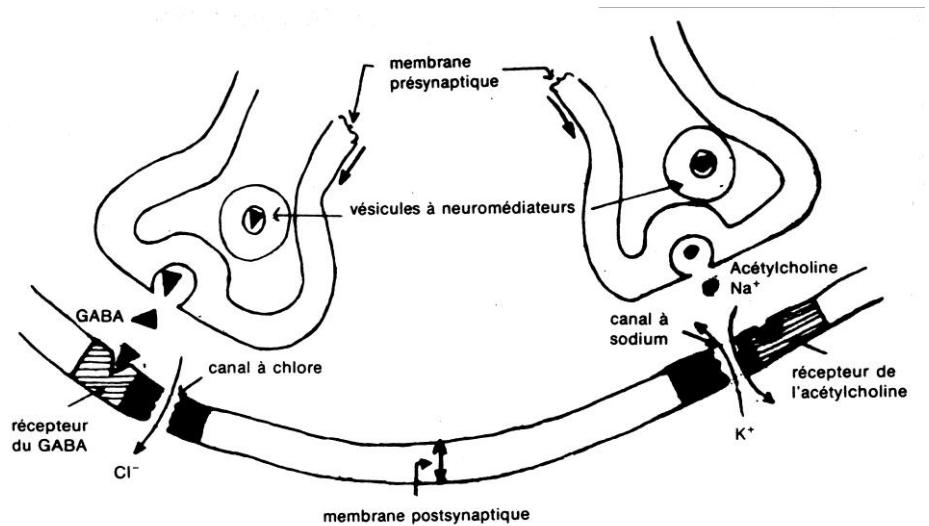
3 = membrane prédynastique

4 = espace synaptique

5 = membrane post synaptique

6 = mitochondrie

7 = neurone post synaptique



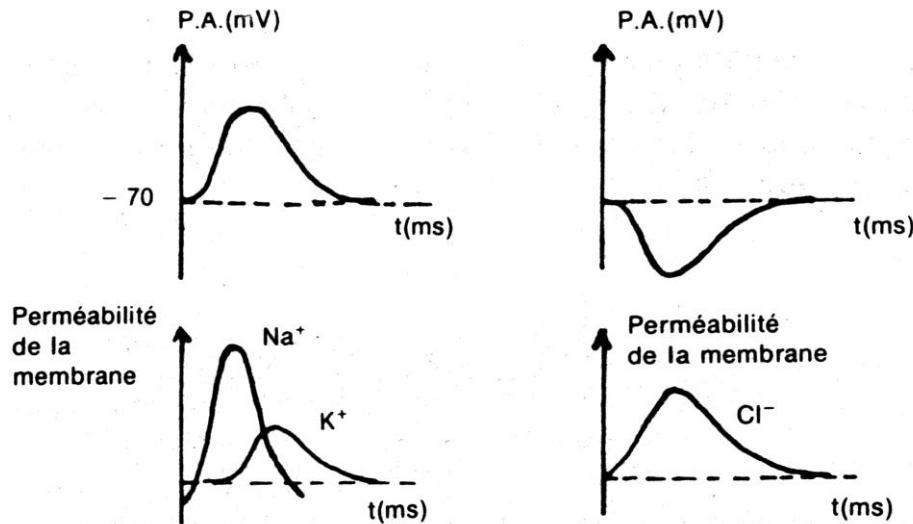
Synapse inhibitrice

Synapse excitatrice

405

2b

2b'



Interprétation ionique des P.A. enregistrés (2b et 2b')

3) Interprétation ionique des P.A. enregistrés (2b et 2b')

III. 1) L'enregistrement montre une phase de dépolarisation rapide suivie d'une phase de revalorisation très lente.

2) Le venin retarde la revalorisation de la membrane post synaptique en empêchant l'ouverture des canaux à potassium.

### Troisième problème

1) L'enfant 2, de sexe masculin, ne possède que l'allèle A : le chromosome X qui porte cet allèle lui a été transmis par sa mère alors que le chromosome Y lui a été transmis par son père.

C'est donc le zymogramme 1, exprimant le caractère A qui se rapporte à la mère.

2) Génotype de la mère :  $\frac{X_A}{X_A}$

Génotype du père :  $\frac{X_B}{Y}$

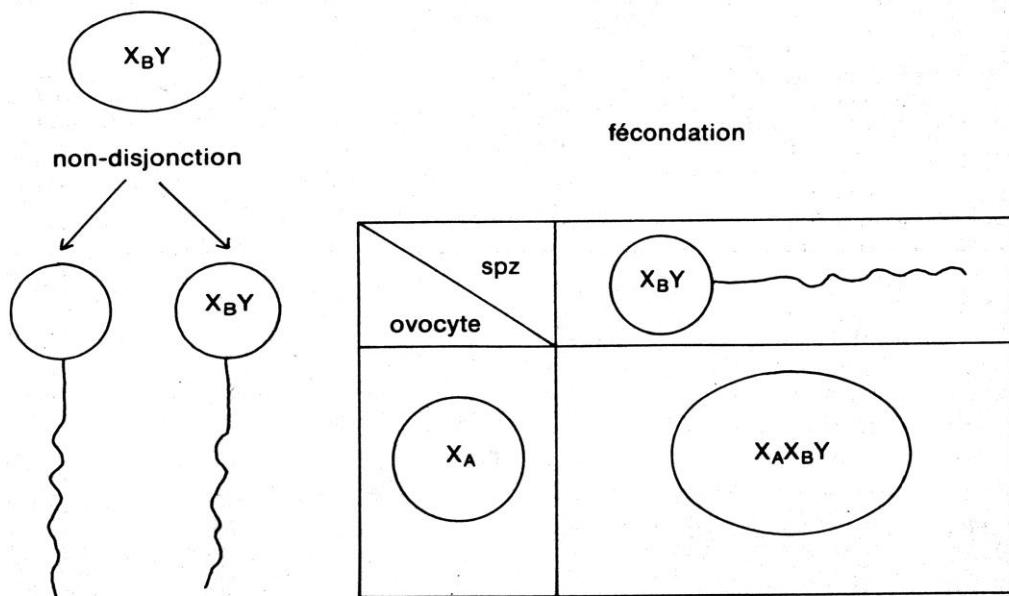
Génotype de l'enfant 1 :  $\frac{X_A}{X_B}$

Génotype de l'enfant 2 :  $\frac{X_A}{Y}$

3) L'enfant 3 est de sexe masculin il a donc un chromosome Y. Le fait qu'il possède les deux caractères A et B montre qu'il a deux chromosomes X.

Le génotype de cet enfant est  $X_AX_BY$ , la mère étant homozygote, le chromosome  $X_B$  ne peut provenir que du père ; c'est donc lui qui est responsable de l'anomalie.

Le spermatozoïde qui a assuré la fécondation a apporté un chromosome Y et un chromosome X portant l'allèle B. Lors de la méiose qui intervient au cours de la gamétogénèse il arrive parfois que les chromosomes d'une même paire ne se séparent pas et passent ensemble dans le même gamète. Cet accident, appelé non-disjonction est certainement survenu au cours des méioses paternelles.



Cette disjonction permet l'apparition de spermatozoïdes  $X_BY$  qui, en fécondant un ovocyte  $X_A$  donneront un œuf anormal  $X_AX_BY$  qui porte effectivement les allèles A et B (le chromosome  $X_B$  est supplémentaire).

Remarque :  $XXY$  = individus d'aspect masculin, de grande taille et ne possédant pas de caractères sexuels secondaires : c'est le syndrome de Klinefelter.

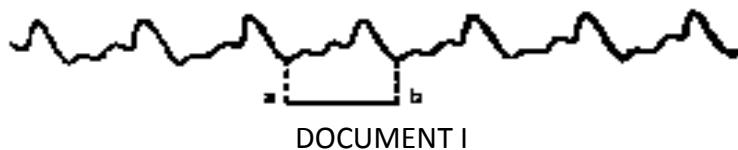
# Centre de Casablanca

Juin 86

## Énoncés

### Premier problème

I. Le document I est un cardiogramme de grenouille décérébrer et démédullée obtenu avec un cardiographe.



1) Analysez le document I.

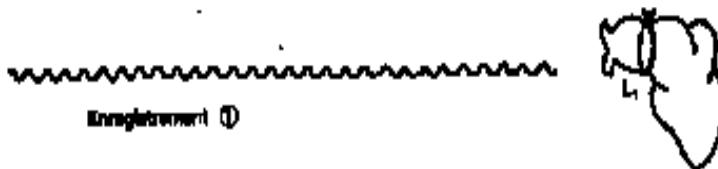
2) A quoi correspondent les accidents de la partie ab du cardiogramme ?

II. On isole ensuite le cœur et on le perfuse à l'aide du liquide de Ringer à la température ambiante ; on constate que le cœur isolé continue de battre.

- Qu'en déduisez-vous ?

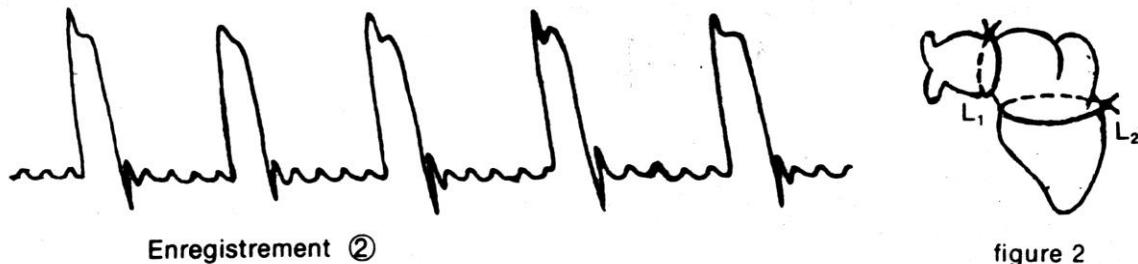
III. Pour rechercher l'origine de l'activité cardiaque, on procède à des ligatures sur un cœur de grenouille et on enregistre ses contractions.

L'enregistrement 1 du document II est obtenu après la mise en place d'une ligature L<sub>1</sub> entre le sinus veineux et l'oreillette droite (Figure 1).



1) Analysez cet enregistrement. Quelles conclusions pouvez-vous en tirer ?

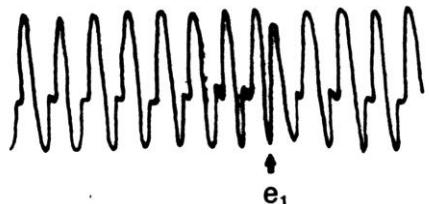
Si une deuxième ligature L<sub>2</sub> est placée entre les oreillettes et le ventricule (figure 2) on obtient l'enregistrement 2 du document II.



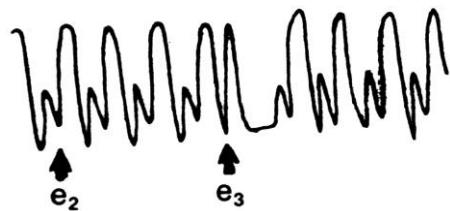
2) Analysez cet enregistrement.

3) Que pouvez-vous en déduire ?

IV. Les enregistrements 3 et (4) du document III sont deux cardiogrammes montrant les effets des excitations électriques (ayant même amplitude et même durée d'application) portées d'abord sur le sinus veineux (e<sub>1</sub>) et ensuite sur le ventricule (e<sub>2</sub> et e<sub>3</sub>).



Enregistrement ③



Enregistrement ④

### DOCUMENT III

1) Quels sont les effets des excitations  $e_1$ ,  $e_2$  et  $e_3$  ?

2) Qu'en déduisez-vous :

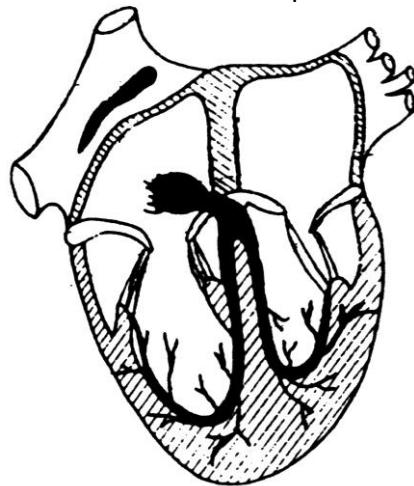
a) quant à l'excitabilité du myocarde ?

b) quant à l'origine de l'activité cardiaque ?

**V.** Chez les Mammifères, l'étude du cœur isolé est plus difficile à réaliser que chez la grenouille ; elle nécessite des précautions supplémentaires.

- Quelles sont ces précautions ?

**VI.** Le document IV montre la localisation d'un tissu spécial du myocarde des mammifères.

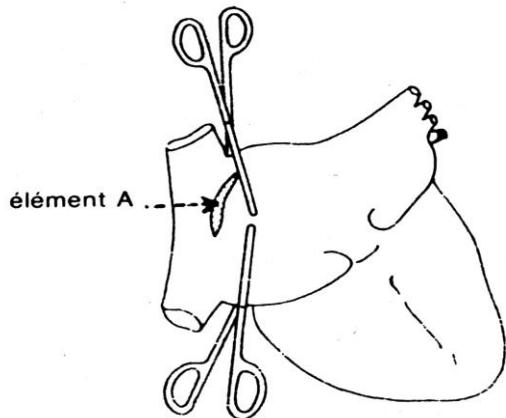


### DOCUMENTIV

1) Annotez ce document en vous limitant aux légendes concernant ce tissu.

Pour rechercher le rôle de ce tissu dans l'activité cardiaque on réalise les deux expériences suivantes :

1<sup>ère</sup> expérience : on place deux pinces séparant l'élément A du reste du cœur (figure 3 du document V), les oreillettes et les ventricules s'arrêtent en diastole puis repartent sur un rythme plus lent.



**figure 3**

#### DOCUMENT V

2<sup>e</sup> expérience : on enregistre l'activité électrique d'une cellule de l'élément A (figure 4 du document V).

En utilisant les résultats de ces expériences et en vous appuyant sur vos connaissances :

2) Interprétez les résultats de ces expériences.

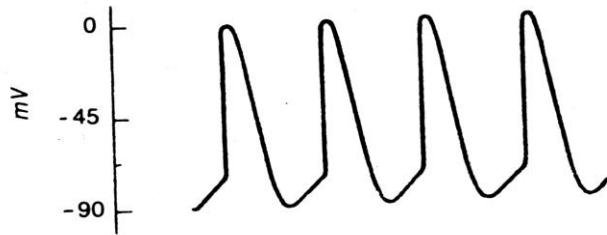
3) Décrivez le cheminement des phénomènes électriques au niveau du cœur et signaler les contractions qu'ils engendrent.

#### Deuxième problème

Derbesia est une algue verte, marine, formée d'un thalle ou appareil végétatif.

On trouve trois sortes de thalles :

- le thalle I (figure 1 du document VI) est constitué de filaments ramifiés. Il porte des organes (S) qui libèrent une grande quantité de Cellules "a" (figure 2) à plusieurs flagelles contenant de nombreux chloroplastes et un noyau ; Ce dernier provient de deux divisions successives (les trois autres noyaux ont dégénéré).



**figure 4**

**DOCUMENT V**

2<sup>e</sup> expérience : on enregistre l'activité électrique d'une cellule de l'élément A (figure 4 du document V).

En utilisant les résultats de ces expériences et en vous appuyant sur vos connaissances :

2) Interprétez les résultats de ces expériences.

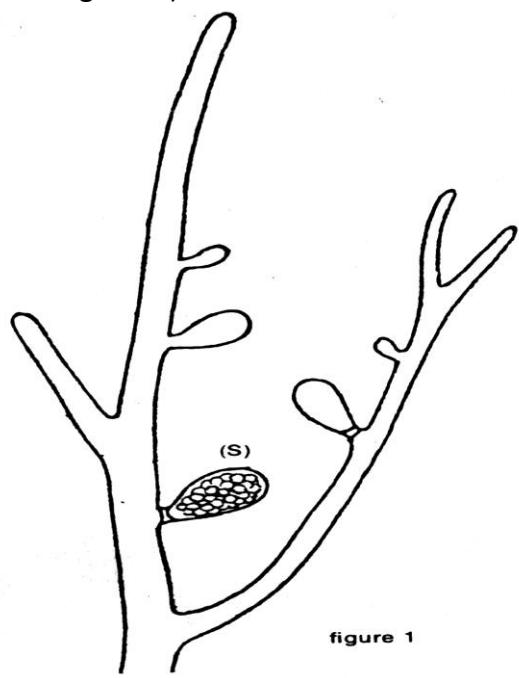
3) Décrivez le cheminement des phénomènes électriques au niveau du cœur et signaler les contractions qu'ils engendrent.

#### Deuxième problème

Derbesia est une algue verte, marine, formée d'un thalle ou appareil végétatif.

On trouve trois sortes de thalles :

- le thalle I (figure 1 du document VI) est constitué de filaments ramifiés. Il porte des organes (S) qui libèrent une grande quantité de Cellules "a" (figure 2) à plusieurs flagelles contenant de nombreux chloroplastes et un noyau ; Ce dernier provient de deux divisions successives (les trois autres noyaux ont dégénéré).



**figure 1**



**figure 2**

La germination d'une cellule " a " produira soit un thalle II soit un thalle III

- le thalle II (figure 3) présente la forme d'un sac arrondi. Il produit à un certain moment de nombreuses cellules " b " (figure 4) uninucléées qui seront libérées dans l'eau de mer.

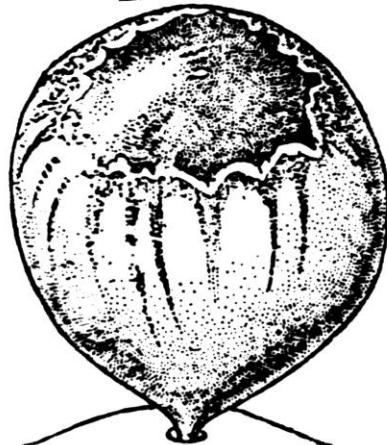


figure 3



figure 4

- le thalle III (figure 5) présente la même forme que le thalle II; il produit de nombreuses cellules " c " (figure 6) uninucléées qui seront libérées au même moment dans l'eau de mer.

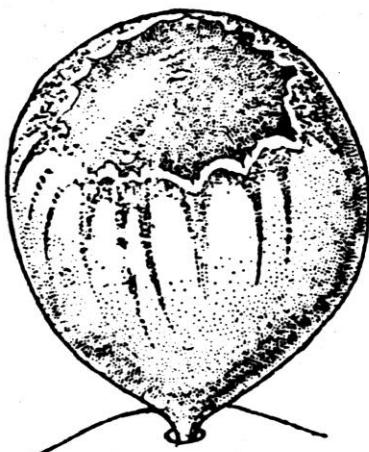


figure 5



figure 6

La cellule " c " s'unit à la cellule " b " pour former une cellule dont la germination donnera le thalle I.

- 1) A quoi correspondent les cellules " b " " c " ? Justifiez votre réponse.
- 2) A quel moment du cycle se produit la fécondation ?
- 3) A quoi correspond la cellule " a " ? Où peut-on situer la réduction chromatique ?
- 4) Que représentent les thalles I, II, III ?
- 5) Etablissez au moyen d'un schéma annoté le cycle chromosomique de *Derbesia*.

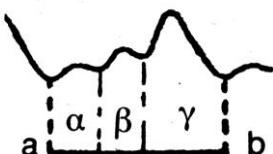
# Centre de Casablanca

Juin 86

## Corrigés

### Premier problème

I. 1) Analyse du document I : le tracé montre un ensemble de trois oscillations qui diffèrent par leur amplitude et qui se répètent périodiquement.



2) La partie ab du cardiogramme correspond à une période du phénomène enregistré ; les accidents correspondent respectivement aux contractions du sinus veineux ( $\alpha$ ), des oreillettes ( $\beta$ ) et du ventricule ( $\gamma$ ) (1 révolution cardiaque).

II. Une telle constatation montre que le cœur possède en lui-même l'origine de ses contractions ; il est automatique.

III. 1) L'enregistrement (1) du document II montre des oscillations périodiques de faible amplitude correspondant aux contractions du sinus veineux.

Cette expérience montre que le sinus veineux est doué d'automatisme et que les oreillettes et le ventricule se sont arrêtés de battre.

2) L'enregistrement 2 du document II montre des oscillations de faible amplitude correspondant aux contractions du sinus veineux, et des oscillations de forte amplitude correspondant aux contractions du ventricule.

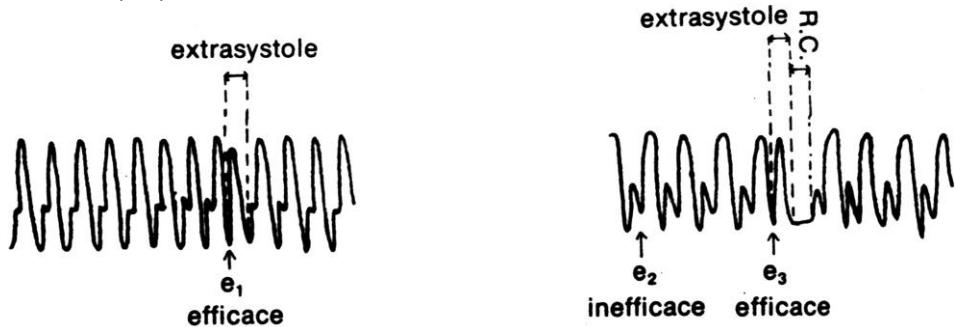
L'enregistrement montre que le rythme ventriculaire est plus lent que le rythme sinusal



3) Les ligatures  $L_1$  et  $L_2$  permettent donc d'isoler 3 parties du cœur ; le sinus veineux qui conserve son rythme normal ; Les oreillettes qui sont arrêtées en diastole ; le ventricule qui reprend ses contractions mais suivant un rythme très lent. (Ceci confirme le rôle du nœud sinusal comme moteur général du cœur. L'arrêt des oreillettes et du ventricule s'explique par l'excitation, du fait de la ligature  $L_1$ , des fibres vagales inhibitrices. La ligature  $L_2$  supprime cette action inhibitrice et le ventricule, sollicité par ses éléments automatogènes, reprend ses contractions sur un rythme qui ira en se ralentissant de plus en plus jusqu'à l'arrêt définitif).

IV. 1) Effets des excitations  $e_1, e_2, e_3$  :

- $e_1$  est portée sur le sinus veineux ; elle engendre une extrasystole sans repos compensateur.
- $e_2$  est portée sur le ventricule pendant sa contraction ; elle est inefficace.
- $e_3$  est portée sur le ventricule pendant son relâchement ; elle produit une extrasystole suivie d'un repos compensateur (RC).



2a) D'après l'enregistrement 4, on peut déduire que la période de contraction est une période d'inexcitabilité, ou période réfractaire du cœur.

2b) Pour l'enregistrement 3 l'excitation  $e_1$  portée sur le sinus veineux a donné une extrasystole décalante (sans RC) ; le décalage provoqué au niveau du sinus est imposé à tout le cœur. Ceci prouve que les contractions cardiaques prennent naissance au niveau du sinus veineux.

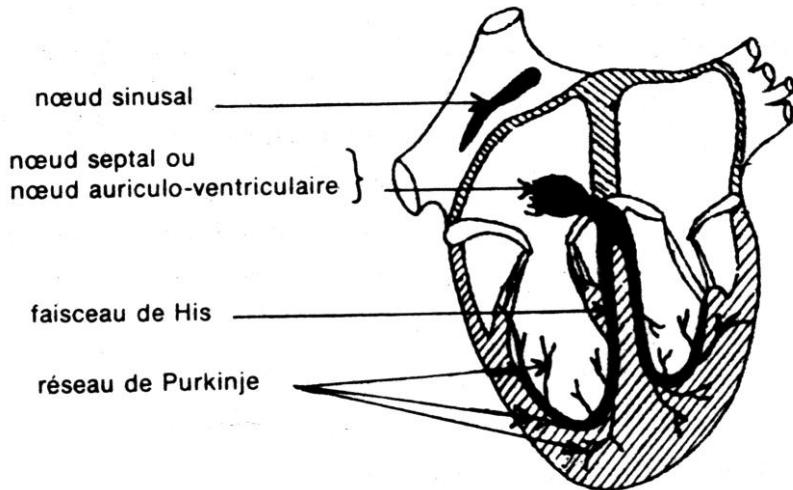


Pour l'enregistrement 4 l'excitation  $e_3$ , portée au niveau du ventricule, donne une extrasystole non décalante suivie d'un repos compensateur.

Ce dernier peut être expliqué par le fait que l'onde sinusale qui devrait déclencher la systole normale atteint le ventricule en période réfractaire de l'extrasystole et, de ce fait, demeure sans effet ; quant aux ondes sinusales suivantes, elles déclenchent des systoles normales.

V. - Le cœur de mammifère doit être placé à la température corporelle ;

- Il ne suffit pas d'utiliser le liquide de Ringer qui ne contient que des ions minéraux, mais un liquide physiologique nourricier, par exemple du sérum glucosé ou du sang défibriné riche en oxygène.



## VI.

2) Expérience 1 : la pose des pinces isole le nœud sinusal du reste du cœur ; il en résulte l'arrêt de la contraction du cœur : donc le nœud sinusal semble être à l'origine de la contraction cardiaque (élément A = nœud sinusal).

Le rythme ralenti qui s'instaure pour les oreillettes et les ventricules (en l'absence du nœud sinusal), provient du nœud septal qui se trouve libéré de l'influence du nœud sinusal.

Expérience 2 : les phénomènes enregistrés au niveau d'une cellule du nœud sinusal (élément A) sont des potentiels d'action de même amplitude et de même durée qui apparaissent spontanément (en absence d'excitation) et périodiquement. Donc le nœud sinusal impose son rythme à l'ensemble du myocarde : c'est le " pacemaker " du cœur.

3) Les potentiels d'action qui sont à l'origine de la contraction cardiaque naissent spontanément et rythmiquement dans le tissu nodal. Normalement ils apparaissent dans le nœud sinusal et se propagent dans le myocarde auriculaire, de cellule musculaire en cellule musculaire grâce aux jonctions intercellulaires des stries scalariformes. Ces potentiels d'action déclenchent alors les systoles auriculaires.

Ils se transmettent ensuite au myocarde ventriculaire grâce au faisceau de His et au réseau de Purkinje, et déclenchent les symboles ventriculaires.

Ceci explique le retard de la systole ventriculaire par rapport à la systole auriculaire.

L'automatisme cardiaque chez les Mammifères est dû à l'ensemble du tissu nodal.

### Deuxième problème

1) - Les cellules " b " et " c " sont nombreuses.

- Une cellule "c" fusionne avec une cellule "b" : on peut donc en conclure que les cellules "b" et "c" sont des gamètes.

- La cellule "b" nettement plus grosse que la cellule "c" semble être le gamète femelle.

- La cellule "c" plus petite serait le gamète mâle.

2) La fécondation se produit au moment où les cellules "b" et "c" fusionnent.

3) - La cellule "a" qui provient de deux divisions successives (méiose) est une spore haploïde.

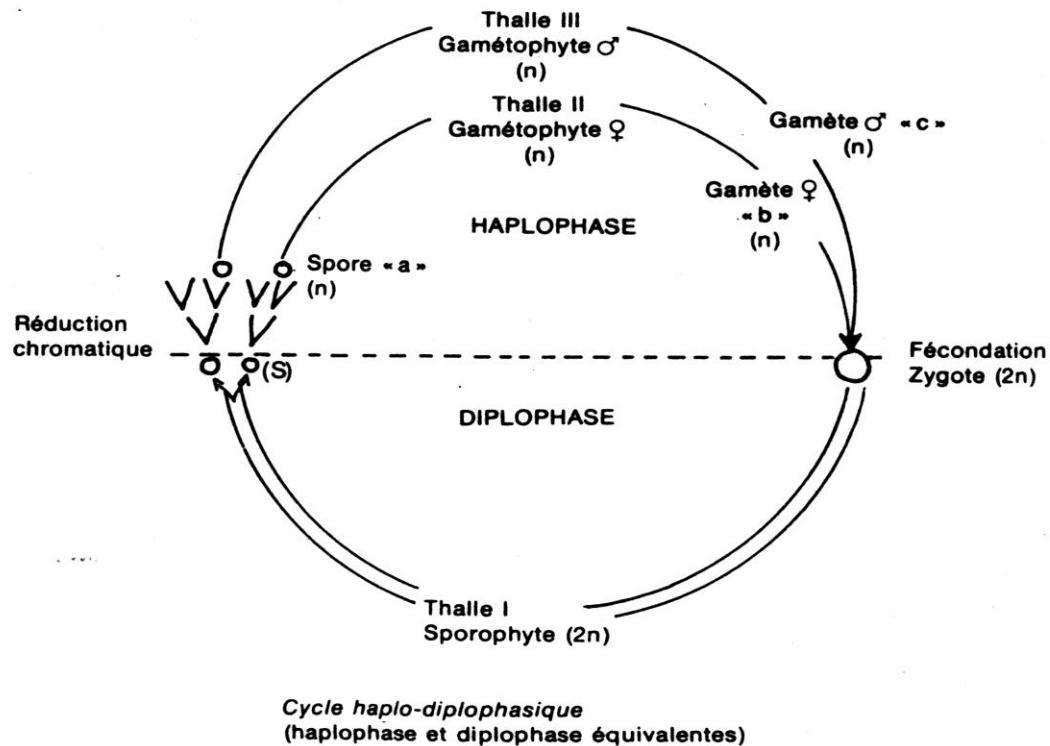
- La réduction chromatique a lieu au niveau de l'organe "S" (sporocyste), car les cellules "a" haploïdes (spores) sont produites par cet organe.

4) - Le thalle I issu de la germination d'un œuf diploïde et produisant des spores haploïdes (cellules "a" est un sporophyte diploïde).

- Le thalle II qui produit les gamètes femelles est le gamétophyte haploïde femelle.

- Le thalle III, qui produit les gamètes mâles est le gamétophyte haploïde mâle.

### 5) Cycle chromosomique de l'algue *Derbesia*.



## Centre de Fès

Juin 86

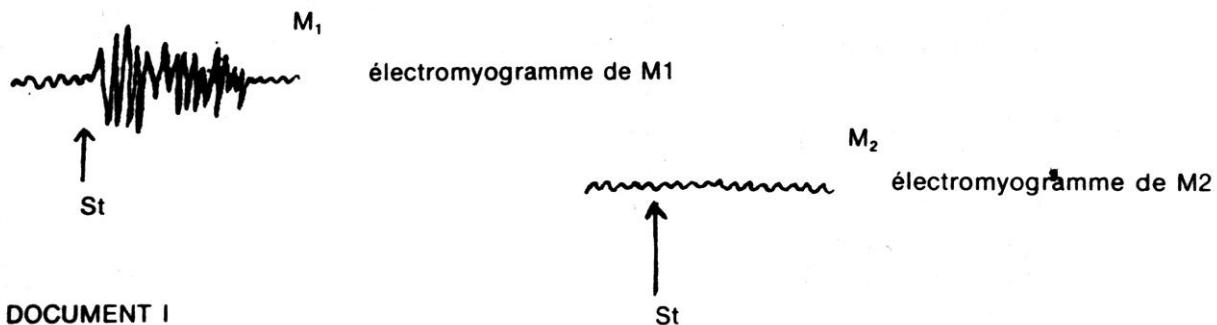
### Énoncés

#### Premier problème

L'accomplissement d'un mouvement (flexion, extension) met en jeu un certain nombre d'éléments.

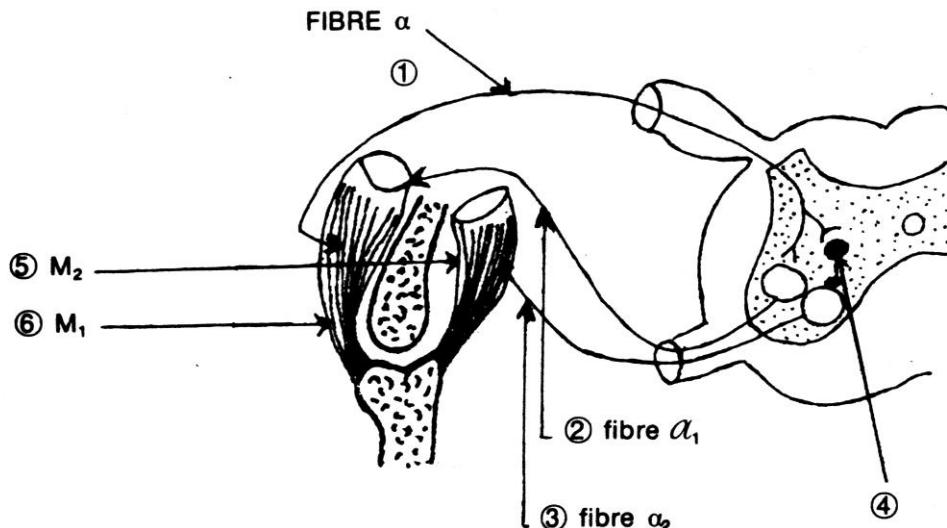
Une excitation portée au niveau du genou provoque l'extension de la jambe.

Les deux muscles M<sub>1</sub>, et M<sub>2</sub> qui interviennent dans ce mouvement sont reliés à un oscilloscope qui permet d'enregistrer simultanément leur activité électrique. Le document I représente un moment de leur activité.



1) Analysez les courbes du document I.

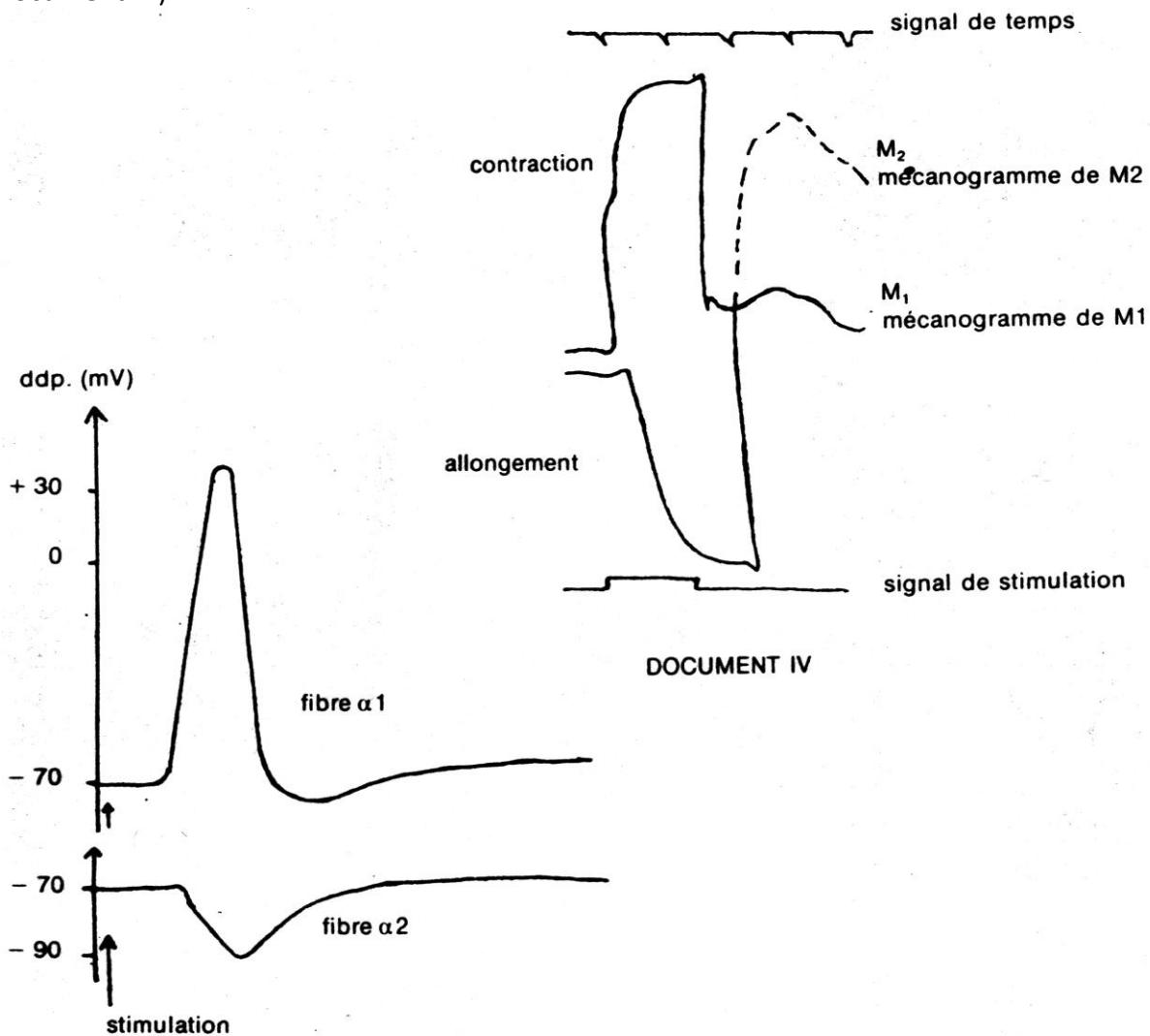
2) quelle(s) hypothèse(s) pouvez-vous formuler pour expliquer l'activité du muscle M<sub>2</sub> à la suite de cette excitation ?



DOCUMENTII

Pour préciser les circuits neuronaux impliqués dans la réalisation de ce mouvement, on met à nu les éléments responsables (Document II) et on réalise l'expérience suivante : on porte une stimulation efficace sur la fibre nerveuse (a), et on enregistre simultanément l'activité électrique des fibres nerveuses  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  (Document III) et les réponses mécaniques des muscles M<sub>1</sub>, et M<sub>2</sub>

(Document IV).

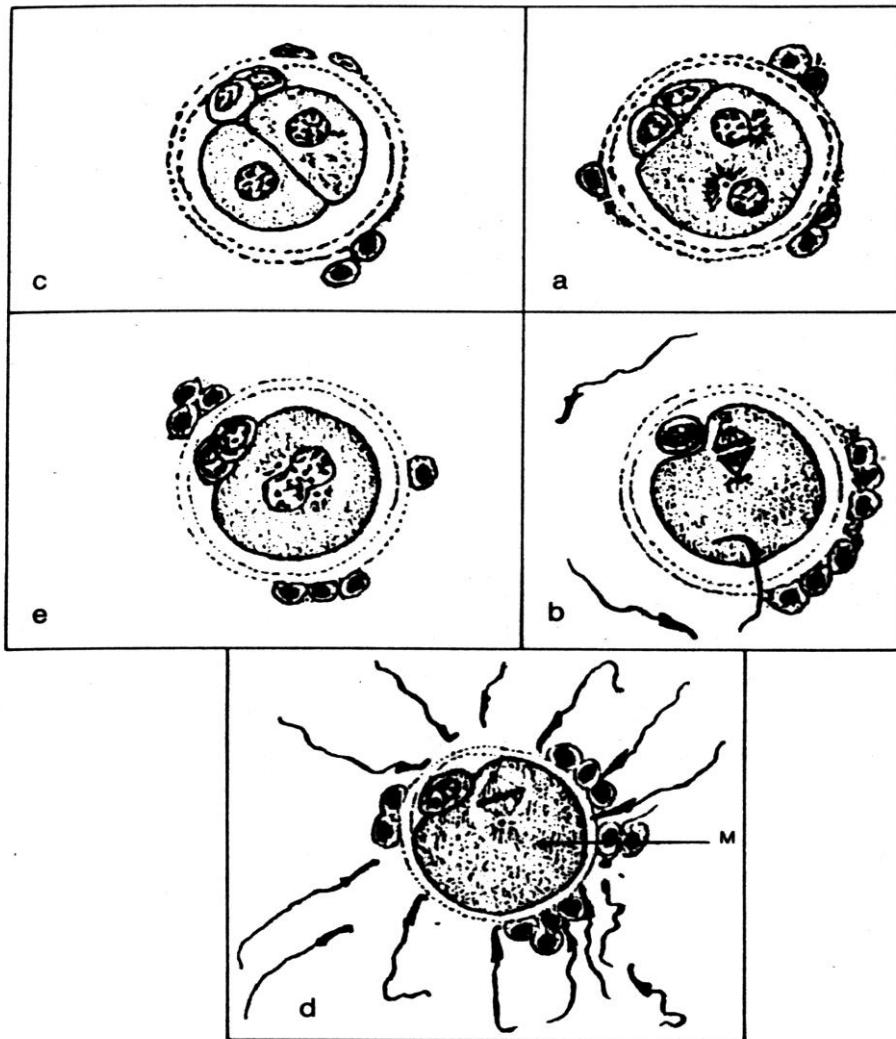


### DOCUMENT III

- 3) Analysez le document III. De la comparaison des documents III et IV, quelles informations pouvez-vous tirer pour expliquer le rôle des fibres  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$ ?
- 4) Attribuez à chaque numéro du document II une légende.
- 5) En utilisant vos connaissances et les données des expériences précédentes, expliquez le mécanisme du mouvement étudié.

### Deuxième problème

Les figures du document V représentent diverses étapes d'un phénomène important qui se déroule dans les voies génitales des femelles de Mammifères.



DOCUMENT V

- 1) De quel phénomène s'agit-il ?
- 2) Faites une description simplifiée et ordonnée de chacune des figures du document V.
- 3) Durant la maturation, la cellule M subit deux divisions. Représentez schématiquement l'anaphase de la première division et l'anaphase de la deuxième division.(pour simplifier, on prendra  $2n = 8$  chromosomes).

### Troisième problème

On croise une plante (A) à fleurs blanches avec une plante (B) à fleurs rouges.

On obtient en première génération  $F_1$  uniquement des plantes à fleurs roses.

Les individus de  $F_1$  produisent par autofécondation une deuxième génération  $F_2$  composée de :

- 32 plantes à fleurs blanches,
- 36 plantes à fleurs rouges,
- 68 plantes à fleurs roses.

1 ) Que peut-on déduire de l'analyse des résultats des deux croisements précédents ? Les plantes (A) sont, en outre, caractérisés par des feuilles vert pâle, et les plantes (B) par des feuilles vert foncé.

Les plantes à fleurs rouges obtenues en  $F_2$  se répartissent en :

- 9 plantes à feuilles vert pâle,
- 27 plantes à feuilles vert foncé.

2) En se basant sur ses données, que peut-on dire des gènes responsables de la couleur des fleurs et de la couleur des feuilles ?

3) Précisez les pourcentages de plantes à feuilles vert pâle et à feuilles vert foncé dans la génération  $F_1$  et dans les deux autres catégories de plantes (plantes à fleurs blanches, plantes à fleurs roses) de la génération  $F_2$ .

# Centre de Fès

## Juin 86

### corrigés

#### Premier problème

Les deux enregistrements obtenus traduisent l'activité des muscles M<sub>1</sub> et M<sub>2</sub>.

L'électromyogramme de M<sub>1</sub> montre une augmentation de l'amplitude des potentiels d'action à la suite de l'excitation, par contre, on n'enregistre aucune variation de l'amplitude des potentiels d'action au niveau du muscle M<sub>2</sub>.

2) L'absence de réaction de M<sub>2</sub> peut être expliquée par :

- \* la non conduction de l'influx nerveux consécutif à l'excitation,
- \* l'inefficacité de cette stimulation sur M<sub>2</sub>,
- \* l'inhibition de M<sub>2</sub>.

3) La courbe enregistrée au niveau de la fibre α<sub>1</sub>: traduit un potentiel d'action consécutif à l'excitation de la fibre (a).

La courbe enregistrée au niveau de la fibre α<sub>2</sub> traduit une hyperpolarisation.

- La stimulation de la fibre nerveuse (a) a engendré :

- \* un potentiel d'action au niveau de la fibre α<sub>1</sub>, qui l'a transmis au muscle M<sub>1</sub> qui s'est contracté,
- \* une hyperpolarisation de la fibre α<sub>2</sub> et l'allongement du muscle M<sub>2</sub>.

- on déduit que la fibre α<sub>1</sub> conduit un influx nerveux excitateur et la fibre α<sub>2</sub> conduit un influx nerveux inhibiteur.

De la comparaison des documents III et IV on déduit que :

La fibre nerveuse α<sub>1</sub> conduit un influx nerveux excitateur.

La fibre nerveuse α<sub>2</sub> conduit un influx nerveux inhibiteur.

4) Fibre (a) : fibre nerveuse sensitive (1) .

Fibre α<sub>1</sub> : fibre nerveuse motrice excitatrice(2)

Fibre α<sub>2</sub> : fibre nerveuse motrice inhibitrice (3)

Neurone d'association (4).

Muscle M<sub>2</sub> : fléchisseur (5)

Muscle M<sub>1</sub> : extenseur (6) .

(on acceptera muscles M<sub>1</sub> , M<sub>2</sub> antagonistes).

5) L'excitation efficace au niveau du genou engendre un potentiel d'action qui est conduit par la fibre nerveuse (a) et qui provoque par l'intermédiaire de la fibre α<sub>1</sub> une contraction de M1 étudier est l'intermédiaire de la fibre α<sub>2</sub> un allongement de M2. Le mouvement étudié est donc réalisé grâce à l'activité coordonnée de deux muscles antagonistes.

#### Deuxième problème

1) Il s'agit des étapes de la fécondation.

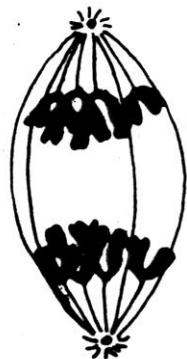
2) - (d) : attraction des spermatozoïdes par le gamète femelle

- (b) : pénétration du spermatozoïde dans l'ovocyte II (fécondation)

-(a) : formation et rapprochement des deux pronucléi mâle et femelle

-(e) : fusion des pronucléi mâle et femelle (caryogamie)

-(c) : télophase de la première mitose que subit l'ouf.



Anaphase de la première mitose réductionnelle



Anaphase de la deuxième mitose équationnelle

### Troisième problème

1) La première génération F1 est uniforme.

Apparition d'un nouveau caractère ; couleur rose.

Ce résultat laisse supposer qu'il y a une codominance entre les deux gènes déterminant la couleur des fleurs.

Les proportions de la F2 :

- 1/4 à fleurs blanches,
- 1/4 à fleurs rouges,
- 1/2 à fleurs roses permettent de conclure qu'il s'agit effectivement d'un cas de codominance où la couleur rose des fleurs est un caractère intermédiaire.

2) Les proportions des plantes à fleurs rouges de la F2 :

- 9 plantes à fleurs rouges et à feuilles vert pâle

- 27 plantes à fleurs rouges et à feuilles vert foncé,

nous permettent de formuler les hypothèses de la dominance du "caractère "vert-foncé sur le "caractère " vert pâle, d'une part, et que les gènes qui déterminent la couleur des fleurs et la couleur des feuilles sont indépendants.

- Vérifions ces hypothèses :

* parents :	Plante A	x	plante B
	Fleurs blanches		Fleurs rouges
	et feuilles vert pâle		et feuilles vert-foncé

On symbolisera le caractère :

- Fleur blanche par B

- Fleur rouge par R

- Feuille vert pâle par v

- Feuille vert foncé par V

Parents :  $\frac{B}{B} \frac{v}{v} \times \frac{R}{R} \frac{V}{V}$

\* Gamètes B v x R V

\* Première génération F1 :  $\frac{R}{B} \frac{V}{v}$  100 % de plantes à fleurs roses et à feuilles vert foncé.

Croisement des individus F1 entre eux ;

$\frac{R}{B} \frac{V}{v} \times \frac{R}{B} \frac{V}{v}$

\* Gamètes F1 : 4 types , R V, R v, B V et B v

	R V	R v	B V	B v
R V	<u>R V</u> — —	<u>R V</u> — —	<u>B V</u> — —	<u>B V</u> — —
R v	<u>R V</u> — —	<u>R v</u> — —	<u>B V</u> — —	<u>B v</u> — —
B V	<u>B V</u> — —	<u>B V</u> — —	<u>B V</u> — —	<u>B V</u> — —
B v	<u>B V</u> — —	<u>B v</u> — —	<u>B V</u> — —	<u>B v</u> — —

- Les carrés hachurés indiquent les fleurs rouges de la F2, où on distingue :

\* 3/4 de plantes à fleurs rouges et à feuilles vert foncé.

\* 1/4 de plantes à fleurs rouges et à feuilles vert pâle.

- on peut donc conclure que les deux gênes qui déterminent la couleur des fleurs et la couleur des feuilles sont indépendants et que le caractère vert foncé domine le caractère vert pâle.

3) La première génération F<sub>1</sub> est constituée uniquement de plantes à feuilles vert foncé.

- Les plantes à fleurs blanches de la F<sub>2</sub> sont réparties en :

\* 1/4 à feuilles vert pâle

\* 3/4 à feuilles vert foncé

- les plantes à fleurs roses de la F<sub>2</sub> sont réparties en :

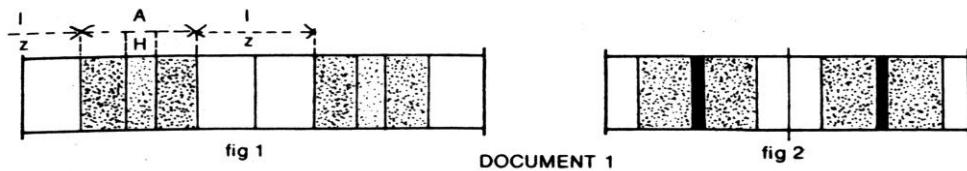
\* 1/4 à feuilles vert pâle .

\* 3/4 à feuilles vert foncé.

**Centre de Marrakech**  
**Juin 1986**  
**énoncés**

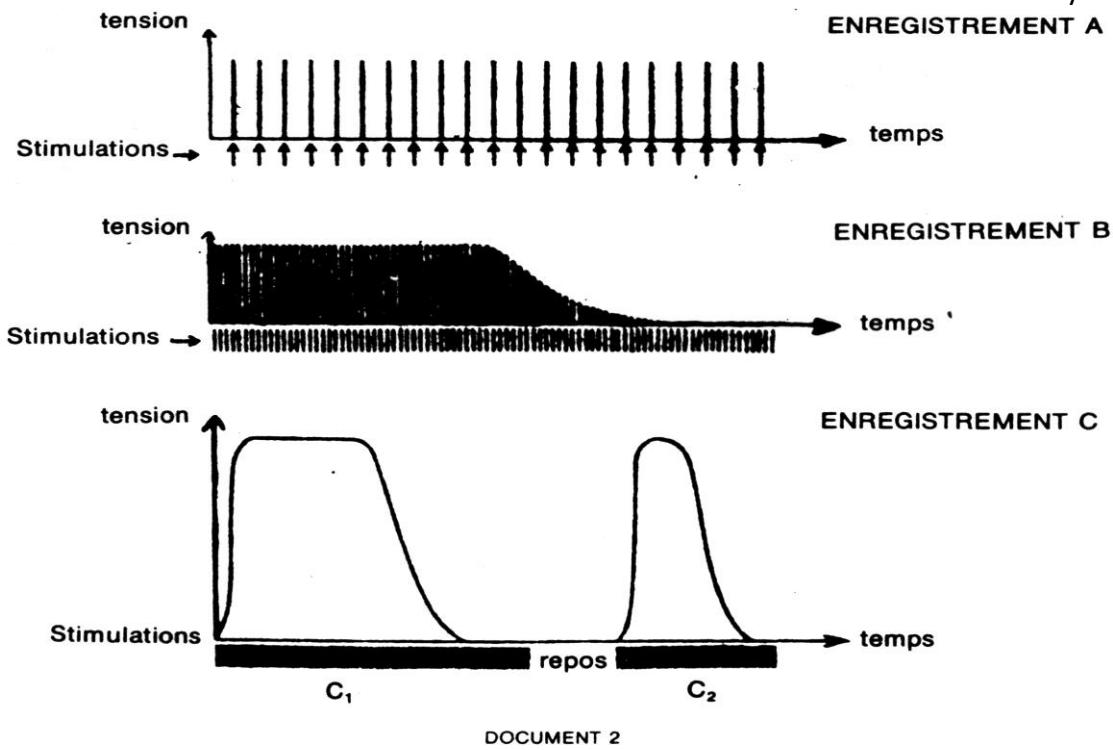
**Premier problème**

I. Les figures 1 et 2 du document 1 , représentent deux états physiologiques d'une portion de myofibrille d'un muscle squelettique observée au microscope Optique.

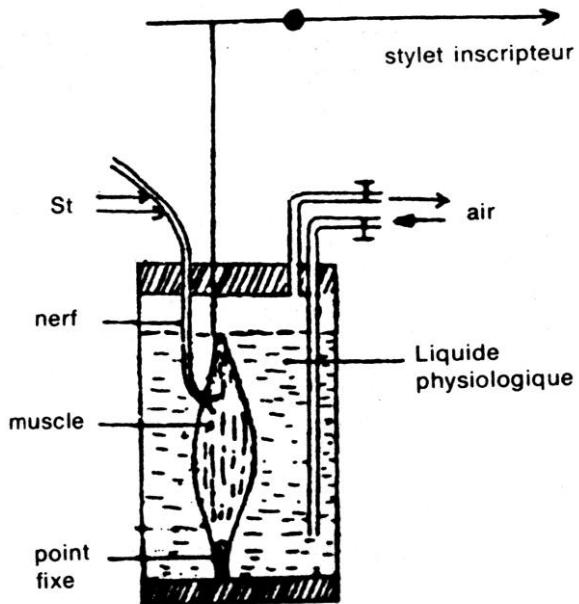


- Faites deux schémas annotés, illustrant ces deux états d'après les observations au microscope électronique.

II. On recherche les effets d'excitations identiques mais répétées à des fréquences différentes, sur un muscle isolé auquel on fournit en quantités voulues, l'oxygène et les nutriments nécessaires à sa contraction. Les enregistrements obtenus sont regroupés sur le document 2. On précise que ces enregistrements ont été obtenus avec une vitesse de rotation constante et très lente du cylindre.



1 ) Faites une analyse comparée des différentes réponses musculaires ainsi enregistrées.



### DOCUMENT 3

A l'aide du montage présenté par le document 3, on réalise sur un muscle gastrocnémien de grenouille, les expériences suivantes au cours desquelles on soumet le muscle par l'intermédiaire de son nerf à des stimulations de même intensité, à une fréquence constante et faible.

Expérience 1 : Le muscle baigne dans du liquide physiologique normalement oxygéné. Il répond pendant longtemps aux stimulations, par des secousses isolées. Cette expérience sera considérée comme témoin.

Expérience 2 : On ajoute au liquide physiologique, une substance qui empêche l'hydrolyse de l'ATP. Le muscle ne se contracte pas.

Expérience 3 : Le muscle, placé dans du liquide physiologique normal, est privé d'oxygène. Il répond par des secousses isolées pendant un certain temps puis cesse progressivement de répondre. On constate qu'il s'est chargé d'acide lactique.

Expérience 4 : On traite le muscle privé d'O<sub>2</sub> par une substance qui empêche la production d'acide lactique. Le muscle fournit seulement quelques secousses et s'arrête brusquement.

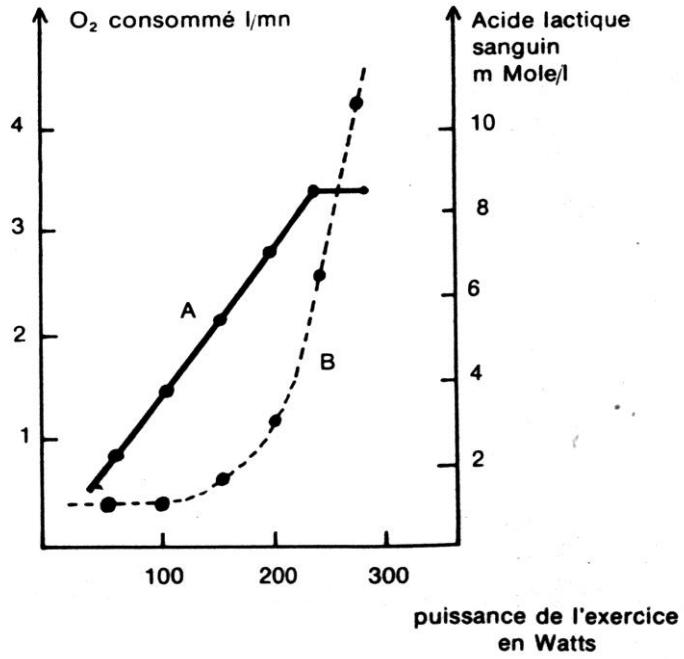
2) En faisant appel à vos connaissances concernant les réactions biochimiques destinées à approvisionner le muscle en énergie.

a) Rappelez, sans entrer dans les détails des mécanismes moléculaires, le rôle de l'ATP dans la genèse de la contraction musculaire.

b) Expliquez ce qui se passe dans chacune des expériences décrites.

c) Faites un schéma de synthèse montrant l'utilisation de l'ATP et les différentes voies de sa régénération dans une fibre musculaire en contraction.

Les tracés A et B du document 4 représentent respectivement, l'évolution de la consommation d'oxygène et celle de la concentration sanguine d'acide lactique en fonction de la puissance de l'exercice musculaire.

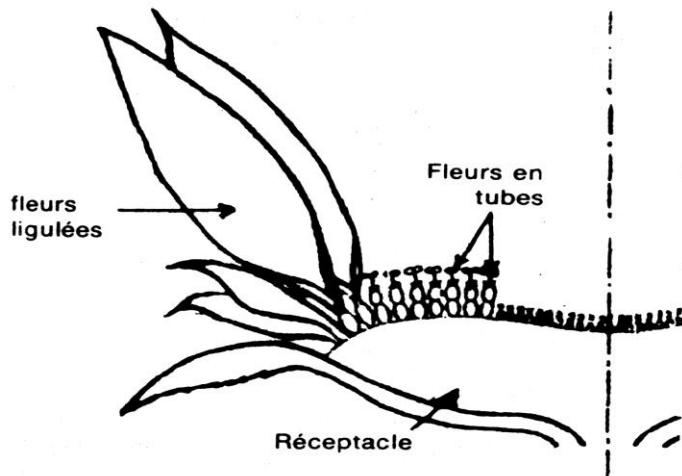


Doc 4

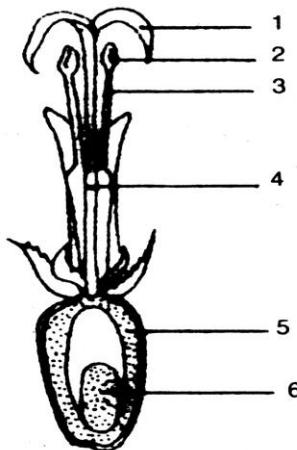
- 3) Analysez ces deux tracés.
- 4) En tenant compte de vos réponses à la question II-2, quels renseignements pouvez-vous tirer des tracés A et B en ce qui concerne la part respective des réactions de régénération de l'ATP en fonction de la puissance de l'effort ?
- 5) A partir des faits établis dans ce devoir, proposez une explication globale permettant d'interpréter les myogrammes du document 2.

### Deuxième problème

I. Le tournesol est cultivé pour divers usages dont le plus important est la production d'huile végétale. La plante présente au stade de la floraison, un ensemble de petites fleurs groupées en une inflorescence appelée capitule (document 1). Ces fleurs sont de deux types : des fleurs ligulées (périmériques) et des fleurs en tube (centrales et plus nombreuses). Le document 2 présente la coupe longitudinale d'une fleur en tube.



DOCUMENT 1



DOCUMENT 2

1 ) Donnez les noms des éléments numérotés.

2) Quel' est l'élément destiné à évoluer en graine ?

3) Précisez les phénomènes essentiels qui déclenchent cette évolution.

**II.** Depuis des dizaines d'années, plusieurs programmes d'amélioration génétique du tournesol ont été entrepris.

Ainsi, Eric Putt a obtenu par pollinisation croisée entre deux lignées homozygotes (L1 et L2), des graines dont la teneur en huile est supérieure de 25 % à celle des graines issues de l'autopollinisation ou de la pollinisation par une plante sœur (de même lignée).

1 ) Qu'est-ce qu'on entend par lignée homozygote ?

2) A quoi peut-on lier le rendement meilleur des graines résultant de ce croisement ? 3) Comment Eric Putt pouvait-il empêcher l'autopollinisation et la pollinisation à partir d'une plante sœur ?

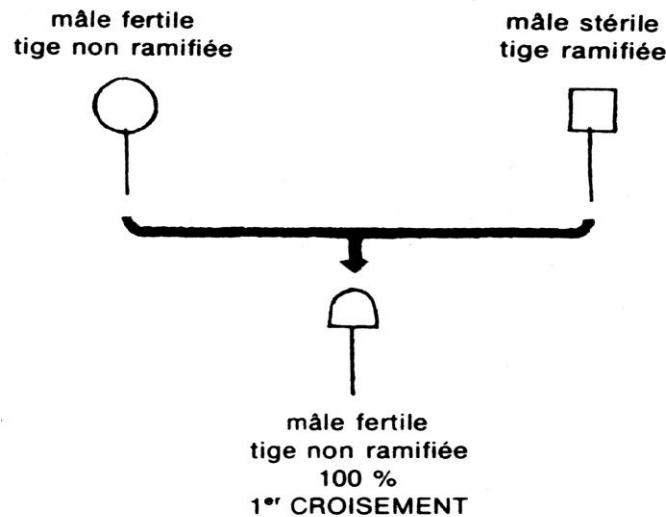
Par ailleurs, il existe deux variétés de tournesol, l'une à tige ramifiée et l'autre à tige non ramifiée , le caractère de ramification est défavorable car les capitules ne sont pas tous mûrs en même temps.

L'amélioration de la culture du tournesol consiste donc à obtenir des plantes à tiges non ramifiées et donnant des graines à forte teneur en huile.

Des chercheurs ont découvert l'existence (chez le tournesol), d'un gène (s) qui est responsable à l'état homozygote, de la stérilité des étamines. Les plantes à étamines stériles sont dites mâles stériles par opposition aux plantes à étamines fertiles dites mâles fertiles.

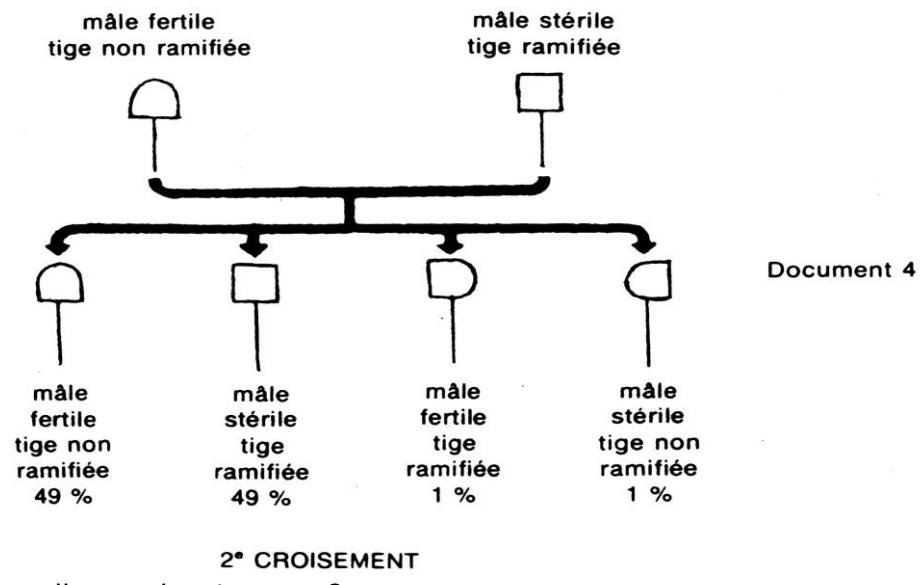
4) Montrez en quoi cette découverte présente un grand intérêt pour l' amélioration recherchée ?

On croise deux lignées de tournesol, l'une à étamines stériles et tiges ramifiées, l'autre à étamines fertiles et tiges non ramifiées. On obtient une première génération F1 (voir document 3).



5) a) Que peut-on déduire de ce résultat ?

On croise ensuite des individus de la F1 avec des individus à étamines stériles et tiges ramifiées. Les résultats de ce deuxième croisement sont présentés par le document 4.



b) Comment s'appelle un tel croisement ?

c) Que peut-on déduire des résultats obtenus quant aux gènes codant les deux caractères considérés ?

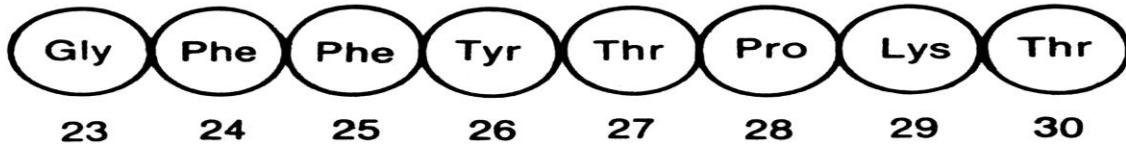
d) récapitulez en écriture génotypique chacun des deux croisements (doc. 3 et 4) en donnant les génotypes des parents, des gamètes et des descendants tout en précisant les pourcentages.

6) Comment doit-on toujours procéder afin de conserver les caractères désirés (tige non ramifiée, graine à forte teneur en huile) ?

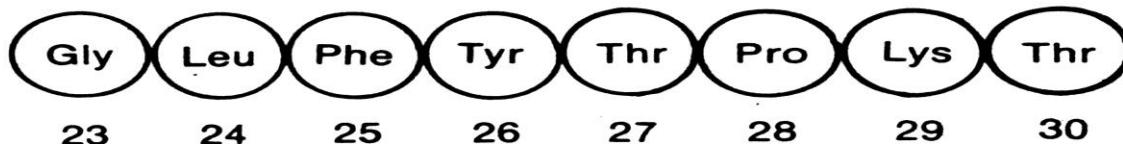
### Troisième problème

Le diabète est une maladie du métabolisme qui résulte d'un trouble de la pénétration du glucose dans les cellules ; une grande partie de celui-ci reste dans le sang d'où l'élévation de la glycémie. Tout récemment, on s'est aperçu que dans certains diabètes, l'insuline (hormone de nature

protéique dont le rôle est d'initier et d'accélérer le transport du glucose dans les cellules), était anormale, au point d'être incapable de se lier à ses récepteurs spécifiques (situés sur la membrane plasmique), Le document 5 présente les huit derniers acides aminée de l'une des deux chaînes protéiques (la chaîne B) d'une insuline normale et d'une insuline anormale.



**portion de la chaîne B d'une insuline normale**



**portion de la chaîne B d'une insuline anormale**

### Document 5

- 1 ) En quoi consiste l'anomalie de l'insuline anormale ?
- 2) A l'aide de l'extrait du code génétique (document 6), reconstituez le segment d'ARN messager qui a servi dans chaque cas, à la synthèse de la séquence protéique.

Extrait du code génétique
GGU: Glycine = Gly
UUU: Phénylalanine = phe
CUU: Leucine = leu
UAU: Tyrosine = Tyr
ACU: Thréonine = Thr
CCU: Proline = Pro
AAA: lysine = Lys

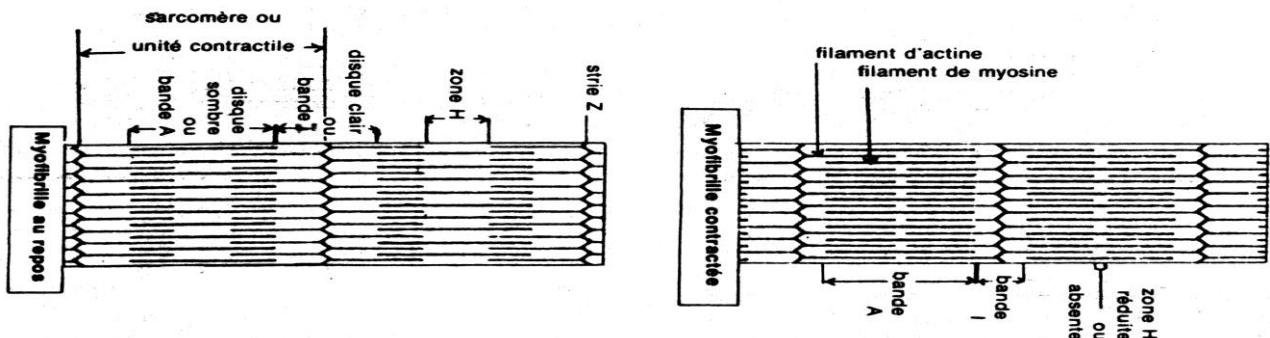
### Document 6

- 3) a) Indiquez en justifiant votre réponse la structure de la portion du gène codant, dans chaque cas, la synthèse de la chaîne des huit acides aminés.
- b) Précisez la modification du gène et montrez en quoi elle permet d'expliquer la différence entre l'insuline normale et l'insuline anormale.
- 4) Le diabète considéré ici est héréditaire ; expliquez ceci en faisant appel à vos connaissances et en vous basant sur les faits établis dans ce devoir.
- 5) L'exemple traité dans ce devoir doit vous permettre de donner une définition du gène unité de fonction ; laquelle ?

**Centre de Marrakech**  
**Juin 86**  
**CORRIGES**

**Premier problème**

I.



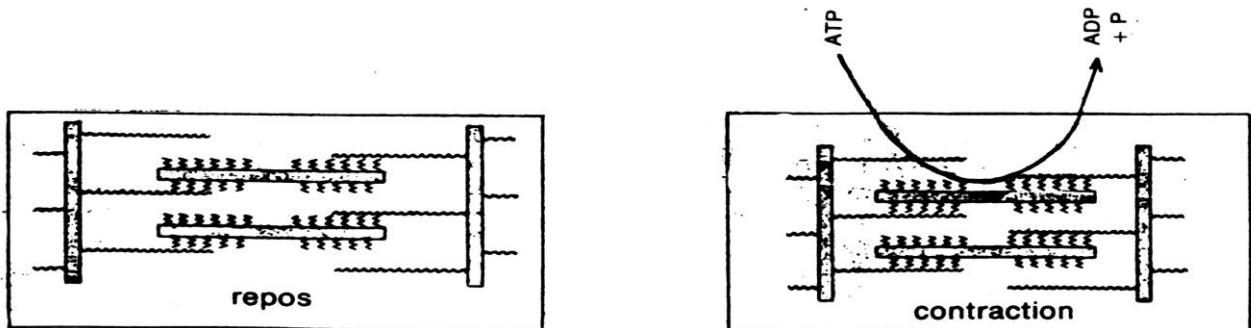
**II. 1)** Enregistrement A : le muscle répond par des secousses isolées de même amplitude aussi longtemps que durent les stimulations.

Enregistrement B : Avec une fréquence de stimulations plus élevée, le muscle répond par des secousses isolées plus rapprochées ; mais au bout d'un certain temps, l'amplitude des secousses diminue et finit par s'annuler. Le muscle se fatigue.

Enregistrement C<sub>1</sub> : la fréquence est telle que le muscle répond par un tétonos parfait ; la fatigue est plus précoce que précédemment.

Enregistrement C<sub>2</sub> : Après un temps d'arrêt, le muscle retrouve sa faculté à se contracter, mais la fatigue est encore plus précoce.

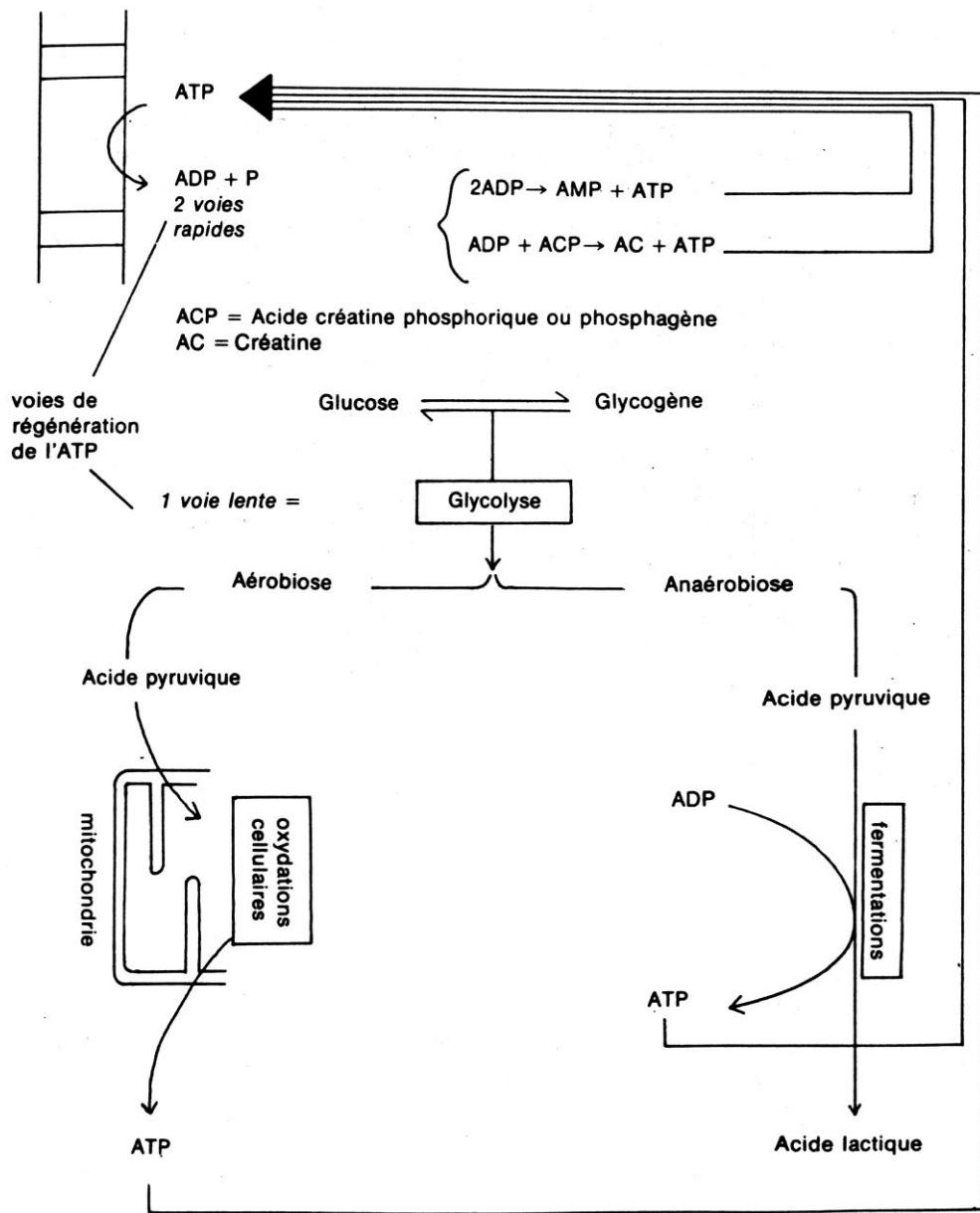
**2) a)** L'énergie libérée par l'hydrolyse de l'ATP, provoque le glissement des myofilaments d'actine entre les myofilaments de myosine aboutissant à la contraction.



b) L'expérience 2 montre que l'ATP est la seule source d'énergie directement utilisée pour la contraction musculaire.

L'expérience 3 montre que l'ATP est régénéré à partir d'une fermentation lactique.

L'expérience 4 montre que les réserves du muscle en ATP sont très faibles (vite épuisées).



3) Courbe A : La consommation d'O<sub>2</sub> croît d'une manière linéaire en fonction de la puissance de l'exercice jusqu'à une valeur limite (3,4 l/mn) qui correspond aux limites de prélèvement par l'organisme.

Courbe B : pour des exercices de puissance inférieure à 100 watts, la concentration en acide lactique est constante et égale à 1 m M/l ; au-delà elle prend une allure exponentielle.

4) Pour une puissance modérée < à 150 W, l'essentiel de l'ATP est régénéré à partir des oxydations respiratoires.

A mesure que l'exercice s'intensifie, la glycolyse anaérobie fournit une fraction de plus en plus importante d'ATP, ce qui se traduit par l'augmentation du taux d'acide lactique dans le sang.

5) Plus la fréquence des stimulations est élevée, plus la participation de la fermentation lactique

du glucose à la régénération de l'ATP est importante. L'accumulation de l'acide lactique dans le muscle est responsable de la fatigue.

### **Deuxième problème**

I. 1) 1 : stigmate, 2 : anthère, 3 : filet, 4 : style, 5 : ovaire, 6 : ovule.

2) c'est l'ovule.

3) La pollinisation, la germination des grains de pollen et la fécondation.

II. 1) Les chromosomes homologues portent aux emplacements équivalents des gènes identiques.

2) A l'état hybride ; génome hétérozygote.

3) Pour empêcher l'autopollinisation. Eric Putt pouvait amputer les fleurs de leurs étamines ou utiliser des gamétocides (produits tuant les gamètes).

Pour empêcher la pollinisation croisée entre deux plantes de la même espèce, il pouvait envelopper le capitule de l'une des deux plantes d'un sachet de gaze très fine.

4) Les individus de génotype  $s/s$  sont fonctionnellement réduits à un seul sexe : le sexe femelle, ils ne peuvent se produire que par fécondation croisée ; les gaines formées seraient hybrides donc à forte teneur en huile.

5) a) Le gène responsable de la fertilité des étamines (S) est dominant par rapport à son allèle responsable de la stérilité des étamines (s) ; l'allèle déterminant la non ramification (R) domine l'allèle responsable de la ramification (r)

b) un back-cross.

c) Ces gènes sont liés, 2 % de recombinaison ; donc ils sont distants de 2 centimorgans.

d) Premier croisement :

Parents :

Gamètes : R S X rs

F1 = 100 % RS rs

Deuxième croisement :

Parents :

Gamètes :

4 9 % R S

4 9 % rs      100% rs

1 % rs

1 % R s

Echiquier de croisement

Gametes	RS	rs	Rs	rS
rs	$\frac{RS}{rs}$ [R S] 49%	$\frac{rs}{RS}$ [r s] 49%	$\frac{Rs}{rs}$ [R s] 1%	$\frac{rS}{rs}$ [r S] 1%

6) Il faut toujours réaliser le croisement 1(pollinisation croisée) pour n'obtenir que des plantes à tiges non ramifiées donnant des graines hybrides donc à forte teneur en huile.

### **Troisième problème**

I. 1) Substitution de la phénylalanine (n° 24) par la leucine.

2) ARN messager correspondant à la séquence normale ; GGU-UUU-UUU-UAU-ACU-CCU.AAA-ACU

ARN messager correspondant à la séquence anormale :

GGU-CUU-UUU-UAU-ACU-CCU-AAA-ACU

3) a) La molécule d'ARN messager est synthétisée par transcription à partir d'un des brins du segment de la molécule d'ADN qui constitue le gène.

Cette transcription repose sur la complémentarité qui existe entre les bases azotées.

Structure de la portion du gène codant la synthèse de la chaîne B des huit acides aminés d'une insuline normale

CCA-AAA-AAA-ATA-TGA-GGA-U-TGA

Structure de la portion du gène codant la synthèse de la chaîne B des huit acides aminés d'une insuline anormale

CCA-GAA-AA-ATA-TGA-GGA-TTT-TGA

b) - Le codon correspondant à la phénylalanine est AAA ; celui correspondant à la leucine est GAA ; ces deux codons diffèrent l'un de l'autre par une seule base : l'adénine (base normale) a été remplacée par la guanine.

- L'existence d'une correspondance entre les triplets de nucléotides et les acides aminés c'est-à-dire d'un code génétique, explique pourquoi tout changement dans la séquence des nucléotides d'un gène, se traduit par un changement dans la séquence des acides aminés dans la protéine codée par ce gène.

4) Ce diabète est héréditaire parce qu'il est dû à une mutation du gène codant la synthèse de l'insuline.

5) L'insuline doit sa fonction à la séquence de ses acides aminés ; toute modification du gène codant sa synthèse conduit à une modification de cette séquence et par conséquent à une modification de sa fonction.

**Centre de Rabat**  
**Juin 1986**  
**ENONCES**

**Premier problème**

I. Le tableau 1 représente la variation de poids du cerveau en fonction de l'âge chez l'Homme.

1) Tracez la courbe de cette variation et analysez-la. (Prendre 1 cm pour un an, et 0,5 cm pour 100 grammes).

2) Quelle(s) hypothèse(s) pouvez-vous émettre pour expliquer cette variation de poids ?

Age (en année)	3 mois avant la naissance	Naissance	1	2	7	8	20
Poids du cerveau (en g)	100	350	800	1050	1250	1250	1250

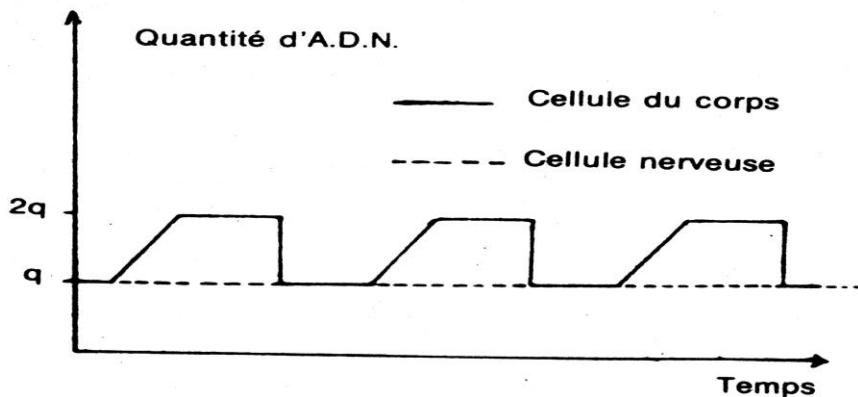
Tableau 1

La figure 2 représente la variation de la quantité d'A.D.N. en fonction du temps dans une cellule nerveuse et dans un autre type de cellules du corps (cellules somatiques) après la naissance.

3) Analysez brièvement cette figure.

Quel(s) phénomène(s) traduit-elle ?

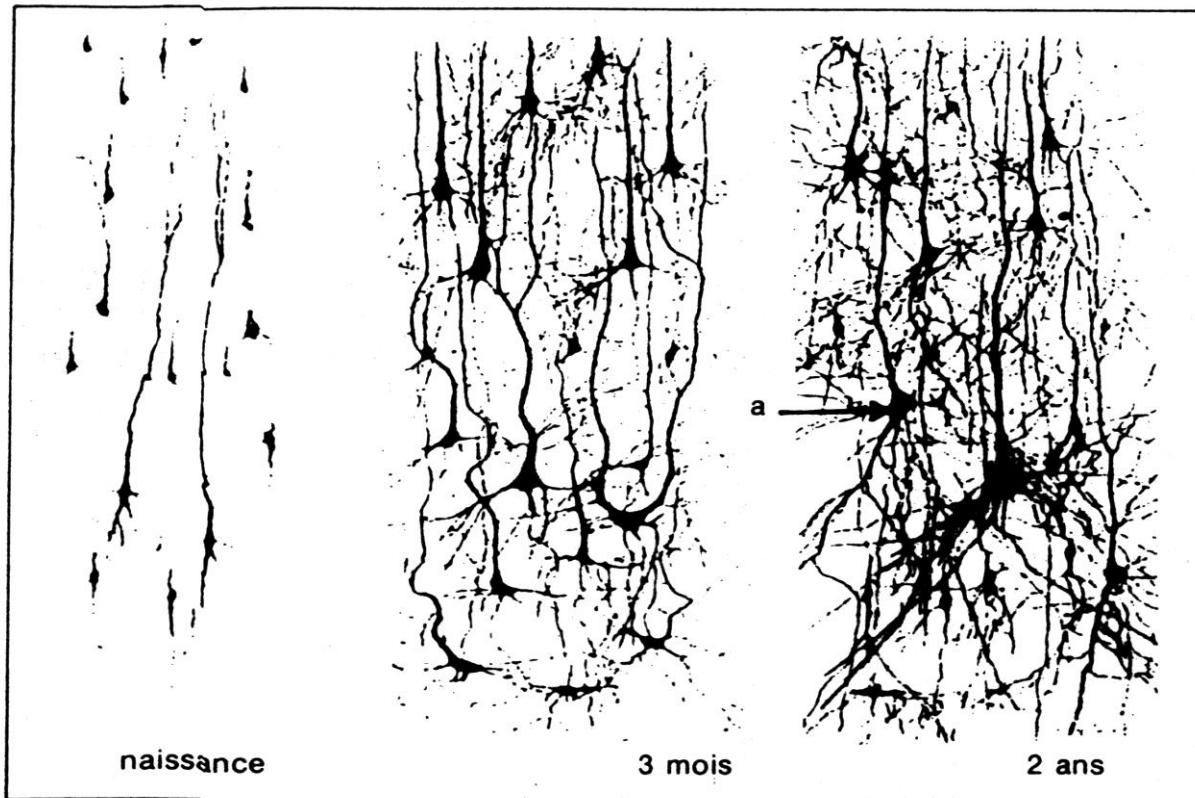
4) Sachant qu'avant la naissance la cellule nerveuse présente la même variation de la quantité d'A.D.N, qu'un autre type de cellules du corps, quelle(s) hypothèse(s) parmi celles émises à la deuxième question pouvez-vous confirmer ?



La figure 3 représente des structures du cerveau à la naissance, à 3 et à 24 mois observées au microscope optique au même grossissement.

5) a) Faites un schéma de l'élément a et annotez-le.

b) Comparez les schémas de la figure 3.



**Figure 3**

Le tableau 4 représente la variation de la quantité de myéline dans les atomes en fonction de l'âge.

Age (en année)	3 mois avant la naissance	Naissance	1	2	7	8	20
Quantité de myéline (en g)	1	1,5	4,5	14	22	25	25

Tableau 4

6) Analysez ce tableau.

7) En tenant compte des données des figures 2, 3 et 4, comment peut-on expliquer le phénomène observé dans le tableau 1 ?

**II.** On se propose d'étudier quelques facteurs nécessaires au bon fonctionnement des cellules nerveuses. Pour cela, on réalise un certain nombre d'observations de cas pathologiques :

Observation 1 : Un individu adulte a été accidentellement intoxiqué au gaz butane. Il a été sauvé, mais après son accident il est devenu incapable de parler correctement, et avec le temps il n'est jamais guéri. Après sa mort, l'autopsie a révélé des lésions au niveau du lobe frontal gauche de son cerveau.

8) Sachant que le gaz butane prend la place de l'oxygène sur la molécule de l'hémoglobine, que peut-on déduire de cette observation ?

Observation 2 : Un enfant de deux ans est tombé dans le coma à la suite d'une absorption massive de médicaments hypoglycémiants (qui provoquent une diminution du taux de glucose dans le sang) utilisée par sa mère diabétique. A son réveil, l'enfant a présenté une paralysie de son côté droit et une aphasicie (perte de la parole). L'examen de son cerveau à l'aide d'un appareil très

perfectionné, le scanner, montre une lésion fronto-temporale gauche.

9) Que peut-on déduire de cette observation ? Après quelques mois, l'enfant retrouve l'usage de la parole et du côté droit de son corps.

10) A la lumière des données du I et des observations du II, comment pouvez-vous expliquer la guérison de l'enfant ?

### Deuxième problème

*Allomyces arbusculus* est un champignon microscopique vivant sur les débris organiques dans les eaux douces. Son appareil végétatif est représenté par deux types de thalles morphologiquement identiques : type I et type II. Le type I porte l'élément A qui libère des cellules de petite taille a et des cellules de grande taille a'. L'union d'une cellule a avec une cellule a' donne l'élément b (Figures 1 et 2).

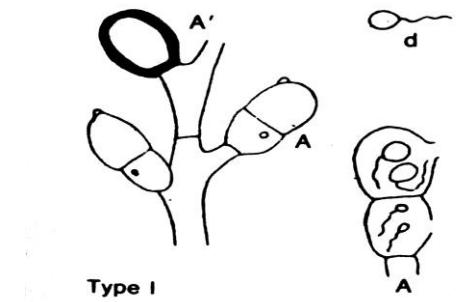


Figure 1

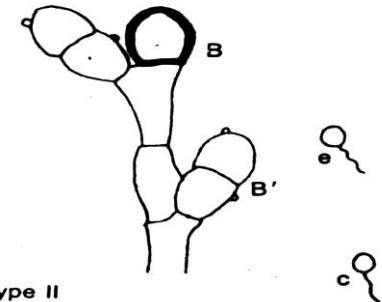
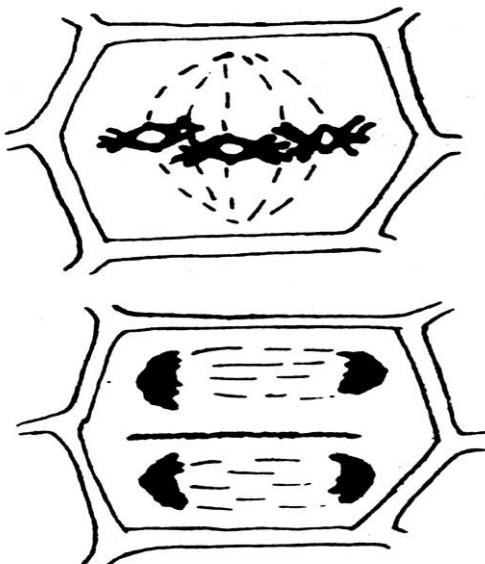


Figure 2

1) Que représentent les éléments a, a' et b ?

2) Que représente l'appareil végétatif de type I ?

L'appareil végétatif de type II provient de la germination de l'élément b. Il porte des formations B dans lesquelles se déroulent les deux divisions successives représentées par la figure 3. Les éléments c ainsi formés germent et donnent l'appareil végétatif de type I.



Aspect 1

Aspect 2

Figure 3

3) Que traduisent les schémas de la figure 3? Justifiez.

A quoi correspond l'élément c ?

4) Que représente l'appareil végétatif de type II ?

5) Représentez le cycle chromosomique de ce champignon.

Par ailleurs la formation A' de l'appareil végétatif de type I libère un certain nombre de cellules d qui perdent leur flagelle, se fixent et germent pour donner un nouvel appareil végétatif de type I. Le même phénomène se produit pour l'appareil végétatif de type II dont la formation B' libère un certain nombre de cellules e qui sont à l'origine d'un nouvel appareil végétatif de type II.

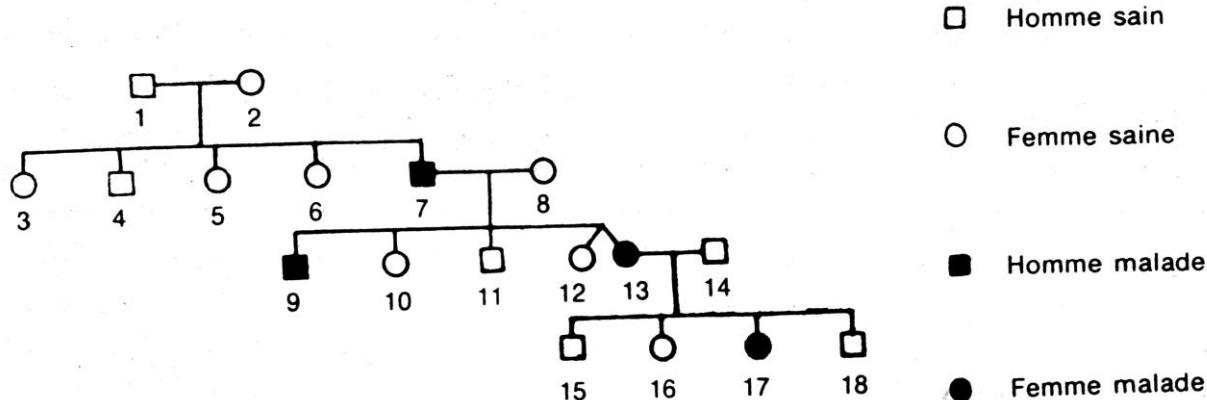
6) Que représentent les éléments d et e ? comparez-les. Comment appelle-t-on le phénomène dans lequel interviennent les éléments d et e ? Représentez-le sur le cycle chromosomique déjà établi.

### Troisième problème

L'albinisme chez l'Homme est caractérisé par l'absence d'un pigment, la mélanine, normalement présent dans la peau, les cheveux, et la choroïde.

1 ) Déterminez grâce au pedigree du document III s'il s'agit d'un caractère dominant ou récessif, autosomal ou lié au sexe. Justifiez.

2) III<sub>12</sub> et III<sub>13</sub> sont des jumelles. Pensez-vous qu'il s'agisse de vraies ou de fasses jumelles ? Justifiez votre réponse.

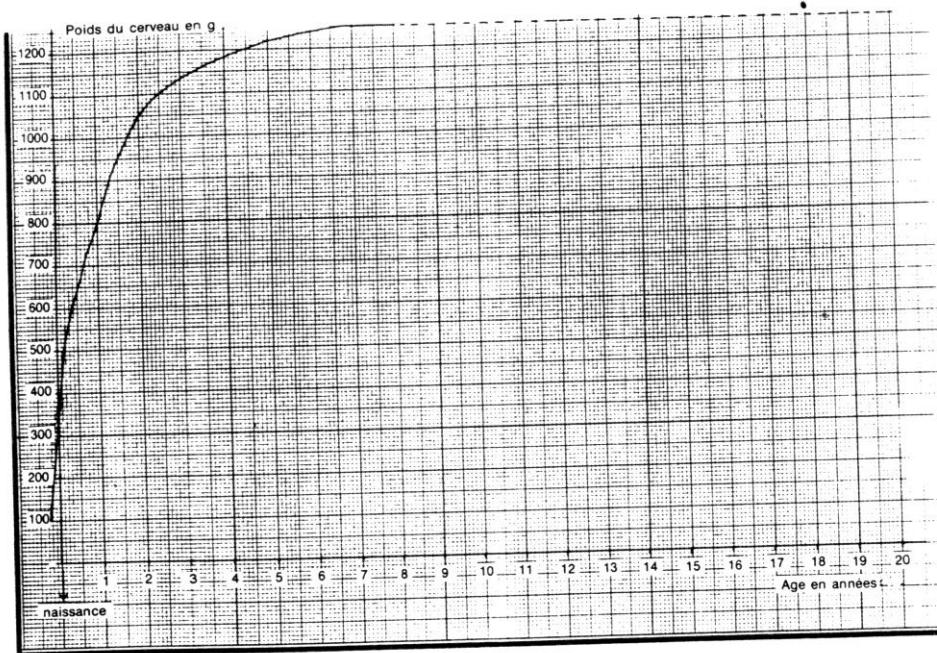


DOCUMENT III

**Centre de Rabat**  
**Juin 86**  
**CORRIGES**

**Premier problème**

I. 1) Construction de la courbe :

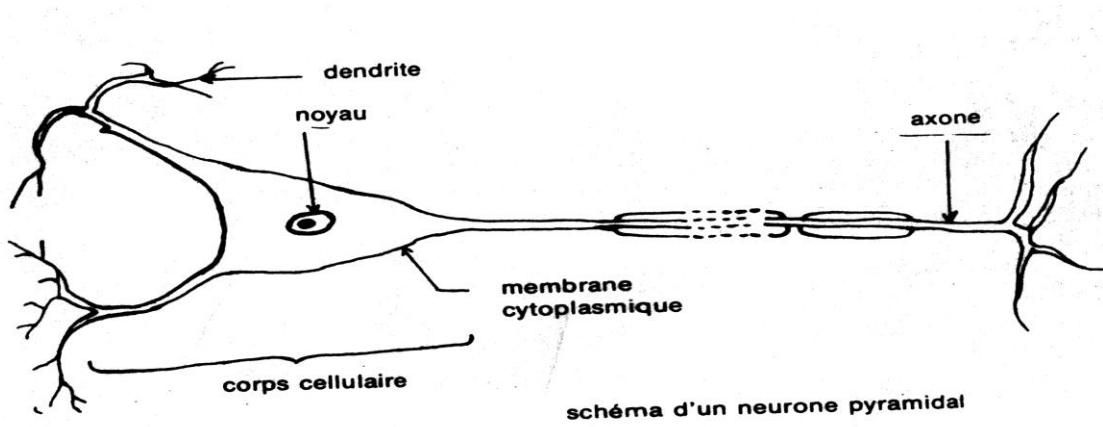


Analyse de la courbe :

- Le poids du cerveau augmente en fonction de l'âge.
- L'augmentation est rapide pendant la vie fatale et pendant les deux premières années (1050 g.). Elle est plus lente de 2 à 7 ans.
- Le cerveau atteint son poids définitif à 7 ans ( 1250 g.).

2) Les hypothèses qu'on peut émettre sont :

- Les cellules se multiplient.
  - Les cellules augmentent de taille.
  - Apparition de structures nouvelles (myéline, cellules gliales.... etc.)
- 3) Les cellules somatiques sont caractérisées par une variation périodique de la quantité d'A.D.N. ( $q - 2q$ ). La cellule nerveuse par contre, conserve une quantité constante ( $q$ ) d'A.D.N. Ceci signifie que les cellules du corps subissent des mitoses, alors que la cellule nerveuse ne se multiplie pas après la naissance.
- 4) Avant la naissance, l'augmentation du poids de cerveau est due à la multiplication des neurones. Ceci confirme la première hypothèse émise.



5) a)

b) Analyse de la figure 3 :

- Le nombre de cellules est constant pour les trois cas.
- Augmentation de la taille des corps cellulaires.
- Très grand développement des ramifications.

6) Analyse du tableau 4 :

- La quantité de myéline augmente en fonction de l'âge,
- La myélinisation commence avant la naissance,
- L'augmentation de la quantité de myéline se fait essentiellement jusqu'à 7 ans,
- A 8 ans la myélinisation est terminée.

7) L'augmentation du poids du cerveau est due :

- Avant la naissance, à la multiplication active des neurones surtout...
- Après la naissance, à l'augmentation de la taille des corps cellulaires et à l'important développement des ramifications et, en faible part, à la myélinisation.

8) - Le neurone est une cellule très sensible au manque d'oxygène.

- Le lobe frontal gauche du cortex cérébral de cet individu est le centre du langage articulé (ou parlé).

9) - Le neurone est très sensible au manque de glucose.

- Le lobe fronto-temporal gauche de cet enfant est le siège des centres de la motricité du côté droit du corps et du langage.

10) Sachant que les neurones ne se divisent pas après la naissance, la guérison de l'enfant peut être expliquée par l'installation de nouvelles connections entre les neurones non détruits.

## Deuxième problème

1) a est une cellule de petite taille : c'est le gamète mâle

a' est une cellule de grande taille : c'est le gamète femelle

b issu de l'union de a et a' est l'ouf ou zygote

2) L'appareil végétatif de type I porte les organes où se forment les gamètes : c'est un gamétophyte.

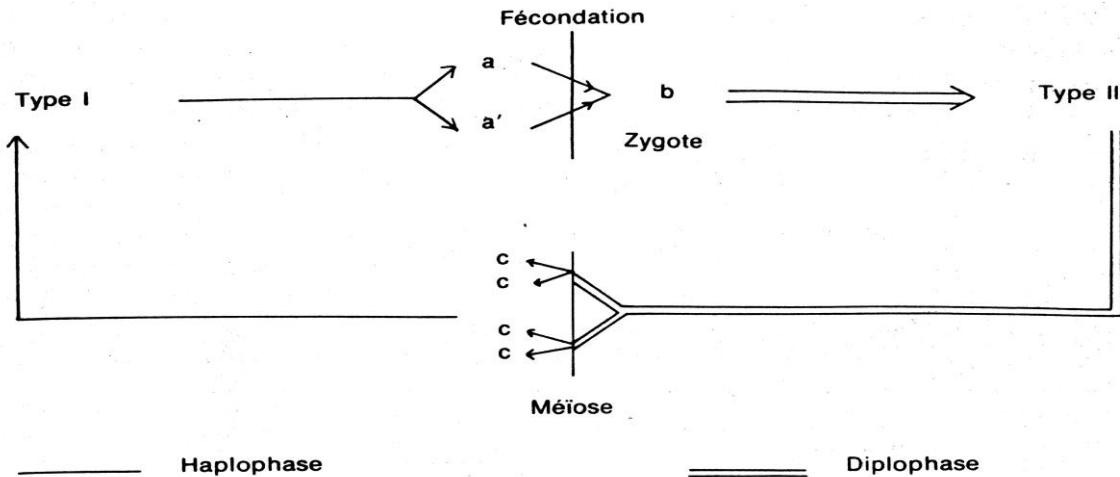
3) Aspect 1 : Les centripètes des chromosomes homologues fissurés auparavant appariés, sont de part et d'autre du plan équatorial : c'est la métaphase 1.

Aspect 2 : 2 cellules filles dont les pôles sont occupés par un lot de chromosomes : C'est la fin de

l'anaphase II.

c est une cellule issue de la méiose et elle donne le type I : c'est une spore haploïde. 4) L'appareil végétatif de type II porte des organes où se forment les sports issues de la méiose : c'est un sporophyte diploïde.

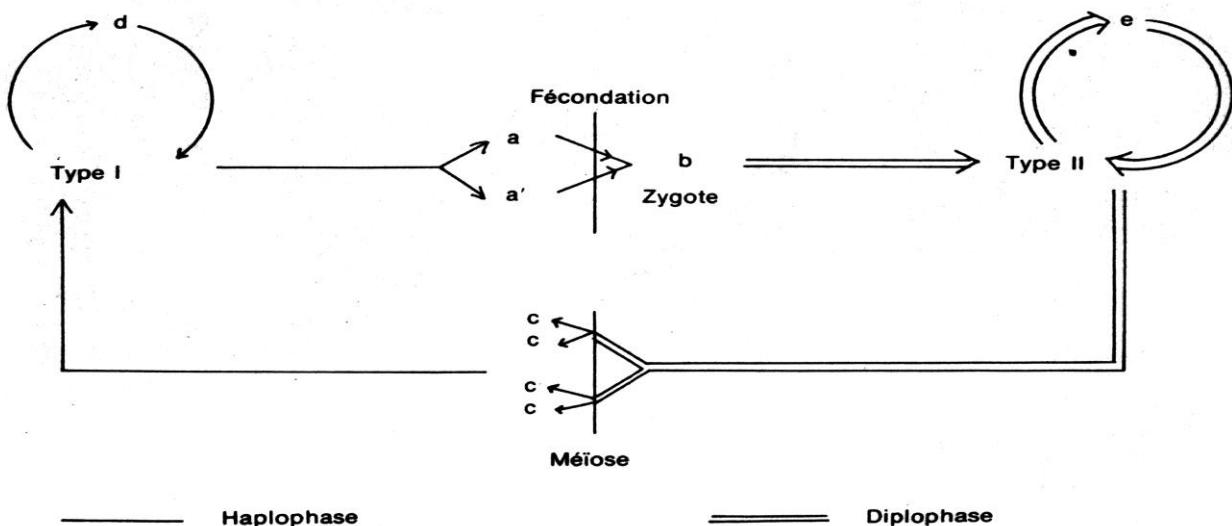
### 5) Le cycle chromosomique



6) - d est une spore haploïde

- e est une spore diploïde

- Le phénomène décrit est une reproduction asexuée. Cette dernière est représentée sur le cycle suivant :



### Troisième problème

1) - L'enfant 7 albinos a des parents sains : l'albinisme est une maladie récessive.

- Tous les hommes ne sont pas malades, donc le gène n'est pas porté par Y.

- La fille 17 est malade, alors que son père est sain. Donc, le gène n'est pas porté par X.

L'albinisme n'est pas lié au sexe.

2) Les filles 12 et 13 sont de fausses jumelles car elles sont de phototypes différents.