



Annales corrigées



Réussir en toute sérénité

Je m'améliore en

SVT

Evariste KADIO

- **Rappels** de cours
- **Méthodes** pratiques
- **Exercices** et **Problèmes** résolus
- **15 derniers** sujets du **BAC** entièrement résolus

BAC
C & D



BAC
2015
INCLUS

Edition **2016**



SOMMAIRE

Partie I

THEME		LECON	PAGE
REPRODUCTION	Reproduction chez les mammifères	Comment la reproduction se déroule-t-elle chez les mammifères ?	7 à 27
	Reproduction chez les spermaphytes	Comment la reproduction sexuée chez les spermaphytes se traduit-elle ?	28 à 40
GENETIQUE	Rappels	Quelques règles de transmission d'un caractère héréditaire.	42 à 43
		Quelques règles de choix des symboles.	44
	Monohybridisme	Comment la transmission d'un caractère héréditaire se fait-elle dans un pedigree ?	45 à 64
	Dihybridisme	Comment la transmission de deux caractères héréditaires se fait-elle ?	65 à 81
	Amélioration des espèces	Comment l'amélioration des espèces se fait-elle ?	82 à 91
IMMUNOLOGIE	Mécanisme de défense de l'organisme	Comment l'organisme se défend-t-il contre ses agresseurs ?	93 à 106
		Comment le système immunitaire assure-t-il la défense spécifique ?	107 à 127
	Disfonctionnement du système immunitaire : cas du SIDA	Comment le VIH affaiblit-il le système immunitaire ?	128 à 142

SOMMAIRE

Partie II

COMMUNICATION	Relation avec le milieu extérieur	Comment les mouvements reflexes se développent-ils ?	144 à 161
		De quoi le tissu nerveux est-il constitué ?	162 à 166
		Comment peut-on expliquer la transmission d'un message au sein d'une même structure nerveuse ?	167 à 190
		Comment peut-on expliquer la transmission d'un message nerveux d'une structure nerveuse à une autre structure ?	191 à 205
	Etude d'un effecteur moteur : le muscle strié squelettique	Comment l'activité du muscle se manifeste-t-elle ?	206 à 221
		Comment la contraction musculaire s'explique-t-elle ?	222 à 234
NUTRITION	Sang et milieu intérieur	Comment les reins élaborent-ils l'urine ?	236 à 244
		Quel est le rôle du rein dans le maintien de l'équilibre du milieu Intérieur ?	245 à 261
	Activité cardiaque	Comment le cœur fonctionne-t-il ?	262 à 281
GEOLOGIE	Les ressources minières de la Côte d'Ivoire	Comment les principales ressources minières de la cote d'ivoire sont-elles réparties et leur mode de formation ?	283 à 292
		Comment les ressources minières sont-elles mises à la disposition de l'utilisateur et leur impact sur l'environnement et sa vie ?	293 à 298
PEDOLOGIE	Amélioration des sols	Comment peut-on améliorer la fertilité des sols ?	300 à 312
	Protection des sols	Comment peut-on protéger les sols ?	313 à 316
SUJETS OFFICIELS DU BAC IVOIRIEN		Sujets Bac Série D	318 à 356
		Sujets Bac Série C	360 à 378
CORRECTION DES SUJETS DU BAC IVOIRIEN		Correction Bac Série D	382 à 427
		Correction Bac Série C	430 à 447

PREMIERE PARTIE

L'ENTRAINEMENT AU QUOTIDIEN

RAPPELS DE COURS
METHODES PRATIQUES
EXERCICES RESOLUS
EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT
CORRECTIONS D'EXERCICES

REPRODUCTION



Gabriel FALLOPE (Fallopio ou Falloppio)

Né à Modène vers 1523 et est mort à Padoue en 1562

Célèbre **anatomiste et chirurgien italien**, Gabriel Fallope égala et même surpassa son maître Vésale : on le surnomma "l'Esculape de son siècle". Fallope est surtout connu en anatomie et physiologie humaines pour ses découvertes puisqu'il a donné son nom à certaines parties du corps humaine comme l'appareil sexuel féminin et, notamment, sa description des oviductes ou trompes utérines, structures qui, chez les mammifères, portent aujourd'hui son nom : les **trompes de Fallope**. C'est Gabriel Fallope qui est l'inventeur du "fourreau d'étoffe légère, fait sur mesure, pour protéger des maladies vénériennes". Il a aussi conduit des essais sur 1.100 hommes utilisant le préservatif, aucun de ces hommes de Naples n'ayant été infecté par la "carie française" ou syphilis.

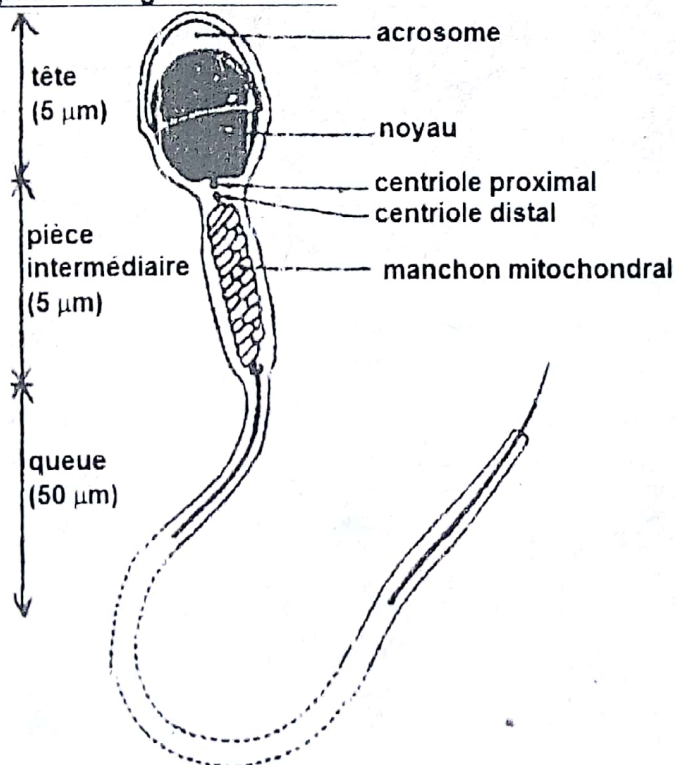
COMMENT LA REPRODUCTION SE DEROULE-T-ELLE CHEZ LES MAMMIFERES ?

RAPPEL DE COURS

I. LA REPRODUCTION CHEZ LES MAMMIFERES SE DEROULE-T-ELLE GRACE A LA RENCONTRE DES GAMETES ?

A) Migration des gamètes

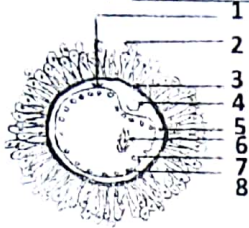
1) Migration des gamètes males



STRUCTURE SCHEMATIQUE D'UN SPERMATOZOÏDE

Au moment de l'accouplement, les spermatozoïdes sont projetés au fond du vagin. En dehors de la période ovulaire, le col de utérus largement ouvert est baigné d'une sécrétion incolore, alcaline et visqueuse appelée la glaire cervicale ou mucus cervical. Elle va faciliter le passage des spermatozoïdes qui peuvent y vivre pendant 3 à 4 jours. C'est au cours de ce passage que les spermatozoïdes sont débarrassés du liquide séminal et du revêtement protéique déposé lors du passage dans l'épididyme. C'est la capacitation, qui les rend féconds.

2) Migration des gamètes femelles



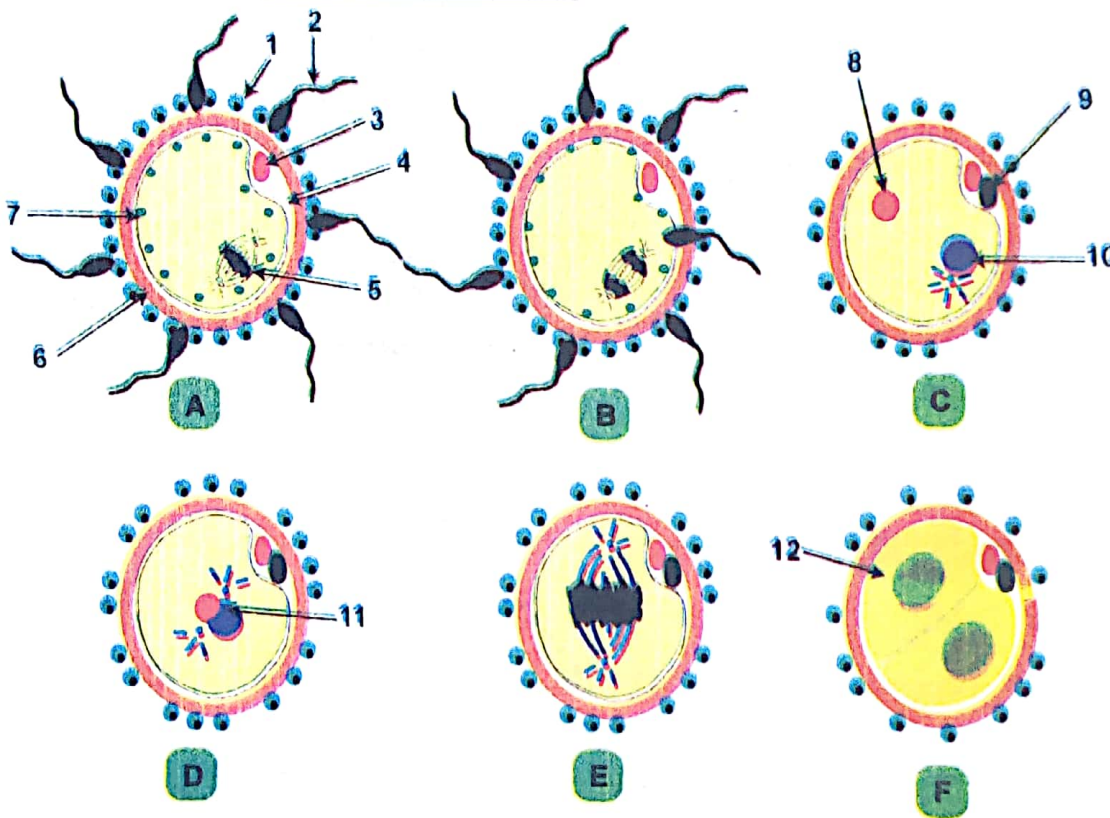
- 1-membrane cytoplasmique
- 2-cellule folliculaire
- 3-zone pellucide
- 4-1^{er} globule polaire
- 5-espace péri ovulaire
- 6-chromosome bloqué en métaphase II
- 7-cytoplasme
- 8-granules corticaux

STRUCTURE SCHEMATIQUE D'UN OVOCYTE II

Après l'ovulation, l'ovocyte II libéré est capté par le pavillon de l'oviducte.

Il descend ensuite dans l'ampoule de la trompe.

B) Déroulement de la fécondation



- 1- cellule folliculaire ; 2- spermatozoïde ; 3- 1^{er} globule polaire ; 4- espace péri-ovocyttaire
- 5- chromosome bloqué en métaphase II ; 6- zone pellucide ; 7- granule cortical ;
- 8- pronucléus femelle ; 9- 2^{ème} globule polaire ; 10- pronucléus male ;
- 11- accollement des noyaux ; 12- cellule fille

A- RENCONTRE DES GAMETES ; B- PENETRATION D'UN SPERMATOZOÏDE

C- FORMATION DES PRONUCLEI ; D- UNION DES PRONUCLEI ; E- DEBUT DE LA

PREMIERE MITOSE DE L'ŒUF ; F- FIN DE LA PREMIERE MITOSE DE L'ŒUF

LES ETAPES DU DEROULEMENT DE LA FECONDATION HUMAINE

1) La rencontre des gamètes**a) «Piégeage» des spermatozoïdes**

Moins de 1% des spermatozoïdes émis lors de l'éjaculation arrivent dans l'ampoule de l'oviducte grâce aux mouvements de leur flagelle. L'ovocyte II entouré de ses cellules folliculaires, obstrue le canal de l'ampoule.

Les spermatozoïdes qui remontent sont ainsi bloqués : c'est le «piégeage».

b) La reconnaissance

A l'approche de l'ovocyte II, la mobilité des spermatozoïdes est activée, et ils traversent en force la couronne des cellules folliculaires. Ils se fixent sur la zone pellucide.

2) La pénétration du spermatozoïde et l'activation de l'ovocyte II**a) Pénétration du spermatozoïde**

L'accolement du spermatozoïde avec la zone pellucide déclenche la libération des enzymes contenues dans l'acrosome : c'est la réaction acrosomique. Le spermatozoïde traverse la zone pellucide et pénètre dans l'espace péri ovocytaire. Il s'unit tangentiellement à la membrane plasmique de l'ovocyte II qui absorbe ensuite la tête et la totalité du gamète mâle.

b) L'activation de l'ovocyte II

L'entrée du spermatozoïde, active l'ovocyte II qui libère le contenu de ses granules corticaux dans l'espace péri ovocytaire. Ceux-ci modifient la zone pellucide qui devient imperméable aux autres spermatozoïdes. C'est la formation de la membrane de fécondation dont le rôle est d'empêcher la polyspermie.

La 2^{ème} division méiotique, bloquée depuis l'ovulation, reprend et se termine par l'émission d'un 2^{ème} globule polaire : l'ovocyte devient alors ovotide, puis ovule.

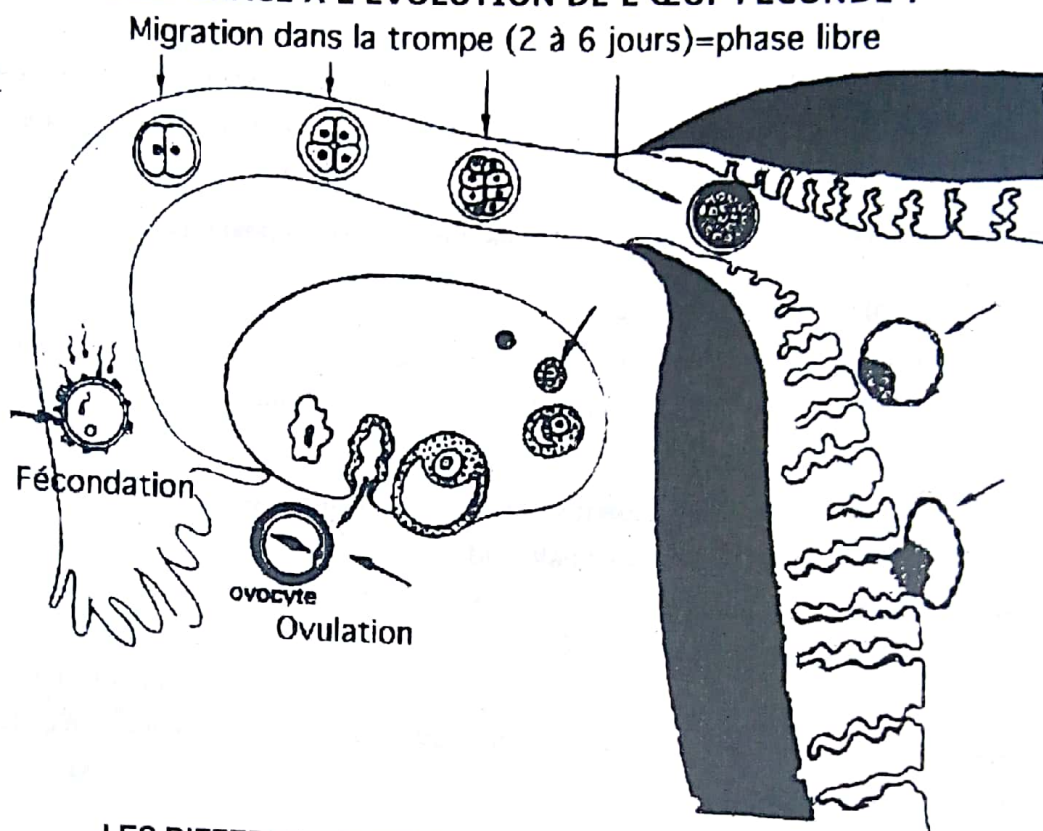
3) Fusion des noyaux mâles et femelles**a) Formation des pronucléi**

Le noyau de l'ovule, gonfle et devient le pronucléus femelle. Le noyau du spermatozoïde gonfle et devient le pronucléus mâle.

b) L'union des pronucléi

Les deux pronucléi se rapprochent l'un de l'autre vers le centre de l'ovule et se collent : c'est la caryogamie. Les chromosomes maternels et paternels se mélangent : c'est l'amphimixie. L'œuf, 1^{ère} cellule de l'embryon est né.

II. LA REPRODUCTION CHEZ LES MAMMIFERES SE DEROULE-T-ELLE GRACE A L'EVOLUTION DE L'ŒUF FECONDE ?



LES DIFFERENTES ETAPES DE L'OVULATION A LA NIDATION

L'évolution de l'œuf se déroule en plusieurs étapes.

A) Division du zygote

Juste après la fécondation, l'œuf commence à se diviser dans l'ampoule. De 2 cellules environ 30 h après la fécondation, il passe à 4 cellules puis à 8 cellules (environ 60 h après) et ainsi de suite jusqu'à l'obtention de la morula 4 j après la fécondation. Cette division qui permet d'obtenir une morula est appelée la segmentation.

B) Migration de l'œuf dans l'utérus

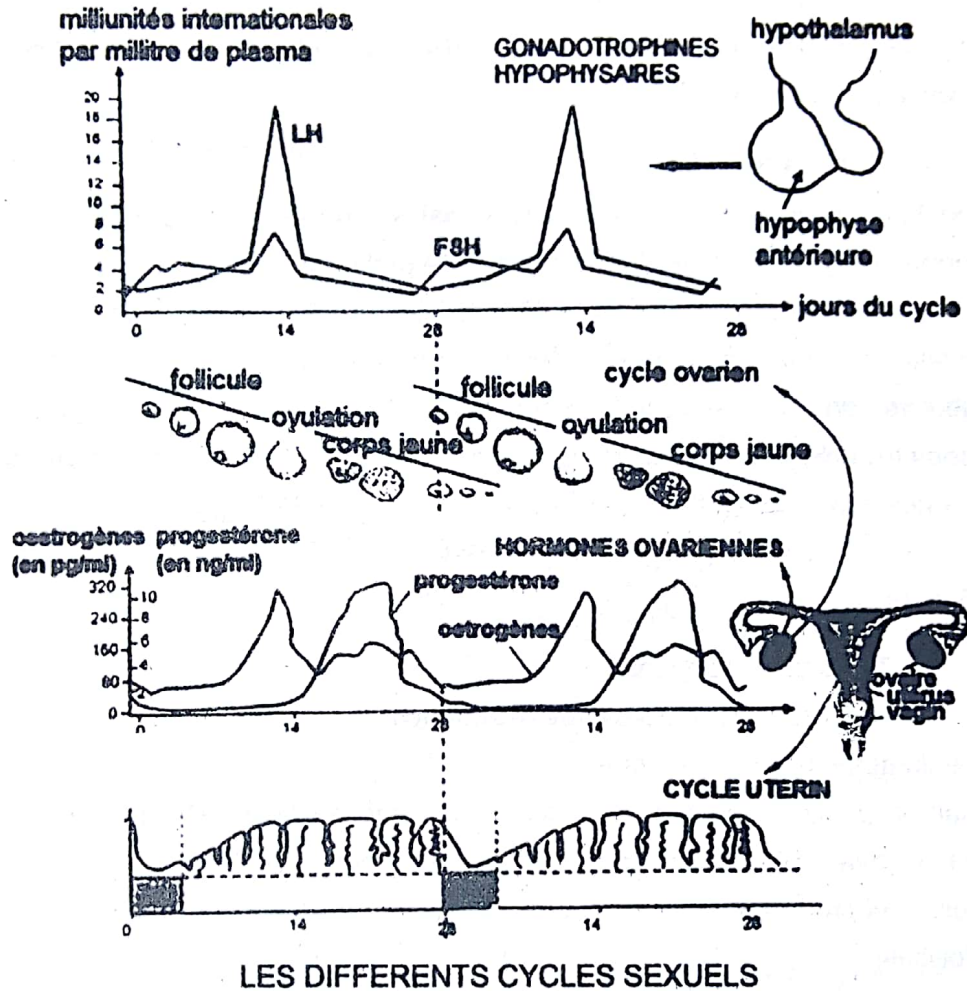
L'œuf (morula) toujours limitée par la zone pellucide tout en se divisant est poussé vers l'utérus par les contractions de la trompe.

C) La fixation de l'œuf dans l'utérus : la nidation

Après avoir atteint la cavité utérine l'embryon mène une vie libre de 2 j, tout en se divisant et en se transformant. L'embryon se creuse d'une cavité appelée blastocœle et devient ainsi un blastocyste. A partir du 6^{ème} j l'embryon vient s'accoler à la muqueuse utérine. La nidation prend fin le 11^{ème} j.

III. LA REPRODUCTION CHEZ LES MAMMIFERES SE DEROULE-T-ELLE GRACE A LA REGULATION DES CYCLES SEXUELS CHEZ LA FEMME ?

A) Les différents cycles sexuels chez la femme



1) Le cycle ovarien

Ce cycle comprend deux phases séparées par l'ovulation.

a) La phase folliculaire ou phase pré ovulatoire

C'est la première phase du cycle ; elle est marquée par une croissance rapide de quelques follicules dont un seulement arrive à terme et les autres dégèrent (atréisie folliculaire).

A la fin de cette croissance, on obtient un follicule mûr qui fait saillie à la surface de l'ovaire.

b) L'ovulation ou phase ovulaire

Elle intervient 36 h à 40 h après la libération de l'ovocyte dans la cavité folliculaire.

- Chez la femme et chez la plupart des mammifères, l'ovulation se produit automatiquement à la fin de la phase folliculaire : on parle d'ovulation spontanée.
- Chez certaines femelles d'animaux telles que la chatte, la lapine la femelle de l'écureuil, ce sont les stimuli de l'accouplement qui déclenchent l'ovulation : on parle d'ovulation provoquée.

c) La phase lutéinique ou phase post ovulatoire ou phase lutéale

Elle a une durée relativement fixe de 14 j.

Après l'ovulation, les vaisseaux sanguins pénètrent dans les cellules de la granulosa et de la thèque interne du follicule. Ces cellules, après une multiplication active, se chargent d'un pigment jaune (la lutéine) et deviennent des cellules lutéales qui sont des cellules lutéiniques constituant le corps jaune.

2) Le cycle utérin

- Durant la phase folliculaire, l'endomètre s'épaissit progressivement et se creuse de glande en forme de doigts de gant : C'est la phase de prolifération.
- Au cours de la phase lutéinique, l'endomètre continue de proliférer et atteint son épaisseur maximale. Elle est environ de 8 mm chez la femme. Les glandes deviennent tortueuses : on parle de dentelle utérine et elles secrètent un mucus épais. A ce stade, l'endomètre présente une structure favorable à l'accueil d'un éventuel embryon c'est-à-dire la gestation. Cette phase est dite progestative ou phase sécrétoire.
- En absence de fécondation l'endomètre régresse et produit les règles ou menstruation qui durent 3 à 5 jours.

3) Le cycle hormonal

a) Cycle des hormones ovariennes

L'analyse du graphique nous montre que :

- pendant la phase folliculaire, le taux des œstrogènes augmente régulièrement avec un maximum avant l'ovulation. Cette augmentation peut être corollée avec l'évolution des follicules qui produisent cette hormone. Donc cette évolution est parallèle à la croissance des follicules ;
- à l'ovulation, le taux d'œstrogène diminue alors que le taux de progestérone presque nul, commence à progresser ;
- pendant la phase lutéinique, le taux de progestérone continue sa montée pour atteindre son maximum, presque au même moment que la progestérone.

Cette remontée des œstrogènes est due au fait que les follicules qui se transforment en corps jaune conservent encore leur thèque interne qui a une fonction endocrine (production d'hormone).

L'augmentation du taux de progestérone peut être attribuée au développement du corps jaune. Cette hormone est donc produite par le corps jaune.

A la fin du cycle, le taux de ces 2 hormones diminue dans le sang s'il n'y a pas de fécondation. Cette rupture de l'équilibre hormonal entraîne la régression de l'endomètre qui s'accompagne d'hémorragie par rupture des vaisseaux sanguins et l'élimination à l'extérieur de débris de muqueuse mêlés de sang dont l'ensemble constitue les règles ou menstrues.

b) Le cycle des hormones hypophysaires

Le cycle des hormones hypophysaires varie de la même façon que le cycle ovarien.

- Pendant la phase folliculaire : les taux de FSH Hormone Folliculo-Stimulante, et de LH Hormone Lutéinisante sont faibles dans le sang.
- Pendant l'ovulation : les taux de FSH et LH sont élevés dans le sang.
- Pendant la phase Lutéinique : les taux sanguins sont comparables à ceux de la phase folliculaire.

B) COMMENT LES CYCLES SEXUELS SONT-ILS REGULE ?

1) régulation des sécrétions hormonales

L'activité des ovaires est sous le contrôle de l'hypophyse et que celui-ci va agir par voie sanguine par l'intermédiaire des hormones.

En effet, les extraits hypophysaires contiennent des hormones appelées d'après leur rôle des gonadostimulines ou gonadotrophines qui sont :

- la FSH : (sécrétée pendant la phase folliculaire) stimule la croissance des follicules d'où son nom : hormone de stimulation folliculaire (hormone-folliculo-stimulante) ;
- la LH : (sécrétée en grande quantité au cours des heures qui précèdent l'ovulation) déclenche les mécanismes de l'ovulation : on l'appelle pour cette raison la «décharge ovulante». Elle provoque également la lutéinisation des cellules folliculaires, d'où le nom d'hormone de lutéinisation (hormone lutéinisante).

2) Régulation des sécrétions hypophysaires

L'hypophyse par la sécrétion de FSH stimule la croissance des follicules qui sécrètent les œstrogènes.

- Le taux croissant d'œstrogènes dans le sang inhibe la sécrétion de FSH: c'est le rétrocontrôle ou feed-back négatif.
- Lorsque la quantité d'œstrogènes devient très importante dans le sang (pic situé 24 h avant l'ovulation), elle déclenche la libération massive, brève de LH accompagné d'un petit pic de FSH : c'est le rétrocontrôle positif.
- Le pic de LH (situé 24 h avant l'ovulation) déclenche les mécanismes d'ovulation et la Progesterone en abondance et les œstrogènes en quantité faible.
- La sécrétion croissante des deux hormones freine (inhibe) la production de LH et de FSH : C'est le rétrocontrôle négatif.

3) Le Système Nerveux

Les stimulations extérieures reçues par le cerveau peuvent influencer les fonctions de l'hypothalamus.

Exemples : le stress, l'anxiété, les émotions fortes peuvent perturber le cycle dans certains cas.

C) MODE D'ACTION DES PILULES CONTRACEPTIVES

Les pilules sont faites d'hormones de synthèse de type ovarien qui bloquent la sécrétion de FSH et de LH.

- L'absence de FSH entraîne l'arrêt de la folliculogénèse, par conséquent pas d'ovulation.
- L'absence de LH entraîne un blocage de l'ovulation, par conséquent pas de formation de Corps jaune, donc pas de sécrétion de progestérone. Cette absence de progestérone empêche la prolifération de l'endomètre et par conséquent pas de nidation.

Les méthodes contraceptives ont de nombreux avantages tels que :

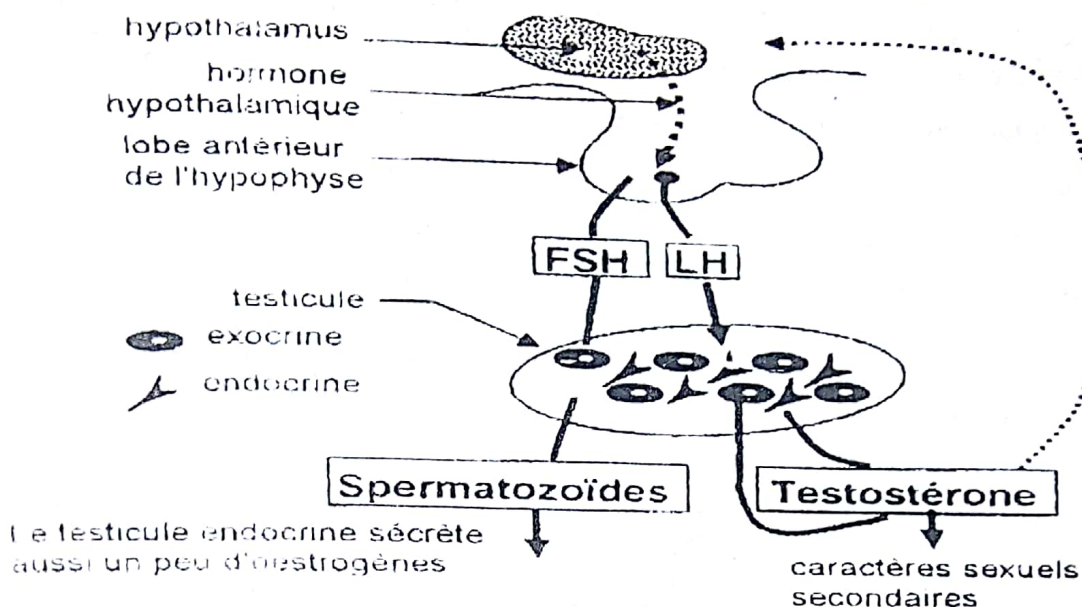
- le planning familial : contrôle de naissance, c'est-à-dire, faire des enfants à des moments où on le désire ;
- la préservation de la santé de la mère et de l'enfant ;
- la réduction des grossesses à risques, c'est-à-dire :
 - grossesses précoces ;
 - grossesses nombreuses ;
 - grossesses tardives ;
 - grossesses rapprochées.

IV. LA REPRODUCTION CHEZ LES MAMMIFERES SE DERoule-T-ELLE GRACE A LA REGULATION DES FONCTIONS TESTICULAIRES ?

A) L'HORMONE MASCULINE ET SA SECRETION

La principale hormone masculine est la testostérone. Elle est sécrétée au niveau des testicules par Les cellules interstitielles ou cellules de leydig et assure le développement des caractères sexuels primaires et secondaires.

B) REGULATION DE LA SECRETION DE LA TESTOSTERONE



L'activité des testicules est commandée par le complexe hypothalamo-hypophysaire.

En effet, chez l'homme, l'hypophyse sécrète aussi la FSH et la LH.

La sécrétion de ces deux hormones est sous le contrôle de la GnRH.

- La FSH active la spermatogenèse en agissant sur les cellules de Sertoli (cellule de grande taille qui entourent les cellules de la lignée reproductrice et favorisent la spermatogenèse).

Les cellules de Sertoli contrôlent en retour la production de FSH grâce à une hormone appelée inhibine : c'est le feed-back négatif.

- La LH agit sur les cellules interstitielles pour sécrétion de la testostérone. L'augmentation du taux de testostérone dans le sang inhibe la sécrétion de LH : c'est le rétrocontrôle négatif.

C) CONCLUSION

Chez l'homme contrairement chez la femme, il n'existe que des rétrocontrôles négatifs.

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1** (extrait BAC BLANC REGIONAL 2014 DRENET ABIDJAN3 série C)

Les femmes, en dehors des périodes de grossesses, ont des ovulations cycliques et des menstruations qui, au-delà des 50 ans, disparaissent : c'est la ménopause.

Les figures 1 et 2 du document 1 ci-dessous présentent les résultats des dosages d'hormones réalisées chaque jour, pendant une durée de 28 jours, chez deux femmes : l'une âgée de 25 ans (figure 1) et l'autre de 50 ans (figure 2).

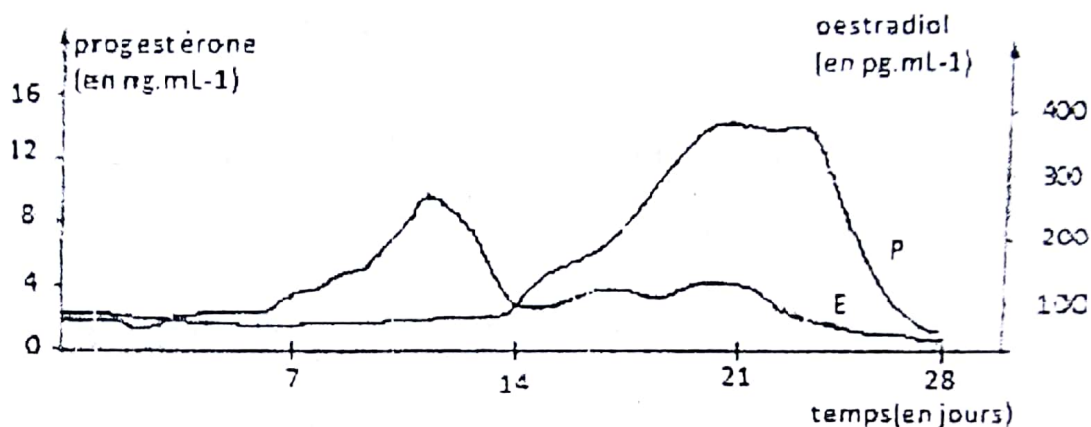


Figure 1: chez la femme de 25 ans

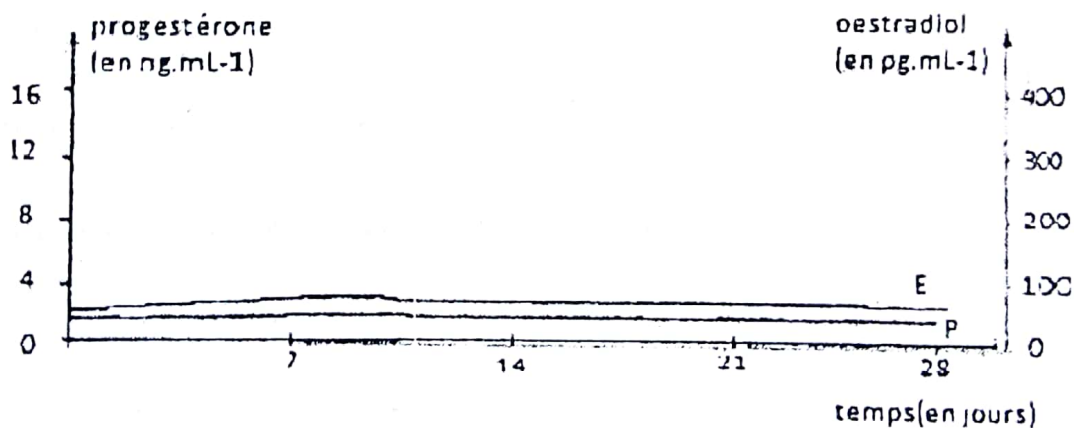


Figure 2: chez la femme de 50 ans

E: oestradiol
P: progestérone

DOCUMENT 1

- 1) Donnez une légende à la figure 1 du document 1.
- 2) Analyser chaque graphe du document 1.
- 3) Interprétez le graphe de la figure 2 du document 1.
- 4) Déduisez la principale cause de la ménopause chez la femme de 50 ans.

Exercice 2 (extrait Bac C 1997)

A) Le microscope électronique a permis de mettre en évidence quelques étapes de la fécondation représentées ci-contre.

- 1) Nommez les structures désignées par les flèches en relevant les chiffres correspondants sur votre copie.
- 2) Indiquez les événements illustrés par les figures 1 et 2 du document 1.

B) Grâce à la microscopie électronique à transmission, on a pu montrer le détail de l'élément M du document 1, dont la coupe longitudinale est interprétée dans le document 2 ci-dessous.

- 1) Montrez qu'il s'agit bien d'une électronographie.
- 2) Nommez les éléments X, Y et Z.
- 3) Quelle relation existe-t-il entre les éléments Y et Z.

Reproduisez l'élément Y et annotez-le

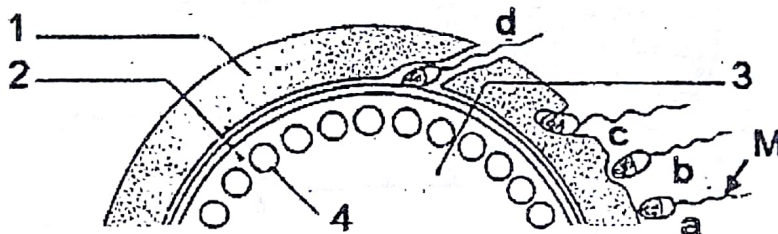


Figure 1

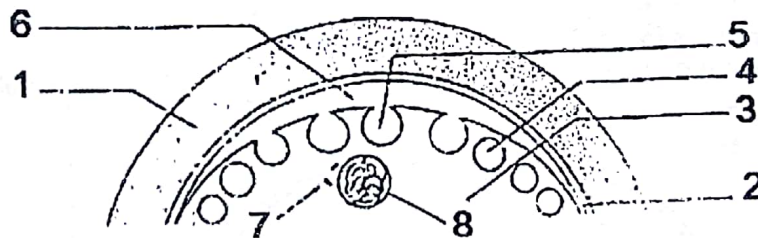
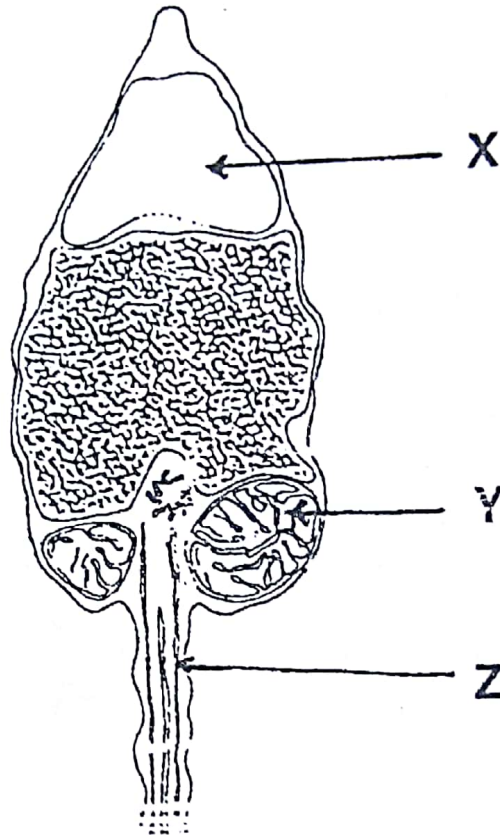


Figure 2

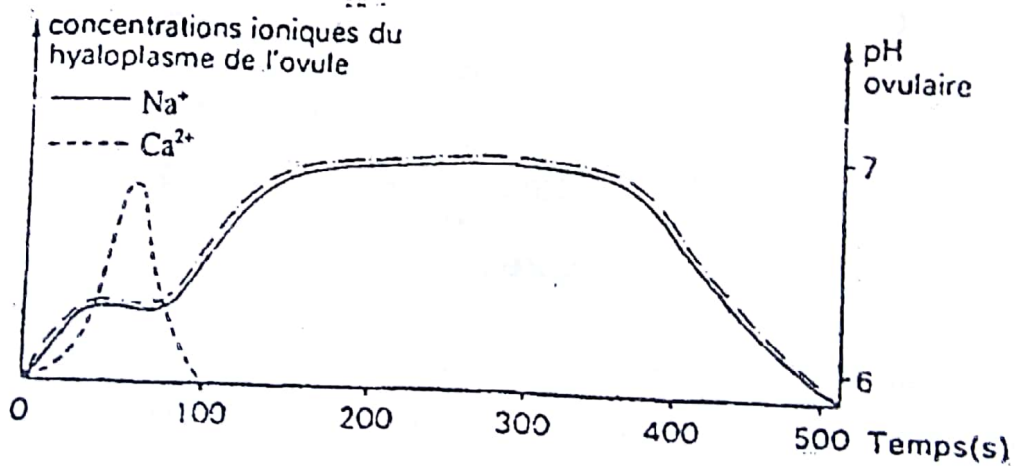
C) On a réussi à mesurer d'importants Phénomènes ioniques consécutifs à l'entrée d'un spermatozoïde dans un ovule. Le graphe ci-contre exprime les phénomènes mesurés. On a montré que :

- le calcium provient du réticulum lisse de l'ovocyte ;
- le sodium vient du milieu extra ovocytaire ; le passage d'un ion Na^+ est compensé par le passage en sens inverse d'un ion H^+ ;
- l'injection d'ions calcium dans un ovocyte immature provoque la dégranulation (libération du contenu des granules corticaux).

- 1) Analysez ce graphe.
- 2) Interprétez les résultats de votre analyse.
- 3) Quel phénomène toutes ces relations évoquent-elles ?



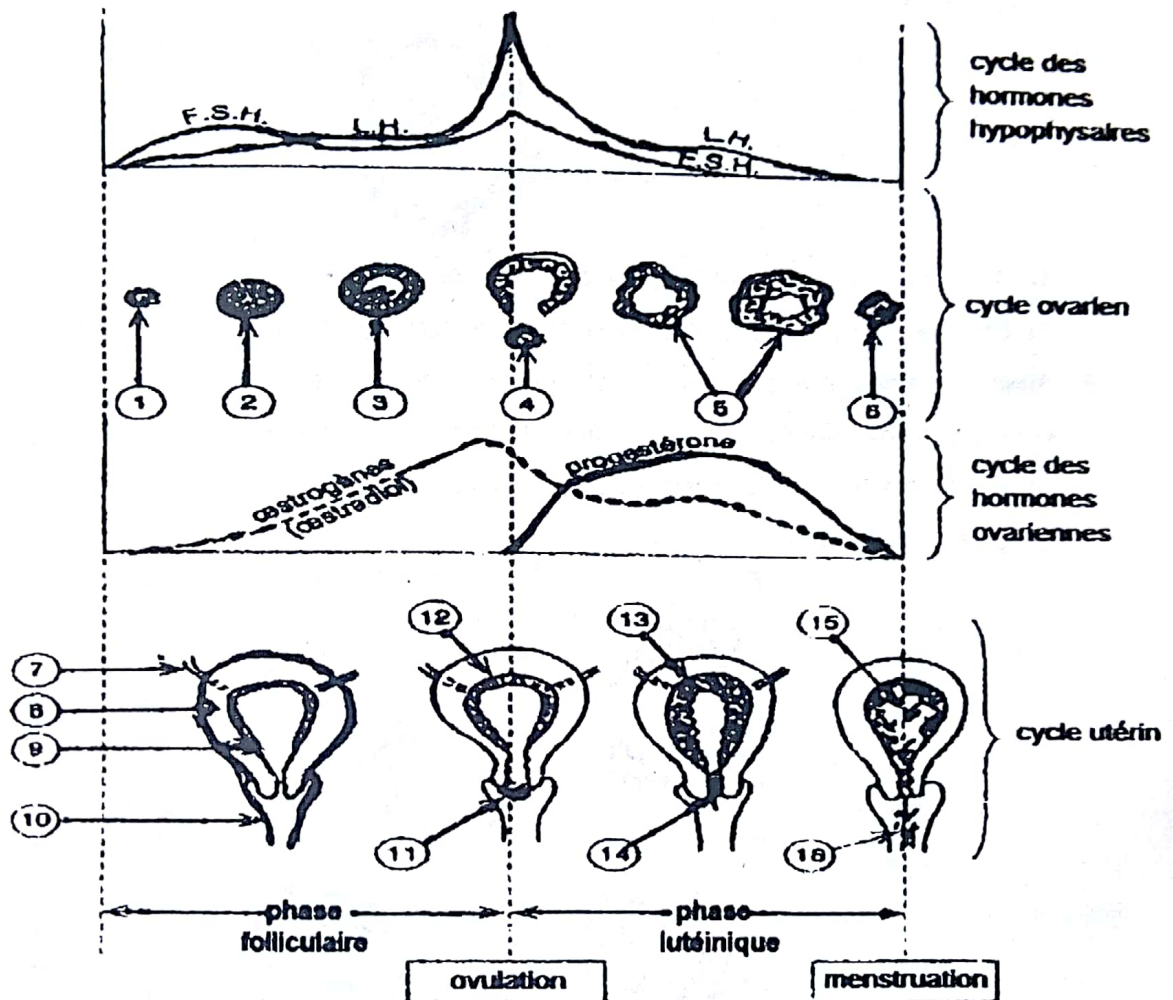
Document 2



Exercice 3

L'appareil génital de la femme subit des transformations cycliques de la puberté à la ménopause. Le document 1 montre entre les différents organes au niveau de leur fonctionnement.

1- Mettez une légende au schéma en utilisant les chiffres.



L'ablation de l'hypophyse bloque le cycle ovarien. L'injection d'extraits hypophysaires FSH à une rate hypophysectomisée provoque la formation de nombreux follicules mais leur évolution s'arrête avant le stade 4.

Si l'injection de FSH est associée à celle d'un autre extrait hypophysaire LH (dans les proportions 3 LH/1 FSH) l'évolution des follicules se fait jusqu'au stade final.

2- Donnez le rôle de la FSH

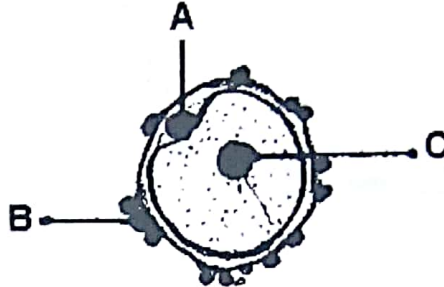
3- Donnez le rôle de la LH

4- Indiquez l'action des hormones ovariennes sur l'utérus

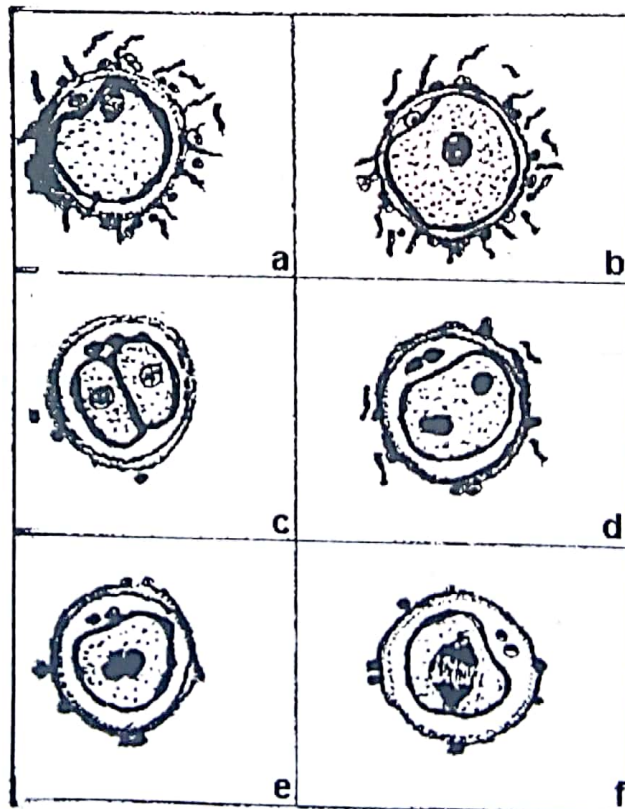
5- Expliquez pourquoi l'œstradiol est qualifié « d'hormone facilitant la fécondation » et la progestérone « d'hormone facilitant la gestation ».

Exercice 4

- A. Par certaines méthodes, on sait recueillir le gamète femelle avant qu'il soit fécondé ou désorganisé. Une observation au fort grossissement du microscope permet alors la réalisation du croquis de la figure ci-dessous.



- 1- Annotez complètement la figure après l'avoir reproduit.
 - 2- Comparez les stocks chromosomiques des cellules A, B, C
- B. Avec certaines précautions, il est possible de suivre la fécondation (in vitro). Des spermatozoïdes sont placés au contact de l'ensemble schématisé sur la figure ci-dessus. Quelques stades de l'évolution du phénomène sont représentés dans le désordre sur la figure ci-dessous.



- 3- Classez les différents schémas dans l'ordre chronologique du déroulement des étapes de la fécondation.
- 4- Justifiez votre classement.

Exercice 5

A. On veut comprendre les liens entre l'hypothalamus, l'hypophyse et les ovaires chez la femme. Des expériences sont alors réalisées chez des patientes et les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :





Intervention médicale		Résultats
		Femme
A	Ablation de l'hypophyse antérieure	<ul style="list-style-type: none"> • Atrophie des ovaires • Arrêt du cycle ovarien
B	Injection d'extraits hypophysaires	<ul style="list-style-type: none"> • croissance des ovaires • reprise de l'activité ovarienne
C	Injection de LH et FSH	<ul style="list-style-type: none"> • Croissance des ovaires • Reprise de l'activité ovarienne
D	Lésion d'une région localisée de l'hypothalamus	<ul style="list-style-type: none"> • Diminution du taux de LH et d'œstradiol
E	Injections pulsatiles de GnRH	Sécrétion normale du taux plasmatique de LH par l'hypophyse et d'œstradiol

- 1- Analysez chacune des expériences
- 2- Tirez une conclusion de ces observations faites
- 3- Réalisez un schéma des réactions fonctionnelles entre les organes mis en cause.

B. On dispose de quatre lots de lapines impubères ; sur trois lots on procède à des injections d'œstradiol et/ou de progestérone. Le protocole expérimental et les résultats sont consignés dans ce tableau ci-dessous.

N.B. : le lot témoin présente l'aspect de l'utérus au début d'un cycle le lot 3 l'aspect de l'utérus en fin de cycle.

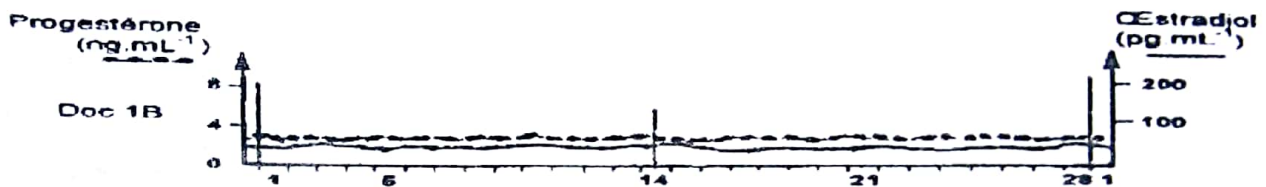
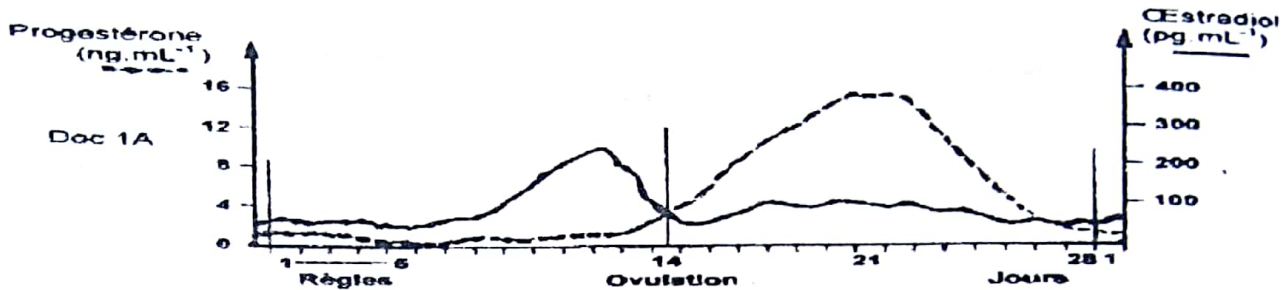
Faites ressortir les conditions nécessaires au développement de la paroi utérine.

Lot de lapines impubères	Lot témoin	Lotn°1	Lotn°2	Lotn°3
Injection d'œstradiol (au temps t_1)	Non	Non	Oui	Oui
Injection de progestérone (au temps $t_2 > t_1$)	Non	Oui	Non	Oui
Aspect d'une corne utérine en fin de traitement (coupes transversales à la même échelle)				

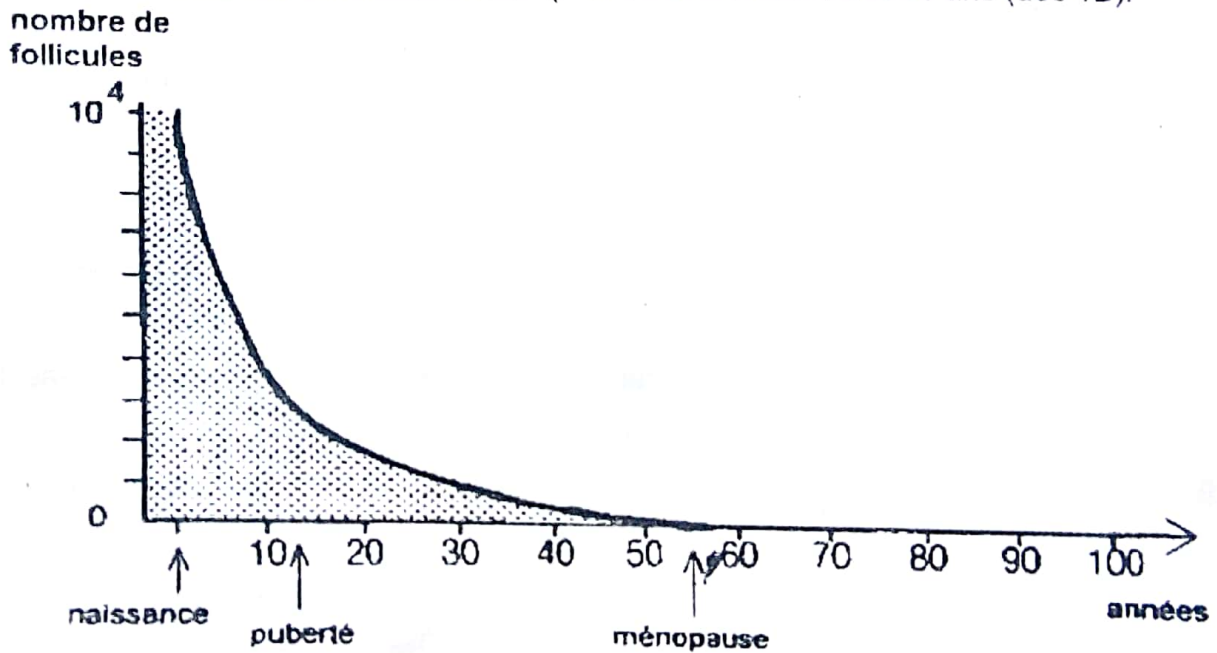
EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT

Exercice 1

Au cours de la vie, la fécondité de la femme évolue. Au-delà de 50 ans les ovulations cycliques et les menstruations disparaissent. On cherche à expliquer les mécanismes à l'origine de ces modifications. Pour ce faire, on réalise les trois documents ci-dessous.



Document 1 : Dosages plasmatiques d'hormones ovariennes au cours d'un cycle menstruel chez une femme de 25 ans (doc 1A) et une femme de 50 ans (doc 1B).



Document 2 : Réserve de follicules au cours de la vie d'une femme

Age en années	20-29	34-39	45-50
FSH en mg.l-1	22	34	60

Document 3 : Evolution du taux moyen de FSH au cours de la vie d'une femme (dosages plasmatiques)

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

1- Analysez les documents 1, 2 et 3

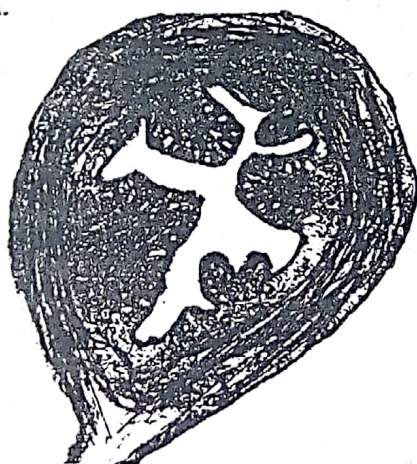
2- A partir de cette analyse et de vos connaissances, expliquez la disparition des menstruations chez la femme ménopausée.

3- Dégagez la cause de la baisse de fertilité chez la femme de 50 ans et expliquez les modifications hormonales enregistrées.

Exercice 2 (extrait Bac Blanc série D Collège Segbe Yopougon 2010)

On se propose d'étudier certains aspects du cycle sexuel chez la souris. Les photos ci-dessous montrent deux coupes transversales d'utérus à deux stades différents.

a.



b.



1- Comparez ces deux photos.

2- Indiquez le stade correspondant à chacune d'elles.

3- Pour préciser l'origine des différences entre ces deux utérus, on réalise les expériences suivantes :

- chez une souris pubère castrée, on constate la diminution du poids de l'utérus ;
- si on greffe sur de telles souris un fragment d'ovaire en un endroit quelconque du corps, l'utérus reprend du poids.

Interprétez ces expériences

4- On injecte chez une rate castrée des œstrogènes marqués radioactif.

La radioactivité s'accumule dans les cellules de la muqueuse utérine.

Précisez si ces résultats confirment les précédents.

Exercice 1 (extrait BAC BLANC REGIONAL 2014 DRENET ABIDJAN3 série C)**1- Légende de la figure 1 du document 1.**

Variations des concentrations des hormones ovariennes chez une femme de 25 ans.

2- Analyse de chaque graphe du document 1.➤ Graphe de la figure 1

- De 0 à 7^{ème} jour, taux d'œstradiol faible au départ (50 pg/ml) augmente de façon importante à partir du 7^{ème} jour pour atteindre son 1^{er} pic le 12^{ème} jour à environ 200pg/ml, puis un 2^{ème} pic moins important le 21^{ème} jour à environ 100 pg/ml. Il revient à sa concentration initiale le 28^{ème} jour à environ 50 pg/ml.
- De 0 au 14^{ème} jour, la concentration de progestérone faible (2 ng/ml), augmente considérablement à partir du 14^{ème} jour et atteint son pic le 21^{ème} jour à environ 15ng/ml puis chute pour revenir à sa concentration initiale le 28^{ème} jour à 2ng/ml

➤ Graphe de la figure 2 :

Les concentrations d'œstradiol et de progestérone restent très basses et constantes durant les 28 jours.

3- Interprétation du graphe de la figure 2.

Les concentrations d'œstradiol et de progestérone restent très basses et constantes parce que dans les ovaires d'une femme de 50 ans il n'y a pas de follicules encore moins de corps jaunes qui sont les structures productrices des hormones ovariennes.

5- Déduction.

La ménopause chez la femme de 50 ans est due à l'absence de follicules fonctionnels dans ses ovaires.

Exercice 2**A) 1) Annotation des figures 1 et 2 :**

1 = zone pellucide ; 2 = membrane plasmique ; 3 cytoplasme ;

4 = granule cortical ; 5 = granule cortical ouvert ou expulsion du contenu d'un granule cortical 6 = espace péri vitellin ou espace péri ovocytaire ;

7 = aster du spermatozoïde ; 8 noyau du spermatozoïde.

2) Événements illustrés par les figures du document 1

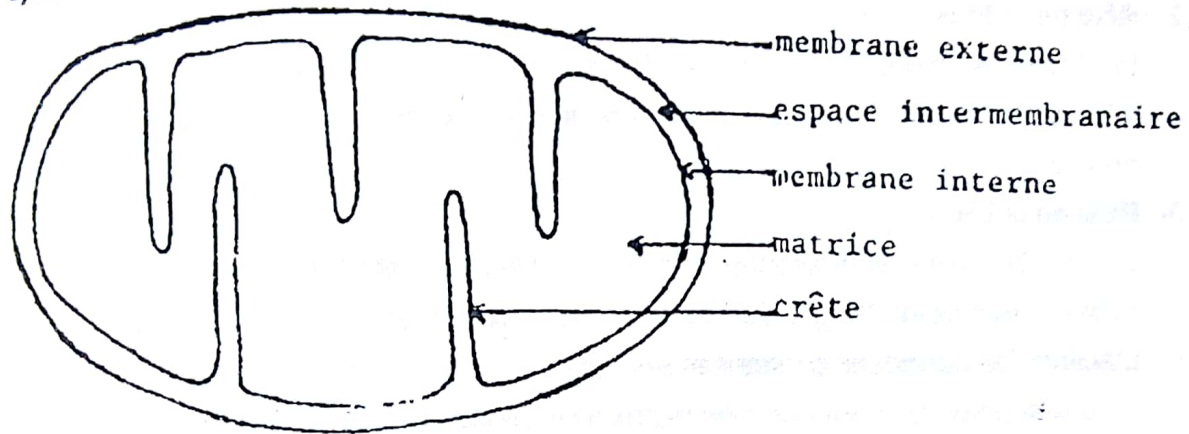
- Figure 1 : entrée d'un spermatozoïde dans la zone pellucide ou réaction acrosomique.
- Figure 2 : réaction ovocytaire : expulsion du contenu des granules corticaux, rétraction du cytoplasme ovocytaire et formation du pronucléus mâle.

B) 1) Les structures fines

Les spermatozoïdes sont visibles, exemple : les deux centrioles, les mitochondries et le flagelle.

2) X = acrosome, Y = mitochondrie, Z = flagelle.

3) Les mitochondries (Y) fournissent l'énergie nécessaire aux mouvements du flagelle (Z).

ULTRASTRUCTURE DE LA MITOCHONDRIE

C) 1) Analyse du graphe :

De 0 à 100 s, la concentration en ions Ca^{2+} du hyaloplasme augmente, atteint un maximum et s'annule à 100 s. La concentration en ions Na^+ et le pH ovulaire augmentent lentement. Entre 100 et 400 s, la concentration en ions Na^+ et le pH ovulaire continuent d'augmenter pour atteindre leurs valeurs maximales jusqu'aux environs de 400 s. Peu avant 400 s, la concentration en ions Na^+ et le pH ovulaire diminuent, et s'annulent pour Na^+ peu après 500 s.

2) Interprétation du graphe :

- De 0 à 100 s, l'augmentation de la concentration en ions Ca^{2+} du hyaloplasme provoque la dégranulation. Le contenu des granules corticaux favorise la perméabilité de la membrane ovulaire aux ions Na^+ entrant et H^+ sortant (élévation du pH ovulaire).
- Entre 100 et 400 s, l'action du contenu des granules corticaux maintient la perméabilité de la membrane ovulaire aux ions Na^+ entrant et H^+ sortant à leurs valeurs maximales.
- Peu avant 400 s, la baisse de la concentration en ions Na^+ et du pH ovulaire est due à la diminution de l'action du contenu des granules corticaux sur la perméabilité membranaire. L'épuisement du contenu des granules corticaux explique l'annulation de la concentration en ions Na^+ et la baisse du pH ovulaire.

Exercice 3

1- Légende au schéma en utilisant les chiffres

1. Follicule primordial ; 2. Follicule secondaire ; 3. Follicule tertiaire ; 4. Ovocyte II ;
5. Corps jaune ; 6. Corps blanc ; 7. Trompes de Fallope ; 8. Utérus ; 9. Myomètre ;
10. Vagin ; 11. Glairer cervicale ; 12. Muqueuse utérine ; 13. Dentelle utérine ;
14. Col de l'utérus ; 15. Régression de la dentelle utérine ; 16. Menstruation.

2- Rôle de la FSH

La FSH (Hormone FolliculoStimulante) stimule la croissance et la maturation des follicules ovariens. Donc permet la production d'œstrogènes par la thèque interne et la granulosa.

3- Rôle de la LH

La LH (Hormone lutéinisante) déclenche l'ovulation donc stimule la transformation du follicule mature de DEGRAAF en corps jaune cellule productrice de progestérone.

4- L'action des hormones ovariennes sur l'utérus

- L'œstradiol (œstrogène) initie la prolifération de la dentelle utérine (endomètre).
- La progestérone accentue la prolifération de l'endomètre pour former la dentelle utérine.

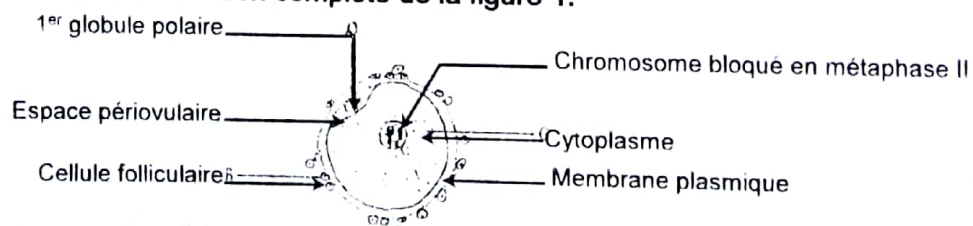
5- Explication :

- L'œstradiol grâce à son pic au moment de l'ovulation entraîne par feed back positif la décharge de la LH permettant de réaliser l'ovulation. L'ovulation est indispensable à la fécondation.
- La progestérone accentue la prolifération de l'endomètre permettant d'obtenir la dentelle utérine dans laquelle l'œuf se fixe pour que la gestation se réalise.

Exercice 4

A.

1- Reproduction et annotation complète de la figure 1.



STRUCTURE SCHEMATIQUE D'UN OVOCYTE II

2- Comparaison des stocks chromosomiques des cellules A, B, C

- A et C : sont des cellules haploïdes (n chromosomes) ;
B : Une cellule diploïde (2n chromosomes).

B.

3- Classement dans l'ordre chronologique du déroulement

a - b - d - e - f - c

4- Justification du classement

- a : ovocyte II bloqué en Métaphase II ;
 b : activation de l'ovocyte II qui se traduit par la reprise de la deuxième division méiotique ;
 c : stade deux cellules ;
 d : Formation des pronucléus mâle et femelle
 e : Caryogamie (accolement des pronucléus) et Amphimixie (mélange des chromosomes paternels et maternels) ;
 f : Anaphase de la 1ère mitose du zygote.

Exercice 5

A.

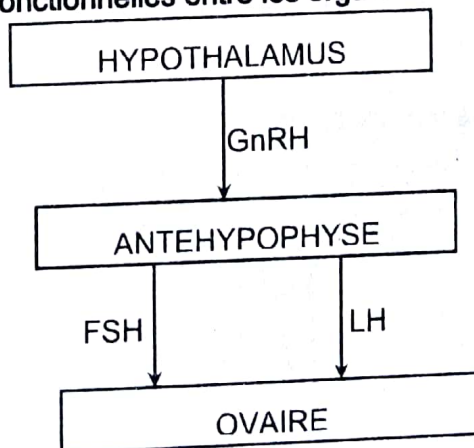
1- Analyse de chacune des expériences

- A : L'absence d'antéhypophyse provoque l'arrêt du cycle ovarien et la régression de l'ovaire.
 B : L'injection d'extraits hypophysaire entraîne la reprise de l'activité ovarienne.
 C : L'injection d'hormone hypophysaire (FSH et LH) entraîne la reprise de l'activité ovarienne.
 D : Une lésion de l'hypothalamus entraîne une baisse du taux de LH et d'œstradiol.
 E : L'injection de GnRH entraîne la sécrétion normale de LH et d'œstradiol.

Conclusion de ces observations

L'hypothalamus agit sur l'antéhypophyse qui commande l'activité ovarienne.

2- Schéma des relations fonctionnelles entre les organes mis en cause



SCHEMA DES RELATIONS FONCTIONNELLES ENTRE LES ORGANES MIS EN CAUSE

B. Conditions nécessaires au développement de la paroi utérine

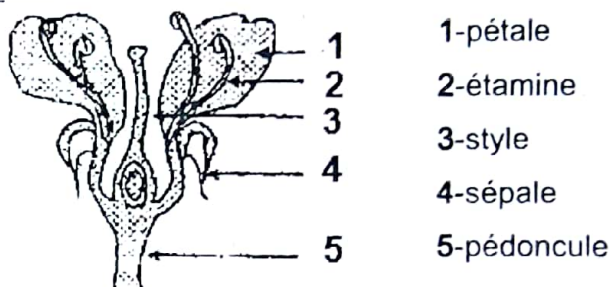
- Le développement de l'utérus exige l'intervention de l'œstradiol dans un premier temps, puis dans un second temps, celle de la progestérone (voir lot N°3).
- L'œstradiol seul ne permet pas une évolution complète de l'utérus (voir lot N°2).
- La progestérone ne prolonge que l'action de l'œstradiol. Seule, elle est sans effet sur la muqueuse utérine (voir lot N°1).

COMMENT LA REPRODUCTION SEXUEE CHEZ LES SPERMAPHYTES SE TRADUIT-ELLE ?

RAPPEL DE COURS

I. LA REPRODUCTION CHEZ LES SPERMAPHYTES SE TRADUIT-ELLE PAR LA FORMATION DES GAMETES ?

A- Organisation d'une fleur



STRUCTURE D'UNE FLEUR

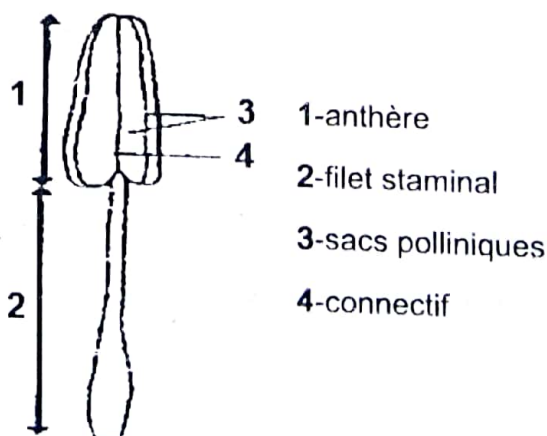
La fleur présente deux types d'organes : les organes protecteurs et les organes reproducteurs

1) Les organes protecteurs

Le calice et la corolle constituent le périanthe dont le rôle essentiel est de protéger les organes reproducteurs

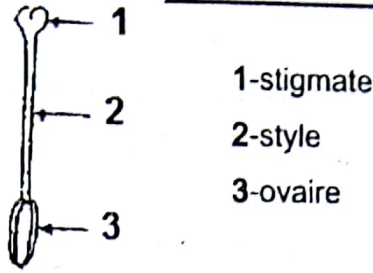
2) Les organes reproducteurs

Une étamine organe reproducteur male est constituée d'un filet et d'une anthère. C'est dans l'anthère que se forme les grains de pollens.



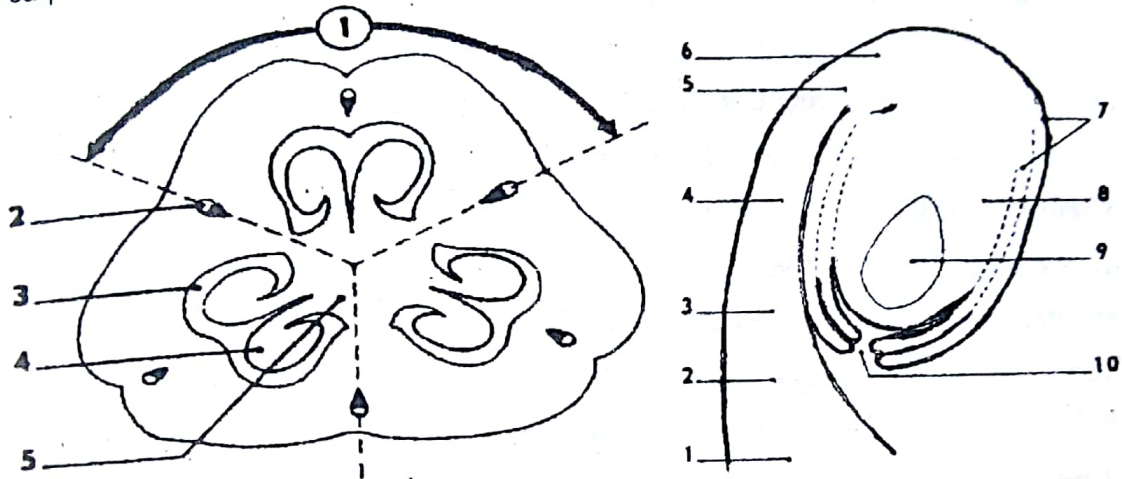
SCHEMA D'UNE ETAMINE

- Un gynécée ou pistil organe reproducteur femelle comprend un stigmate, un style et un ovaire.



SCHEMA D'UN PISTIL OU GYNECEE

La coupe transversale de l'ovaire montre qu'il est subdivisé en structure appelée carpelle, chaque carpelle contient un ou plusieurs ovules.

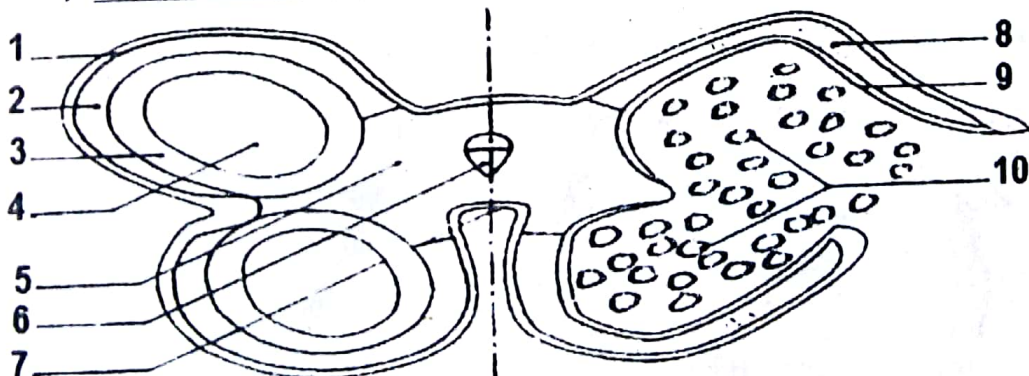


- 1- carpelle ; 2-faisceau libéro-ligneux
- 3- cavité carpellaire ; 4- ovule
- 5- placenta
- 1- placenta ; 2- funicule ; 3- hile apparent
- 4- raphé ; 5- hile réel ; 6- chalaze ; 7- téguments
- 8- nucelle ; 9- sac embryonnaire ; 10- micropyle

COUPE TRANSVERSALE D'UN OVAIRE SCHEMA D'UN OVULE DE LIS

B- La formation des gamètes dans les organes reproducteurs

1) Formation du grain de pollen



- 1- épiderme ; 2- futur assise mécanique ; 3- assise nouricière ; 4- cellule mère du grain de pollen ; 5- parenchyme ; 6- faisceau libéro-ligneux ; 7- connectif ; 8- assise mécanique ; 9- reste de l'assise nouricière ; 10- sacs polliniques ouverts

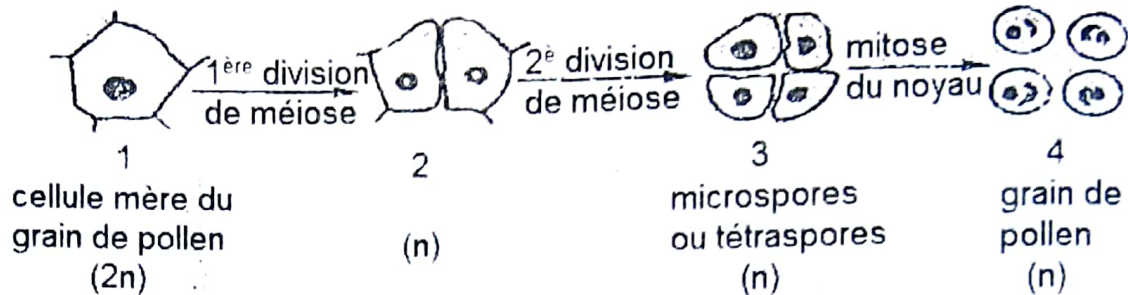
COUPE SCHEMATIQUE D'UNE ANTHERE JEUNE MOITIE DROITE ET MURE MOITIE GAUCHE

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

La coupe transversale d'une anthère montre la formation du grain de pollen.

Les grains de pollen se forment au cours de l'évolution de l'anthère.

Cette formation comporte 2 grandes étapes :



MECANISME DE LA FORMATION DU GRAIN DE POLLEN

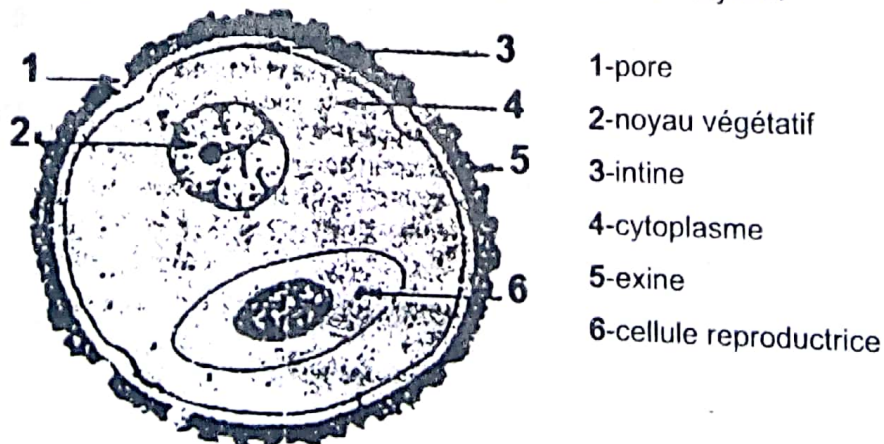
➤ De la cellule mère à la microspore

Chaque cellule mère diploïde (2n chromosomes) subit une méiose (division réductionnelle puis équationnelle) et donne naissance à 4 petites spores haploïde (n chromosomes) appelé microspore. Les microspores sont groupées par 4 (tétrades) à l'intérieur de la paroi de l'ancienne cellule mère de pollen.

➤ De la microspore au grain de pollen

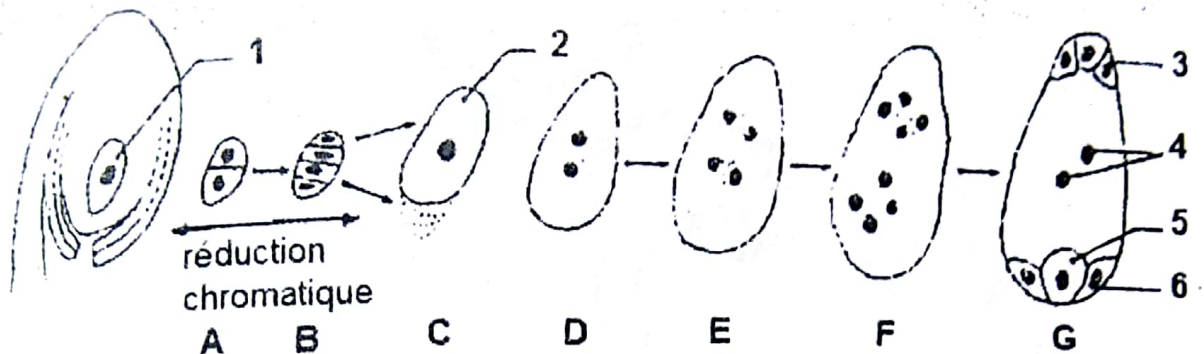
Chaque microspore élabore une paroi externe complexe l'exine puis une deuxième paroi interne, l'intine pectocellulosique. La microspore subit ensuite une mitose qui donne 2 cellules de tailles différentes :

- une cellule de grande taille à grand noyau qui est la cellule végétative dont le cytoplasme renferme des réserves variées ;
- une cellule plus petite à petit noyau qui est la cellule génératrice ou spermato gène dépourvu de réserve. La petite cellule se retrouve dans la grande cellule de telle sorte que le grain de pollen apparaît comme une cellule à 2 noyaux.



COUPE SCHEMATIQUE D'UN GRAIN DE POLLEN

2) Formation du sac embryonnaire



1- cellule mère du sac ; 2- mégaspore ; 3- antipode ;

4- noyaux centraux ; 5- oosphère ; 6- synergides

MECANISME DE LA FORMATION DU SAC EMBRYONNAIRE

Le sac embryonnaire est la partie essentielle de l'ovule, sa formation comprend 2 étapes :

➤ De la cellule mère de spore à la macrospore

Dans l'ovule jeune, une cellule du nucelle située au voisinage du micropyle se distingue rapidement des autres par sa grosseur et son contenu : C'est la cellule mère de spore ($2n$ chromosomes). Cette cellule mère subit la méiose et donne une pile de quatre grosses spores (n chromosome) appelé macrospore.

➤ De la macrospore fertile au sac embryonnaire

Les trois macrospores les plus proches du micropyle dégénèrent tandis que la plus profonde grossit : c'est la mégaspore. Le noyau de la mégaspore se divise par mitose pour donner deux noyaux (1^{ère} mitose) qui se divisent à leur tour pour donner quatre noyaux (2^{ème} mitose). Ces quatre noyaux se divisent aussi (3^{ème} mitose) pour donner 8 noyaux haploïdes dans un même cytoplasme. Le cytoplasme élabore ensuite des cloisons de manière à former 7 cellules dont l'ensemble constitue le sac embryonnaire.

II. LA REPRODUCTION SEXUEE CHEZ LES SPERMAPHYTES SE TRADUIT-ELLE PAR LA FORMATION DE LA GRAINE ET DU FRUIT ?

A- Les phénomènes conduisant à la formation du fruit

Les phénomènes qui précèdent la formation du fruit sont :

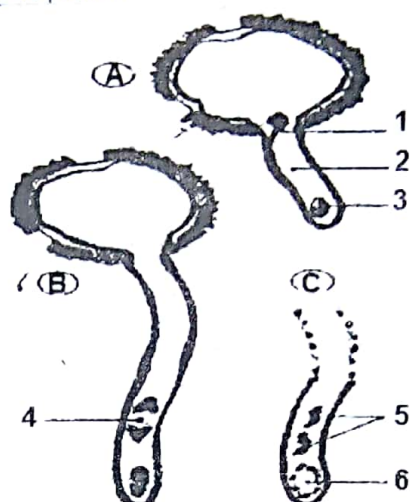
- Le dépôt des grains de pollen sur le stigmate

A maturité, l'assise mécanique de l'anthere se déchire et libère les grains de pollen : c'est la **déhiscence**.

Ces grains de pollen sont transportés puis déposés sur le pistil : c'est la **pollinisation**.

Les agents de pollinisation sont : le **vent**, les **insectes**.

- la germination du grain de pollen

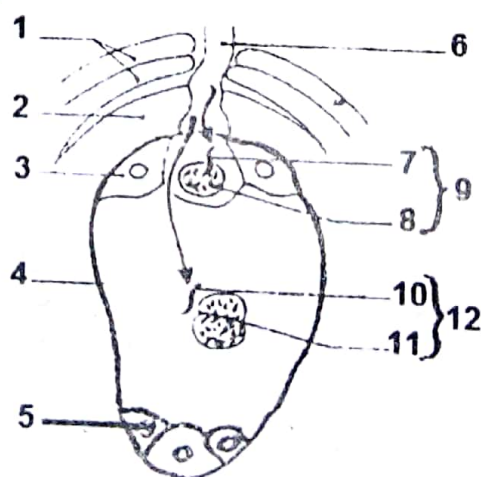


GERMINATION DU GRAIN DE POLLEN

- 1- noyau reproducteur ; 2- tube pollinique ; 3- noyau végétatif ;
 4- noyau reproducteur en division ; 5- anthérozoïdes (spermatozoïdes)
 6- noyau végétatif en dégénérescence

Les grains de pollen sont retenus à la surface du stigmate et élaborent au niveau d'un pore un tube pollinique: c'est la germination. Le tube pollinique pénètre entre les poils, s'allonge et s'engage dans le style. Au cours de la germination, le noyau végétatif se place à l'extrémité du tube pollinique, l'orienté puis dégénère. Le noyau reproducteur s'engage à son tour dans le tube pollinique subit une mitose pour donner naissance à deux noyaux anthérozoïdes ou spermatozoïdes qui sont les gamètes males.

- la rencontre des gamètes



SCHEMA DE LA DOUBLE FECONDATION

- 1- téguments ; 2- nucelle ; 3- synergide ; 4- sac embryonnaire ; 5- antipode ; 6- tube pollinique ; 7- anthérozoïde ; 8- oosphère ; 9- œuf principal (œuf embryon à 2n) ;
 10- anthérozoïde ; 11- noyaux centraux ; 12- œuf accessoire (œuf albumen à 3n)

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

Le tube pollinique pénètre dans le sac embryonnaire d'un ovule et y décharge ses 2 spermatozoïdes (anthérozoïdes) dont :

- l'un s'unit à l'oosphère. Le résultat de cette fécondation est la formation d'un œuf diploïde appelé œuf embryon ou œuf principal (œuf ou zygote à $2n$) ;
- et l'autre s'unit aux deux noyaux du sac ou noyaux centraux. Le résultat de cette 2^{ème} fécondation est la formation d'un œuf triploïde (œuf ou zygote à $3n$) appelé œuf albumen ou œuf accessoire.

Chez les spermatophytes, il y a donc une double fécondation.

B- Les conséquences de la double fécondation

1) Devenir des différentes pièces Florales

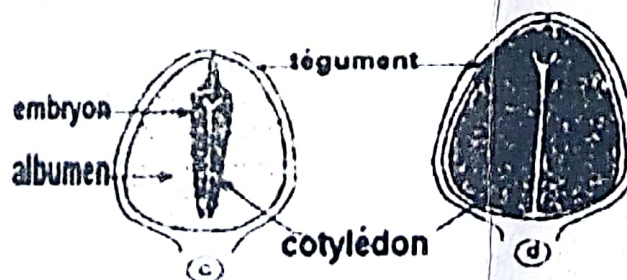
A l'issue de la double fécondation, l'ovule se transforme en graine et la fleur en fruit dont la partie principale est généralement constituée par l'ovaire

2) Formation de la graine

a) Evolution de l'œuf principal et de l'œuf accessoire

- L'œuf principal (œuf embryon) se divise et engendre l'embryon.
- L'œuf accessoire (œuf albumen) se divise parallèlement et donne l'albumen qui est un massif cellulaire riche en réserve nutritive entourant l'embryon.

b) Evolution de l'embryon et de l'albumen



LES DIFFERENTS TYPES DE GRAINES

L'embryon et l'albumen se développent côte à côte mais à des vitesses variables suivant les espèces.

- Chez certaines espèces, l'albumen grandit activement à maturité, la graine contient un volumineux albumen et un petit embryon : c'est une graine à albumen (voir schéma c)
- Chez d'autres espèces, l'embryon grandit plus vite que l'albumen qu'il va détruire à son tour. La graine mure ne contient qu'un embryon à volumineux cotylédon : c'est une graine sans albumen (voir schéma d)

EXERCICES RESOLUS

Exercice 1 (extrait BAC BLANC REGIONAL 2014 DRENET ABIDJAN3 série D)

L'étude de la fécondation chez les spermatophytes a permis de réaliser les schémas des figures 1, 2 et 3 du document ci-dessous :

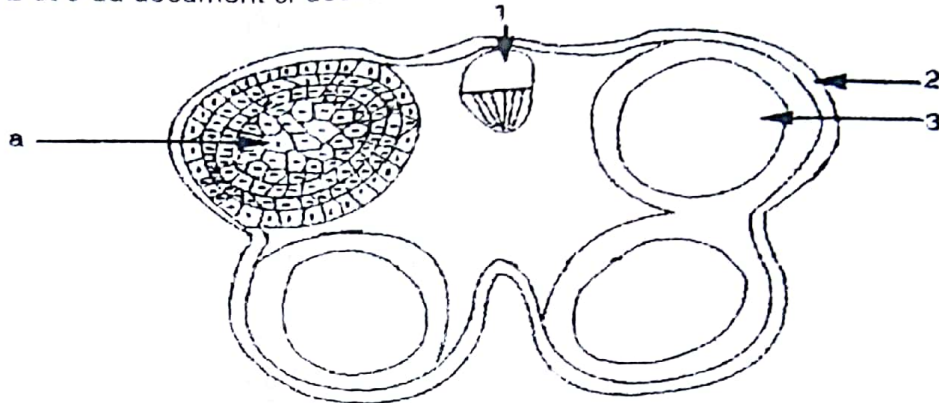


FIGURE 1

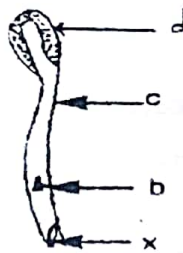


FIGURE 2

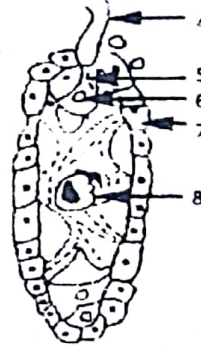


FIGURE 3

DOCUMENT

- 1) Annotez les figures 1, 2 et 3 en utilisant les chiffres et les lettres.
- 2) Identifiez :
 - a) L'organe présenté par la figure 1 ;
 - b) Le phénomène présenté par la figure 2 et celui présenté par la figure 3.
- 3) Décrivez schéma à l'appui la formation de l'élément d de la figure 2.
- 4) Expliquez le phénomène présenté par la figure 3.
- 5) Précisez les résultats obtenus à partir de la figure 3.

Exercice 2 (extrait Bac D session normale 1998)

L'étude de la fécondation chez les spermatophytes a permis de réaliser des figures 1, 2 et 3 du document ci-dessous.

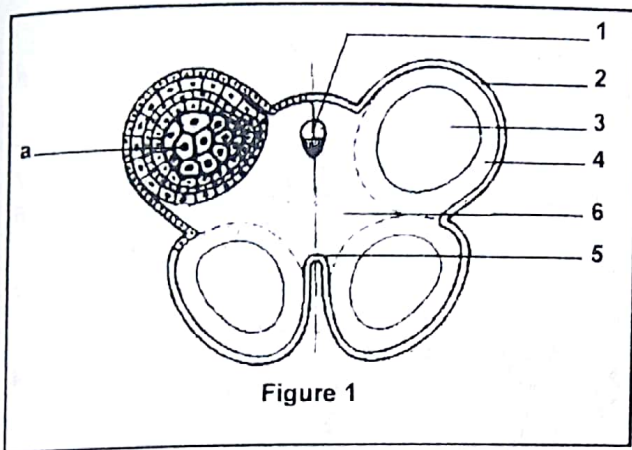


Figure 1

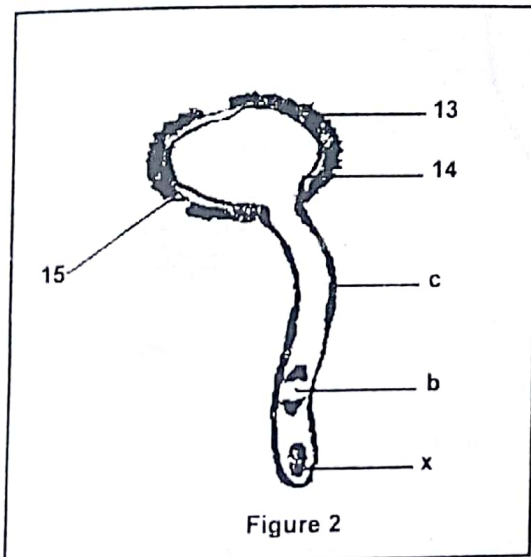


Figure 2

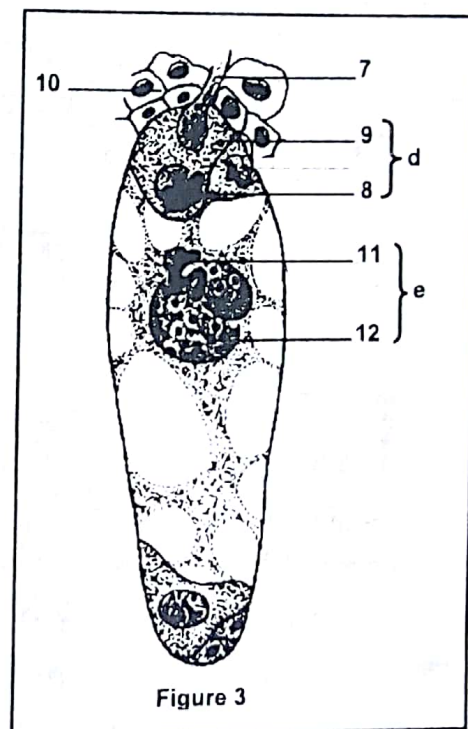
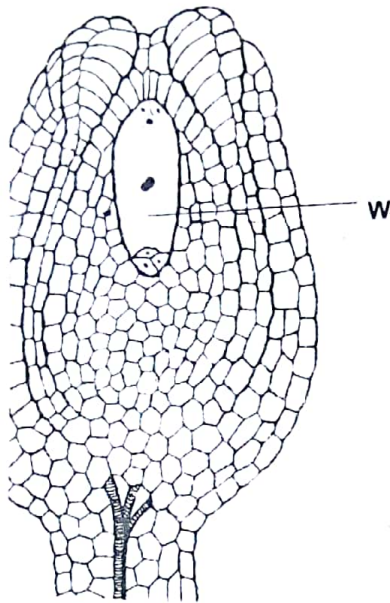


Figure 3

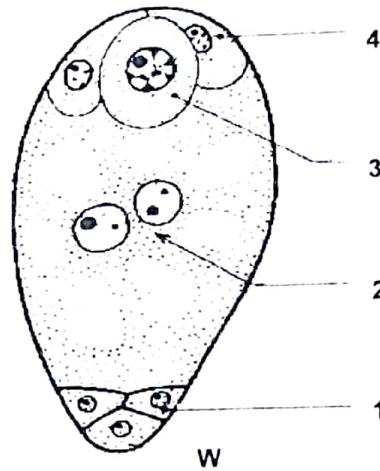
- 1- a) Identifiez les figures 1, 2 et 3.
b) Annotez les figures en utilisant les lettres et chiffres marqués.
- 2- a) Schématisez l'élément originel de la figure 2.
b) L'annotez.
c) Ecrivez avec des schémas à l'appui les différentes étapes de la formation.
- 3- En se référant aux figures 2 et 3 du document, expliquez brièvement le mécanisme de la double fécondation.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1**

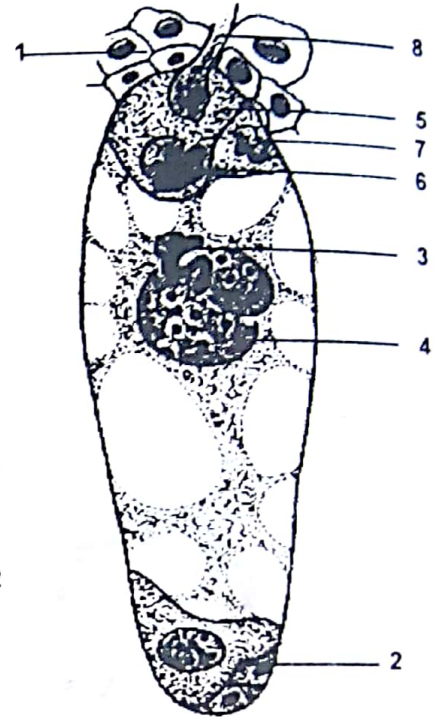
Pour mieux comprendre la reproduction chez les plantes à fleurs, des coupes ont été réalisées à différents moments de l'évolution des fleurs.



Document 1



Document 2



Document 3

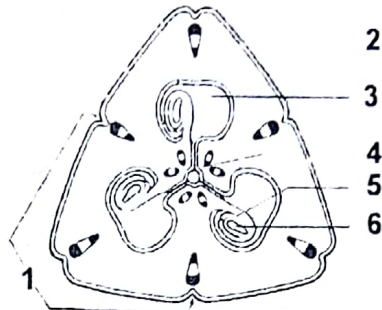
Les documents 1, 2 et 3 représentent les résultats de certaines manipulations effectuées.

- 1- Nommez la structure représentée par le document 1.
- 2- Faites un schéma annoté et légendé du document 1.
- 3- Le document 2 est une représentation schématique de l'élément w.
Expliquez la formation de cet élément w en vous aidant uniquement de schémas.
- 4- La structure du document 3 est une étape essentielle dans la reproduction de la plante à fleurs.
 - a) Annotez et légendez le document 3 ?
 - b) Décrivez en 3 ou 4 phrases le phénomène physiologique qui s'y déroulent.
 - c) Indiquez-en les conséquences.
- 5- Le document 4 représente une coupe transversale effectuée dans une anthère d'apocynacée
 - a) Annotez le document 4.
 - b) Précisez la garniture chromosomique des différentes cellules du sac pollinique.
 - c) Schématisez les différentes étapes de la formation de l'élément.

- 6- a) Nommez le phénomène représenté par le document 5.
b) Annotez-le.

Exercice 2

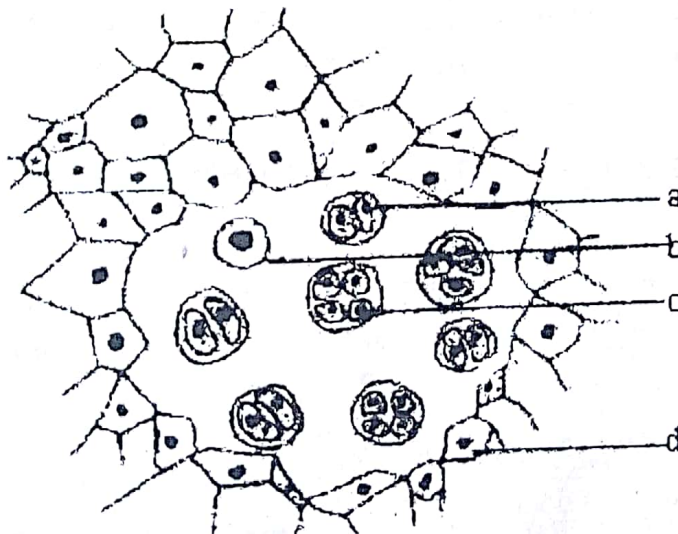
A- Le document ci-dessous représente une coupe à travers le pistil d'une plante à fleur.



1- Remplacez les chiffres par leur nom.

2- Réalisez un schéma détaillé et annoté de l'élément 5.

B- Le document ci-dessous représente une coupe dans un sac pollinique d'une anthère jeune.



3- Remplacez les lettres par leur nom.

4- Expliquez le mécanisme de la formation des éléments c.

5- Schématisez la structure définitive de l'élément c.

6- Expliquez à l'aide de schémas l'évolution de la rencontre entre la structure définitive de l'élément c et l'élément 5.

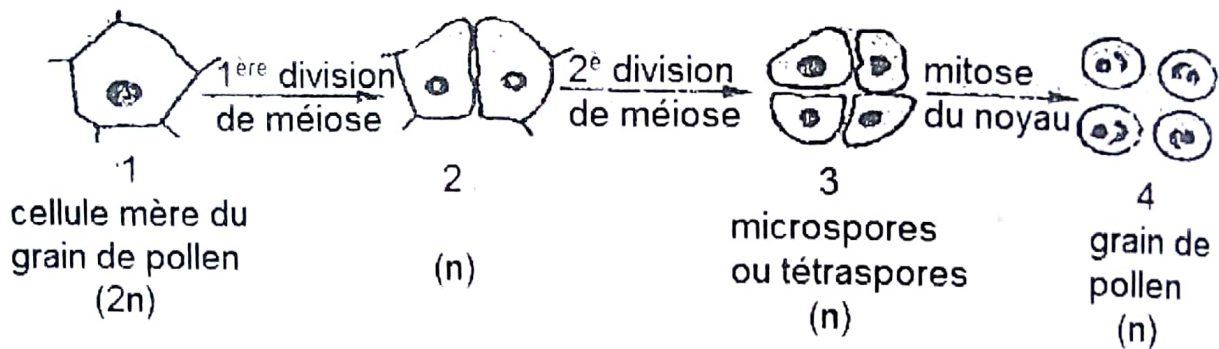
7- Déterminez l'issue finale de cette rencontre.

Exercice 1 (extrait BAC BLANC REGIONAL DRENET ABIDJAN3 série D)**1) Annotation des figures 1, 2 et 3**

- 1- vaisseau conducteur ou faisceau libéro-ligneux ; 2- épiderme ; 3- anthère ;
 4- tube pollinique ; 5- anthérozoïde ; 6-oosphère ; 7- nucelle ;
 8-noyau du sac embryonnaire. a- cellule mère du grain de pollen ;
 b- noyau reproducteur ; X- noyau végétatif ; c- tube pollinique ; d- anthère.

2) Identification

- a- De l'organe de la figure 1 : une anthère
 b- Des phénomènes présentés par les figures 2 et 3.
 ➤ Figure 2 : germination du grain de pollen
 ➤ Figure 3 : double fécondation

3) Formation du grain de pollen avec schéma à l'appui.**MECANISME DE LA FORMATION DU GRAIN DE POLLEN**

La cellule mère subit d'abord une méiose pour donner 4 microspores chaque microspore subit ensuite une mitose incomplète pour donner une cellule à 2 noyaux (un noyau reproducteur, un noyau végétatif). Il se met en place deux parois (intine et exine) pour donner le grain de pollen.

4) Explication du phénomène présenté par les figures 3.

La figure 3 présente la double fécondation

- un anthérozoïde s'unit aux l'oosphère
- L'autre anthérozoïde s'unit avec noyaux du sac embryonnaire

5) Précisons les résultats obtenus à partir de la figure 3.

- L'union de l'anthérozoïde avec l'oosphère donne l'œuf principal (2n)
- L'union d'un anthérozoïde avec le noyau du sac embryonnaire donne l'œuf accessoire (3n).

Exercice 2 (extrait Bac D session normale 1998)

1) a) Identification des figures 1, 2 et 3

Figure 1 = coupe transversale d'une Anthère ; figure 2 = grain de pollen en germination ; figure 3 = double fécondation (ou sac embryonnaire).

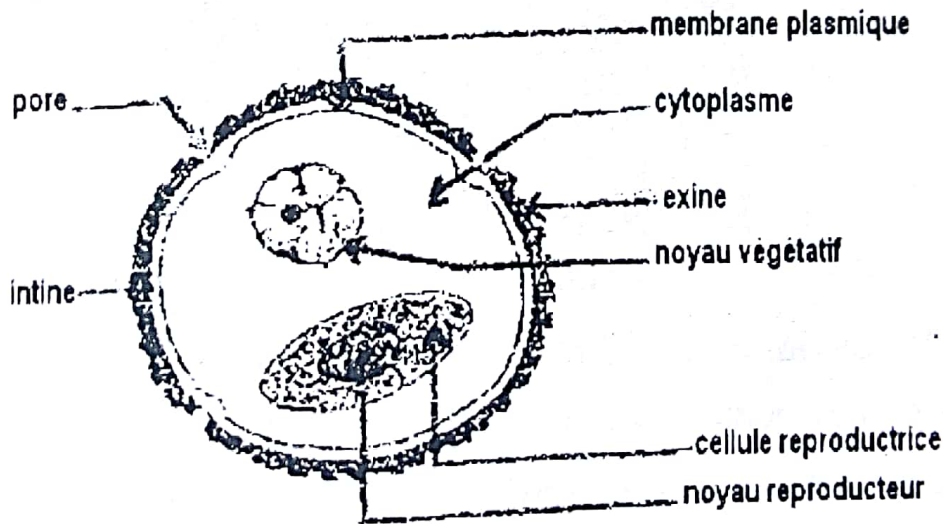
b) Annotation des différentes figures

➤ **Figure 1** : a = cellule mère de grain de pollen ; 1 = faisceau libéro-ligneux ou vaisseau conducteur ; 2 = épiderme ; 3 = sac pollinique ; 4 = assises mécaniques et nourricières ; 5 = connectif ; 6 = parenchyme.

➤ **Figure 2** : c = tube pollinique ; b = anthérozoïde ; x = noyau végétatif en dégénérescence. 13 = exine ; 14 = intine ; 15 = pore

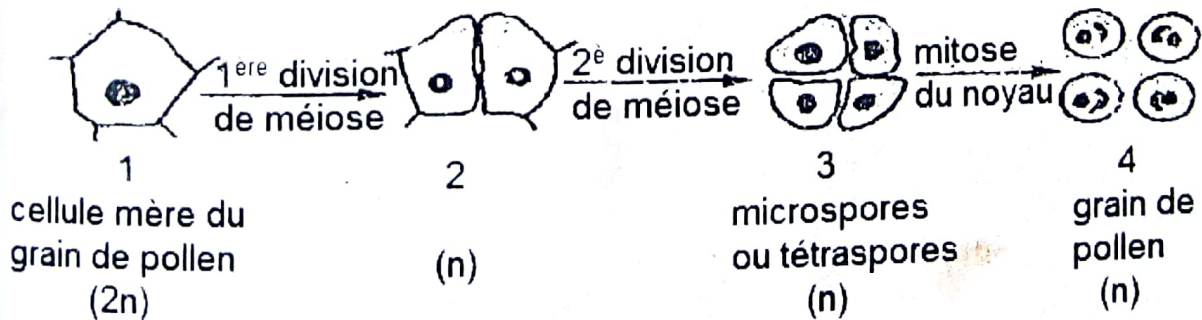
➤ **Figure 3** : 7 = tube pollinique ; 8 = anthérozoïde ; 9 = oosphère ; d = œuf principal ou œuf embryon ; 10 = cellule du nucelle ; 11 = anthérozoïde ; 12 = noyaux du sac ; e = œuf accessoire ou œuf albumen.

2) a) et b) Schéma et annotation de l'élément originel de la figure 2 : le grain de pollen



STRUCTURE D'UN GRAIN DE POLLEN

c) Schéma des différentes étapes de la formation du grain de pollen



LES ETAPES DE LA FORMATION DU GRAIN DE POLLEN

Description de la formation du grain de pollen :

- Chaque cellule mère du grain de pollen subit une méiose pour donner 4 microspores ou tétraspores ;
- Mitose du noyau de chaque microspore qui se différencie en cellule végétative et cellule reproductrice ;
- Dédoublément de la membrane en exine ornementée et en intine mince ;
- Déshydratation des grains de pollen.

3) Explication du mécanisme de la double fécondation

Après la germination du grain de pollen et la formation des deux anthérozoïdes, le tube pollinique passe par le micropyle, atteint le sac embryonnaire, y décharge les deux spermatozoïdes. L'un des deux spermatozoïdes s'unit à l'oosphère pour donner l'œuf principal ou œuf embryon (diploïde), l'autre anthérozoïde fusionne avec les deux noyaux de la cellule centrale pour donner un œuf accessoire ou œuf albumen (triploïde).

GENETIQUE



Johann Gregor Mendel

Moine et botanistetchèque (22 juillet 1822 - 6 janvier 1884)

Il est communément reconnu comme le père fondateur de la génétique. Il est à l'origine de ce qui est aujourd'hui appelé les lois de Mendel, qui définissent la manière dont les gènes se transmettent de générations en générations.

QUELQUES REGLES DE TRANSMISSION D'UN CARACTERE HEREDITAIRE

RAPPEL DE COURS

I. Dominance complète

1- Cas d'un gène autosomal

Règle 1

Quelque soit le sens du croisement si on obtient une F1 homogène (100% ayant le phénotype d'un des deux parents Croisés), on peut conclure que :

- les parents croisés sont de race pure (homozygote) ;
- le phénotype qui s'exprime dans la descendance est dominant.

Règle 2

Si un croisement donne dans les proportions 3/4 et 1/4 au niveau de la descendance, on peut conclure que :

- le caractère étudié est sous la dépendance d'un couple d'allèles avec dominance,
- les parents croisés sont deux hétérozygotes,
- le phénotype qui s'exprime à la fréquence 3/4 est dominant et l'autre à la fréquence 1/4 est récessif.

Règle 3

Si un croisement donne dans les proportions 1/2 et 1/2 au niveau de la descendance, on peut conclure que :

- le caractère étudié est sous la dépendance d'un couple d'allèles avec dominance ;
- les individus intervenant dans ce croisement sont l'un hétérozygote et l'autre homozygote récessif.

2- Cas d'un gène gonosomal

Lorsqu'on inverse le sens d'un croisement et qu'on n'obtient pas le même résultat, on peut conclure que le caractère étudié est porté par les chromosomes sexuels ou gonosomes.

II. Dominance intermédiaire ou codominance**Règle 1**

Lorsqu'un croisement entre deux parents de phénotypes donne une descendance homogène de phénotype intermédiaire, on peut conclure que :

- les deux parents sont de lignée pure donc homozygote ;
- le caractère étudié est gouverné par un couple d'allèles avec codominance.

Règle 2

Si un croisement donne dans les proportions $1/2$, $1/4$, et $1/4$ au niveau de la descendance, on peut conclure que :

- le caractère étudié est sous la dépendance d'un couple d'allèles codominants ;
- les deux individus croisés sont tous hétérozygotes ;
- le phénotype qui s'exprime à la fréquence de $1/2$ est celui de l'hétérozygote. C'est le phénotype intermédiaire.

Règle 3

Si un croisement donne dans les proportions $1/2$ de phénotype simple et $1/2$ de phénotype intermédiaire au niveau de la descendance, on peut conclure que :

- le caractère étudié est sous la dépendance d'un couple d'allèles codominants ;
- l'un des individus croisés est homozygote et l'autre hétérozygote.

QUELQUES REGLES DE CHOIX DES SYMBOLES

RAPPEL DE COURS

I. Cas d'une dominance complète

Pour choisir les symboles il faut prendre l'initial du récessif :

- l'écrire en minuscule pour le récessif ;
- l'écrire en majuscule pour le dominant.

Exemple

Blanc est Récessif → b

Rouge est Dominant → B

Remarque :

Si dans l'énoncé il est mentionné souche sauvage et ou souche mutante, pour choisir les symboles, il faut toujours prendre l'initial du récessif :

- l'écrire en minuscule pour le récessif ;
- l'écrire en minuscule pour le dominant mais affecté du signe +.

Exemple

Blanc est Récessif → b

Rouge est Dominant → b

II. Cas d'une codominance

Pour choisir les symboles, il faut respecter la règle suivante :

- on garde l'initial de chaque phénotype simple en majuscule ;
- le phénotype intermédiaire comportera les initiaux des phénotypes simples en majuscule.

Exemple

Blanc phénotype simple → B

Rouge est simple → R

Rose phénotype intermédiaire → BR ou RB

COMMENT LA TRANSMISSION D'UN CARACTERE HEREDITAIRE SE FAIT-ELLE DANS UN PEDIGREE ?

RAPPEL DE COURS

I-LA TRANSMISSION D'UN CARACTERE HEREDITAIRE SE FAIT-ELLE DE MANIERE DOMINANTE OU RECESSIVE DANS UN PEDIGREE ?

A- DEMONTRER QUE LE GENE EST DOMINANT DANS UN PEDIGREE

Dans ce cas tous les enfants malades ont obligatoirement au moins un parent malade.

B- DEMONTRER QUE LE GENE EST RECESSIF DANS UN PEDIGREE

Dans ce cas des parents apparemment normaux donnent naissance aux enfants malades. L'allèle de la maladie est masqué chez les parents qui sont hétérozygotes.

II-LA TRANSMISSION D'UN CARACTERE HEREDITAIRE SE FAIT-ELLE DE MANIERE AUTOSOMALE OU GONOSOMALE DANS UN PEDIGREE ?

A- DEMONTRER QUE LE GENE EST AUTOSOMAL DANS UN PEDIGREE

On constate que dans une même génération, la maladie affecte aussi bien les filles que les garçons ou garçons et filles portent deux allèles.

1^{er} cas vérification (rejet de l'hypothèse gonosomal) d'un gène récessif choisir un couple

- Le père sain à au moins une fille malade
- La mère malade à au moins un fils sain

2^{eme} cas vérification (rejet de l'hypothèse gonosomal) d'un gène dominant choisir un couple

- Le père malade à au moins une fille saine
- La mère saine à au moins un fils malade

B- DEMONTRER QUE LE GENE EST GONOSOMAL DANS UN PEDIGREE

1^{er} cas : Liaison aux chromosomes sexuels X

➤ Un caractère dominant est lié au chromosome sexuel X si et seulement si :

- Tout père atteint à toutes ses filles atteintes ;
- Le caractère n'apparaît que dans la descendance des individus atteints et « change de sexe » à chaque génération.

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

- Un caractère récessif est lié au chromosome sexuel X si et seulement si :
Le père sain a toutes ses filles saines et la mère atteinte à tous ses fils atteints.
- Un caractère est lié au chromosome sexuel X si et seulement si :
Les garçons portent un seul allèle (Y étant inerte) et les filles portent deux allèles.

2^{ème} cas : Liaison aux chromosomes sexuels Y

Un caractère est lié au chromosome sexuel Y si et seulement si :

Aucune femme n'est atteinte et tout homme n'est atteint que si son père l'est aussi.

REMARQUES : QUELQUES ANOMALIES ET LEURS MODES DE TRANSMISSION

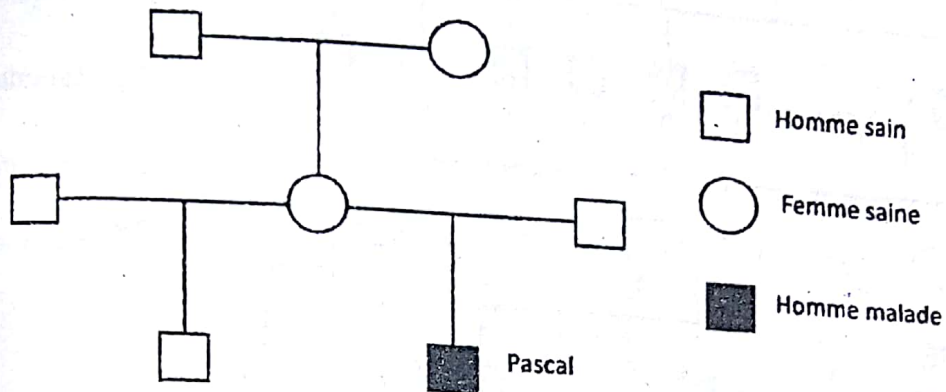
- a) Dominant autosomal : Héméralopie congénitale ; Achondroplasie ; Polydactylie ;
Maladie de Parkinson et aniridie
- b) Récessif autosomal : Albinisme et Phénylcétonurie
- c) Récessif sexuel : Daltonisme ; Hémophilie et favisme

C- DEMONTRER LA RELATION QUI EXISTE ENTRE DEUX GENES

Gène A	Gène B	relation	Exemple d'écriture de génotype
gonosomal	gonosomal	liés	$\frac{XAB}{\underline{\quad}}$
gonosomal	autosomal	indépendants	$\frac{XA}{\underline{\quad}} \quad \frac{B}{\underline{\quad}}$ $\frac{\quad}{\underline{\quad}} \quad \frac{b}{\underline{\quad}}$
autosomal	autosomal	Indépendants (autosomes différents)	$\frac{A}{\underline{\quad}} \quad \frac{B}{\underline{\quad}}$ $\frac{a}{\underline{\quad}} \quad \frac{b}{\underline{\quad}}$
		Liés (mêmes autosomes)	$\frac{AB}{\underline{\quad}}$ $\frac{ab}{\underline{\quad}}$

EXERCICES RESOLUS

Exercice 1 (extrait BAC BLANC REGIONAL 2014 DRENET ABIDJAN3 série D)
On cherche à étudier le déterminisme génétique de la dysurie (difficulté à uriner).
Le document ci-dessous résume le pédigrée de la famille de pascal qui lui-même est atteint de dysurie.



- 1) a- Montrez si l'allèle responsable de la dysurie est dominant ou récessif
- b- En envisageant tous les cas, déterminez la nature du chromosome qui porte le gène responsable de la dysurie.

Pour avoir plus de précision, un examen biochimique a été réalisé.

Il a consisté à doser le taux d'allèles muté chez Pascal et certains membres de la famille.

Les résultats ci-dessous ont été obtenus.

- Le père de pascal : 50%
- la mère de Pascal : 50%
- le grand-père maternel de Pascal : 50%
- la grande mère maternelle de Pascal : 00%
- le Demi-frère de Pascal : 00%
- Pascal 100%

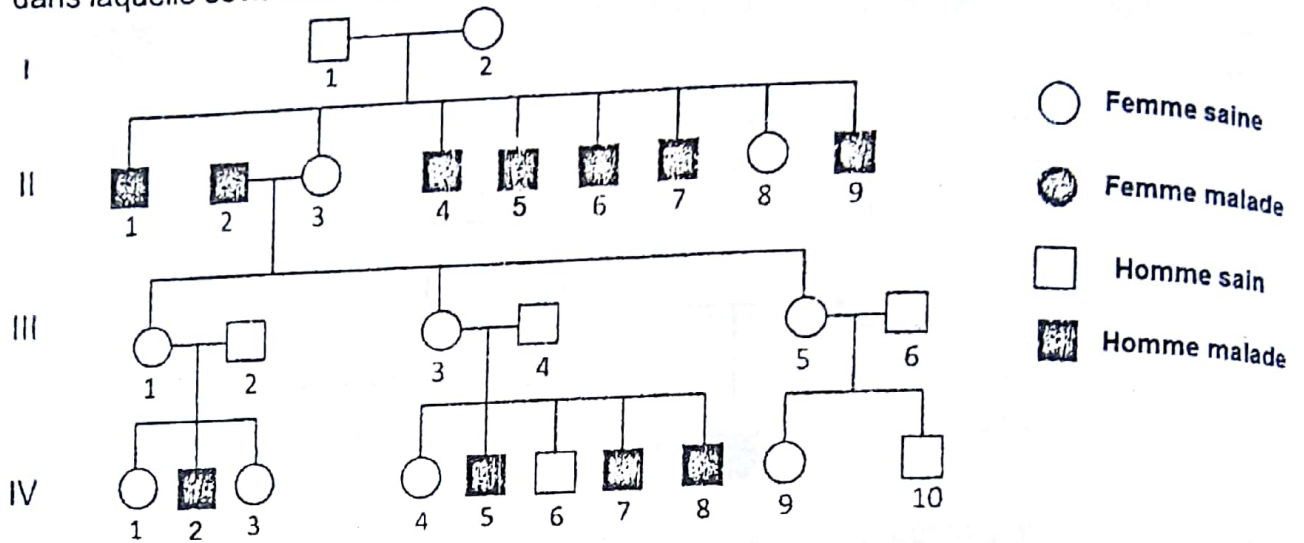
2)

- a) Analysez les résultats obtenus
- b) Déduisez la nature exacte des chromosomes qui portent le gène de la dysurie.

3) Donnez le génotype de Pascal, de son Père, de sa mère et son demi-frère.

Exercice 2 (extrait BAC BLANC REGIONAL 2014 DRENET ABIDJAN3 série C)

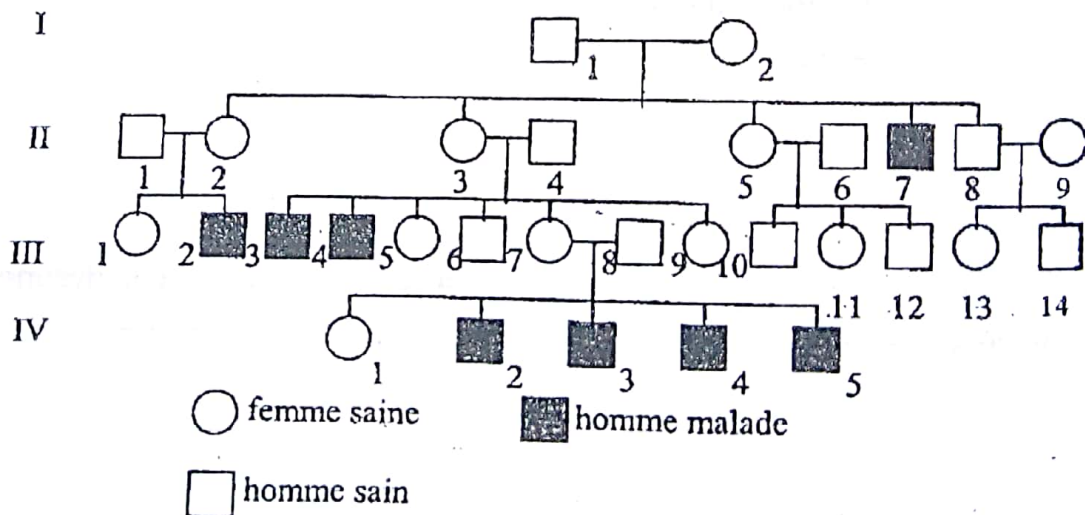
Le syndrome de Lesch - Nyhan est une forme rare de paralysie très grave car elle entraîne la mort avant la puberté. Le document ci-dessous présente l'arbre généalogique d'une famille dans laquelle sévit cette maladie.



- 1) Démontrez que l'allèle responsable syndrome de lesch - Nyhan est dominant ou récessif.
- 2) Déterminez la nature du chromosome porteur du gène de cette anomalie.
- 3) Ecrivez les génotypes des Individus I₁, I₂, II₆ et IV₉.

Exercice 3

La dystrophie musculaire de Duchenne est une dégénérescence rare mais grave des muscles ; elle se manifeste pendant l'enfance et conduit généralement à la mort du sujet avant la puberté. Le pedigree ci-contre est celui d'une famille dont plusieurs membres sont morts de cette maladie.



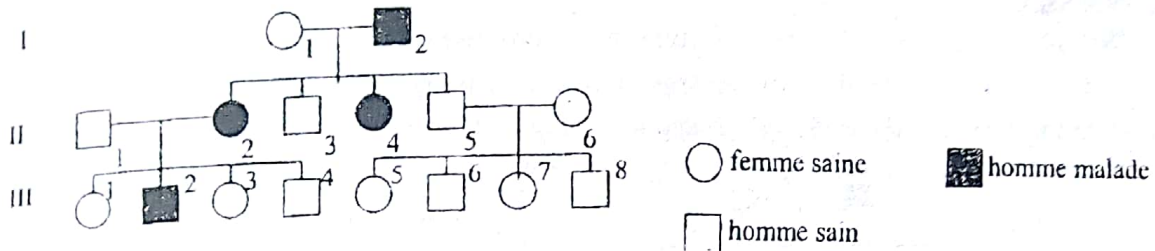
- 1) Montrez par un raisonnement logique que l'allèle responsable de la maladie est dominant ou récessif.

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

- 2) Indiquez, en le justifiant, la localisation chromosomique de l'allèle responsable de cette maladie (autosomal ou lié au sexe).
- 3) Ecrivez les génotypes des individus II₂, II₃, II₅, II₇ et II₈.

Exercice 4

L'arbre généalogique ci-dessous est celui d'une famille dont certains membres sont atteints d'une maladie héréditaire rare.



- 1) Indiquez, en le justifiant,
- le mode de transmission de la maladie (dominant ou récessif) ;
 - la localisation chromosomique de l'allèle responsable de cette maladie (autosomal ou lié au sexe).
- 2) Ecrivez les génotypes de tous les membres de cette famille.

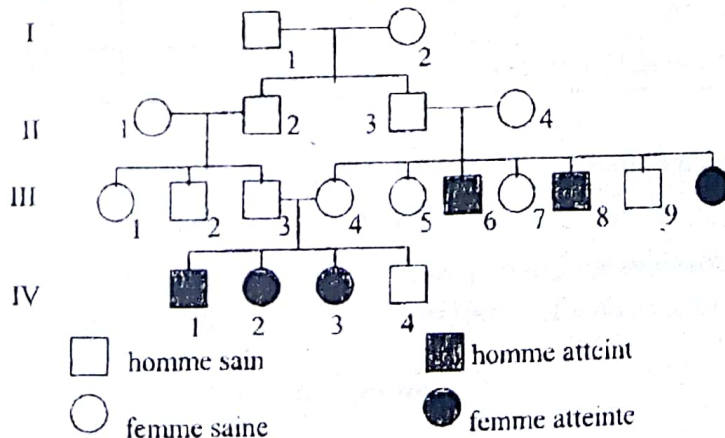
Exercice 5

La phénylcétonurie est une affection héréditaire rare (1 cas sur 10 000 naissances) liée à la perturbation du métabolisme d'un acide aminé, la phénylalanine.

Dans l'organisme normal, cet acide aminé se transforme en tyrosine sous l'action d'une enzyme : la phénylalanine hydroxylase.

Chez le malade, la phénylalanine hydroxylase manque par suite d'une mutation affectant le gène responsable de la synthèse de cette enzyme ; en conséquence la phénylalanine s'accumule dans le sang. La maladie se manifeste par des troubles psychomoteurs.

L'arbre généalogique ci-dessous est celui d'une famille dont certains en sont atteints.



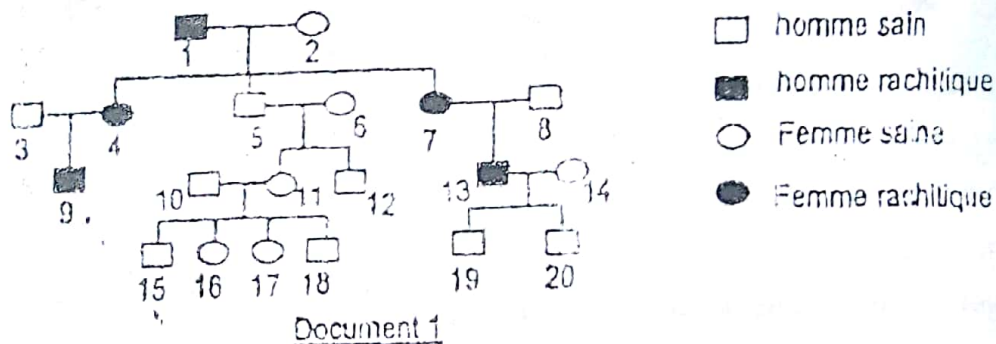
- 1) Indiquez, en le justifiant, le mode de transmission de la maladie (dominant ou récessif).

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

- 2) Envisagez et discutez la localisation chromosomique du gène responsable de la phénylcétonurie sur le chromosome sexuel X, Y ou sur un autosome.
- 3) Sans manifester d'anomalie apparente d'ordre psychomoteur, les parents II₃ et II₄ et les enfants III₄ et III₇ possèdent dans le sang une teneur en phénylalanine supérieure à la normale. Expliquez ces faits.
- 4) Expliquez le nombre élevé d'enfants atteints chez le couple III₃ et III₄.
- 5) Ecrivez les génotypes des individus II₃, II₄, III₃, III₄, III₇, III₈, et III₁₀.

Exercice 6

L'arbre généalogique ci-dessous document 1 représente une famille dont certains membres sont atteints de rachitisme vitamino-résistant qu'un traitement par vitamine ne suffit pas à faire disparaître. Il s'agit d'une anomalie très rare.



- 1- Déterminez à partir de cet arbre généalogique, si l'allèle responsable de cette maladie est récessif ou dominant.
- 2- Démontrez si l'allèle du rachitisme vitamino-résistant est autosomal ou lié au sexe. Envisagez tous les cas possibles.

Des recherches ont été faites dans plusieurs familles où existe cette maladie. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessus : document 2.

COUPLES	Filles		Garçons	
	saines	rachitiques	saines	rachitiques
Seul le père est rachitique	0	29	25	0
Seule la femme est rachitique.	20	15	17	19

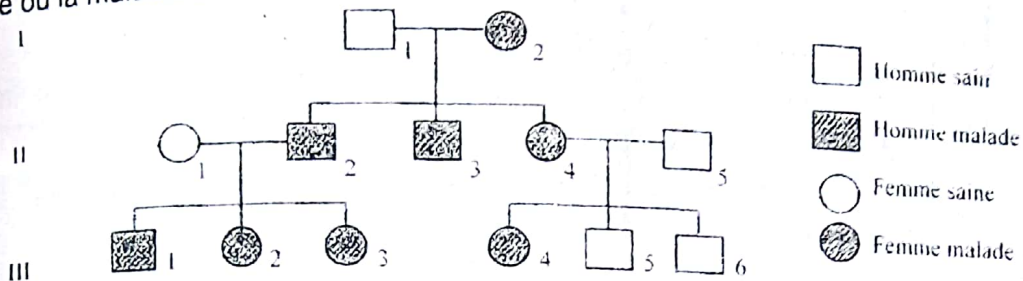
Document 2

- 3- a) Analysez ces résultats.
b) Déduisez alors si l'allèle est autosomal ou lié au sexe.
- 4- Déterminez si possible les génotypes des individus 1, 2, 7, 8.

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

Exercice 7 (extrait Bac C session normale 1999)

Une forme de polykystose rénale est observée tardivement chez l'être humain (vers 50 ans). Elle se manifeste par une insuffisance rénale très grave nécessitant une hémodialyse et parfois même une greffe de rein. Le document ci-dessous représente le pedigree d'une famille où la maladie s'est déclarée.



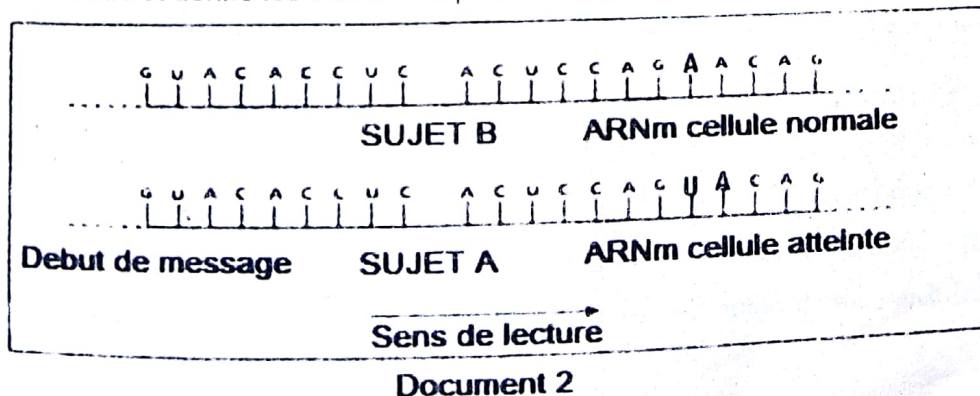
- 1) Recherchez en vous servant du pedigree si l'allèle responsable de la maladie est dominant ou récessif sachant que les individus I₁, II₁, II₅ proviennent de la famille où la maladie ne s'est jamais manifestée.
- 2) A partir du pedigree, indiquez si la maladie est portée par un chromosome sexuel ou un autosome (envisagez chaque éventualité).
- 3) Déterminez les génotypes des individus II₃, III₂ d'une part et des individus III₃, III₆ d'autre part.
- 4) Supposez un mariage entre les cousins germains III₁ et III₄.
 - a) Retrouvez les génotypes des individus III₁ et III₄.
 - b) Calculez les proportions théoriques de malades et de sujets non atteints dans la descendance.
 - c) Proposez un conseil à donner à ce couple.

Exercice 8 (extrait BAC BLANC REGIONAL 2014 DRENET ABIDJAN3 série C)

La molécule d'hémoglobine S (cas de la drépanocytose) présente une anomalie de structure.

L'étude qui suit permet d'en préciser la nature et l'origine. La structure partielle de l'ARNm des cellules souches de deux sujets A et B, est présentée par le document 2.

Quant au tableau du document 3, il établit la correspondance entre les codons de l'ARNm et les acides aminés et donne les codons de ponctuations.



		2 ^{ème} lettre									
		U	C	A	G						
1 ^{ère} lettre	U	UUU	Phénylalanine (phe)	UCU	Sérine (ser)	UAU	Tyrosine (tyr)	UGU	Cystéine (cys)	U	
		UUC	Leucine (leu)	UCC		Non-sens	UAC	Non-sens	UGC	Tryptophane (trp)	C
		UUA		UCA	UAA		UGA		A		
		UUG		UCG	UAG		UGG		G		
	C	CUU	Leucine (leu)	CCU	Proline (pro)		CAU		Histidine (his)		CGU
		CUC		CCC		CAC	Arginine (arg)	CGC		C	
		CUA		CCA		CAA		Glutamine (gln)	CGA	A	
		CUG		CCG		CAG			CGG	G	
	A	AUU	Isoleucine (isl)	ACU	Thréonine (thr)	AAU			Asparagine (asp)	AGU	Sérine (ser)
		AUC		ACC		AAC	Arginine (arg)			AGC	
		AUA	ACA	AAA		Lysine (lys)		AGA	A		
		AUG	ACG	AAG				AGG	G		
	G	GUU	Valine (val)	GCU	Alanine (ala)			GAU	ac. aspartique (asp)	GGU	Glycine (gly)
		GUC		GCC			GAC	ac. glutamique (glu)		GGC	
		GUA		GCA		GAA	Glycine (gly)		GGA	A	
		GUG		GCG		GAG			GGG	G	

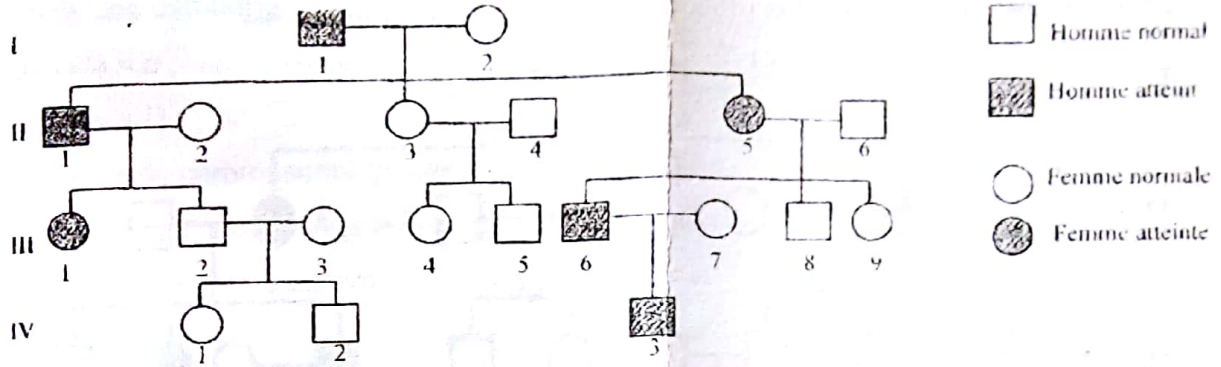
Document 3

- 1) Donnez dans l'ordre, en les numérotant, les codons de chaque ARNm du document 2 pour les sujets A et B.
- 2) Nommez ce tableau.
- 3) Relevez dans le tableau :
 - a) Les codons responsables de la ponctuation.
 - b) Le nombre de codons et d'acides aminés.
- 4) Expliquez la différence entre le nombre de codons et le nombre d'acides aminés dans le tableau.
- 5)
 - a) A partir du document 3, déterminez la chaîne d'acides aminés correspondant aux codons de chaque sujet.
 - b) Comparez les deux chaînes d'acides aminés obtenues.
 - c) Déduisez l'origine de la drépanocytose.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT

Exercice 1 (extrait Bac C session normale 2001)

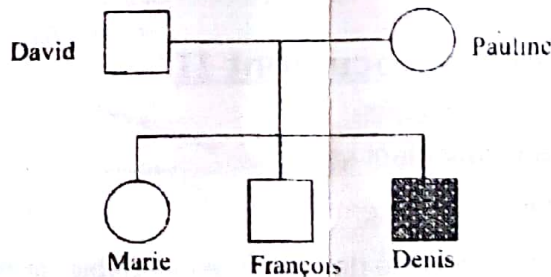
L'aniridie est une malformation très rare caractérisé par l'absence de l'iris et qui atteint généralement les 2 yeux. L'arbre généalogique suivant est celui d'une famille où cette malformation est présente.



- 1) Dites si l'allèle responsable de l'anomalie est récessif ou dominant en justifiant la réponse.
- 2) Indiquez la localisation chromosomique du gène en justifiant la réponse.
- 3) Déterminez les génotypes des individus I₁, I₂, II₅, III₇, III₈.
- 4) L'individu IV₃ épouse une femme normale. Indiquez, en le justifiant, les proportions théoriques de cette anomalie dans la descendance.

Exercice 2

Le pédigrée ci-dessous montre la transmission d'une maladie héréditaire rare.



- 1) L'allèle responsable de cette maladie est-il dominant ou récessif
- 2) A partir du tableau ci-dessous déterminez la localisation chromosomique de cette maladie en justifiant votre choix.

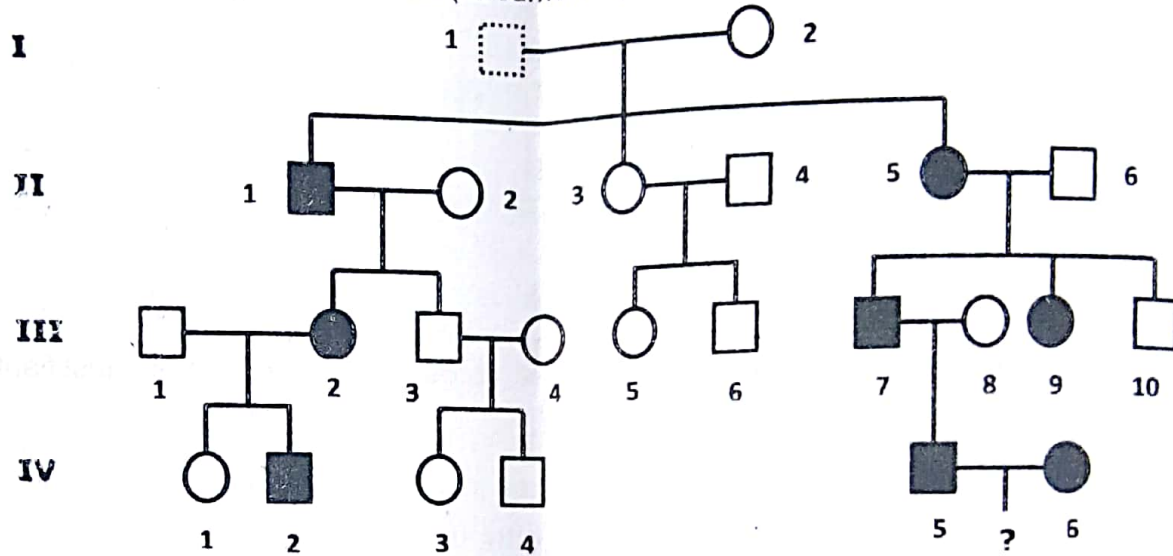
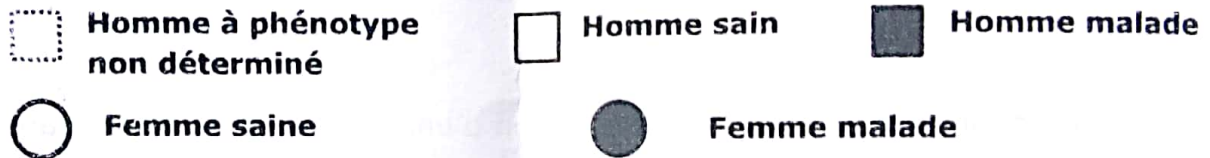
individus	A	B	C	D	E
Nombre de séquences d'ADN correspondant à l'allèle normal	1	2	1	0	1
Nombre de séquences d'ADN correspondant à l'allèle muté	1	0	1	2	1

- 3) Faites correspondre les individus du tableau aux individus du pédigrée

Exercice 3 (extrait Bac D session normale 2000)

Dans une famille, on identifie une maladie qui n'intervient que tard dans la vie, entre 30 et 35 ans. Elle est due à une dégénérescence progressive des neurones du cortex cérébral. Elle provoque des mouvements involontaires de la face, puis des muscles du corps, ainsi qu'un déficit cérébral pouvant mener à la démence.

L'arbre généalogique ci-dessous (document II) est celui de cette famille.

**Légende****Document II**

NB : L'individu II-6 est génétiquement sain.

- 1) Par un raisonnement logique, déterminez :
 - a) la dominance ou la récessivité de l'allèle responsable de cette maladie.
 - b) le mode de transmission du gène responsable de cette maladie (autosomal ou lié au sexe).
- 2) Dites à quelle(s) condition(s) le couple IV-5, IV-6 peut avoir des enfants normaux.
- 3) Retrouvez le génotype de l'individu I-1.

CORRECTION

Exercice 1 (extrait BAC BLANC REGIONAL 2014 DRENET ABIDJAN3 série D)

1- a- Montrons la dominance ou la récessivité.

Le père et la mère de pascal sont apparemment sains mais pascal a la dysurie.

Cela veut dire que l'allèle de la dysurie existe chez eux mais il est masqué :

L'allèle responsable de la dysurie est donc récessif.

Choix des Symboles :

Dysurie = d ; accepter : malade = m

Sain = D ; sain = M

b- nature du chromosome qui porte le gène de la dysurie.

➤ **1^{er} cas** : supposons que le gène est porté pas le chromosome sexuel x.

L'anomalie étant récessive, le père de pascal serait normal et la mère de pascal serait hétérozygote

Mère de pascal X père de pascal

Phénotypes :	$\begin{array}{c} [D] \\ XD \\ \hline \hline \end{array}$	$\begin{array}{c} [D] \\ XD \\ \hline \hline \end{array}$
Génotypes :	$\begin{array}{c} XD \\ \hline \\ Xd \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{c} XD \\ \hline \hline \end{array}$
Gamètes :	50% $\begin{array}{c} XD \\ \hline \end{array}$ 50% $\begin{array}{c} Xd \\ \hline \end{array}$	50% $\begin{array}{c} XD \\ \hline \end{array}$ 50% $\begin{array}{c} \hline \end{array}$

Echiquier de croisement

		Gamètes mâles	
		50% $\begin{array}{c} XD \\ \hline \end{array}$	50% $\begin{array}{c} \hline \end{array}$
Gamètes femelles	50% $\begin{array}{c} XD \\ \hline \end{array}$	25% $\begin{array}{c} XD \\ \hline XD \\ \hline \end{array}$ [D]	25% $\begin{array}{c} XD \\ \hline \hline \end{array}$ [D]
	50% $\begin{array}{c} Xd \\ \hline \end{array}$	25% $\begin{array}{c} XD \\ \hline Xd \\ \hline \end{array}$ [D]	25% $\begin{array}{c} Xd \\ \hline \hline \end{array}$ [d]

Bilan : Un tel couple ne peut avoir que des fils frappé de la dysurie cela est conforme aux données du pedigree on peut donc conclure que le gène responsable de la dysurie est porté le chromosome sexuel x.

➤ 2^{ème} cas : supposons que le gène est porté par un autosome

L'anomalie étant récessive, les parents de Pascal apparemment normaux sont hétérozygotes

Mère de pascal	X	père de pascal	
Phénotypes :	$\frac{[D]}{D}$		$\frac{[D]}{D}$
Génotypes :	$\frac{+}{d}$		$\frac{+}{d}$
Gamètes :	50% $\frac{D}{+}$		50% $\frac{D}{+}$
	50% $\frac{d}{+}$		50% $\frac{d}{+}$

L'échiquier de croisement :

	Gamètes père		
	Gamètes mère	50% $\frac{D}{+}$	50% $\frac{d}{+}$
50% $\frac{D}{+}$		$\frac{D}{+}$ $\frac{+}{D}$ [D] 25%	$\frac{D}{+}$ $\frac{+}{d}$ [D] 25%
50% $\frac{d}{+}$		$\frac{D}{+}$ $\frac{+}{d}$ [D] 25%	$\frac{d}{+}$ $\frac{+}{d}$ [d] 25%

Bilan : 25 % des enfants d'un tel couple sont atteints de dysurie. Le couple n'ayant qu'un seul enfant atteint, on ne peut pas donc exclure que le gène est autosomal

2- a- Analyse des résultats.

Le père et la mère de pascal ont 50 % de l'allèle muté et sont apparemment normaux, ainsi que le grand-père maternel de Pascal.

Pascal qui est malade à 100% d'allèle muté

b- Déduction de la nature exacte des chromosomes qui portent le gène.

Il faut que l'allèle soit présent en deux exemplaires pour s'exprimer. Si le gène était lié au sexe, un seul allèle (50%) suffirait pour que les hommes (père de Pascal, grand-père de Pascal) manifeste la maladie donc le gène de la dysurie est autosomal.

4) Génotypes des individus.

Pascal : [d] $\frac{d}{d}$

Père de pascal : [D] $\frac{D}{d}$

Mère de pascal : [D] $\frac{D}{d}$

Demi-frère de pascal : [D] $\frac{D}{D}$

Exercice 2 (extrait BAC BLANC REGIONAL 2014 DRENET ABIDJAN3 série C)**1- Démonstration de la dominance ou de la récessivité de l'allèle responsable de la maladie.**

- Les parents I₁ et I₂ apparemment sains ont donné des enfants II₁, II₄, II₅, II₆, II₇ et II₉ malades parce qu'ils sont hétérozygotes et possèdent l'allèle de la maladie sous forme masquée.

L'allèle de la maladie est donc récessif choix des symboles des allèles

- « Maladie » récessif- m
- « Sain » dominant- M

Le couple d'allèles est M/m.

2- Localisation chromosomique du gène.

Sachant que la maladie n'affecte que les individus de sexe masculin, supposons que le gène est situé sur le chromosome X dans ce cas le couple (I₁ et I₂) donnerait :

	I ₂	X	I ₁
Phénotypes :		[M]	[M]
Génotypes :		$\frac{X^M}{X^m}$	$\frac{X^M}{Y}$
Gamètes :	50%	$\frac{X^M}{Y}$	50% $\frac{X^M}{Y}$
	50%	$\frac{X^d}{Y}$	50% $\frac{Y}{Y}$

Echiquier de croisement

Gamètes I ₁		
Gamètes I ₂	50% $\frac{XM}{-}$	50% \rightarrow
50% $\frac{XM}{-}$	25% $\frac{XM}{\frac{XM}{-}}$ [M]	25% $\frac{XM}{\rightarrow}$ [M]
50% $\frac{Xm}{-}$	25% $\frac{XM}{\frac{Xm}{-}}$ [M]	25% $\frac{Xm}{\rightarrow}$ [m]

Bilan :

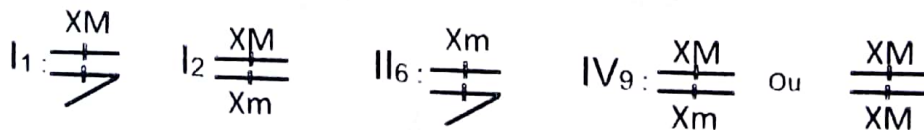
50% ou 1/2 fille [M] ;

25% ou 1/4 garçon [M] ;

25% ou 1/4 garçon [m].

Conclusion : les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux parce que toutes les filles sont saines et parmi les garçons il y a des sains et des malades. L'allèle responsable de la maladie est donc lié au sexe.

3- Ecriture des génotypes :



Exercice 3

1) Montrons que l'allèle responsable de la maladie est dominant ou récessif

Dans cette famille, les individus II₇, III₂, III₃, III₄, IV₂, IV₃, IV₄ et IV₅ sont malades alors qu'aucun de leurs parents n'est malade ; ce qui signifie que l'allèle de la maladie existe chez les parents mais il est masqué par l'allèle normal. Donc l'allèle de la maladie est récessif et l'allèle normal est dominant.

Choix des symboles : allèle malade : m ; allèle normal : M.

2) La localisation chromosomique de l'allèle (autosomal ou lié au sexe)

La dystrophie musculaire de Duchenne affecte uniquement les garçons ; donc l'allèle de cette maladie est porté par le chromosome sexuel X car s'il était porté par le chromosome sexuel Y, les pères des individus malades le seraient ; ce qui n'est pas le cas.

3) Génotypes des individus : II₂, II₃, II₅, II₇ et II₈.

Individus	II ₂ , II ₃	II ₅	II ₇	II ₈
Génotypes	$\frac{XM}{Xm}$	$\frac{XM}{XM}$ ou $\frac{XM}{Xm}$	$\frac{Xm}{Y}$	$\frac{XM}{Y}$

Exercice 4

1) Indiquons, en le justifiant,

a) le mode de transmission de la maladie (dominant ou récessif) ;

L'analyse du pedigree montre qu'un individu malade a au moins l'un de ses parents malades. De plus les individus apparemment sains ne transmettent pas la maladie à leur descendance et la maladie ne saute pas de génération. Ces trois observations nous permettent de conclure que cette maladie se transmet selon un mode dominant.

Choix des symboles : allèle saint : s ; allèle malade : S.

b) la localisation chromosomique de l'allèle (autosomal ou lié au sexe).

L'observation du pedigree montre que la maladie change de sexe à chaque génération : le père I₂ malade, transmet la maladie à ses filles II₂ et II₄, et la mère II₂ à son fils III₂. Cette observation nous permet de conclure que l'allèle responsable de cette maladie est porté par le chromosome sexuel X.

2) Les génotypes de tous les membres de cette famille.

Individus	I ₁ , II ₆ , III ₁ , III ₅ , III ₃ , III ₇	II ₂ , II ₄	I ₂ , III ₂	II ₁ , II ₃ , II ₅ , III ₄ , III ₆ , III ₈
Génotypes	$\frac{Xs}{Xs}$	$\frac{XS}{XS}$	$\frac{XS}{Y}$	$\frac{Xs}{Y}$

Exercice 5**1) Indiquons le mode de transmission de la maladie (dominant ou récessif)**

Les parents II₃ et II₄ apparemment sains, ont donné naissance à 3 enfants III₆, III₈ et III₁₀ malades ; ce qui signifie que l'allèle de la maladie était masqué chez ces parents par l'allèle normal. Donc l'allèle de la maladie est récessif et l'allèle normal est dominant.

N.B. : le même raisonnement peut être mené avec les parents III₃ et III₄ et les enfants malades IV₁, IV₂, IV₃.

Choix des symboles : allèle malade : p ; allèle sain : P.

2) Localisation chromosomique du gène responsable de la phénylcétonurie

L'allèle de la maladie étant récessif, s'il était porté par le chromosome sexuel X, les pères des filles malades III₁₀, IV₂ et IV₃ le seraient puisqu'elles reçoivent forcément de ces derniers le chromosome sexuel X ; ce qui n'est pas le cas puisque ces pères sont sains. Donc l'allèle de cette maladie n'est pas porté par le chromosome X. Si cet allèle était porté par le chromosome Y, seuls les garçons seraient malades et les pères des garçons malades le seraient ; ce qui n'est pas le cas car les filles III₁₀, IV₂ et IV₃ sont malades et les pères II₃ et III₃ sont sains. Donc l'allèle de cette maladie est porté par un autosome.

3) Explication de ces faits

Ces individus, quoique étant sains, possèdent l'allèle de la maladie et sont par conséquent hétérozygotes.

4) Explication du nombre élevé d'enfants atteints chez le couple III₃ et III₄

Les parents III₃ et III₄ sont cousins germains ; il s'agit donc d'un mariage consanguin ce qui augmente la possibilité d'avoir des enfants malades d'où la fréquence élevée d'enfants malades (3 enfants sur 4).

5) Génotypes des individus II₃, II₄, III₃, III₄, III₇, III₈, et III₁₀

Individus	II ₃ , II ₄ , III ₃ , III ₄	III ₈ , III ₁₀	III ₇
Génotypes	$\begin{array}{c} P \\ \text{---} \\ p \end{array}$	$\begin{array}{c} p \\ \text{---} \\ p \end{array}$	$\begin{array}{c} P \\ \text{---} \\ P \end{array}$ ou $\begin{array}{c} P \\ \text{---} \\ p \end{array}$

Exercice 6**1- Déterminons si l'allèle responsable de cette maladie est récessif ou dominant.**

Lorsqu'un individu est rachitique, un de ses parents l'est aussi. Par contre si aucun membre du couple n'est rachitique, aucun enfant n'est rachitique et ainsi de suite. On en déduit que l'allèle responsable du rachitisme est dominant.

Choix des symboles

- Individu rachitique : S
- Individu sain : s

CORRECTION

Remarque : Si l'allèle était récessif, il aurait fallu que les deux parents aient au moins un allèle malade pour que le couple ait des enfants malades. Ce cas peut être exclu car l'anomalie est rare.

2- Démontrons si l'allèle du rachitisme vitamino-résistant est autosomal ou lié au sexe.

➤ On suppose que l'allèle est autosomal.

Dans ce cas, un individu rachitique a le génotype $\frac{S}{S}$ ou $\frac{S}{s}$ et un individu sain a le génotype $\frac{s}{s}$.

Ainsi dans la descendance du mariage d'un individu sain avec un individu malade, on aura des enfants rachitiques seulement ou des enfants rachitiques et d'autres sains sans distinction de sexe. S'il s'agit d'un mariage entre deux individus sains, il n'y aura aucun rachitique dans la descendance. Ces deux cas ne peuvent être exclus à partir de l'arbre généalogique. Donc l'allèle est autosomal.

➤ On suppose que l'allèle est lié au sexe.

Dans ce cas les génotypes possibles des individus sont les suivants :

Individus	Homme rachitique	Homme sain	Femme saine	Femme rachitique
Génotypes	$\frac{XS}{Y}$	$\frac{Xs}{Y}$	$\frac{Xs}{Xs}$	$\frac{XS}{Xs}$ ou $\frac{XS}{XS}$

Dans ces conditions :

- le couple d'un homme rachitique et d'une femme saine n'a que des filles rachitiques. Aucun garçon de cette descendance n'est atteint par cette maladie.
- Lorsque la femme seule est rachitique dans le couple, les garçons et les filles peuvent être affectés par la maladie.
- Si aucun parent n'est rachitique, aucun enfant ne peut l'être.

Ces différentes situations ne peuvent pas être refusées à partir de l'arbre généalogique qui nous est proposé. Donc l'allèle est lié au sexe.

3- a) Analyse des résultats

Lorsque le père seul est malade, seules les filles le sont. Par contre si c'est la mère seule qui est rachitique, des garçons et des filles de la descendance peuvent être rachitiques.

b) Déduisons alors si l'allèle est autosomal ou lié au sexe.

L'allèle responsable du rachitisme vitamino-résistant est lié au sexe.

4) Génotypes des individus 1, 2, 7, 8.

Individus	1	2	7	8
Caractéristiques	Homme rachitique	Femme saine	Femme rachitique dont la mère est saine	Homme sain
Génotypes	$\frac{XS}{Y}$	$\frac{Xs}{Xs}$	$\frac{XS}{Xs}$	$\frac{Xs}{Y}$

Exercice 7

1. Recherchons si l'allèle responsable de la maladie est dominant ou récessif

La maladie apparaît à chaque génération. Tous les enfants du couple I (1X2) où la femme est malade, sont atteints. Il en est de même pour le couple II (1X2) où l'homme est malade. Donc, l'allèle responsable de la maladie est dominant. **Ou**

➤ **Hypothèse** : l'allèle responsable de la maladie est récessif.

Les individus I₁, II₂, II₅ phénotypiquement sains, ont très peu de chance d'être hétérozygotes car la maladie ne s'est jamais manifestée dans leurs familles respectives. Ils sont probablement homozygotes. Dans ce cas, les enfants II₂, II₃, II₄, III₁, III₂, III₃ malades sont hétérozygotes car ils reçoivent un allèle normal de l'un de leurs parents respectifs. Si l'allèle responsable de la maladie était récessif, étant hétérozygotes, ces enfants auraient dus avoir un phénotype normal, ce qui n'est pas le cas. Donc l'allèle responsable de la maladie est dominant. **Ou**

➤ **Hypothèse** : l'allèle responsable de la maladie est dominant.

Le père I₁ phénotypiquement sain est probablement homozygote car il vient d'une famille où la maladie ne s'est jamais déclarée. La mère I₂ phénotypiquement malade peut être homozygote ou hétérozygote. Les enfants de ce couple, tous malades, reçoivent un allèle normal de leur père et un allèle malade de leur mère. Ils sont donc hétérozygotes et de phénotype malade : ce qui confirme l'hypothèse. Donc l'allèle responsable de la maladie est dominant.

Choix des symboles : malade : [N] ; normal : [n].

2. Indiquons si la maladie est portée par un chromosome sexuel ou un autosome

La maladie frappe aussi ben les filles que les garçons donc l'allèle responsable de la maladie est porté par un autosome. **Ou**

➤ **Hypothèse 1** : le gène est porté par le chromosome sexuel Y. Dans ce cas, il ne devrait pas y avoir de fille malade, or les filles I₂, II₄, III₂, III₃, III₄ sont malades. Donc l'allèle responsable de la maladie n'est pas porté par le chromosome sexuel Y.

➤ **Hypothèse 2** : le gène est porté par le chromosome sexuel X. Considérons le couple II (1X2). La femme II₁ aurait comme génotype $\frac{Xn}{Xn}$ son mari II₂ $\frac{XN}{Y}$

Descendance probable :

mâle ♂	50% $\frac{XN}{Y}$	50% \rightarrow
femme ♀	50% $\frac{XN}{Xn}$ [N]	50% $\frac{Xn}{Y}$ [n]
100% Xn		

Bilan : 50% ♀ [N], 50% ♂ [n]

Dans ce cas tous les garçons sont sains. Or le pedigree montre que le garçon III₁ est malade. Donc l'allèle responsable de la maladie n'est pas porté par le chromosome sexuel X mais par un autosome.

3. Génotypes des individus II₃, III₂ d'une part et des individus III₃, III₆ d'autre part.

➤ Génotypes des individus III₃ et III₆.

La fille III₃ est malade. Elle a reçu un allèle malade de son père II₂ et un allèle normal de sa mère II₁. Elle est donc hétérozygote

Le garçon III₆ est normal. Il est donc homozygote.

➤ Génotypes des individus II₃ et III₂.

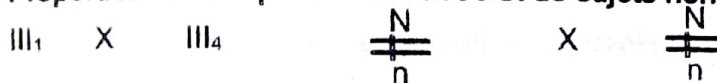
Ces individus ont pour parents :

- un homozygote normal $\frac{n}{n}$ (I₁ et II₁)
 - un hétérozygote malade $\frac{N}{n}$ (II₂ et I₂) ou un homozygote malade $\frac{N}{N}$ (I₂).
 - Ils ont donc reçu au moins un allèle normal du parent sain.
- Ils sont forcément hétérozygotes $\frac{N}{n}$

4. a) Génotypes des individus III₁ et III₄.

Les individus III₁ et III₄ ont reçu un allèle normal de leur parent sain et un allèle malade de leur parent malade. Ils sont donc hétérozygotes. $\frac{N}{n}$

b) Proportions théoriques de malades et de sujets non atteints dans la descendance



Gamètes produits : chaque parent produit 2 types de gamètes avec les mêmes fréquences d'apparition soit 50% de N et 50% de n.

mâle ♂	50% $\frac{N}{n}$	50% $\frac{n}{n}$
femelle ♀	50% $\frac{N}{n}$	50% $\frac{n}{n}$
50% $\frac{N}{n}$	25% $\frac{N}{N}$ [N]	25% $\frac{N}{n}$ [N]
50% $\frac{n}{n}$	25% $\frac{N}{n}$ [N]	25% $\frac{n}{n}$ [n]

Bilan : 75% [N] et 25% [n]

c) Proposons un conseil à donner à ce couple

De ce mariage, tout enfant à naître aura un risque de 75% d'être malade.

Il est donc à déconseiller. De plus il s'agit d'un mariage consanguin qui favorise l'apparition des tares héréditaires.

Exercice 8 (extrait BAC BLANC REGIONAL 2014 DRENET ABIDJAN3 série C)**1- Les différents codons sont :**

Sujet A : GUA-CAC-CUC-ACU-CCA-GUA-CAG

1 2 3 4 5 6 7

Sujet B : GUA-CAC-CUC-ACU-CCA-GAA-CAG

1 2 3 4 5 6 7

2- Nomination de ce tableau.

Ce tableau est le code génétique

3- Relevons dans le tableau :

a- Les codons responsables de la ponctuation sont : UAA, UAG et UGA

b- Le nombre de codons et d'acides aminés :

On a 20 acides aminés et 64 codons

4- Explication de la différence entre le nombre de codons et le nombre d'acides aminés dans le tableau.

La différence entre le nombre de codons et le nombre d'acides aminés s'explique par le fait que plusieurs codons déterminent un même acide aminé : c'est la redondance.

5-**a- Détermination des chaînes d'acides aminés :**

Sujet A: Val-His-Leu-thr-pro-Val-gln

Sujet B : Val-His-Leu-thr-pro-glu-gln

b- Comparaisons des deux chaînes d'acides aminés obtenues :

- Les deux chaînes partielles ont le même nombre d'acides aminés.
- La différence entre les 2 chaînes d'acides aminés se situe au niveau de 6^e acide aminé de ces chaînes partielles. En effet l'acide glutamique de la chaîne normale est remplacé par la valine dans la chaîne anormale.

c- Dédution de l'origine de la drépanocytose.

La drépanocytose a pour origine le remplacement dans la chaîne normale d'acides aminés, de l'acide glutamique (glu) par la valine (Val).

COMMENT LA TRANSMISSION DE DEUX CARACTERES HEREDITAIRES SE FAIT-ELLE ?

RAPPEL DE COURS

I-LES GENES RESPONSABLES DE CES DEUX CARACTERES SONT-ILS TRANSMIS PAR DES CHROMOSOMES DIFFERENTS ?

1. Observation

2. Etude du 1^{er} croisement (F1)

- a- Analyse
- b- Interprétation

3. Etude du 2^{ème} croisement (F2)

- a- Analyse de la F2 : étude caractère par caractère

Pour chaque caractère faire :

- analyse (calcul des proportions)
- interprétation
- choix des symboles
- couple d'allèles
- génotypes des individus croisés

b- Etude simultanée des deux caractères

- Hypothèse d'indépendance (supposer que les deux caractères sont indépendants)
- Recherche de la ségrégation (système branché)
- Test de l'hypothèse d'indépendance

4. Vérification des croisements

II-LES GENES RESPONSABLES DE CES DEUX CARACTERES SONT-ILS TRANSMIS PAR UN MEME CHROMOSOME ?

1. Observation (voir gènes indépendants)

2. Etude du 1^{er} croisement (F1) (voir gènes indépendants)

3. Etude du 2^{ème} croisement (F2) (voir gènes indépendants)

4. Calcul de la distance génétique

- Recherche des positions CIS ou TRANS.
- Déterminer les gamètes parentaux et les gamètes recombinés.
- Déterminer la distance génétique (Dg).

a) Calcul de la distance génétique d'un test cross

$$Dg = \% \text{ des phénotypes minoritaires}$$

Car provenant des gamètes recombinés

b) Calcul de la distance génétique d'un croisement non test cross

$Dg = p \times 100$ avec $p =$ fréquence des gamètes recombinés

1^{er} cas : Parent1 (cis) X Parent2 (cis)

$(1-p) / 2 \times (1-p) / 2 =$ effectif observé du double récessif / effectif total

2^{ème} cas : Parent1 (trans) X Parent2 (trans)

$p/2 \times p/2 =$ effectif observé du double récessif / effectif total

3^{ème} cas : Parent1 (cis) X Parent2 (trans)

$(1-p) / 2 \times p/2 =$ effectif observé du double récessif / effectif total

4^{ème} cas : Parent1 (cis) X Parent2 (cis sans crossing over)

$(1-p) / 2 \times 1/2 =$ effectif observé du double récessif / effectif total

5^{ème} cas : Parent1 (trans) X Parent2 (cis sans crossing over)

$p/2 \times 1/2 =$ effectif observé du double récessif / effectif total

- Etablir la carte factorielle.

5. Vérification des croisements

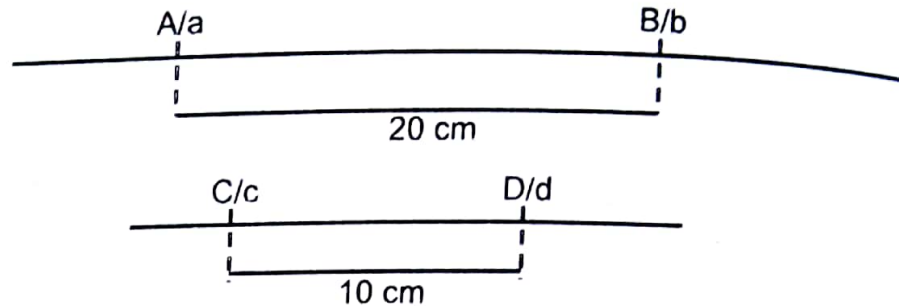
EXERCICES RESOLUS**Exercice 1**

On croise deux lignées pures de tomate l'une présente le caractère jointless intéressant pour la culture mécanique des fruits. Cependant cette lignée est sensible au stemphyllium un parasite. La deuxième lignée ne possède pas le caractère jointless mais est résistante au stemphyllium. Les tomates de la première génération sont toutes résistantes au stemphyllium mais ne possèdent pas le caractère jointless.

- 1) a- Nommez ce croisement.
 b- Nommez les individus de la descendance.
 c- Indiquer les phénotypes dominants.
 d- Justifier votre réponse.
- 2) a- Choisissez les symboles des caractères étudiés.
 b- Peut-on écrire les génotypes des parents croisés ? Justifiez votre réponse.
- 3) On réalise un croisement entre les tomates de la première génération on obtient les résultats suivants :
 - 66% non jointless résistant ;
 - 9% jointless résistant ;
 - 16% jointless sensible ;
 - 9% non jointless sensible.
 a- Nommez ce croisement.
 b- Montrez par un raisonnement logique que ces deux gènes sont liés ou indépendants.
 c- Ecrivez le génotype des parents croisés.
 d- Calculez la distance génétique.
- 4) On réalise maintenant un croisement entre les hybrides de la première génération et parent présentant le caractère jointless et sensible au stemphyllium, on obtient les résultats suivants :
 - 39% non jointless résistant ;
 - 11% jointless résistant ;
 - 39% jointless sensible ;
 - 11% non jointless sensible ;
 a- Nommez ce croisement.
 b- Montrez par un raisonnement logique que ces deux gènes sont liés ou indépendants.
 c- Ecrivez le génotype des parents croisés.
 d- Calculez la distance génétique.

Exercice 2

En étudiant les caractéristiques morphologiques chez le maïs les chercheurs ont mis en évidence plusieurs couples d'allèles et déterminé deux groupes de liaisons dessinés ci-dessous :



On réalise deux croisements ci-dessous :

Croisement 1 : individus homozygote et hétérozygote de phénotype (a B) par des individus double hétérozygote en position trans de phénotype (A B).

Croisement 2 : individus double hétérozygote de phénotype (A D) par des individus homozygote et hétérozygote de phénotype (a D).

- 1) Identifiez les différents couples d'allèles.
- 2) Identifiez les relations qui existent entre eux.
- 3) Pour 1000 individus analysés, donnez la composition de la descendance des croisements.

Exercice 3

On réalise deux expériences de dihybridisme avec des drosophiles qui sont toutes de lignée pure au départ.

- a) On croise deux lignées pures de drosophiles, l'une à ailes longues et yeux rouges (sauvage), l'autre à ailes vestigiales et yeux sépia (mutante).

Les hybrides de la F_1 ont tous un phénotype ailes longues et yeux rouges.

- b) On réalise un croisement en retour, en croisant des drosophiles femelles de F_1 avec des drosophiles mâles doubles récessifs. Sur un grand nombre de cas, on a obtenu :

- 25% de drosophiles à ailes longues et yeux rouges ;
- 25% de drosophiles à ailes vestigiales et yeux rouges ;
- 25% de drosophiles à ailes longues et yeux sépia ;
- 25% de drosophiles à ailes vestigiales et yeux sépia.

Analysez et interprétez ces résultats.

Exercice 4

Un ingénieur agronome dispose de grains de maïs, tous sombres et déprimés. Les grains sombres sont dominants par rapport aux grains clairs. Les grains pleins sont dominants par rapport aux grains déprimés. Il sème ces grains de maïs. Les plants obtenus donnent des épis portants des grains dans les proportions suivantes :

- 2450 grains sombres et déprimés ;
 - 2400 grains clairs et pleins ;
 - 790 grains sombres et pleins ;
 - 608 grains clairs et déprimés.
- 1) Identifiez le(s) caractère(s) impliqué(s) dans ce croisement et le(s) phénotype(s) correspondant(s).
 - 2) Déterminez par un raisonnement logique, le génotype des grains de maïs cultivés, en considérant chaque caractère.
 - 3) Calculez la distance génétique si possible.
 - 4) Etablissez si possible la carte factorielle.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1**

Les pommes de terre peuvent avoir une forme arrondie ou allongée et leur peau peut être lisse ou veloutée : arrondie et lisse sont des phénotypes dominant. Chaque caractère est gouverné par un gène. Soit a et V les symboles de ces deux gènes. Les gènes a et V sont distants de 12 unités de recombinaison. On croise deux variétés de pommes de terre, les génotypes des parents P_1 et P_2 sont respectivement en position cis et trans

- 1) Retrouvez les génotypes et les phénotypes de la descendance et leurs proportions.
- 2) Calculez le nombre d'individus de chaque catégorie phénotypique pour une récolte de 1000 pommes de terre.

On réalise un deuxième croisement entre deux plants de pommes de terre P_3 et P_4 , on obtient la répartition suivante dans la récolte.

$[a, V] = 38,82\%$ $[A, v] = 11,18\%$ $[A, v] = 38,82\%$ $[a, V] = 11,18\%$ Nommez ce croisement

- 3) Retrouvez par un raisonnement logique le génotype et le phénotype des plants P_3 et P_4 croisés.

Exercice 2

- a) On croise deux lignées pures de Drosophiles, l'une à corps gris et ailes longues (sauvage), l'autre à corps noir et ailes vestigiales (mutante).

Les hybrides de la F_1 ont tous un phénotype corps gris et ailes longues.

- b) on réalise un croisement en retour se croisant des Drosophiles femelles hybride de F_1 avec des Drosophiles males doubles récessifs sur un grand nombre de cas on obtient :

- 41,5% de Drosophiles à corps gris et ailes longues ;
- 41,5% de Drosophiles à corps noir et ailes vestigiales ;
- 8,5% de Drosophiles à corps gris et ailes vestigiales ;
- 8,5% de Drosophiles à corps noir et ailes longues ;

- 1) Rappeler le sens des mots phénotype et génotype.
- 2) Indiquer les symboles que vous choisirez pour étudier ces gènes.
- 3) Dans les deux cas, pour chacun des deux gènes, dire quels sont l'allèle dominant et l'allèle récessif.
- 4) Ecrire les phénotypes et les génotypes des parents, de la F_1 dans les deux cas.
Quels sont et dans quelle proportion, les types de gamètes produits par F_1 .
- 5) Par un raisonnement rigoureux, en vous aidant de schémas, montrer où, dans chacun des deux cas, doit placer les gènes allèles du 2^{ème} par rapport aux gènes allèles du premier gène pour expliquer l'ensemble des résultats.
- 6) Vos propositions ne doivent pas être en contradiction avec des faits d'observation pour cela en utilisant vos connaissances, montré que vos propositions sont en concordance avec les faits observés au moment de la méiose.

Exercice 1**1- a Nom du croisement**

C'est l'hybridation

b- Nom de la descendance

C'est l'hybride ou l'hétérosis

c- Les phénotypes dominants sont :

Non Jointless et résistant

d- Justification

Les parents croisés sont de phénotypes différents et la F1 est homogène donc les phénotypes non jointless et résistant qui apparaissent à la F1 sont dominants.

2- a- Choix des symboles des caractères étudiés

Caractère « jointless » caractère « sensibilité »

Jointless.....j Sensible.....s

Non jointless.....J Résistant.....S

Couple d'allèle J/j Couple d'allèle S/s

b- Voyons si on peut écrire les génotypes des parents croisés.

Non, on ne peut pas écrire les génotypes des parents croisés.

Justification de la réponse

Nous ne savons pas si les deux couples d'allèles sont liés ou indépendants.

3- a- Nom du croisement

C'est une autofécondation

b- Montrons si les deux couples d'allèles sont liés ou indépendants➤ Etude caractère par caractère

Caractère « jointless »

Non jointless : 66% + 9% = 75% soit 3/4

Jointless : 9% + 16% = 25% soit 1/4

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 et 1/4 au niveau des phénotypes.

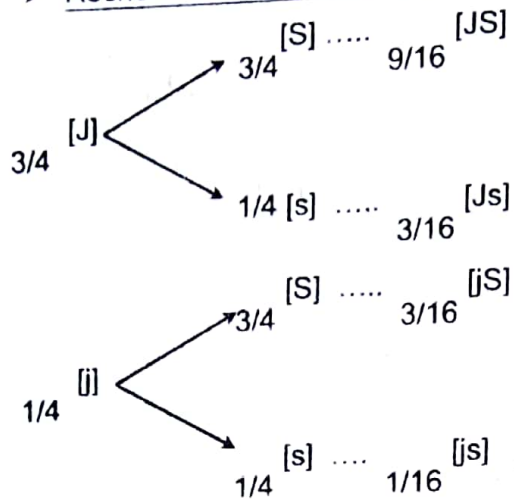
Caractère « sensibilité »

Résistant : 66% + 9% = 75% soit 3/4

Sensible : 16% + 9% = 25% soit 1/4

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 et 1/4 au niveau des phénotypes.

➤ Recherche de la ségrégation (système branché)



➤ Test de l'hypothèse d'indépendance

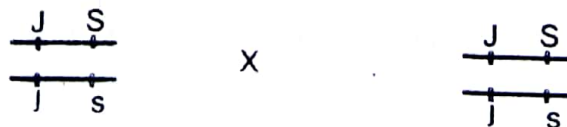
Phénotypes observés	% observés	Hypothèse d'indépendance	
		Ségrégation	% théoriques attendus
[JS]	66	9/16	$100 \times \frac{1}{4} = 56$
[Js]	9	3/16	$100 \times \frac{1}{4} = 19$
[jS]	9	3/16	$100 \times \frac{1}{4} = 19$
[js]	16	1/16	$100 \times \frac{1}{4} = 6$

T = 100

Les % théoriques attendus dans l'hypothèse d'indépendance sont statistiquement différents des % observés donc les 2 couples d'allèles J/j et S/s sont dépendants ou liés.

c- Ecrivons le génotype des parents croisés

Le % observé de [js] étant supérieur à son % théorique attendu dans l'hypothèse d'indépendance le génotype de l'hybride de la F1 est en position cis.



d- Calcul de la distance génétique

$$(1 - P) / 2 \times (1 - P) / 2 = 16/100$$

$$P = 0,2$$

$$DG = P \times 100 = 0,2 \times 100 = 20 \text{ UR ou CM}$$

4- a- Nom du croisement

C'est un test cross

b- Montrons si les deux couples d'allèles sont liés ou indépendants

➤ Etude caractère par caractère

Caractère « jointless »

Non jointless : 39% + 11% = 50% soit 1/2

Jointless : 11% + 39% = 50% soit 1/2

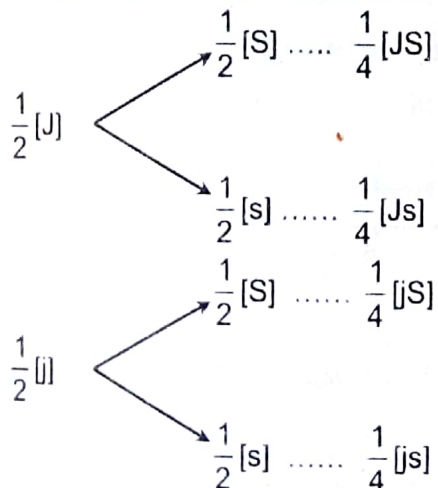
On obtient une descendance en ségrégation 1/2 et 1/2 au niveau des phénotypes

Caractère « sensibilité »

Résistant: 39% + 11% = 50% soit 1/2

Sensible: 39% + 11% = 50% soit 1/2

On obtient une descendance en ségrégation 1/2 et 1/2 au niveau des phénotypes.

➤ Etude simultanée des deux caractères : recherche de la ségrégation

➤ Test de l'hypothèse d'indépendance

Phénotypes observés	% observés	Hypothèse d'indépendance	
		Ségrégation	% théoriques attendus
[JS]	39	$\frac{1}{4}$	$100 \times \frac{1}{4} = 25$
[Js]	11	$\frac{1}{4}$	$100 \times \frac{1}{4} = 25$
[jS]	11	$\frac{1}{4}$	$100 \times \frac{1}{4} = 25$
[js]	39	$\frac{1}{4}$	$100 \times \frac{1}{4} = 25$

T = 100

Les % théoriques attendus dans l'hypothèse d'indépendance sont statistiquement différents des % observés donc les 2 couples d'allèles J/j et S/s sont dépendants ou liés.

c- Ecrivons le génotype des parents croisés

Le % observé de [js] étant supérieur à son % théorique attendu dans l'hypothèse d'indépendance le génotype de l'hybride de la F1 est en position cis

Et le parent double récessif est homozygote récessif.



d- Calcul de la distance génétique

Ce croisement étant un test cross donc les gamètes de F1 s'exprime dans la descendance en qualité et en quantité.

Les deux phénotypes minoritaires proviennent des gamètes recombinés

DG = % des gamètes recombinés

donc DG = 11% + 11% = 22 UR ou CM

Exercice 2

1) Identification des différents couples d'allèles

A/a ; B/b ; C/c et D/d

2) Identification des relations qui existent entre eux.

➤ Les couples indépendants

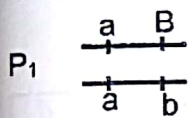
A/a et C/c ou A/a et D/d ou B/b et C/c ou B/b et D/d

➤ Les couples liés

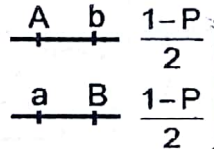
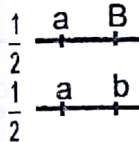
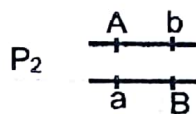
A/a et B/b ou C/c et D/d

3) Composition de la descendance des croisements.

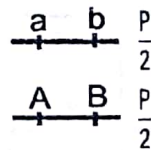
➤ 1^{er} croisement



X



} gamètes parentaux



} gamètes récombinés

$Dg = P \times 100 \Leftrightarrow P = \frac{Dg}{100} = \frac{20}{100} = 0,2$

$\frac{1-P}{2} = \frac{1-0,2}{2} = 0,4 \Leftrightarrow \frac{P}{2} = \frac{0,2}{2} = 0,1$

Echiquier de croisement

	P ₂	0,4 $\frac{A \quad b}{a \quad B}$	0,4 $\frac{a \quad B}{a \quad B}$	0,1 $\frac{A \quad B}{a \quad b}$	0,1 $\frac{a \quad b}{a \quad b}$
P ₁					
$\frac{1}{2} \frac{a \quad B}{a \quad B}$		0,2 $\frac{A \quad b}{a \quad B}$ [AB] $\frac{a \quad B}{a \quad B}$	0,2 $\frac{a \quad B}{a \quad B}$ [aB] $\frac{a \quad B}{a \quad B}$	0,05 $\frac{A \quad B}{a \quad b}$ [AB] $\frac{a \quad B}{a \quad b}$	0,05 $\frac{a \quad b}{a \quad b}$ [aB] $\frac{a \quad B}{a \quad b}$
$\frac{1}{2} \frac{a \quad b}{a \quad b}$		0,2 $\frac{A \quad b}{a \quad b}$ [Ab] $\frac{a \quad B}{a \quad b}$	0,2 $\frac{a \quad B}{a \quad b}$ [aB] $\frac{a \quad B}{a \quad b}$	0,05 $\frac{A \quad B}{a \quad b}$ [AB] $\frac{a \quad b}{a \quad b}$	0,05 $\frac{a \quad b}{a \quad b}$ [ab] $\frac{a \quad b}{a \quad b}$

Bilan :

[AB] = 0,05 × 2 + 0,2 = 0,3 × 1000 = 300

[Ab] = 0,2 × 1000 = 200

[aB] = 0,2 × 2 + 0,05 = 0,45 × 1000 = 450

[ab] = 0,05 × 1000 = 50

> 2^{ème} croisement

P ₁	$\frac{A}{+}$ $\frac{a}{+}$	X	P ₂	$\frac{a}{+}$ $\frac{a}{+}$		$\frac{D}{+}$ $\frac{d}{+}$
Gamètes	$\frac{1}{4}$	$\frac{A}{+}$	$\frac{D}{+}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{a}{+}$	$\frac{D}{+}$
produits	$\frac{1}{4}$	$\frac{A}{+}$	$\frac{d}{+}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{a}{+}$	$\frac{d}{+}$
	$\frac{1}{4}$	$\frac{a}{+}$	$\frac{D}{+}$			
	$\frac{1}{4}$	$\frac{a}{+}$	$\frac{a}{+}$			

Echiquier de croisement

	P ₂	1/4 $\frac{A}{+}$ $\frac{D}{+}$	1/4 $\frac{A}{+}$ $\frac{d}{+}$	1/4 $\frac{a}{+}$ $\frac{D}{+}$	1/4 $\frac{a}{+}$ $\frac{d}{+}$
P ₁					
1/2	$\frac{a}{+}$ $\frac{D}{+}$	0,125 [AD] $\frac{A}{+}$ $\frac{D}{+}$ $\frac{a}{+}$ $\frac{D}{+}$	0,125 [AD] $\frac{A}{+}$ $\frac{d}{+}$ $\frac{a}{+}$ $\frac{D}{+}$	0,125 [aD] $\frac{a}{+}$ $\frac{D}{+}$ $\frac{a}{+}$ $\frac{D}{+}$	0,125 [aD] $\frac{a}{+}$ $\frac{d}{+}$ $\frac{a}{+}$ $\frac{D}{+}$
1/2	$\frac{a}{+}$ $\frac{d}{+}$	0,125 [AD] $\frac{A}{+}$ $\frac{D}{+}$ $\frac{a}{+}$ $\frac{d}{+}$	0,125 [Ad] $\frac{A}{+}$ $\frac{d}{+}$ $\frac{a}{+}$ $\frac{d}{+}$	0,125 [aD] $\frac{a}{+}$ $\frac{D}{+}$ $\frac{a}{+}$ $\frac{d}{+}$	0,125 [ad] $\frac{a}{+}$ $\frac{d}{+}$ $\frac{a}{+}$ $\frac{d}{+}$

Bilan :

$$[AD] = 0,125 \times 3 = 0,375 \times 1000 = 375$$

$$[Ad] = 0,125 \times 1000 = 125$$

$$[aD] = 0,125 \times 3 = 0,375 \times 1000 = 375$$

$$[ad] = 0,125 \times 1000 = 125$$

Exercice 3**1) Observation de la F₁**

Ces croisements mettent en évidence deux caractères à savoir :

- Le caractère « taille des ailes » qui s'exprime sous deux phénotypes long et vestigiale.
- Le caractère « couleur des yeux » qui s'exprime sous deux phénotypes rouge et sépia.

Dans le 1^{er} croisement, les parents croisés sont de phénotypes différents et la F₁ est homogène.

2) Interprétation de la F₁

Les parents croisés sont de race pure et le phénotype qui s'exprime à la F₁ est dominant.

3) Analyse de la F₂ : étude caractère par caractère**a) « Taille des ailes »****➤ Analyse**

$$F_2 \begin{cases} \text{long}) = 25\% + 25\% = 50\% \text{ soit } 1/2 \\ \text{vestigiale}) = 25\% + 25\% = 50\% \text{ soit } 1/2 \end{cases}$$

On obtient une descendance en ségrégation 1/2 et 1/2 au niveau des phénotypes.

➤ Interprétation

Les proportions 1/2 et 1/2 nous permettent d'affirmer que :

- Le caractère « taille des ailes » est gouverné par un couple d'allèles avec dominance complète.
- Les parents croisés sont l'un hétérozygote et l'autre homozygote récessif.

➤ Choix des symboles

- Vestigiale est récessif : vg ;
- Long est dominant : vg⁺.

➤ Couple d'allèles : vg⁺/vg**➤ Génotypes des parents croisés :**

$$\begin{array}{c} \text{vg}^+ \\ \text{---} \\ \text{vg} \end{array} \quad \text{et} \quad \begin{array}{c} \text{vg} \\ \text{---} \\ \text{vg} \end{array}$$

b) « Couleur de yeux »**➤ Analyse**

$$F_2 \begin{cases} \text{rouge}) = 25\% + 25\% = 50\% \text{ soit } 1/2 \\ \text{sépia}) = 25\% + 25\% = 50\% \text{ soit } 1/2 \end{cases}$$

On obtient une descendance en ségrégation 1/2 et 1/2 au niveau des phénotypes.

➤ Interprétation

Les proportions 1/2 et 1/2 nous permettent d'affirmer que :

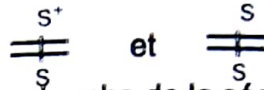
- Le caractère « couleur des yeux » est gouverné par un couple d'allèles avec dominance complète.
- Les parents croisés sont l'un hétérozygote et l'autre homozygote récessif.

➤ Choix des symboles

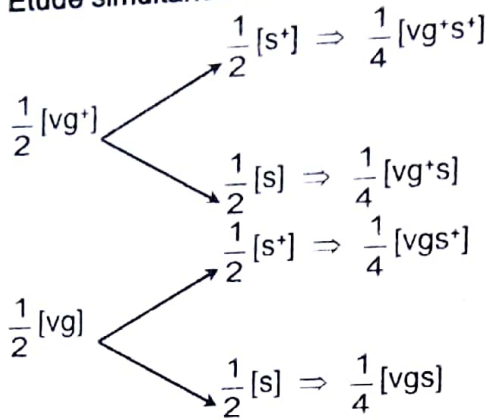
- sépia est récessif : s ;
- rouge est dominant : s⁺.

➤ Couple d'allèles : s⁺/s

➤ Génotypes des parents croisés :



4) Etude simultanée des deux caractères : recherche de la ségrégation



5) Test de l'hypothèse d'indépendance

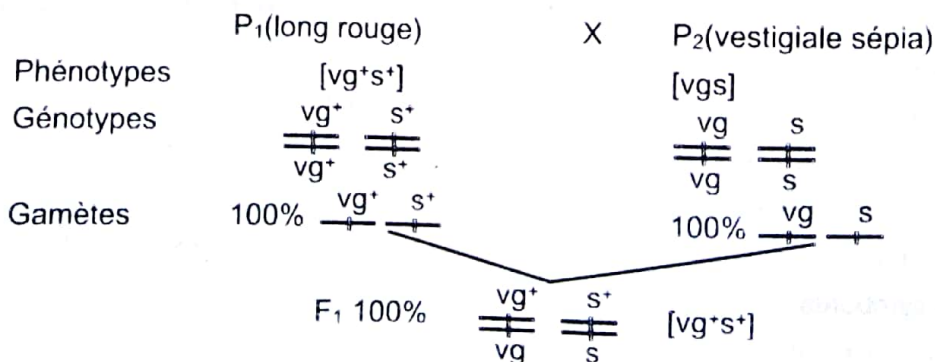
Phénotypes observés	Effectifs observés	Hypothèse d'indépendance	
		Ségrégation	Effectifs théoriques attendus
[vg ⁺ s ⁺]	25%	$\frac{1}{4}$	$100\% \times \frac{1}{4} = 25\%$
[vg ⁺ s]	25%	$\frac{1}{4}$	$100\% \times \frac{1}{4} = 25\%$
[vgs ⁺]	25%	$\frac{1}{4}$	$100\% \times \frac{1}{4} = 25\%$
[vgs]	25%	$\frac{1}{4}$	$100\% \times \frac{1}{4} = 25\%$

T = 100%

Les effectifs théoriques attendus dans l'hypothèse d'indépendance sont statistiquement identiques aux effectifs observés donc les 2 couples d'allèles vg⁺/vg et s⁺/s sont indépendants.

6) Vérification des croisements

➤ 1^{er} croisement



2^{ème} croisement

	♀ F ₁ (long rouge)	X	♂ P ₂ (vestigiale sépia)
Phénotypes	[vg ⁺ s ⁺]		[vgs]
Génotypes	$\frac{vg^+}{vg} \frac{s^+}{s}$		$\frac{vg}{vg} \frac{s}{s}$
Gamètes	$\frac{1}{4} \frac{vg^+}{-} \frac{s^+}{-}$ $\frac{1}{4} \frac{vg^+}{-} \frac{s}{-}$ $\frac{1}{4} \frac{vg}{-} \frac{s^+}{-}$ $\frac{1}{4} \frac{vg}{-} \frac{s}{-}$		$1 \frac{vg}{-} \frac{s}{-}$

Echiquier de croisement

	♀ F ₁	1/4 $\frac{vg^+}{-} \frac{s^+}{-}$	1/4 $\frac{vg^+}{-} \frac{s}{-}$	1/4 $\frac{vg}{-} \frac{s^+}{-}$	1/4 $\frac{vg}{-} \frac{s}{-}$
	♂ P ₁				
	1	1/4 $\frac{vg^+}{-} \frac{s^+}{-}$ $\frac{vg}{-} \frac{s}{-}$ [vg ⁺ s ⁺]	1/4 $\frac{vg^+}{-} \frac{s}{-}$ $\frac{vg}{-} \frac{s}{-}$ [vg ⁺ s]	1/4 $\frac{vg}{-} \frac{s^+}{-}$ $\frac{vg}{-} \frac{s}{-}$ [vgs ⁺]	1/4 $\frac{vg}{-} \frac{s}{-}$ $\frac{vg}{-} \frac{s}{-}$ [vgs]

Bilan :

$$[vg^+s^+] = \frac{1}{4} \times 100\% = 25\%$$

$$[vgs^+] = \frac{1}{4} \times 100\% = 25\%$$

$$[vg^+s] = \frac{1}{4} \times 100\% = 25\%$$

$$[vgs] = \frac{1}{4} \times 100\% = 25\%$$

Exercice 4

1) Caractère(s) impliqué(s) dans ce croisement et le(s) phénotype(s) correspondant(s).

- Le caractère « éclat des grains » qui s'exprime sous deux phénotypes **sombre** et **clair**.
- Le caractère « aspect des grains » qui s'exprime sous deux phénotypes **déprimé** et **plein**.

2) Le génotype des grains de maïs cultivés, en considérant chaque caractère.

a) Caractère « éclat des grains »

$$F_1 \begin{cases} \text{sombre) = } \frac{2450 + 790}{2450 + 2400 + 790 + 608} = \frac{3240}{6248} \times 100 = 50\% \\ \text{clair) = } \frac{2400 + 608}{2450 + 2400 + 790 + 608} = \frac{3008}{6248} \times 100 = 50\% \end{cases}$$

On obtient une descendance en ségrégation 1/2 et 1/2 au niveau des phénotypes.

➤ **Interprétation**

Les phénotypes 1/2 et 1/2 nous permettent d'affirmer que :

- le caractère « éclat des grains » est gouverné par un couple d'allèle avec dominance complète ;
- les parents croisés sont l'un hétérozygote et l'autre homozygote récessif.

➤ **Choix des symboles**

- Sombre est dominant → C
- clair est récessif → c

➤ **Couple d'allèles : C/c**

➤ **Génotypes des parents croisés :** $\frac{C}{c}$ et $\frac{c}{c}$

b) **Caractère « aspect des grains »**

$$F_1 \begin{cases} \text{plein) = } \frac{2400 + 790}{2450 + 2400 + 790 + 608} \approx 50\% = 1/2 \\ \text{déprimé) = } \frac{2450 + 608}{2450 + 2400 + 790 + 608} \approx 50\% = 1/2 \end{cases}$$

On obtient une descendance en ségrégation 1/2 et 1/2 au niveau des phénotypes.

➤ **Interprétation**

Les phénotypes 1/2 et 1/2 nous permettent d'affirmer que :

- le caractère « aspect des grains » est gouverné par un couple d'allèle avec dominance complète ;
- les parents croisés sont l'un hétérozygote et l'autre homozygote récessif.

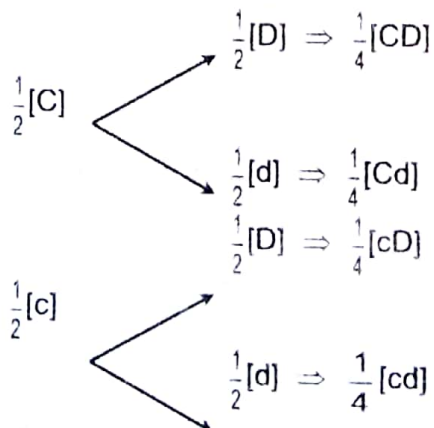
➤ **Choix des symboles**

- plein est dominant → D
- déprimé est récessif → d

➤ **Couple d'allèles : D/d**

➤ **Génotypes des parents croisés :** $\frac{D}{d}$ et $\frac{d}{d}$

c) **Recherche de la ségrégation**



d) Test de l'hypothèse d'indépendance

Phénotypes observés	Effectifs observés	Hypothèse d'indépendance	
		Ségrégation	Effectifs théoriques attendus
[CD]	790	$\frac{1}{4}$	$6248 \times \frac{1}{4} = 1562$
[Cd]	2450	$\frac{1}{4}$	$6248 \times \frac{1}{4} = 1562$
[cD]	2400	$\frac{1}{4}$	$6248 \times \frac{1}{4} = 1562$
[cd]	608	$\frac{1}{4}$	$6248 \times \frac{1}{4} = 1562$

$$T = 6248$$

Les effectifs théoriques attendus dans l'hypothèse d'indépendance sont statistiquement différents aux effectifs observés donc les 2 couples d'allèles C/c et D/d sont liés.

Le génotype est en position trans car l'effectif observé du double récessif est inférieur à l'effectif théorique attendu dans l'hypothèse d'indépendance.

Il s'agit aussi d'un **test cross** donc les génotypes des grains de maïs cultivé sont :



3) La distance génétique.

Ce test cross donne, dans la descendance, quatre (4) phénotypes :

- deux (2) majoritaires provenant des gamètes parentaux ;
- deux (2) minoritaires provenant des gamètes recombinés.

La distance génétique étant le pourcentage des gamètes recombinés donc pour la calculer nous ferons simplement le pourcentage des phénotypes minoritaires.

$$Dg = \frac{(790 + 608) \times 100}{6248} = 22,37 \text{ UR} = 22,40 \text{ UR}$$

4) La carte factorielle.

Echelle : 1,5 cm \rightarrow 10 UR

$$x \text{ (cm)} \rightarrow 22,40 \text{ UR}$$

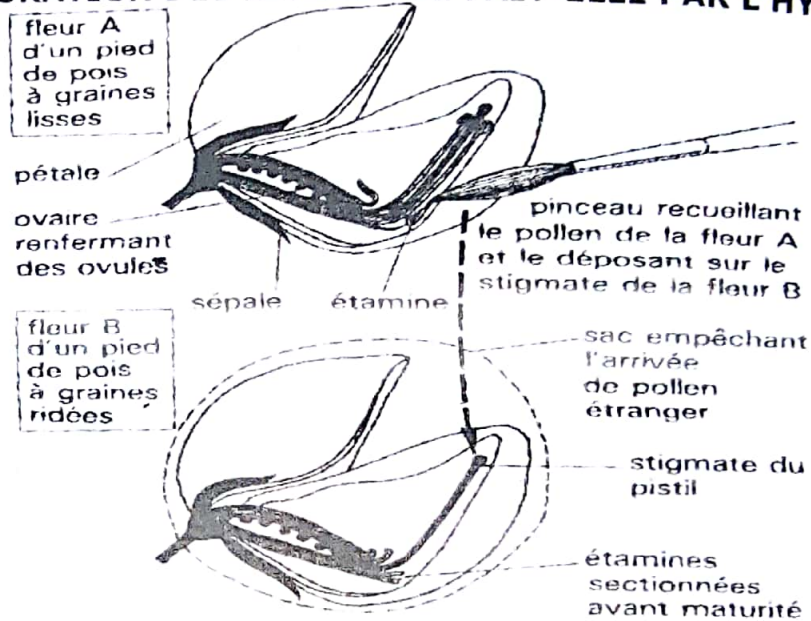
$$\Rightarrow x = \frac{22,40 \times 1,5}{10} = 3,36 \text{ cm}$$



COMMENT L'AMELIORATION DES ESPECES SE FAIT-ELLE ?

RAPPEL DE COURS

I. L'AMELIORATION DES ESPECES SE FAIT-ELLE PAR L'HYBRIDATION?



C'est le croisement entre deux races aux caractéristiques différentes. Ce qui permet de combiner les aptitudes ou les performances présentes séparément chez les deux parents. Pour réaliser une hybridation il est nécessaire d'alterner dans une même parcelle des pieds normaux appartenant à une variété A et des pieds castrés appartenant à une variété B. Les pieds B porteront les hybrides.

II. L'AMELIORATION DES ESPECES SE FAIT-ELLE PAR L'INSEMINATION ARTIFICIELLE ?

Elle se fait en plusieurs étapes :

1) Prélèvement du sperme

Le sperme est prélevé à l'aide d'un vagin artificiel.

2) La conservation du sperme

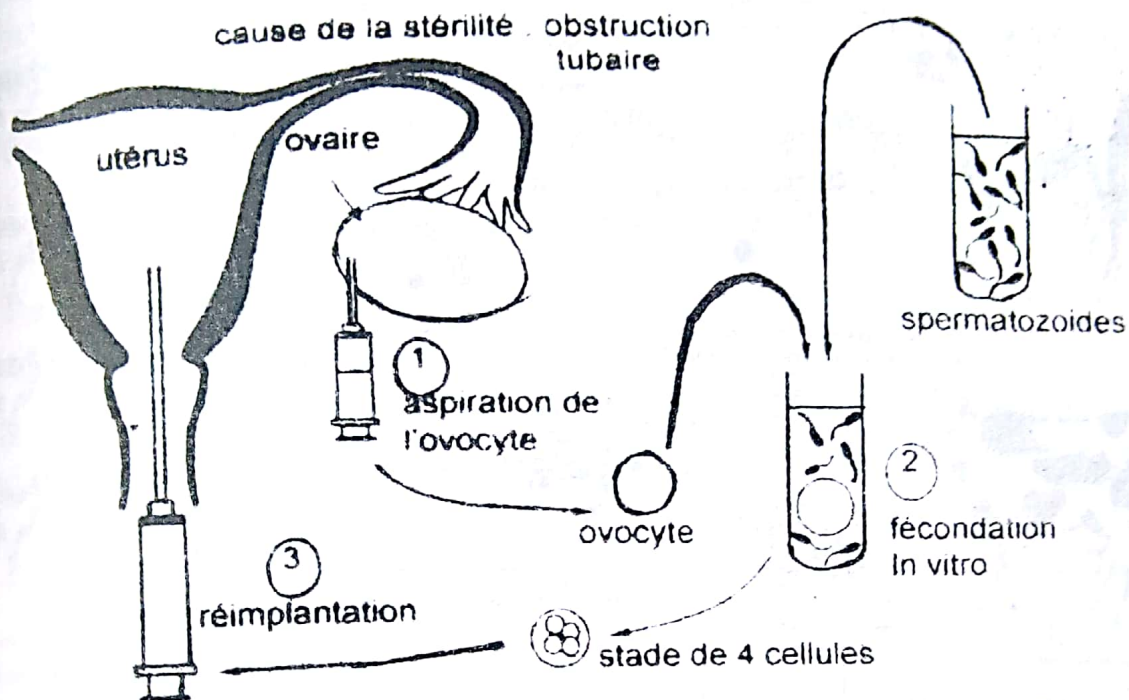
Les spermatozoïdes sont congelés à très basses température dans l'azote liquide (-196°C).

3) Procéder à l'insémination

Décongeler, puis injecter le contenu à l'aide d'une seringue spéciale dans l'utérus de la vache.

III. L'AMÉLIORATION DES ESPÈCES SE FAIT-ELLE PAR LA FIVETE (fécondation in vitro et transfert d'embryon) ?

La fivete se déroule en plusieurs étapes.



1) L'ovulation

Elle est déclenchée par stimulation hormonale.

2) L'insémination

Elle a lieu in vitro (hors de l'organisme) avec des spermatozoïdes traités à leur rendre fécondant. Elle est effectuée 4 heures après le prélèvement de l'ovocyte.

3) La fécondation

Elle a lieu in vitro 6 à 24 H après l'ovulation et la cellule œuf entame la segmentation.

4) Transfert de l'embryon

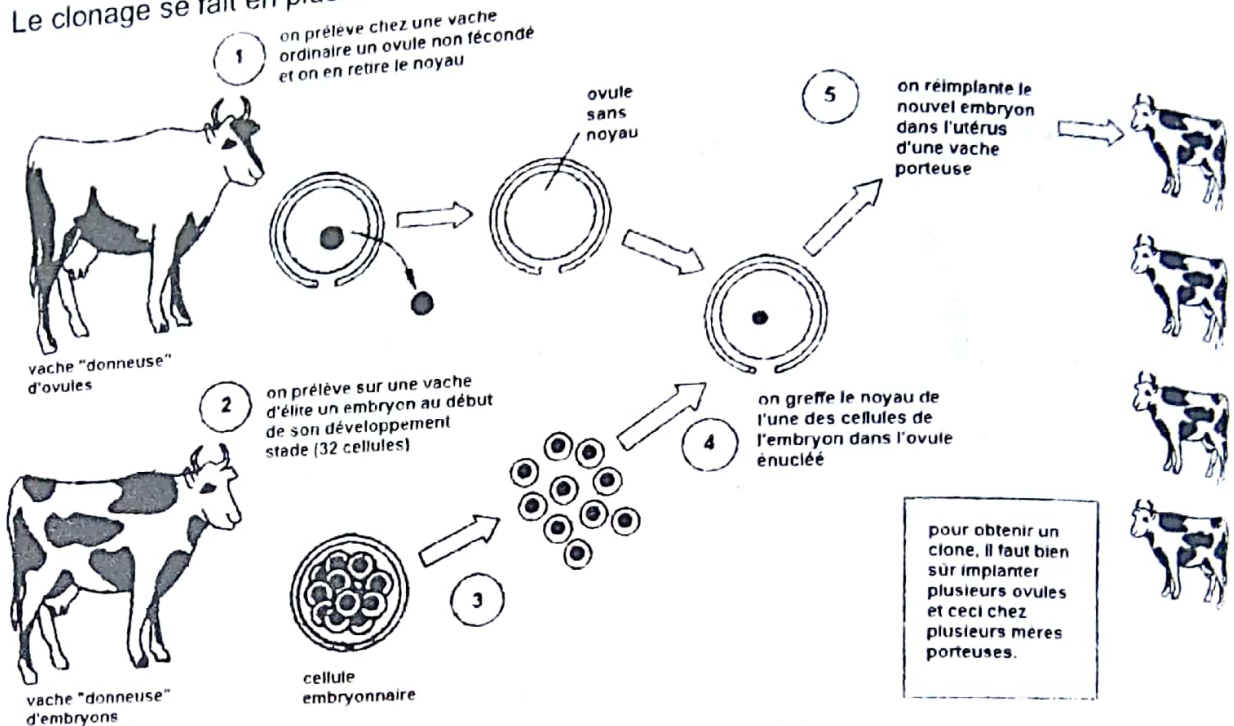
Parvenu au stade de 4 à 8 cellules, l'embryon est déposé au niveau de l'utérus (préalablement préparé à l'accueil de l'embryon).

5) Nidation d'embryon

La nidation de l'embryon se fait dans un endomètre préparé par des injections hormonales.

IV. L'AMÉLIORATION DES ESPÈCES SE FAIT-ELLE PAR LE CLONAGE ?

Le clonage se fait en plusieurs étapes :



- on prélève chez une vache ordinaire (donneuse d'ovule) un ovule non fécondé et on en retire le noyau ;
- on prélève chez une vache d'élite (donneuse d'embryon) un embryon au stade 32 cellules ;
- on prélève les noyaux des cellules embryonnaires ;
- on greffe le noyau de l'une des cellules de l'embryon dans l'ovule énucléé (sans noyau) ;
- on réimplante le nouvel embryon dans l'utérus d'une vache porteuse.

Remarque :

Pour obtenir un clone (plusieurs) il faut implanter plusieurs ovules et ceci chez plusieurs mères porteuses.

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1**

On veut améliorer une espèce de maïs. On dispose des grains noirs et des grains de maïs blancs de lignée pure.

À l'issue d'analyse réalisée antérieurement, on a déterminé que le caractère couleur des grains est sous la dépendance d'un couple d'allèles avec dominance complète et que le phénotype blanc est dominant.

- 1- Faites le choix des symboles
- 2- Déterminer les génotypes des grains noirs et des grains blancs en vous justifiant
- 3- On cultive en autofécondation du maïs de chacun des deux parents à l'état pur. On note les caractéristiques comme précédemment. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

	Diamètre des épis	Masse des grains	Nombre des grains
Autofécondation du maïs à l'état pur	4,5 cm	0,7 g	119
Fécondation croisée des maïs à l'état pur	2,5 cm	1,1 g	209

- a- Nommez les grains obtenus après la fécondation croisée des maïs à l'état pur.
- b- Nommez cette technique.
- c- Indiquer le (s) phénotype et le (s) génotype des grains de maïs obtenus après la fécondation croisée.
- d- Analyser les résultats obtenus.
- e- Dégager l'intérêt de cette technique
- f- Décrivez brièvement cette technique.

Exercice 2

Depuis longtemps l'homme recherche pour son alimentation des animaux présentant les meilleures qualités.

Un exemple de recherche de l'élevage des bovins est résumé de la manière suivante :

- On prélève sur une vache d'élite de race Holstein un embryon au début de son développement (stade 32 cellules).
- On prélève sur des vaches ordinaires des ovules fécondés ; puis on retire le noyau de chaque ovule.
- On transplante un noyau de cellule embryonnaire dans chaque ovule privé de son noyau.
- On laisse l'œuf composite se développer quelques jours in vitro ; puis on réimplante le nouvel embryon dans l'utérus d'une vache receveuse.
- Après gestation, on obtient un veau d'élite.

Les schémas A, B, C, D, E illustrent dans le désordre les différentes étapes de cette manipulation biologique.



- 1) Classez en utilisant les lettres A, B, C, D et ces schémas dans l'ordre du déroulement de la manipulation
- 2) Nommez cette technique d'amélioration.
- 3) Nommez la technique décrite dans le passage suivant :
« On laisse l'œuf composite se développer quelques jours in vitro, puis on réimplante le nouvel embryon dans l'utérus d'une vache receveuse ».
- 4) Précisez la différence essentielle entre les deux techniques.

Exercice 3

Pour satisfaire les besoins importants du bétail en huile et en protéine, un agronome se propose de rechercher une variété performante de maïs. Il obtient à partir d'une variété initiale de maïs, par une sélection portant sur 50 générations successives, quatre variétés V_1 , V_2 , V_3 et V_4 .

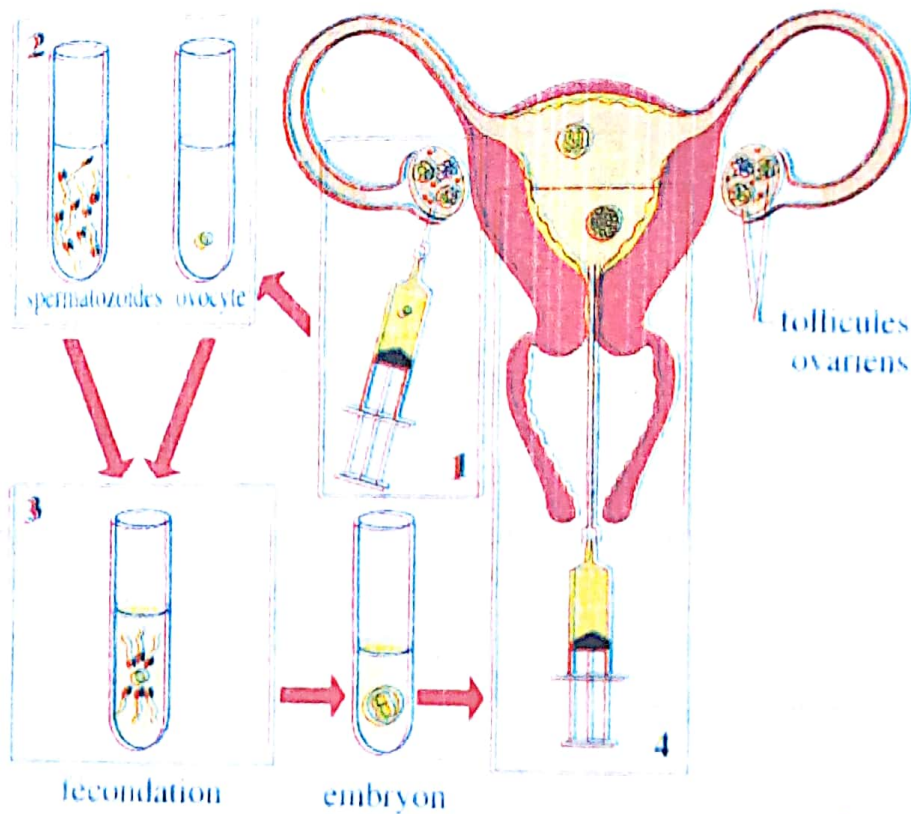
Le tableau ci-dessous présente la composition chimique des grains de différentes variétés cultivées dans les conditions rigoureusement identiques.

VARIETE	HUILE EN %	PROTEINE EN %
Variété initiale (V_0)	4,5	10,9
V_1	0,4	26,6
V_2	0,4	0,4
V_3	16,6	4,4
V_4	16,6	26,6

1. Exprimez en pourcentage (%) l'accroissement de l'huile et des protéines pour les différentes variétés de maïs.
2. Analysez ces résultats.
3. Déduisez de cette analyse, la variété la plus performante.
4. On désire obtenir une nouvelle variété encore plus performante (très riche en protéine).
 - a) Identifiez les variétés à croiser.
 - b) Nommez le type de croisement permettant d'obtenir cette nouvelle variété performante.
 - c) Nommez une technique permettant de vulgariser la variété performante.
 - d) Précisez la différence essentielle entre les deux techniques ci-dessus.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1****La technique de Fécondation In Vitro**

La fécondation extracorporelle ou Fécondation In Vitro (FIV) consiste à reproduire au laboratoire ce qui se passe naturellement dans les trompes : la fécondation et les premières étapes du développement embryonnaire. Au préalable la stimulation des ovaires va permettre le développement de plusieurs follicules. Le sperme, recueilli le jour du prélèvement des ovocytes, subit une préparation au laboratoire pour le rendre apte à la fécondation. Le schéma ci-dessous rend compte de cette technique extracorporelle.



Les étapes de la Fécondation In Vitro

D'après: <http://www.enceinte.com>

- 1- Expliquez chacune des étapes représentées dans le schéma du document 2.
- 2- Citez deux problèmes d'infertilité qui peuvent être résolus avec cette technique.

Exercice 2

La culture du caféier dans le monde se repose sur les deux espèces suivantes :

Coffea robusta et *coffea arabica*. La Côte d'Ivoire est le premier producteur mondial de café *robusta*. Des recherches ont été faites pour améliorer la qualité de cette production par croisement entre les deux espèces qui présentent les caractères suivantes :

- le *robusta* pousse facilement en Côte d'Ivoire dans les régions forestières de basse altitude, mais il a une forte teneur en caféine, des fruits de taille modeste, un goût amer ;
- l'*arabica* ne pousse qu'en altitude (plus de 800 m), mais il a une faible teneur en caféine, un goût amer.

Le caféier obtenu à partir des deux espèces précédentes a reçu le nom d'*arabusta*.

- 1) Déterminez la procédure à appliquer pour pratiquer le croisement entre les deux espèces *robusta* et *arabica*.
- 2) Les deux espèces n'ont pas le même nombre de chromosomes : $2n = 22$ pour le *robusta* et $2n = 44$ pour l'*arabica*. Afin de rendre la fécondation possible, déterminez le nombre de chromosomes que devrait acquérir le *robusta*.

Exercice 1**1- Choix des symboles**

Le phénotype blanc est dominant donc le phénotype noir est récessif

Noir : n

Blanc : N

Couple d'allèle : N/n

2- Détermination des génotypes

Les grains noirs sont uniquement homozygotes récessif de génotype $\frac{n}{n}$

Les grains blancs peuvent être des homozygotes dominant de génotype $\frac{N}{N}$

et hétérozygote de génotype $\frac{N}{n}$

parce que le phénotype blanc est dominant

3- a- Nom des grains obtenus

Les grains obtenus après la fécondation croisée des maïs à l'état pur sont des hybrides de la F1 ou Hétérosis

b- Nom de cette technique

La technique d'hybridation

c- Indiquons le phénotype et le génotype des grains obtenus

Phénotype [N] et génotype $\frac{N}{n}$

d- Analyse des résultats

On constate que les épis issus de la fécondation croisée ont des caractéristiques plus intéressantes, bien que leur diamètre soit faible, la masse des grains et le nombre des grains sont élevés par rapport à ceux issus de l'autofécondation à l'état pur

e- Intérêt de cette technique

L'hybridation améliore les valeurs des caractères des individus à l'état pur : c'est la vigueur hybride ou hétérosis

f- description de cette technique

Les grains de pollen d'un plant de maïs A sont déposés sur le stigmate des fleurs d'un plant de maïs B et les grains de pollen d'un plant de maïs B sont déposés sur le stigmate des fleurs d'un plant de maïs A ; et l'ensemble (stigmate + grains de pollen) est enveloppé dans du papier gaze.

Exercice 2

1) Classification des schémas dans l'ordre du déroulement de la manipulation

$$C \rightarrow E \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow A \text{ ou } B \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow A$$

2) Nom de cette technique d'amélioration : c'est le clonage.

3) Nom de la technique décrite dans le passage : c'est un transfert d'embryon (FIVETE).

4) Différence essentielle entre les deux techniques.

- Le clonage est obtenu à partir de zygotes sélectionnés.
- La FIVETE est obtenue à partir de gamètes sélectionnés.

Exercice 3

1. Expression en pourcentage (%) de l'accroissement de l'huile et des protéines.

Huile	Protéine
$V_1 = \frac{(0,4 - 4,5) \times 100}{4,5} = -91,11\%$	$V_1 = \frac{(26,6 - 10,9) \times 100}{10,9} = 144,03\%$
$V_2 = \frac{(0,4 - 4,5) \times 100}{4,5} = -91,11\%$	$V_2 = \frac{(0,4 - 10,9) \times 100}{10,9} = -96,33\%$
$V_3 = \frac{(16,6 - 4,5) \times 100}{4,5} = 268,88\%$	$V_3 = \frac{(4,4 - 10,9) \times 100}{10,9} = -59,63\%$
$V_4 = \frac{(16,6 - 4,5) \times 100}{16,6} = 268,88\%$	$V_4 = \frac{(26,6 - 10,9) \times 100}{10,9} = 144,03\%$

2. Analyse des résultats : par rapport à la variété initiale,

- Le pourcentage d'huile est plus élevé dans les variétés V_3 et V_4 .
- Le pourcentage de protéine est plus élevé dans les variétés V_1 et V_4 .
- Le pourcentage d'huile est plus faible dans les variétés V_1 et V_2 .
- Le pourcentage de protéine est plus faible dans les variétés V_2 et V_3 .

3. Déduction de la variété la plus performante.

Les pourcentages d'huile et de protéine étant plus élevés dans la variété 4 (V_4). Celle-ci constitue donc la variété la plus performante.

4. a) Identification des variétés à croiser : ce sont V_1 et V_4 .

a) Nom du type de croisement : c'est l'hybridation.

b) Nom de la technique : c'est le clonage.

c) Différence essentielle entre les deux techniques ci-dessus.

- L'hybridation est obtenue à partir d'individus sélectionnés.
- Le clonage est obtenu à partir de zygotes sélectionnés.

IMMUNOLOGIE



Luc Montagnier

Né à Chablis le 18/08/1932

Après avoir fait des recherches à l'Institut Curie de Paris, où il se spécialise en **virologie**, Luc Montagnier intègre en 1972 l'Institut Pasteur. Il y prend la tête du département consacré aux virus cancérigènes. A partir de 1977, il concentre ses recherches sur les rétrovirus humains. En 1983, il est ainsi à la tête de l'équipe qui identifie le virus HIV, responsable du sida. A la suite de cette découverte, l'Institut Pasteur crée en 1991 un département Sida et rétrovirus dont il prend la tête jusqu'en 1997. Il quitte alors ce poste pour devenir directeur du Centre de biologie moléculaire de l'université de New York. Parallèlement à cela, le professeur Montagnier dirige la Fondation mondiale recherche et prévention sida, depuis qu'il l'a créée en 1993.

COMMENT L'ORGANISME SE DEFEND-T-IL CONTRE SES AGRESSEURS ?

RAPPEL DE COURS

I. L'ORGANISME SE DEFEND-T-IL CONTRE SES AGRESSEURS GRACE A CERTAINS ORGANES ?

Les tissus de revêtement (peau et muqueuse), des bactéries du tube digestif, des substances produites par les voies respiratoires et génitales constituent des barrières physiques et chimiques qui limitent la pénétration des éléments étrangers.

II. L'ORGANISME SE DEFEND-T-IL CONTRE SES AGRESSEURS GRACE A DES CELLULES DU SANG ?

1) La réaction inflammatoire

Lorsque les barrières naturelles sont franchies par blessures ou par piqûres, il se produit localement au point de pénétration de l'élément étranger un jeu de défense qui constitue la **réaction inflammatoire**. Elle comporte deux phases :

- La phase vasculaire qui est marquée par une vasodilatation dont résulte l'augmentation du flux sanguin vers la zone infectée. Cette zone devient rouge, chaude, douloureuse et se gonfle.
- La phase cellulaire marquée par un recrutement local de globules blancs qui vont migrées par la suite dans les tissus à travers les parois vasculaires. C'est la **diapédèse**.

2) La réaction ganglionnaire

Lorsque la réaction inflammatoire ne suffit pas pour faire barrière aux microbes, ces derniers se multiplient et arrivent dans les ganglions lymphatiques qui se gonflent due à une multiplication massive des globules blancs et deviennent douloureux. On parle de **réaction ganglionnaire**.

Si les microbes passent dans la circulation sanguine et envahissent tout l'organisme : C'est la **septicémie**. Ces microbes peuvent sécréter des substances toxiques (toxines) qui diffusent dans l'organisme. On parle de **toxémie**.

3) Conclusion

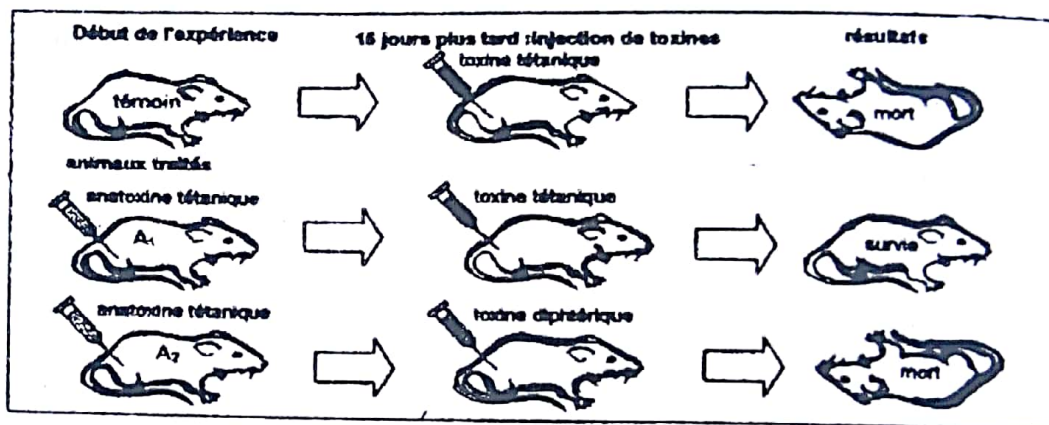
Cette destruction d'éléments étrangers par les globules blancs se fait de manière immédiate, innée, et non dirigée contre un microbe donné. On parle de **défense non spécifique**.

Les globules blancs vont détruire les microbes par un mécanisme de défense non spécifique appelé la **phagocytose** (C'est l'ingestion d'une particule suivie de sa digestion à l'intérieur des globules blancs).

III. L'ORGANISME SE DEFEND-T-IL CONTRE SES AGRESSEURS GRACE A CERTAINES SUBSTANCES ?

A) Expérimentation

1) Expériences et résultats



2) Interprétation

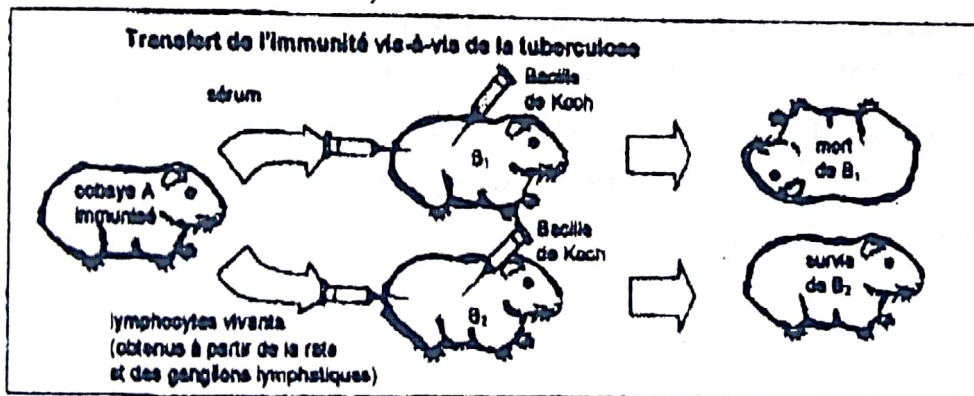
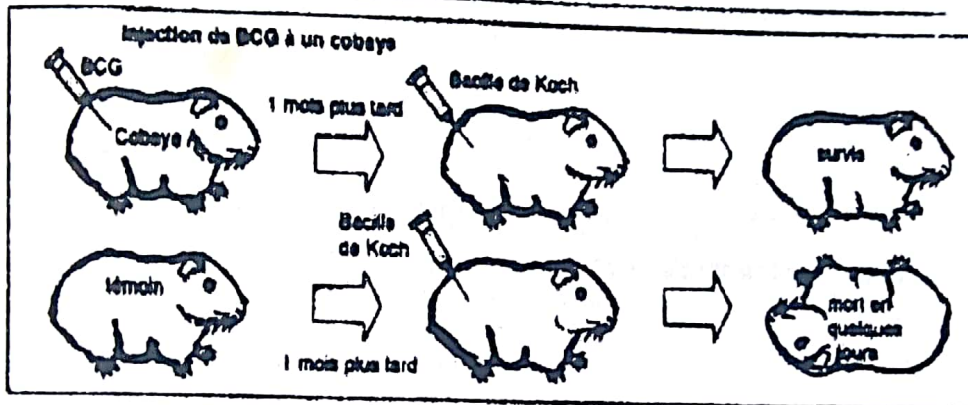
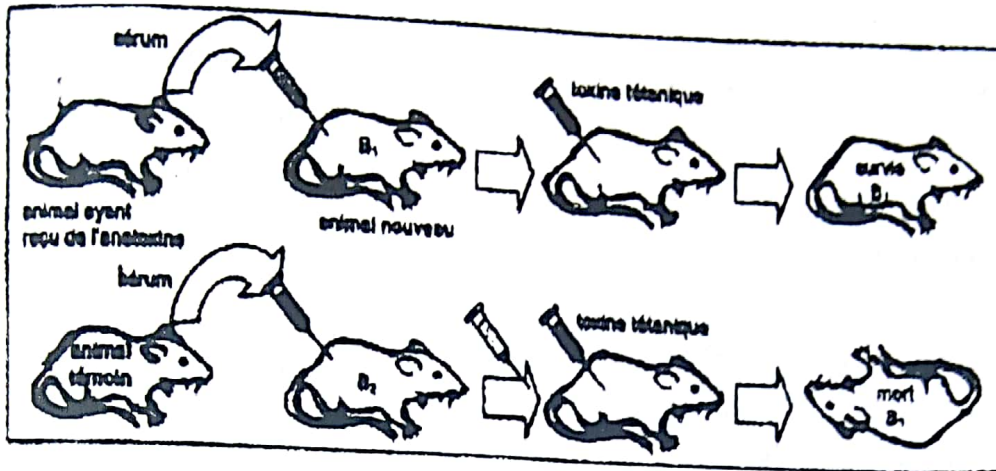
- La mort de la souris témoin s'explique par le fait que son organisme est dépourvu d'anticorps antitétanique.
- L'animal A₁ survit parce que l'anatoxine reçue a permis à son organisme de produire des anticorps antitétanique substances qui l'ont protégé contre la toxine tétanique.
- La souris A₂ meurt parce que l'anatoxine tétanique reçue lui a permis de produire des anticorps antitétanique substances capables de lutter contre la toxine tétanique et non contre la toxine diphtérique.

3) Conclusion

L'anatoxine tétanique permet la protection de l'animal A₂ contre la toxine tétanique et non contre la toxine diphtérique. On parle de **défense spécifique ou acquise ou immunité spécifique**. Défense très efficace mais relativement lent à se mettre en place.

B) Les voies de la réponse immunitaire spécifique

1) Expériences et résultats



2) Interprétation

1^{er} cas

- L'animal B₁ survit parce que le sérum de l'animal traité au préalable à l'anatoxine tétanique qu'il a reçu contient des anticorps qui le protègent contre la toxine tétanique reçue le même jour.
- L'animal B₂ meurt parce que le sérum de l'animal témoin reçu est dépourvu d'anticorps antitétanique.

2^{ème} cas**Partie A**

- Le cobaye A survit parce que le BCG qu'on lui a injecté a permis à son organisme de produire des lymphocytes capables de lutter un mois plus tard contre le BK.
- Le cobaye témoin meurt parce que son organisme n'a pas produit des lymphocytes capables de lutter contre le BK.

Partie B

- Les lymphocytes qui luttent contre le BK ne sont pas contenus dans le sérum : c'est ce qui explique la mort du cobaye B₁.
- La survie du cobaye B₂ s'explique par le fait que les lymphocytes vivants sont les seuls capables de lutter contre le BK.

3) Conclusion**1^{er} cas**

La voie utilisée par les anticorps étant le sérum (le sang) on parle de **réaction ou réponse immunitaire à médiation humorale (RIMH)**.

2^{ème} cas

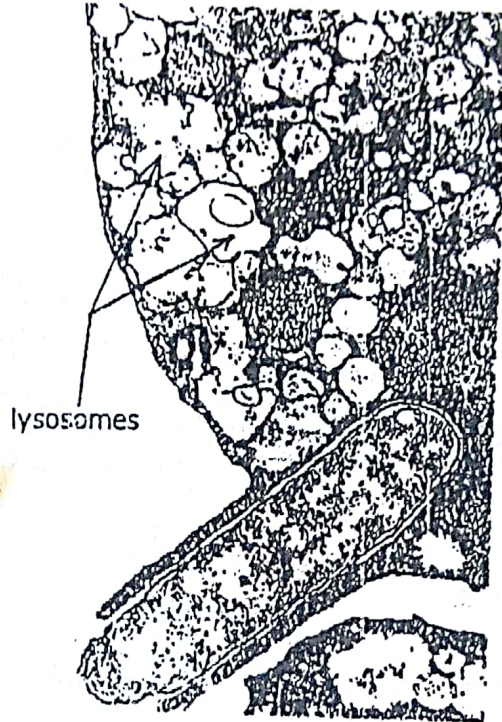
La protection contre le BK étant assurée par les lymphocytes vivants qui sont des cellules, on parle de **réaction immunitaire à médiation cellulaire (RIMC)**.

Que ce soit la RIMH ou la RIMC, l'organisme développe toujours une réponse spécifique contre un agresseur donné qu'on désigne sous le nom **d'antigène**.

On appelle antigène tout élément étranger à l'organisme et susceptible de déclencher une réaction immunitaire.

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1**

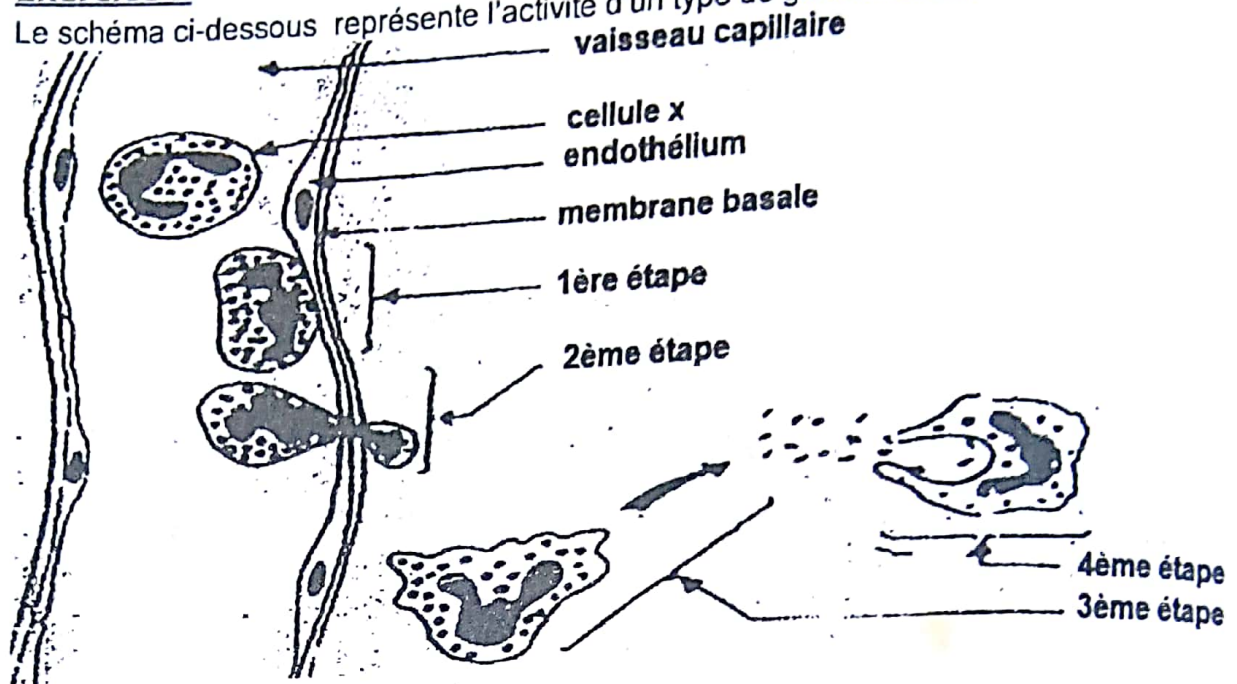
Le document ci-contre est une étape du déroulement d'un phénomène courant dans l'organisme qui implique un granulocyte.



1. a) Nommez le phénomène dont il s'agit.
b) Justifiez votre réponse.
2. Schématisez les principales étapes du déroulement de ce phénomène.
3. Montrez la relation entre la structure d'une telle cellule et son rôle dans l'organisme.

Exercice 2

Le schéma ci-dessous représente l'activité d'un type de globule blanc.



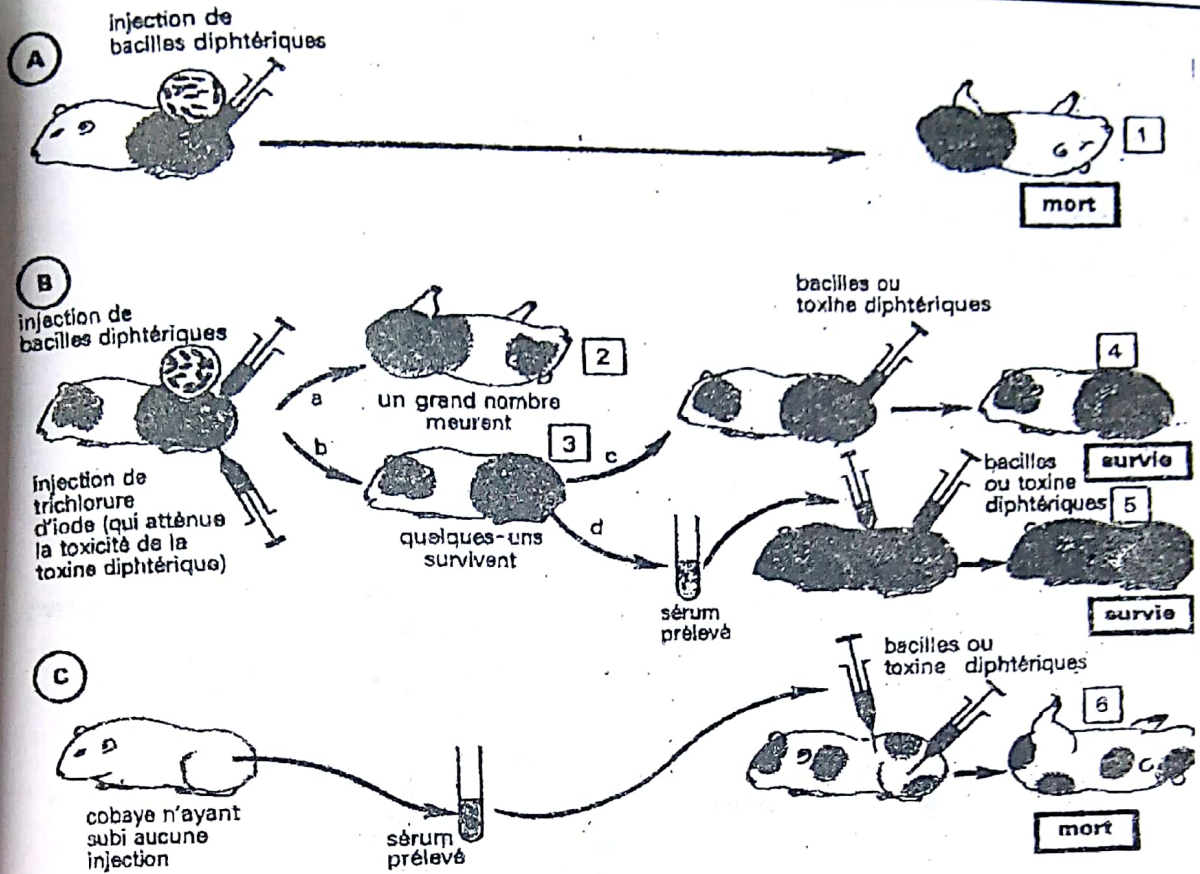
1. Identifiez ce type de globule blanc.
2. Justifiez votre réponse.
3. Décrivez les différentes étapes de l'activité de ce globule blanc.
4. a) Identifiez le type d'immunité.
b) précisez son intérêt.

Exercice 3

Vers 1890, Von Behring mit au point un protocole expérimental montrant l'acquisition par des animaux immunisés d'un moyen de défense transmissible à d'autres animaux par l'intermédiaire du sérum sanguin.

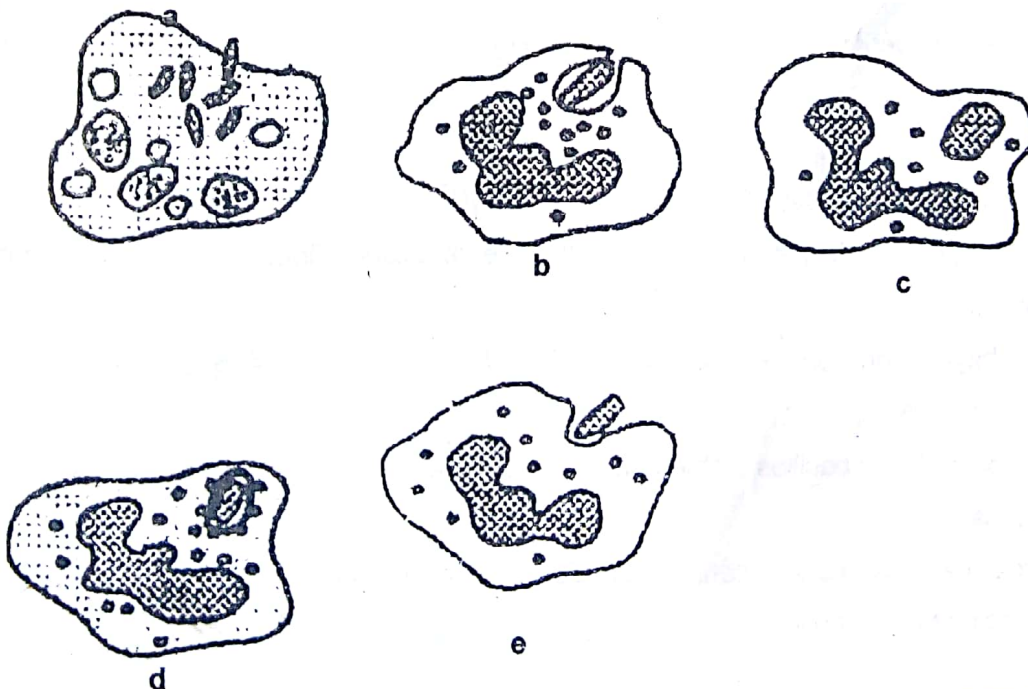
La figure ci-après rend compte de ses expériences. On précise que la diphtérie est causée par un bacille sécrétant une toxine qui atteint les centres nerveux.

1. Expliquez la mort ou la survie de chacun des cobayes 1, 2, 3, 4, 5, et 6.
2. Nommez le type d'immunité mise en jeu dans ces expériences.
3. Précisez l'antigène contre lequel elle est dirigée.



Exercice 4

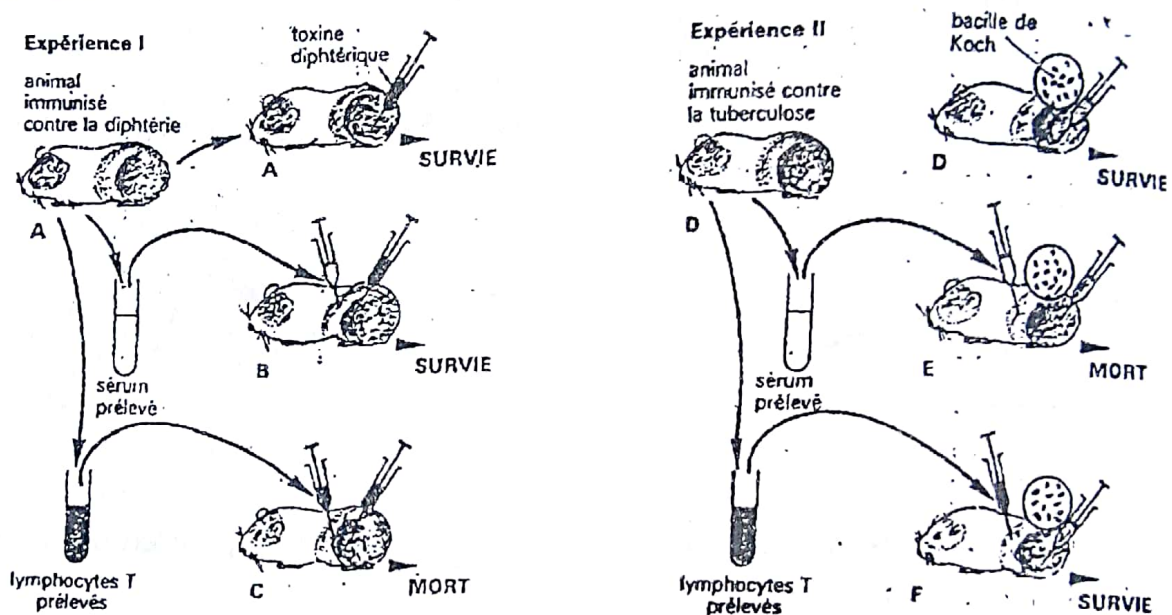
Les figures ci-dessous représentent les étapes d'un phénomène qui intervient dans la défense de l'organisme.



- 1) Nommez ce phénomène.
- 2) Annotez, après l'avoir reproduit, la cellule d.
- 3) Rangez-les dans l'ordre chronologique du déroulement.
- 4) Expliquez l'apparence de la cellule a.
- 5) Déterminez l'état de l'infection.

Exercice 5

On réalise sur des cobayes les expériences I et II ci-dessous :



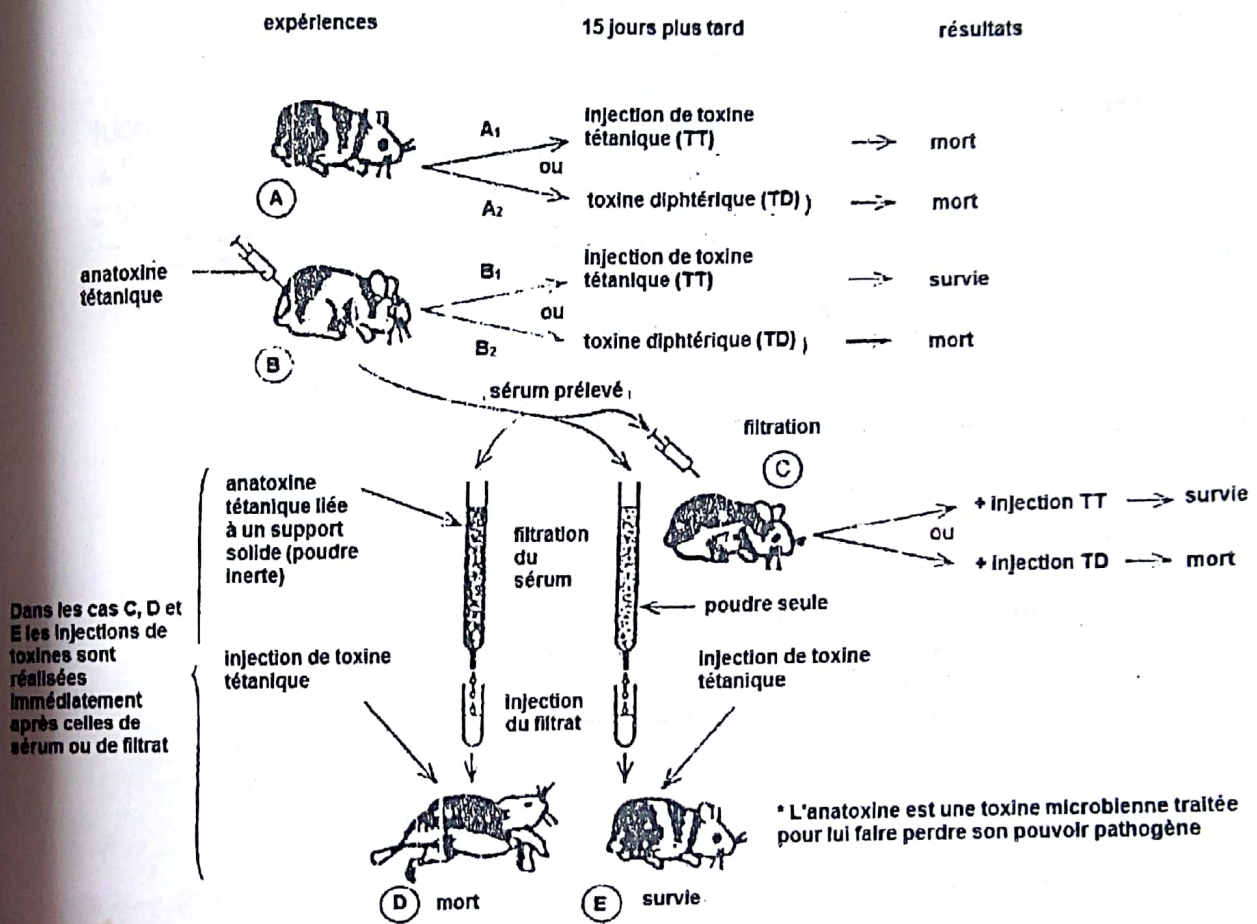
- 1) Analysez ces expériences.
- 2) Interprétez-les.
- 3) Concluez.
- 4) Prévoyez le résultat au cas où on injectait :
 - a) au cobaye A la toxine tétanique au lieu de la toxine diphtérique. Justifiez votre réponse.
 - b) au cobaye C des bacilles de Koch au lieu de la toxine diphtérique. Justifiez votre réponse.
 - c) au cobaye C des bacilles diphtériques au lieu de la toxine diphtériques. Justifiez votre réponse.
- 5) Déduisez de vos connaissances et des réponses aux questions précédentes, le principe de la vaccination.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1** (extrait Bac D session normale 2000)

Le tétanos est une maladie due à l'introduction dans l'organisme d'une bactérie qui libère une toxine dans le milieu intérieur.

La diphtérie est une maladie due aussi à l'action d'une toxine libérée par une bactérie.

Le document III suivant montre un ensemble d'expériences réalisées pour cerner les conséquences d'une injection d'anatoxine (toxine traitée pour lui faire perdre son pouvoir pathogène) et de l'utilisation du sérum sanguin extrait des animaux traités.



DOCUMENT III

- Expliquez la survie de l'animal B₁.
- Indiquez la caractéristique de la réaction immunitaire mise en évidence par l'expérience B₂.
- Expliquez :
 - la survie de l'animal C ;
 - la survie de l'animal E ;
 - la mort de l'animal D.

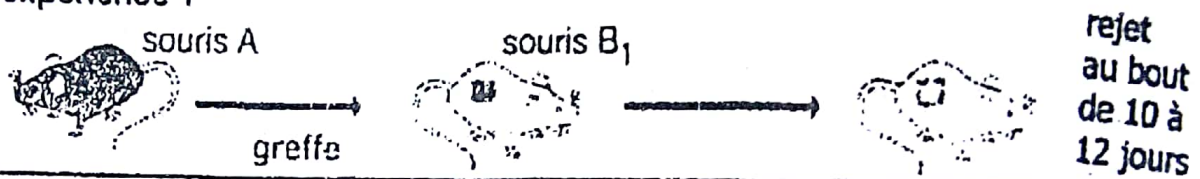
4) Trouvez l'application médicale qui découle de :

- a) l'expérience B₁ ;
- b) l'expérience C.

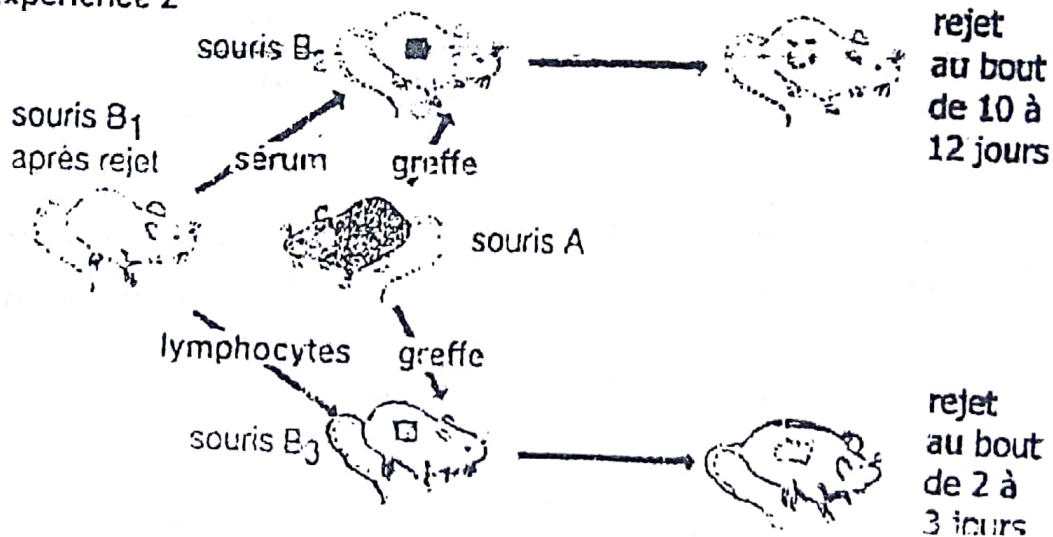
Exercice 2 (extrait Bac D session normale 1999)

Afin de dégager quelques caractéristiques des réactions, on a réalisé des travaux sur la transplantation de peau entre souris de souches différentes (souche A et souche B). Les résultats sont résumés dans le document suivant.

expérience 1



expérience 2



- 1) Analysez les expériences 1 et 2.
- 2) Que pouvez-vous déduire de chaque analyse.
- 3) a) Nommez le type d'immunité mise en jeu dans cette expérience.
b) Expliquez la rapidité avec laquelle la greffe a été rejetée chez la souris B₃.

Exercice 1

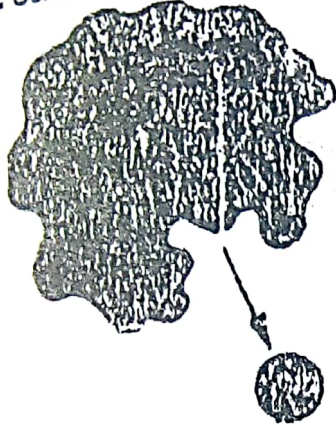
1. a). Nom du phénomène

C'est la phagocytose

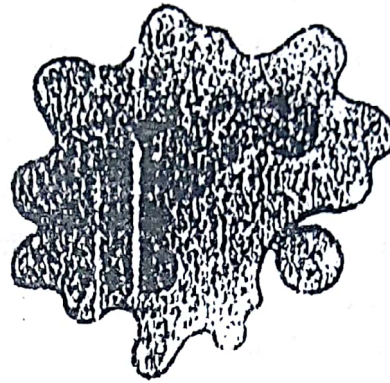
b). Justification :

Présence de prolongements cytoplasmiques du granulocyte qui tente d'englober la bactérie.

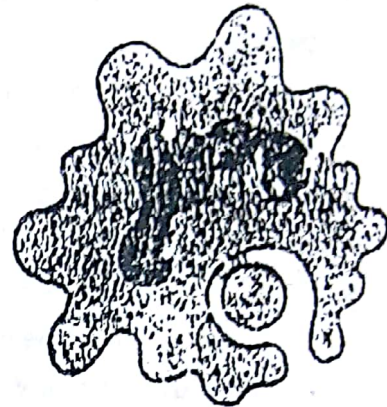
2. Schéma des principales étapes de la phagocytose



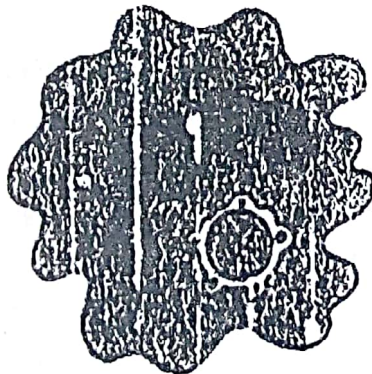
A : Rapprochement



B : Adhésion



C: Ingestion



D : Digestion

3. Relation entre la structure d'une telle cellule et son rôle dans l'organisme

Ce type de cellule renferme de nombreux lysozymes ou vacuoles digestives qui traduisent une intense activité enzymatique. Ce sont donc des cellules spécialisées dans la capture et la digestion de particules étrangères au sein de l'organisme.

Exercice 2

1. **Identification du type de globule blanc**

Il s'agit d'un polynucléaire ou granulocyte.

2. **Justification de la réponse**

Son noyau est plurilobé et son cytoplasme contient plusieurs granulations.

3. **Description des différentes étapes de l'activité de ce globule blanc**

➤ 1^{ère} étape :accolement du polynucléaire à la membrane du capillaire sanguin.

➤ 2^e étape : déformation du polynucléaire pour traverser la membrane du capillaire sanguin : c'est la diapédèse.

➤ 3^e étape : attraction du polynucléaire par les microbes (bactéries) par chimiotactisme.

➤ 4^e étape : englobement ou ingestion des bactéries par le polynucléaire grâce à ses pseudopodes pour les digérer grâce à ses enzymes lytiques.

4. a) **Identification du type d'immunité**

Il s'agit d'une immunité non spécifique.

b) **Précision de son intérêt**

Elle permet dans un premier temps à l'organisme de se défendre contre n'importe quel antigène qui pénètre en son sein.

Exercice 3

1. **Explication de la mort ou de la survie de chacun des cobayes 1, 2, 3, 4, 5 et 6.**

La mort du cobaye 1 est due au fait qu'il n'a pas immunité naturelle contre la toxine diphtérique. La mort du cobaye 2 est due au fait que le trichlorure d'iode qui lui a été injecté n'a pas atténué suffisamment la toxicité de la toxine diphtérique de façon à lui permettre de développer une défense contre cette toxine. La survie du cobaye 3 est due au fait que l'injection de trichlorure iode, en atténuant la toxicité de la toxine diphtérique, a permis à ce cobaye de développer une immunité contre cette toxine. La survie du cobaye 4 est due au fait qu'ayant été en contact avec la toxine diphtérique lors de la 1^{ère} injection, son organisme dispose en plus des anticorps antidiphtériques, des LB mémoires sensibilisés contre la toxine diphtérique qui, lors de la 2^{ème} injection, se transforment rapidement en plasmocytes pour sécréter des anticorps anti diphtériques pour neutraliser la toxine diphtérique. Le cobaye 5 survit car le sérum prélevé chez le cobaye 3 qu'on lui injecte contient des anticorps anti diphtériques qui neutralisent la toxine diphtérique lors de son injection. La mort du cobaye 6 est due au fait que le sérum prélevé chez le cobaye n'ayant subi aucun traitement qu'on lui injecte, est dépourvu d'anticorps anti diphtériques.

2. **Nom du type d'immunité mise en jeu dans ces expériences**

C'est une immunité à médiation humorale(RIMH).

3. **Précision de l'antigène contre lequel elle est dirigée**

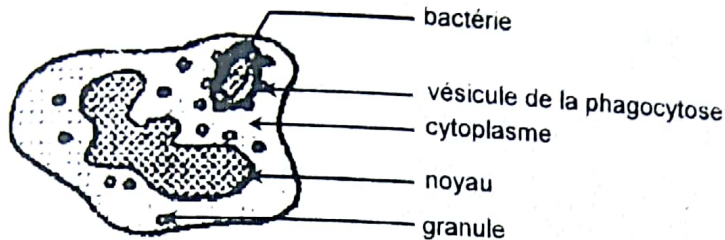
Elle est dirigée contre la toxine diphtérique.

Exercice 4

1) Nom de ce phénomène.

Ce sont les étapes la phagocytose

2) Annotation de la cellule d.

**SCHEMA D'UN GRANULOCYTE (POLYNUCLEAIRE) EN ETAT DE DIGESTION**

3) Rangement des cellules dans l'ordre chronologique du déroulement.

e - b - c - d - a

4) Explication de l'apparence de la cellule a

La bactérie se multiplie, le noyau du granulocyte est désorganisé.

Cette cellule est en train de mourir ; c'est pourquoi elle apparait dans cet état.

5) Déterminons l'état de l'infection.

Le granulocyte meurt donc l'infection se poursuit.

Exercice 5

1) Analyse des expériences.

➤ **Expérience I**

- L'immunité acquise contre la diphtérie est mise en jeu lors d'un deuxième contact avec le même antigène notamment la toxine diphtérique.
- L'immunité acquise contre la diphtérie peut être transmise d'un animal immunisé à un autre non immunisé à travers le sérum et non à travers les lymphocytes T (LT).

➤ **Expérience II**

- L'immunité acquise contre la tuberculose est mise en jeu lors d'un deuxième contact avec le même antigène notamment le bacille de Koch.
- L'immunité acquise contre la tuberculose peut être transmise d'un animal immunisé à un autre non immunisé à travers des cellules notamment les LT et non à travers le sérum.

2) Interprétation des expériences.

➤ **Expérience I**

- L'organisme du cobaye A (immunisé contre la diphtérie) contient en plus des anticorps antidiphtériques, des lymphocytes B (LB) mémoire sensibilisés contre la toxine diphtérique qui, lors de l'injection de cette toxine se transforment rapidement en plasmocytes sécréteurs d'anticorps antidiphtériques pour neutraliser la toxine diphtérique.

CORRECTION

- Le sérum du cobaye A (immunisé contre la diphtérie) injecté au cobaye B contient des anticorps antidiphtériques qui neutralisent la toxine diphtérique lors de son injection.
- Les LT du cobaye A injectés au cobaye C ne peuvent sécréter d'anticorps en particulier des anticorps antidiphtériques.

➤ **Expérience II**

- L'organisme du cobaye D renferme des LT (ou cytolytiques) (LTc) sensibilisés contre le bacille de Koch et par conséquent capables de les détruire.
- Le sérum du cobaye D (immunisé contre la tuberculose) est dépourvu de LT en particulier des LTc sensibilisés contre le bacille de Koch et par conséquent capables de les détruire.
- Les LT du cobaye D, ayant été sensibilisés contre la tuberculose, ont gardé en mémoire leur premier contact avec le bacille de Koch et le détruisent.

3) Conclusion.➤ **Expérience I**

- L'immunité acquise contre la toxine diphtérique se fait par l'intermédiaire d'anticorps antidiphtériques contenus dans le sérum d'un animal immunisé contre la diphtérie : c'est une immunité spécifique à médiation humorale.

➤ **Expérience II**

- L'immunité acquise contre le bacille de Koch se fait par l'intermédiaire des cellules notamment les LT : c'est une immunité spécifique à médiation cellulaire.

4) Prévoyons le résultat au cas où on injectait :**a) au cobaye A la toxine tétanique au lieu de la toxine diphtérique**

Le cobaye A mourra car l'immunité acquise contre la toxine diphtérique est spécifique à cette toxine. Elle ne l'est pas pour n'importe quelle toxine en particulier la toxine diphtérique.

b) au cobaye C des bacilles de Koch au lieu de la toxine diphtérique.

Le cobaye C mourra car les LT reçus du cobaye A (immunisé contre la diphtérie) ne sont pas sensibilisés contre le bacille de Koch et ne peuvent par conséquent pas les détruire.

c) au cobaye C des bacilles diphtériques au lieu de la toxine diphtériques.

Le cobaye C mourra car les LT reçus du cobaye A (immunisé contre la diphtérie) ne peuvent sécréter des anticorps antidiphtériques pour lutter contre la toxine diphtérique produite par les bacilles diphtériques.

5) Le principe de la vaccination.

C'est de sensibiliser ou d'immuniser l'organisme humain ou celui d'un animal contre un agent pathogène bien déterminé, soit par l'injection d'anatoxine, soit par l'injection de microbe à virulence atténuée.

COMMENT LE SYSTEME IMMUNITAIRE ASSURE-T-IL LA DEFENSE SPECIFIQUE ?

RAPPEL DE COURS

I. LE SYSTEME IMMUNITAIRE ASSURE-T-IL LA DEFENSE GRACE A CERTAINS ACTEURS ?

1) Les organes lymphoïdes

On distingue deux groupes :

- les organes lymphoïdes primaires ou centraux : Il s'agit du thymus et la moelle osseuse. La maturation des **lymphocytes T** a lieu dans le **Thymus** alors que la maturation des lymphocytes B s'effectue dans la moelle osseuse (**Bonemarrow**).
- Les organes lymphoïdes secondaires ou périphériques : ce sont les **ganglions lymphatiques, la rate et les amygdales**. Ce sont les lieux de passage et de stockage des cellules immunitaires.

2) Les cellules de l'immunité

Les cellules de l'immunité sont toutes issues d'une cellule souche qui se trouve dans la moelle osseuse. Cette cellule souche évolue dans quatre directions :

- les **phagocytes polynucléaires** ou **granulocytes** ;
- les **phagocytes mononucléaires** : Ce sont les monocytes qui se transforment plus tard en **macrophages** ;
- les **lymphocytes T (LT)** ;
- les **lymphocytes B (LB)** qui se transforment en **plasmocytes**.

II. LE SYSTEME IMMUNITAIRE ASSURE-T-IL LA DEFENSE SPECIFIQUE APRES L'IDENTIFICATION DE L'ANTIGENE ?

1) Expériences et résultats

N°	EXPERIENCES	NATURES	RESULTATS
1	On greffe un fragment de peau d'un individu sur lui-même	autogreffe	En 4 ou 5 jours, on a la vascularisation du greffon à partir des tissus environnants avec lesquels il se confond
2	On greffe un fragment de peau d'un jumeau sur son frère jumeau ou entre des animaux d'une même lignée pure	isogreffe	En 4 ou 5 jours, on a la vascularisation du greffon à partir des tissus environnants avec lesquels il se confond
3	On a réalisé la greffe d'un fragment de peau d'un individu sur un autre de la même espèce et non parent	allogreffe	On a un début de vascularisation puis une réaction inflammatoire à la limite du greffon en 10 jours. Il y a une nécrose puis l'élimination du greffon
4	On a réalisé la greffe d'un fragment de peau d'un individu sur un autre d'espèce différente	hétérogreffe	On a un début de vascularisation et cicatrisation puis une réaction inflammatoire à la limite du greffon en 4 à 5 jours. Le greffon est rejeté rapidement

2) Interprétation

Le rejet est une réaction immunitaire due à une incompatibilité entre les cellules du donneur et celles du receveur. En effet, il existe à la surface des cellules du greffon comme toutes les cellules, des marqueurs biologiques. Ce sont des glycoprotéines propres à l'organisme qui constituent un système de reconnaissance appelé complexe majeur d'histocompatibilité (CMH). Chez l'homme, ce marqueur biologique porte le nom de HLA (Human Leucocyte Antigen).

On distingue deux classes de CMH :

- la classe I, présente chez toutes les cellules ;
- la classe II, qui n'existe que chez certaines cellules du système immunitaire (lymphocytes et macrophages) et elle permet de se reconnaître entre elles.

Lorsque l'organisme receveur et celui du donneur portent les mêmes CMH, il y a acceptation du greffon, c'est le cas des autogreffes et isogreffes.

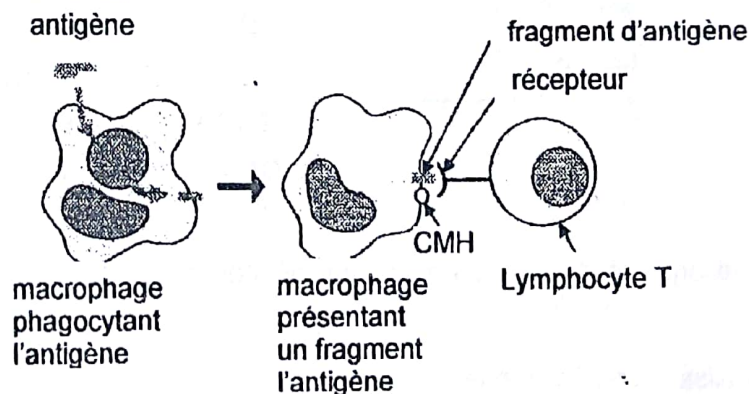
Dans le cas contraire, le greffon est rejeté c'est le cas des allogreffes et hétérogreffes.

III. LE SYSTEME IMMUNITAIRE ASSURE-T-IL LA DEFENSE SPECIFIQUE PAR UN MECANISME ?

On distingue les étapes de la réponse immunitaire spécifique.

1. La phase d'induction

Le macrophage extrait le motif appelé **déterminant antigénique** ou **fragment d'antigène** ou **épitope**, qu'il présente sur sa membrane. Il entre ensuite en contact avec les lymphocytes T4 (LT4) qui possèdent sur leur membrane des récepteurs CMH spécifiques : c'est la **présentation de l'antigène**.



2. La phase d'amplification et de différenciation cellulaire

Les LT4 activés, se multiplient et se différencient en **LT4 mémoires** (responsables de la mémoire immunitaire) et en **LT4 auxiliaires** ou **LT4 helper**.

Les LT4 auxiliaires sécrètent les **interleukines** ou **lymphokines** qui à leur tour vont activer les LB et les LT8.

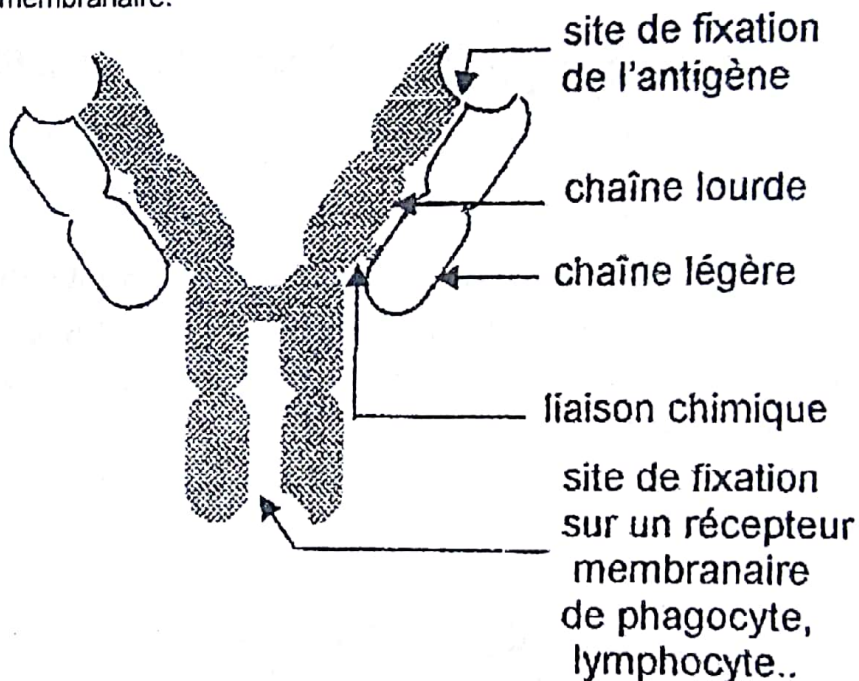
- Les LB activés par le LT4 auxiliaires se divisent activement et donnent naissance au **LB mémoires** et aux **plasmocytes** cellules productrice d'**anticorps**.
- Les LT8 activés se multiplient et se transforment en **LT cytotoxique (LTc)** ou **LT killer** capables de tuer les cellules porteuses d'antigènes.

3. La phase effectrice

Cette phase se traduit par deux types de réponses :

a- la RIMH

La RIMH consiste en l'intervention d'anticorps circulants spécifiques du déterminant antigénique reconnu comme non soi. Ces anticorps sont sécrétés par les plasmocytes. Chaque molécule d'Ig possède deux sites de fixation, l'un pour l'antigène et l'autre pour le récepteur membranaire.



L'association de l'anticorps et de l'antigène est appelé complexe immun et peut à trois niveaux de réactions :

- Réaction de neutralisation de l'antigène

Les molécules d'antigène perdent leur activité biologique quand elles sont unies avec les molécules d'anticorps.

- L'aide à la phagocytose

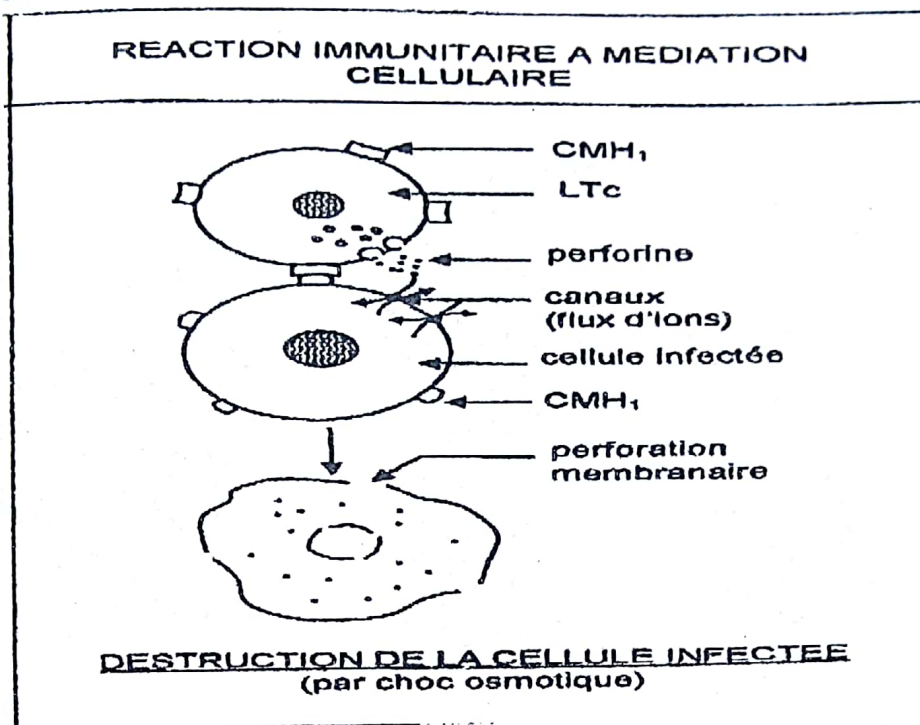
L'anticorps grâce à ses deux sites de fixation va fixer les antigènes sur la membrane des phagocytes. Les antigènes seront ainsi plus facilement phagocytés.

- Activation du système du complément

Le système de complément est un ensemble de protéines plasmatiques inactives en temps normal. La présence des complexes immuns active le complément qui va alors former un **complexe lytique ou complexe d'attaque membranaire** qui perfore les cellules et provoque leur destruction (destruction aussi de l'antigène à la surface de la membrane).

b- la RIMC

Elle est assurée par les LT cytotoxique issus de la transformation des LT8. Leur cible est toujours une cellule infectée (infectée par une bactérie ou un virus) ou une cellule greffée de CMH différent, une cellule cancéreuse. Le mécanisme de destruction se déroule de la manière suivante :



Une fois la cellule infectée est repérée par le LTC, un contact est établi entre le récepteur du LTC et le CMH de la cellule infectée. Une fois ce contact établi, le LTC libèrent la perforine (enzyme lytique) qui perce la membrane de la cellule infectée et y aménage des pores. Il s'en suit une entrée d'eau et d'ions à l'intérieur de la cellule infectée qui va s'éclater par choc osmotique, c'est la **cytolyse**. Dans le cas d'une cellule greffée, la perforine détruit la membrane de la cellule qui finit par mourir.

IV. LE SYSTEME IMMUNITAIRE ASSURE-T-IL LA DEFENSE SPECIFIQUE GRACE A UNE INTERACTION ENTRE LES ACTEURS ?

La production d'anticorps nécessite la collaboration entre les cellules immunitaires : on parle de coopération cellulaire. La coopération cellulaire dans le cas de la RIMH se fait entre les CPA, les LT4, les LB.

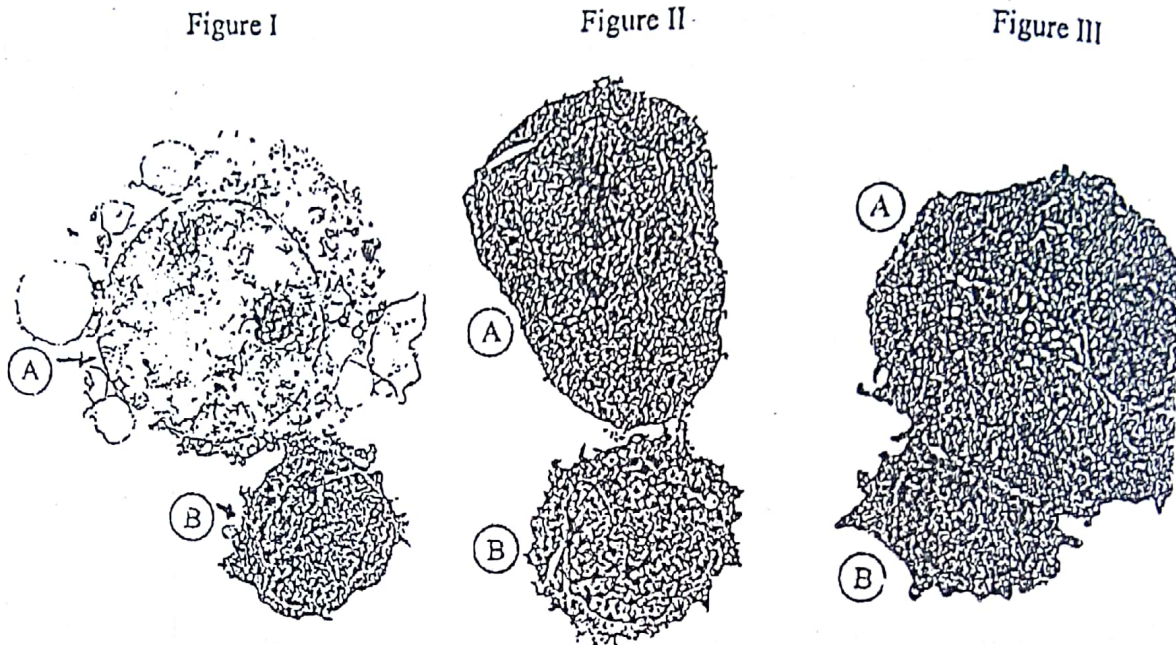
Dans le cas de la RIMC, la coopération se fait entre les CPA, les LT4, les LT8.

Remarque :

- La régulation des réactions immunitaires est assurée par les LT4 et les LT8 suppresseurs qui arrêtent la réaction immunitaire lorsque l'antigène est neutralisé.
- Grâce aux LT et LB mémoires une nouvelle rencontre avec l'antigène entraîne une réponse secondaire rapide et puissante.

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1**

Le document 4 ci-dessous représente trois étapes de l'élimination d'une cellule cancéreuse par une cellule de la défense immunitaire.



Document 4

- 1- Nommez les deux cellules en cause.
- 2- Classez dans l'ordre chronologique les étapes de cette attaque.
Nommez-les.
- 3- Expliquez l'apparence de la cellule A sur la figure I.
- 4- Par ailleurs, on a noté qu'une telle activité n'a jamais pu être observée dans les tumeurs provoquées chez des souris nées sans thymus.
Expliquez l'absence de cette activité cellulaire dans ce dernier cas.

Exercice 2 (extrait BAC BLANC REGIONAL 2014 DRENET ABIDJAN3 série C)

Pour comprendre le mécanisme de la défense immunitaire, les expériences suivantes ont été réalisées sur des souris de laboratoire

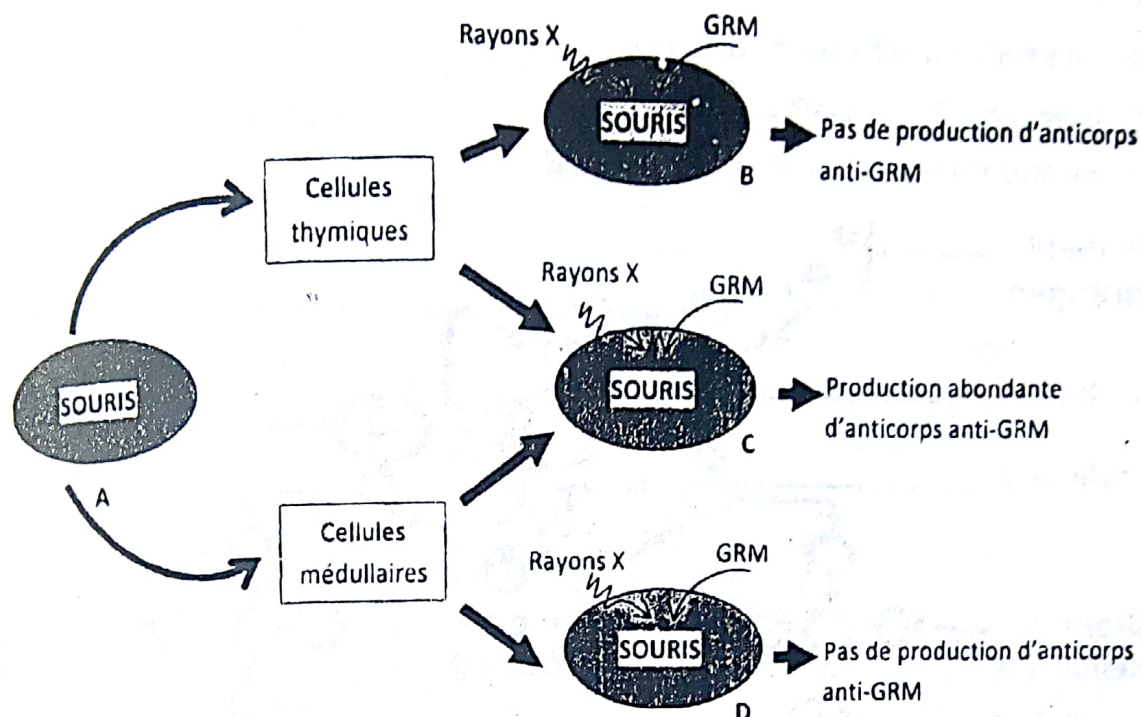
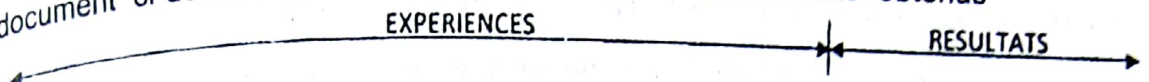
EXPERIENCE 1 : des cellules du thymus et de moelle osseuses sont prélevées sur une souris A

EXPERIENCE 2 : trois souris B, C et D sont irradiées (destruction des cellules de la moelle osseuses) et le thymus ectomisé (ablation du thymus)

La souris B reçoit des cellules du thymus (cellules thymiques) de la souris A, la souris D reçoit des cellules de la moelle osseuse (cellules médullaires) de la souris A alors que la souris C reçoit des cellules thymiques et des cellules médullaires de la souris A.

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

Chacune des souris A, B et C reçoit une injection des globules rouges de mouton (GRM).
Le document ci-dessous présente les expériences et les résultats obtenus



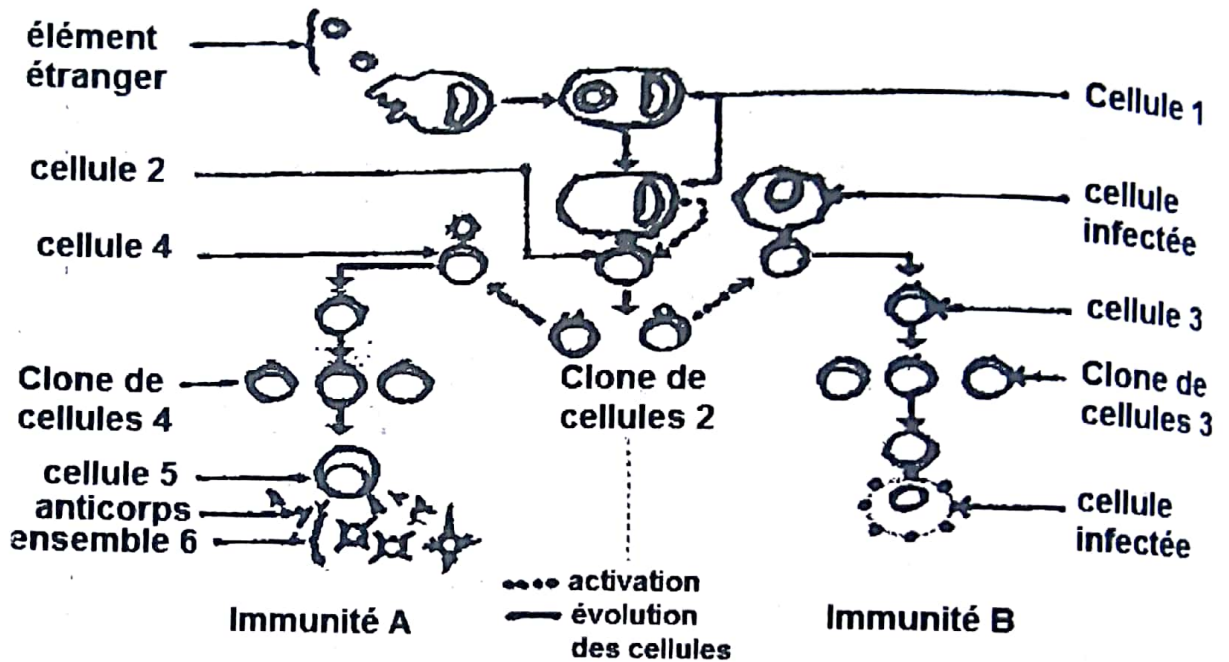
DOCUMENT

- 1) Identifiez les cellules prélevées sur la souris A.
- 2) Analysez les résultats de ces expériences.
- 3) Dites ce que représente les GRM pour les trois souris B, C et D.
- 4) Interprétez les résultats de ces expériences.
- 5) Déduisez :
 - a) Le type d'immunité induite chez la souris C.
 - b) La relation qui existe entre les deux types de cellules dans la production des anticorps anti-GRM.

Exercice 3

Le schéma ci-dessous résume le mécanisme des réactions immunitaires spécifiques.

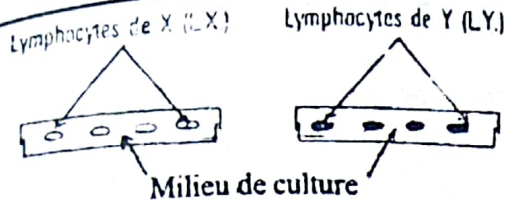
1. Nommez les cellules 1, 2, 3, 4, 5, l'ensemble 6 et les deux types d'immunité A et B en les reportant sur votre feuille de copie.
2. Précisez les rôles des cellules 1 et 2.
3. Comparez les deux types d'immunité A et B.

**Exercice 4** (Extrait Bac C 2000)

De nos jours, il est possible de cultiver des lymphocytes prélevés chez un individu avant une greffe. Les résultats obtenus donnent des informations sur le donneur, le receveur et les précautions à prendre pour effectuer la greffe. Le document 4 ci-dessous se rapporte à cinq étapes successives de la recherche de ces informations.

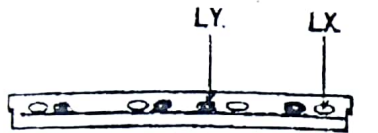
- 1) Expliquez les résultats obtenus en 1, en 4 et en 5.
- 2) On veut faire une greffe entre les individus X et Y où X est le receveur et Y le donneur.
 - a) Dites si vous êtes « pour » ou « contre » cette opération (greffe).
 - b) Justifiez votre réponse.

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices



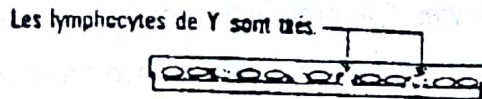
1- Les lymphocytes en culture ne se multiplient pas.

2- On ajoute dans le milieu de culture de Y une substance qu'ils absorbent et qui les empêche de se multiplier.



3- On met en présence les lymphocytes de X et ceux de Y.

4- Seuls les lymphocytes de X se multiplient, puisqu'on a bloqué la multiplication des lymphocytes de Y.

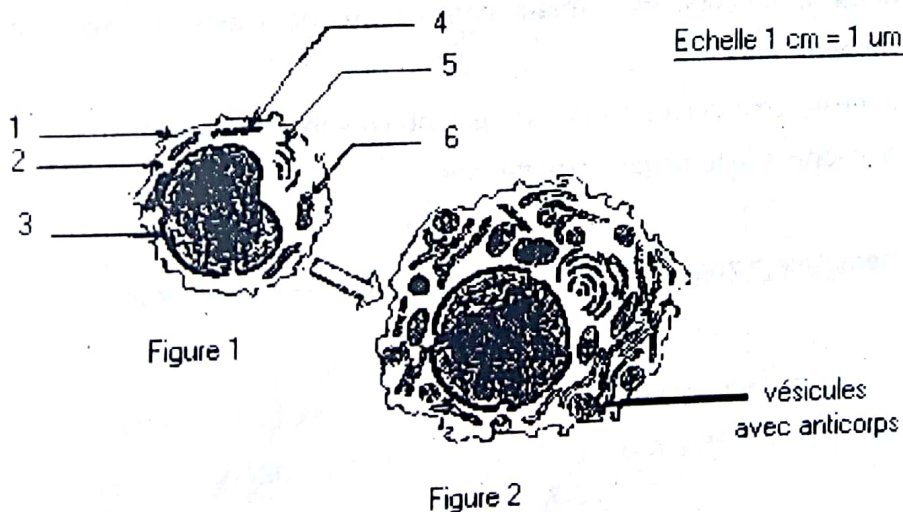


5- Tous les lymphocytes de Y sont tués.

Exercice 5

Dans une culture de lymphocytes de souris, on introduit des extraits de paroi d'une bactérie. On observe les faits suivants (ces observations ne sont pas citées selon un ordre chronologique) :

Le milieu s'enrichit en anticorps. La masse d'ADN augmente dans certains lymphocytes. La masse d'ARN augmente dans certains lymphocytes. La structure des lymphocytes se modifie comme l'indique les schémas ci-dessous. (fig. 1 et fig. 2)



Document 1

- 1) Annotez la figure 1.
- 2) Analysez chacune des quatre observations et précisez le phénomène biologique auquel elle correspond.
- 3) En se fondant sur cette analyse, précisez le type de réponse immunitaire dont il s'agit.
- 4) Retracez de manière précise et concise, le mécanisme de cette réponse immunitaire.

Exercice 6

- 1) Relevez les affirmations correctes.
- 2) Corrigez les affirmations inexactes.
 - a) Les lymphocytes B engendrent après activation par un antigène, des monocytes sécréteurs d'anticorps.
 - b) Dans le thymus, les lymphocytes T apprennent à reconnaître le soi et le non soi.
 - c) Les lymphocytes B acquièrent leur immunocompétence dans la moelle osseuse.
 - d) Le complément est un ensemble de protéines sécrétées au moment d'une infection.
 - e) Une injection de toxine atténuée constitue une sérothérapie.
 - f) Une maladie qui se traduit par un déficit en cellules LB a comme effets observés une diminution de la résistance aux infections dues à des germes intracellulaires.

Exercice 7

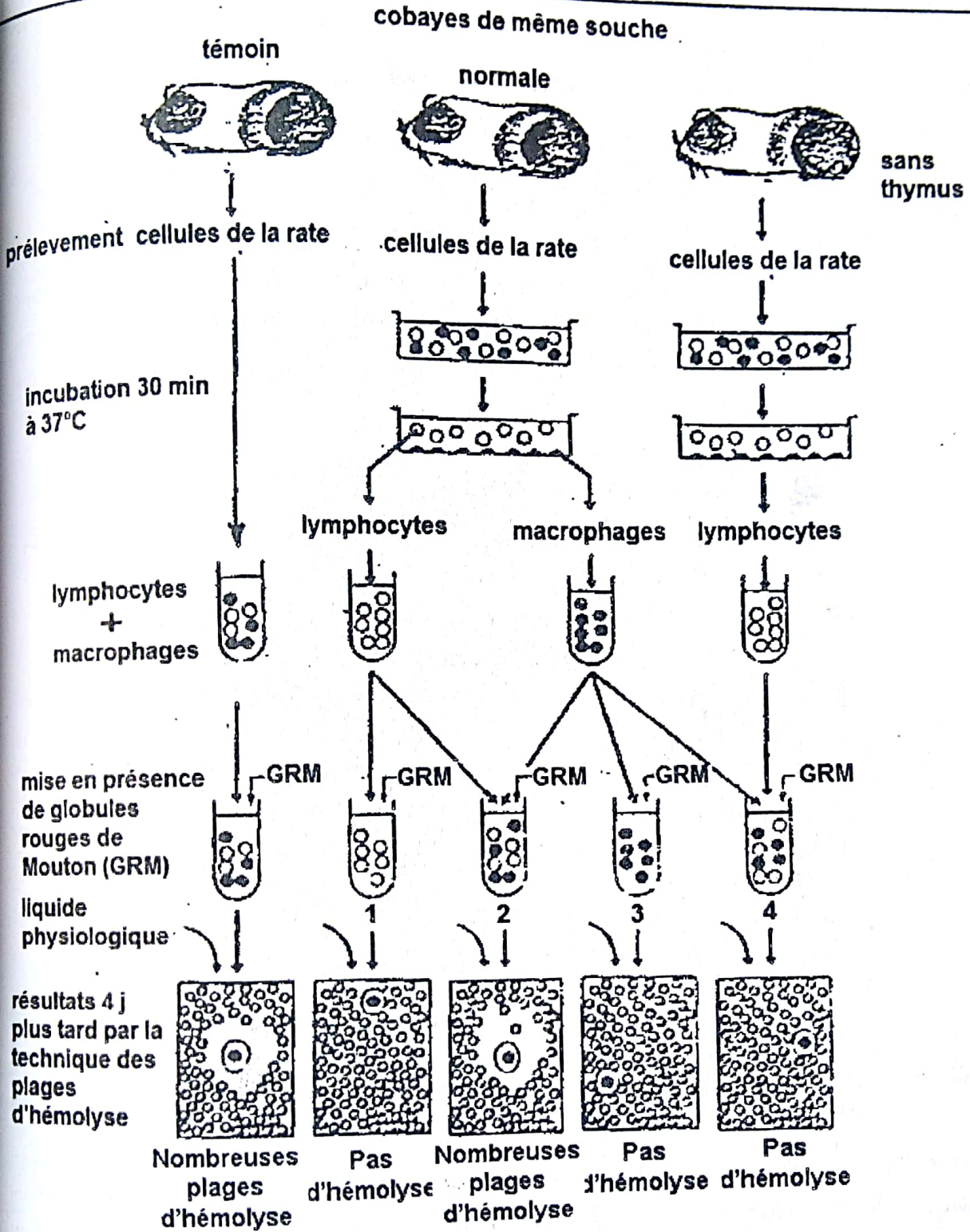
Pour comprendre un des aspects du mécanisme des réactions immunitaires, on réalise des expériences sur trois lots de cobaye de même souche.

- Un premier lot sert de témoin (cobaye normaux).
- Un deuxième lot de cobayes normaux dont les lymphocytes et les macrophages prélevés ont été séparés.
- Un troisième lot de cobayes sans thymus (cobayes thymectomisés).

Le document ci-après résume ces expériences.

N.B. :

- plage d'hémolyse = zone dans laquelle les hématies ont été détruites ;
- j = jour.



- 1) Précisez le rôle des GRM et du liquide physiologique dans ces expériences.
- 2) Comparez les résultats de l'expérience témoin aux autres résultats obtenus quatre jours plus tard.
- 3) Interprétez les résultats obtenus.
- 4) Déduisez de l'interprétation le rôle du thymus.

- 5) Précisez le type de réaction immunitaire mis en évidence à travers ces expériences. Justifiez votre réponse.
- 6) Réalisez un schéma de cette réaction de synthèse de cette réaction dans le cas du résultat n°2.

Exercice 8

A) L'hépatite B est provoquée par un virus qui peut être détecté dans le sérum d'un patient grâce à des tests immunologiques. Cette analyse sérologique complétée par une numérotation globulaire, présente une forte augmentation du taux de lymphocytes dont certains se sont différenciés. La microscopie électronique du document 1 ci-après permet de les distinguer.

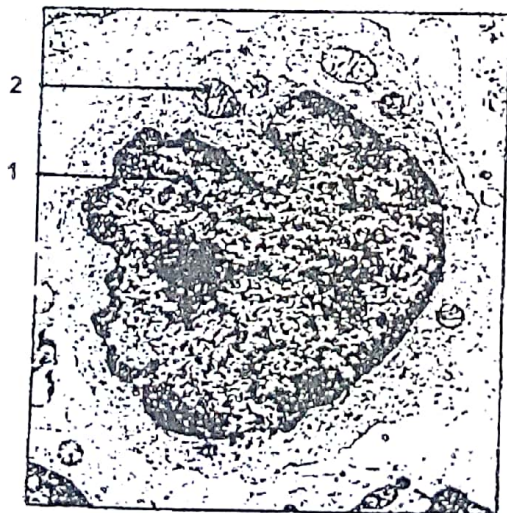
1) a) Identifiez les cellules X et Y.

b) Annotez-les en reportant les numéros sur votre copie.

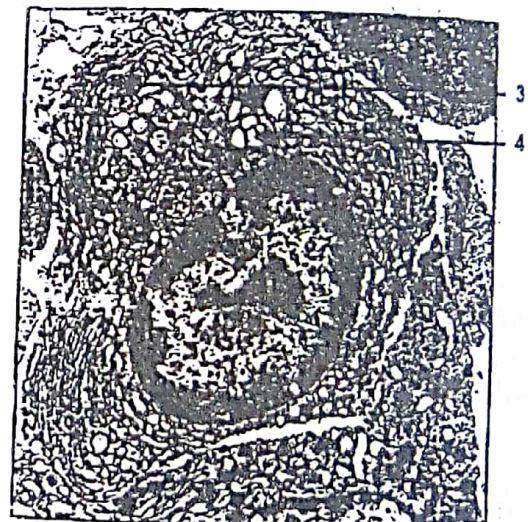
2) Les cellules X mises en culture en présence de macrophages prélevés dans la rate de sujets atteints d'hépatite B se transforment en cellules Y.

a) Etablissez les relations possibles entre macrophages, cellules X et Y.

b) Déduisez le type de réaction mis en jeu dans le milieu de culture.



Cellule X



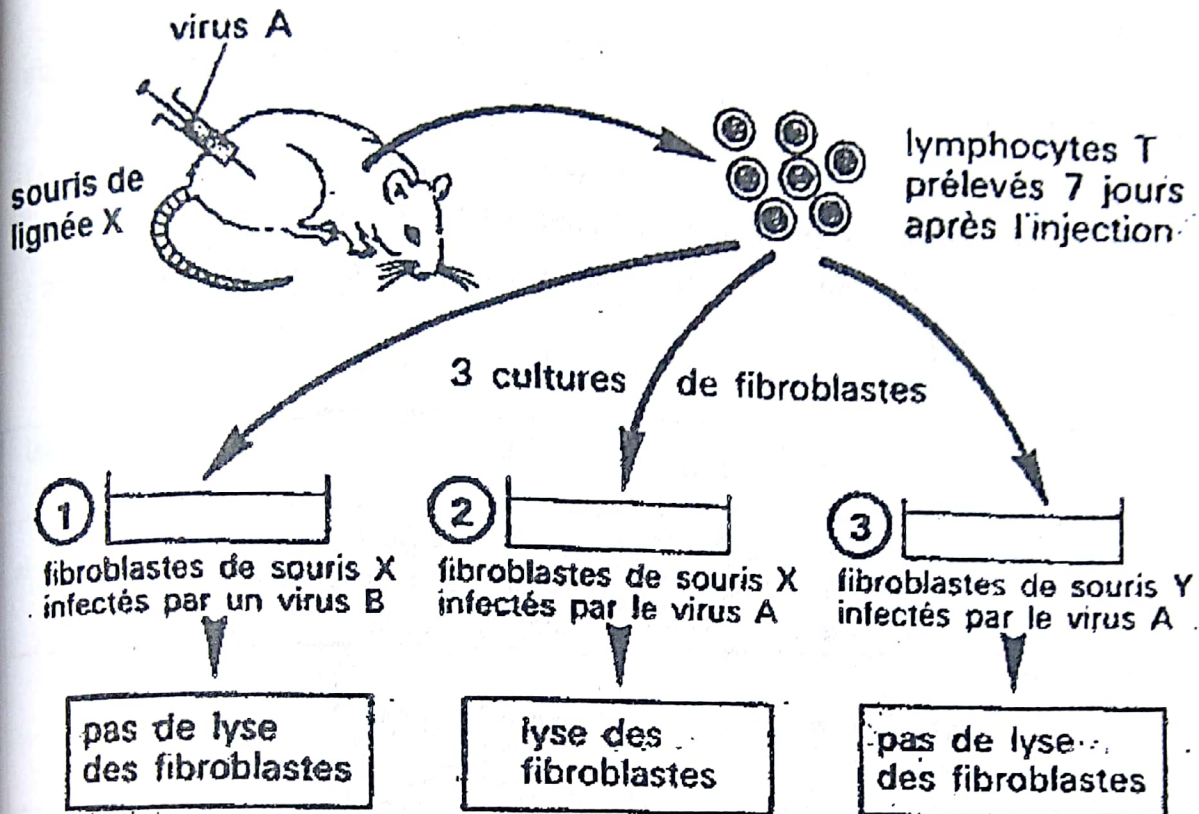
Cellule Y

Document 1

B) Dans les cas mortels d'hépatite B, il se produit une nécrose massive du foie. Afin de comprendre le mécanisme de cette importante destruction des cellules hépatiques infectées par le virus, on réalise les expériences suivantes :

Un virus A est injecté à des souris de lignée. Sept jours plus tard, on prélève dans la rate de ces souris, des lymphocytes T et on les ajoute à trois lots de cultures de fibroblastes (cellules du tissu conjonctif).

Le document 2 précise les conditions expérimentales ainsi que les résultats obtenus.



Document 2

- 1) Analysez les résultats des expériences.
- 2) Interprétez les résultats obtenus.
- 3) Déduisez de ces expériences les conditions de la lyse des cellules infectées.
- 4) Donnez une explication simplifiée à la nécrose du foie observée dans les cas mortels d'hépatite B.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT

Exercice 1

Le tétanos est une maladie dont les premiers troubles apparaissent généralement 3 à 8 jours après la contamination.

On estime que le taux d'anticorps antitétaniques dans le sang doit être au moins de 0,05 U.I. par millilitre de plasma pour que l'organisme soit protégé (U.I = unité internationale).

Pour aider l'organisme à se défendre contre cette maladie, il existe 2 pratiques médicales : la vaccination et la sérothérapie.

Document 1

injections	vaccin						
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
temps	Jour avant le vaccin	7 jours après le vaccin	14 jours après le vaccin	21 jours après le vaccin	35 jours après le vaccin	42 jours après le vaccin	1 an après le vaccin
Taux d'anticorps antitétaniques dans le sang (U.I/mL)	0	0,02	0,03	0,08	0,20	0,30	1,50

Document 2

injection	sérum						
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
temps	Jour avant le sérum	1 jour après le sérum	7 jours après le sérum	14 jours après le sérum	21 jours après le sérum	35 jours après le sérum	40 jours après le sérum
Taux d'anticorps antitétaniques dans le sang (U.I/mL)	0	0,64	0,32	0,09	0,03	0,004	0,002

A l'aide des informations fournies par le texte et les tableaux :

1- Montrez que les deux pratiques se complètent pour protéger l'organisme.

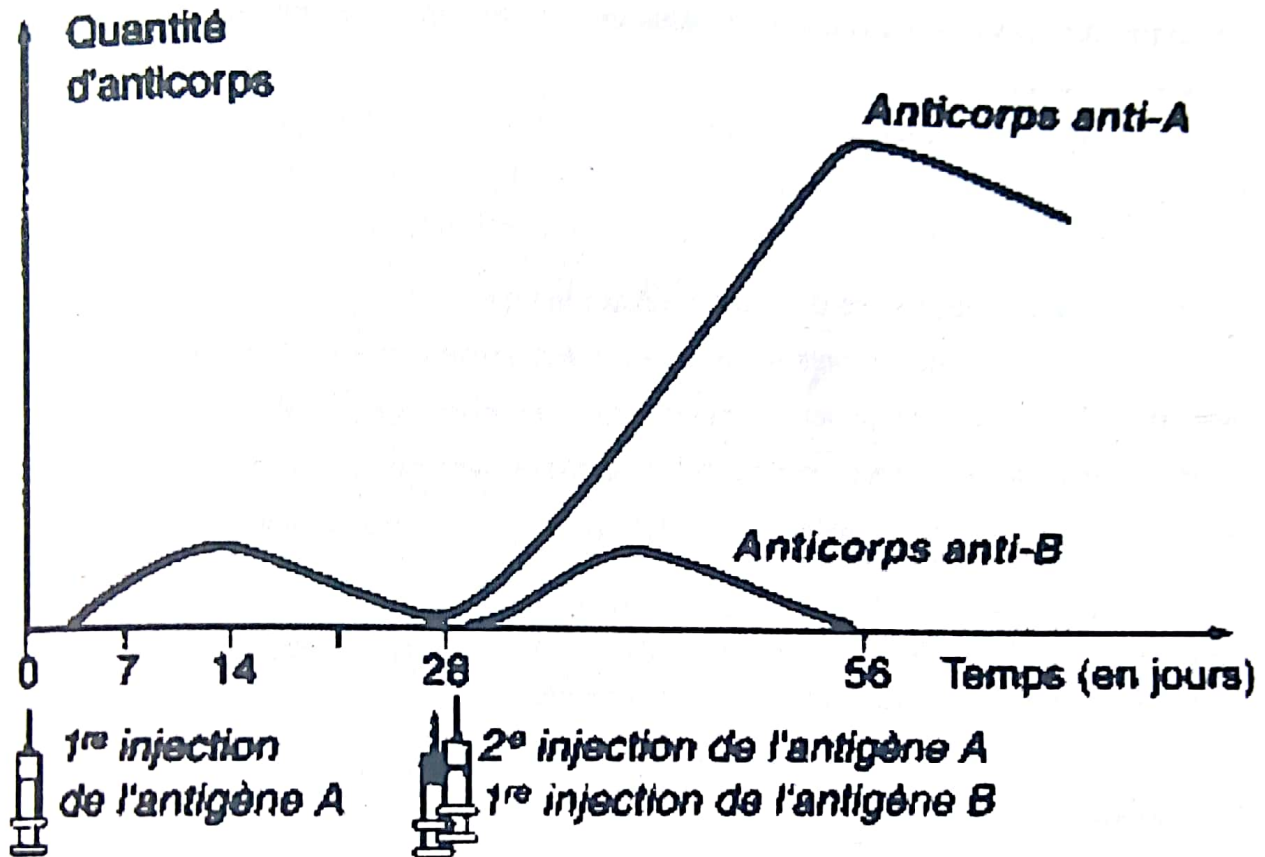
En cas de contamination par le tétanos d'un patient non vacciné, un médecin choisit de pratiquer d'abord une sérothérapie.

2- Expliquez ce choix.

Exercice 2

On administre à un individu une première injection d'antigène A.

28 jours plus tard, on réalise une deuxième injection d'antigène A et une première injection d'antigène B.



D'après Nathan 3^{ème}

- 1- A l'aide du document, indiquez comment varie la quantité d'anticorps anti-A et d'anticorps anti-B.
- 2- A l'aide de vos connaissances et du document, identifiez les deux caractéristiques du système immunitaire ainsi mises en évidence.

Exercice 1**1. Nom des deux cellules en cause**

Cellule A : cellule cancéreuse.

Cellule B : Lymphocyte T cytotoxique ou macrophage.

2. Classification dans l'ordre chronologique des étapes de cette attaque et leurs noms.

• **Ordre chronologique des étapes de l'attaque** : 1 : Figure II ; 2 : Figure III ; 3 : Figure I

• **Nom des étapes** :

Figure II : Approche de B vers A.

Figure III : Adhésion (fixation) de B sur A.

Figure I : Cytolyse.

3. Explication de l'apparence de la cellule A sur la figure

L'apparence claire et désorganisée de la cellule A s'explique par l'action des enzymes lytiques libérées par le lymphocyte T qui digèrent le contenu de la cellule cancéreuse.

4. Explication de l'absence de cette activité cellulaire dans ce dernier cas.

Sans thymus, il ne peut y avoir de lymphocytes T car la maturation des LT se fait dans le thymus.

Exercice 2 (extrait BAC BLANC REGIONAL 2014 DRENET ABIDJAN3 série C)**1- Identification des cellules prélevées sur la souris A.**

Ce sont : les lymphocytes B et les lymphocytes T

2- Analyse des résultats :

- Les souris B et D qui reçoivent un seul type de cellules (thymiques ou médullaires) de la souris A ne produisent pas d'anticorps anti-GRM
- La souris C qui reçoit à la fois les cellules thymiques et les cellules médullaires produit des anticorps anti-GRM en abondance.

3- Détermination ce que représentent les GRM pour les trois souris B, C et D.

Ce sont des antigènes étrangers ou des « non soi »

4- Interprétation des résultats.

- En présence d'un seul type de lymphocytes (LT ou LB), il n'y a pas de sécrétion d'anticorps parce que : les LT ne produisent pas d'anticorps. Les LB ne produisent anticorps que sous la stimulation des LT
- En présence de LB et de LT il y a productions d'anticorps parce que les LT4 activés secrètent l'interleukine qui contrôle la différenciation de LB en plasmocytes sécréteurs d'anticorps.

5- Déduction

a- Du type d'immunité induite chez la souris C.

C'est la réaction immunitaire à médiation humorale (RIMH).

b- De la relation qui existe entre les deux types de cellules dans la production des anticorps anti- GRM. C'est la coopération cellulaire.

Exercice 3**1. Nom des cellules, de l'ensemble 6 et des deux types d'immunité**

1 = macrophage (phagocyte) ; 2 = lymphocyte T4 auxiliaire ; 3 = lymphocyte T8 ;
4 = lymphocyte B ; 5 = plasmocyte ; 6 = complexe immun (complexe antigène-anticorps) ;
A = réaction immunitaire à médiation humorale (RIMH) ; B = réaction immunitaire à médiation cellulaire (RIMC).

2. Rôle des cellules 1 et 2

- **Cellule 1** : Le macrophage assure l'identification de l'antigène en phagocytant ce dernier et en présentant le déterminant antigénique (ou épitope) aux lymphocytes T.
- **Cellule 2** : le LT4 auxiliaire est le régulateur des réponses immunitaires spécifiques par la sécrétion de médiateurs chimiques pour activer soit les LB soit les LT8.

3. Comparaison des immunités A (RIMH) et B (RIMC)

- **Les similitudes** : ce sont des réactions immunitaires spécifiques comportant chacune trois phases ; une phase d'identification ou de reconnaissance de l'antigène, une phase d'amplification et une phase effectrice.
- **Les différences** : elles se situent essentiellement au niveau de la phase effectrice : dans la médiation humorale, le plasmocyte lui-même tout en demeurant dans le tissu lymphoïde sécrètent des anticorps pour neutraliser l'antigène alors que dans la médiation cellulaire c'est le LTc lui-même qui va à l'encontre de l'antigène pour le détruire. Dans la RIMH la cible est un antigène circulant et dans la RIMC la cible est une cellule.

Exercice 4**1) Explication des résultats obtenus en 1, 4 et 5 :**

En 1, il n'y a pas de multiplication des lymphocytes T (LT) car ceux-ci ne sont pas en présence d'antigènes. Ils ne sont pas sensibilisés.

- En 4, les LT de Y ne possèdent pas le même CMH que les LT de X et se comportent comme des antigènes. Face à ces antigènes, les LT de X sont activés et vont se multiplier.
- En 5, les LT de X se différencient en LT cytotoxique (ou cytolytique) et détruisent les LT de Y.

2) a) Pour » ou « contre » cette opération

Je suis « contre » cette opération.

b) Justification

Il y a une incompatibilité entre les LT de X et ceux de Y, illustrée par la destruction des LT de Y. Si on procède à une greffe entre ces deux individus, il y aura un rejet de greffe.

Exercice 5**1) Annotation de la figure 1**

- | | |
|------------------------|------------------|
| 1 – membrane plasmique | 3 – noyau |
| 2 – cytoplasme | 5 – dictyosome |
| 4 – ergastoplasme | 6 – mitochondrie |

Titre : Un lymphocyte B

2) Analyse des observations :

La présence d'extraits de paroi de bactérie dans une culture de Lymphocytes de souris a induit les modifications suivantes :

- le milieu s'enrichit en anticorps, ce qui indique qu'il y a production.
- la masse d'ADN augmente pour préparer les cellules à la multiplication.
- la masse d'ARN augmente dans certains lymphocytes, ce qui indique une activité de synthèse qui s'accroît.
- La structure des lymphocytes se modifie par un enrichissement en ergastoplasme, en mitochondries, en dictyosomes et en vésicules. Le lymphocyte B est en train de se différencier en plasmocyte.

3) En se fondant sur cette analyse, précisons le type de réponse immunitaire dont il s'agit

La production d'anticorps indique qu'il s'agit d'une réponse immunitaire à médiation humorale.

4) Retraçons de manière précise et concise, le mécanisme de cette réponse immunitaire

- Les lymphocytes B (LB) ayant des récepteurs spécifiques identifient directement l'antigène.
- Ainsi avec la coopération des macrophages et des lymphocytes T4 (LT4), ils sont activés et vont se différencier en LB mémoire et en Plasmocytes qui vont produire des anticorps circulants.
- Les anticorps de par leur structure particulière joueront trois fonctions dans cette réponse.
 - La neutralisation de l'antigène (Ag)
 - La phagocytose du complexe immun : l'opsonisation.
 - destruction de la bactérie par le complexe lytique (activation du complément)

Exercice 6

1) Les affirmations correctes sont en gras.

- a) Les lymphocytes B engendrent après activation par un antigène, des monocytes sécréteurs d'anticorps.
- b) Dans le thymus, les lymphocytes T apprennent à reconnaître le soi et le non soi.**
- c) Les lymphocytes B acquièrent leur immunocompétence dans la moelle osseuse.**
- d) Le complément est un ensemble de protéines sécrétées au moment d'une infection.
- e) Une injection de toxine atténuée constitue une sérothérapie.
- f) Une maladie qui se traduit par un déficit en cellules LB a comme effets observés une diminution de la résistance aux infections dues à des germes intracellulaires.

2) Correction des affirmations inexactes

- a) Les lymphocytes B engendrent après activation par un antigène, des plasmocytes sécréteurs d'anticorps.
- d) Le complément est un ensemble de protéines sécrétées avant l'infection.
- e) Une injection de toxine atténuée constitue une vaccinothérapie.
- f) Une maladie qui se traduit par un déficit en cellules LB a comme effets observés une diminution de la résistance aux infections dues à des germes extracellulaires.

Exercice 7

1) Le rôle des GRM et du liquide physiologique dans ces expériences.

- **Rôle des GRM** : les GRM sont des antigènes pour les cobayes.
- **Rôle du liquide physiologique** : Le liquide physiologique est un milieu qui assure la survie des cellules.

2) Comparaison des résultats de l'expérience témoin aux autres résultats

On a la présence de nombreuses plages d'hémolyse seulement dans le tube témoin et dans le tube N°2.

3) Interprétation des résultats obtenus.

Chez le cobaye normal, la destruction des antigènes (GRM) nécessite la présence simultanée des macrophages, lymphocytes et thymus. Les macrophages digèrent partiellement quelques GRM et présentent à leur surface les déterminants antigéniques qui sensibilisent les lymphocytes T4. Les lymphocytes T4 sécrètent alors des substances (interleukines ou lymphokines) qui stimulent les lymphocytes B. Ces derniers se différencient en plasmocytes qui sécrètent les anticorps qui détruisent les GRM. On parle de coopération cellulaire.

4) **Déduction de l'interprétation le rôle du thymus.**

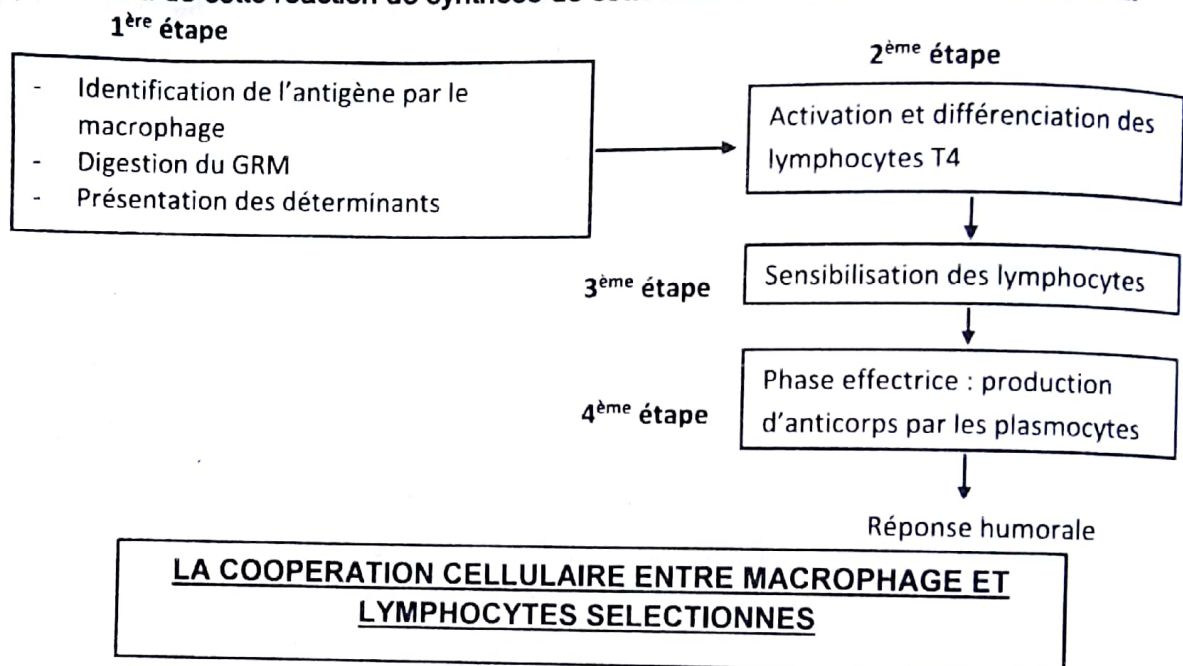
C'est dans le thymus qu'à lieu la maturation des lymphocytes T après leur naissance dans la moelle osseuse.

5) **Le type de réaction immunitaire mis en évidence à travers ces expériences.**

La réaction immunitaire est à médiation humorale.

Justification : la plage d'hémolyse montre que le lymphocyte n'a pas pu éliminer les GRM par contact direct. Il y a eu diffusion d'une substance par le lymphocyte. C'est une sécrétion d'anticorps. La réponse immunitaire est donc une médiation humorale.

6) **Schéma de cette réaction de synthèse de cette réaction dans le cas du résultat n°2.**



Exercice 8

A)

1) a) **Identification des cellules X et Y**

Cellule X = lymphocyte B ; Cellule Y = plasmocyte.

b) **Annotation des cellules**

1 = noyau ; 2 = mitochondrie ; 3 = réticulum endoplasmique granulaire (ou ergastoplasme) ; 4 = vésicule de sécrétion.

2) a) **Relations possibles entre macrophages, cellules X et Y.**

Le macrophage, par l'intermédiaire des lymphocytes T4 (LT4) activent les lymphocytes B (LB) qui se transforment en plasmocytes.

b) **Type de réaction mis en jeu dans le milieu de culture.**

C'est une réaction immunitaire à médiation humorale.

B)

1) Analyse des résultats des expériences.

- En 1, il n'y a pas de lyse des fibroblastes lorsqu'un virus autre que le virus A est mis en culture avec les fibroblastes de la souris infectée par le virus A.
- En 3, il n'y a pas de lyse des fibroblastes lorsque les fibroblastes proviennent d'une lignée autre que celle de la souris infectée par le virus A.
- En 2, il y a lyse des fibroblastes. Ces fibroblastes proviennent de la souris infectée par le virus A.

2) Interprétation des résultats obtenus.

- En 1, les lymphocytes T (LT) ne détruisent pas les fibroblastes de X car parce qu'ils ne reconnaissent pas le déterminant anti génétique du virus B présenté à leur surface.
- En 3, les fibroblastes de la souris Y ne sont pas détruits par les LT parce qu'ils ne reconnaissent pas les marqueurs des fibroblastes de la souris Y ; ces marqueurs sont différents de ceux de la souris X.
- En 2, les LT détruisent les fibroblastes parce qu'ils ont en mémoire le déterminant antigénique correspondant au virus A déjà présent à la surface des fibroblastes de X.

3) Déduction de ces expériences les conditions de la lyse des cellules infectées.

Pour qu'il y ait lyse, il faut que les LT aient en mémoire le déterminant antigénique que la cellule infectée présente à sa surface le même déterminant antigénique qui peut être reconnu par le LT cytotoxique (LTc).

4) Explication simplifiée à la nécrose du foie observée dans les cas mortels d'hépatite B.

A la suite de l'infection, le CMH des cellules hépatiques est modifié. Ces cellules hépatiques sont transformées en cellules étrangères qui sont détruites par les LTc.

COMMENT LE VIH AFFAIBLIT-IL LE SYSTEME IMMUNITAIRE ?

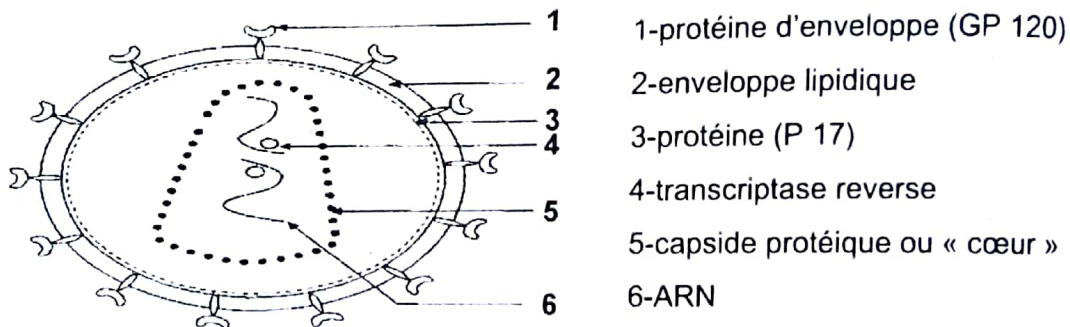
RAPPEL DE COURS

I. LE VIH AFFAIBLIT-IL LE SYSTEME IMMUNITAIRE GRACE A SA STRUCTURE ?

1) Observation

Observons le schéma de l'ultra structure du VIH.

2) Résultats



SCHEMA DE L'ULTRASTRUCTURE DU VIH

3) Conclusion

Le **SIDA** signifie : **Syndrome d'Immunodéficience Acquis**.

- **Syndrome** : ensemble de signes qui caractérisent une maladie.
- **Immunodéficience** : défaillance du système immunitaire.
- **Acquis** : qu'on peut contracter.

Le virus responsable de cette maladie a été découvert en 1983 par une équipe de chercheurs de l'institut Pasteur dirigée par le professeur LUC MONTAGNER.

Il a le sigle **VIH** (**V**irus de l'**I**mmunodéficience **H**umaine).

Il en existe deux types : le **VIH1** et le **VIH2**.

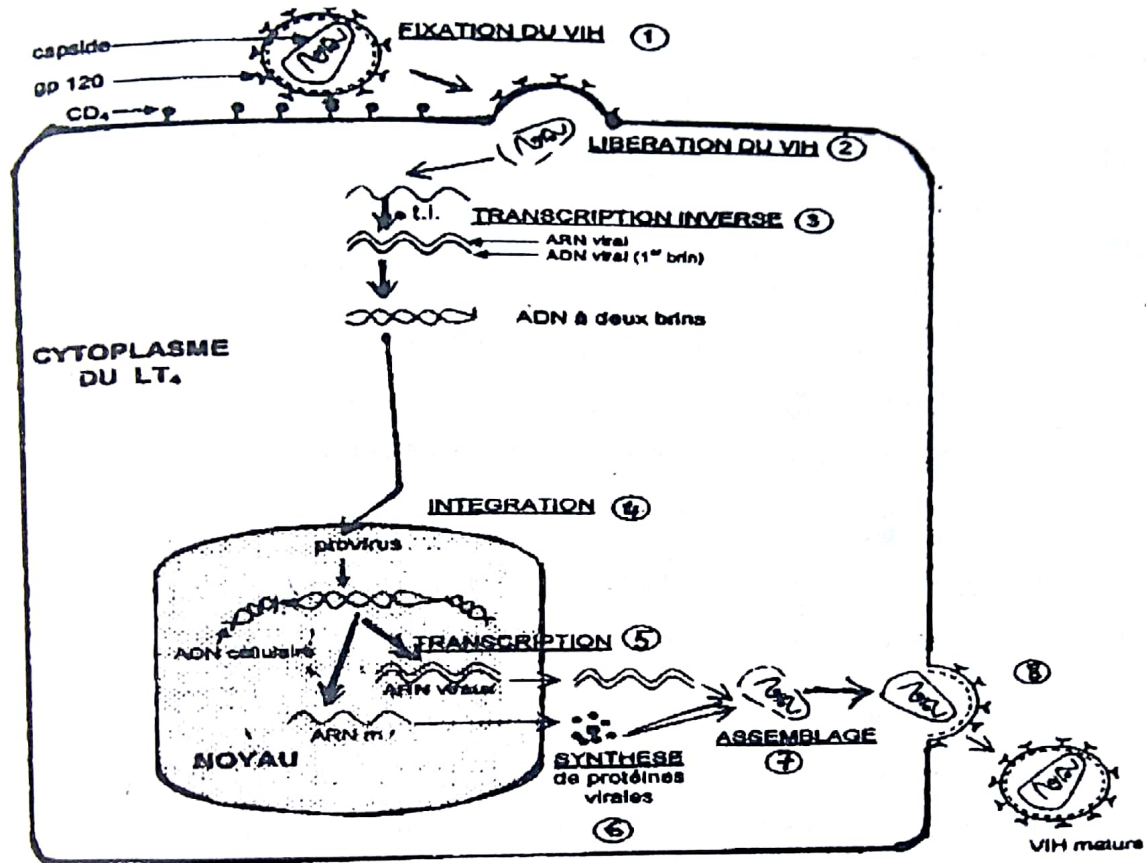
C'est un **rétrovirus** (virus capable de transcrire son ARN en ADN) qui possède deux molécules d'ARN identiques et une enzyme appelée la **transcriptase inverse** ou **reverse**. La transcriptase reverse catalyse la transformation de l'ARN en ADN.

II. LE VIH AFFAIBLIT-IL LE SYSTEME IMMUNITAIRE PAR UN MECANISME

1) Exploitation de document

Exploitions le document relatif aux étapes de l'infection d'un LT4 par le VIH.

2) Résultat



3) Conclusion

a. Fixation du VIH sur le LT4

La reconnaissance et la fixation des protéines d'enveloppe (gp120) sur les marqueurs ou récepteurs CD4 qui caractérisent les LT4. Cette fixation s'accompagne de la fusion des membranes virales et cellulaires.

b. Libération de l'ARN et transcriptase reverse.

Le virus injecte ensuite son contenu dans le cytoplasme de la cellule hôte (LT4) ce contenu est constitué de deux molécules identiques d'ARN et de transcriptase inverse.

c. Transformation de l'ARN viral en ADN viral

La transcriptase inverse transcrit l'ARN viral en ADN simple brin qui va se dupliquer pour donner l'ADN double brin. On parle de **retro-transcription** et l'ADN obtenu est l'ADN pro-viral.

d. Intégration de l'ADN pro-viral dans l'ADN du LT4

L'ADN pro-viral migre dans le noyau du LT4 et s'intègre dans son ADN. Le virus qui est alors présent par ses seules informations génétiques porte le nom de **provirus**. Il s'en suit la transcription et la synthèse de protéines virales.

Le sujet est alors contaminé. Plus tard, plusieurs virus seront libérés soit par bourgeonnement, soit par éclatement des LT4.

III. LE VIRUS AFFAIBLIT-IL LE SYSTEME IMMUNITAIRE PAR SON EVOLUTION ?

Après l'entrée du VIH l'organisme du sujet contaminé réagit. Les lymphocytes B sensibilisées, se différencient en plasmocytes qui sécrètent des anticorps anti VIH. Le test sérologique (test ELISA : permet de détecter dans le sérum des anticorps anti VIH : on dit que le sujet est **séropositif**).

Lorsque le sujet est séropositif, deux cas d'évolution sont alors possibles :

❖ 1^{er} cas

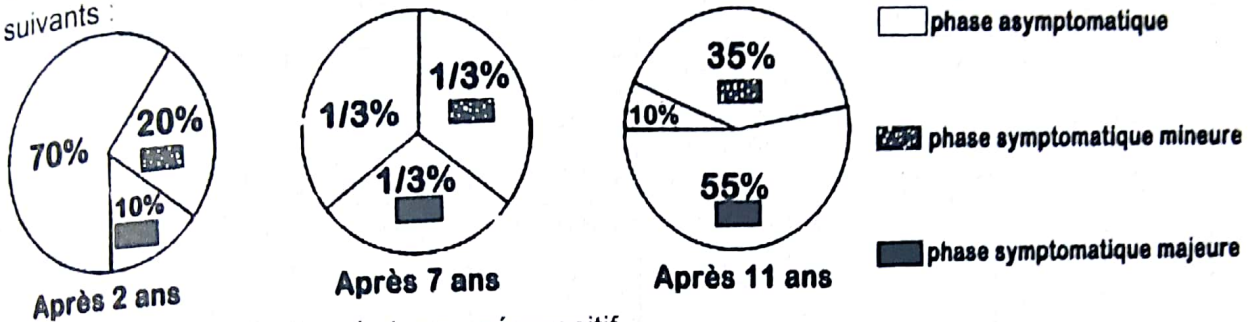
Le virus reste à l'état latent dans les LT4 (provirus). Dans ce cas, le sujet ne présente aucun symptôme de la maladie, mais la transmet : c'est un **porteur asymptomatique ou sain**.

❖ 2^{ème} cas

- Le virus peut se multiplier lentement : on parle de **multiplication contrôlée** et le sujet présente quelques signes de la maladie mais l'organisme est encore capable de se défendre : on parle de **para-SIDA**.
- Dans les cellules infectées (LT4), le virus se multiplie rapidement. Les LT4 meurent et libèrent de nombreux virus qui vont infecter d'autres cellules et ainsi de suite. Les LT4 dont le nombre diminue considérablement ne peuvent plus assurer leur rôle régulateur pour l'organisme infecté, et c'est la porte ouverte à toutes les infections dites **maladies opportunistes**.

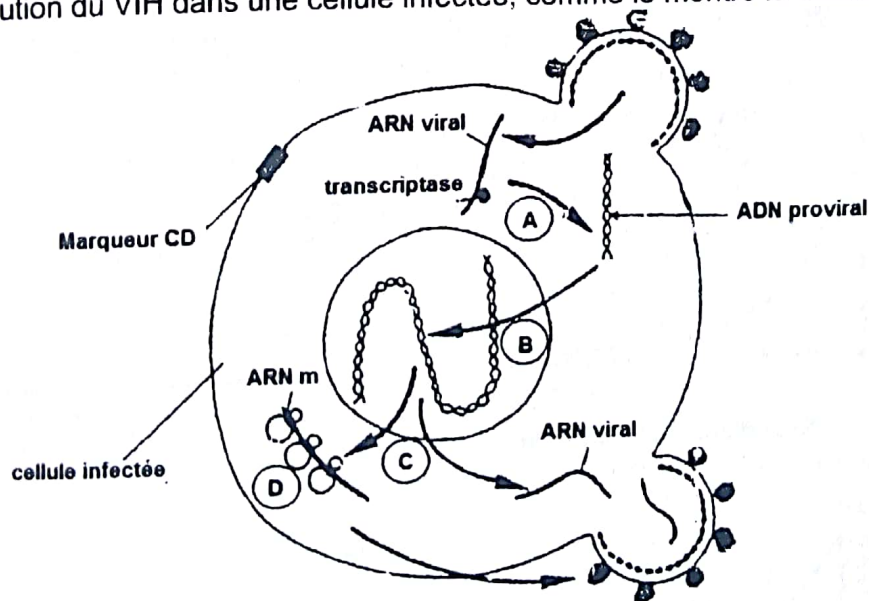
EXERCICES RESOLUS**Exercice 1**

Pour expliquer le mécanisme d'évolution du SIDA, des études ont été réalisées sur 100 personnes séropositives, composées de toxicomanes, hétérosexuels, homosexuels, transfusés, d'hémophiles et les prostituées. Les résultats sont présentés par les diagrammes suivants :



1. Donnez la signification du terme séropositif.
2. Analysez les diagrammes.
3. Proposez 2 hypothèses pour expliquer l'apparition précoce (après 2 ans) de la phase symptomatique majeure.

Des analyses pointues ont permis de faire la représentation schématique des étapes (A, B, C, D) de l'évolution du VIH dans une cellule infectée, comme le montre le document suivant.



4. Identifiez chacune des étapes.
5. Faites correspondre à la phase asymptomatique et aux phases symptomatiques, les étapes A, B, C, D du schéma.

Des molécules capables de bloquer ou de freiner la prolifération du virus ont été découvertes. Il s'agit de :

- L'AZT (azidothymidine) un antirétro transcriptase
- Un anticorps empêchant la reconnaissance du CD₄
- Des interférons anti ARN viraux.

6. Indiquez à quel niveau chacune des molécules est susceptible d'agir.

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

Exercice 2 (extrait BAC BLANC REGIONAL 2014 DRENET ABIDJAN3 série D)

Le SIDA est une maladie causée par le VIH (Virus de l'Immunodéficience Humaine). Des textes de séropositivité et des mesures de la charge virale ont été effectués chez des témoins non contaminés et contaminés (I1 et I2), des mères enceintes (M1 et M2) chez des enfants (E1 et E2) dès leurs naissances.

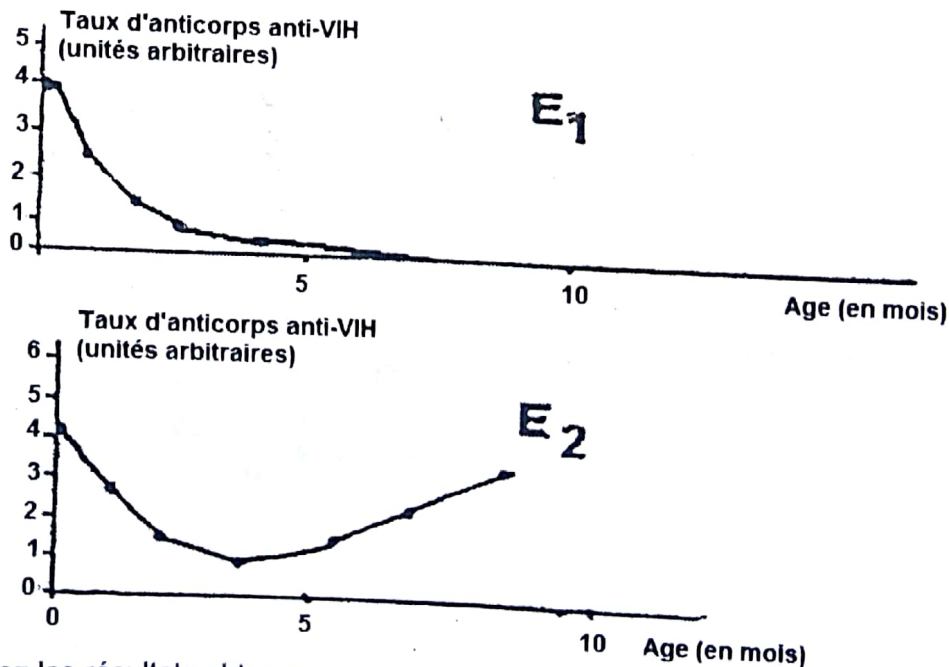
Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Individus testés	I1 : témoin non contaminé	I2 : témoin infecté par le VIH	M1 : Mère de E1 lors de la grossesse	Enfant E1 à la naissance	M2 : mère de E2 lors de la grossesse	Enfant E2 à la naissance
Test ELISA	Négatif	Positif	Positif	Positif	Positif	Positif
Charge virale (Nombre de virus/ml de plasma)	0	Comprise entre 10^1 et 10^8	10^4	0	10^4	$5 \cdot 10^2$

NB : le test ELISA révèle la présence d'anti corps anti-VIH

- 1) Analysez les résultats obtenus.
- 2) Expliquez les résultats obtenus chez les enfants E1 et E2.

Des examens ont été effectués chez les enfants E1 et E2 en vue de suivre l'évolution des anticorps anti-VIH dans leur sang sur 10 mois. Le document ci-dessous en donne les résultats :



- 3) Analysez les résultats obtenus.
- 4) Expliquez l'évolution du taux d'anticorps dans le sang.
 - a) de l'enfant E1.
 - b) de l'enfant E2.
- 5) Déduisez l'état de santé de chaque enfant.

Exercice 3 (Extrait du BAC C 2002)

Le document 1 présente la structure du VIH avec l'emplacement des protéines et glycoprotéines

1) Définissez les termes antigènes, anticorps.

2) Nommez les parties du virus où sont localisées protéines p24 et les glycoprotéines gp120.

Le document 2 représente les réponses des anticorps dirigés contre l'ensemble des protéines p24 et glycoprotéines gp120 du virus au cours de l'évolution de l'infection

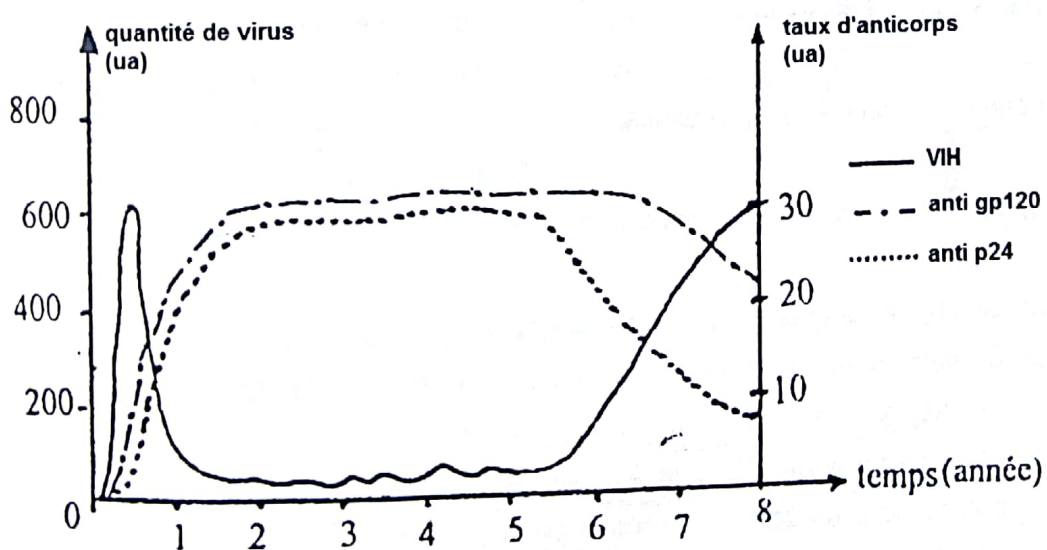
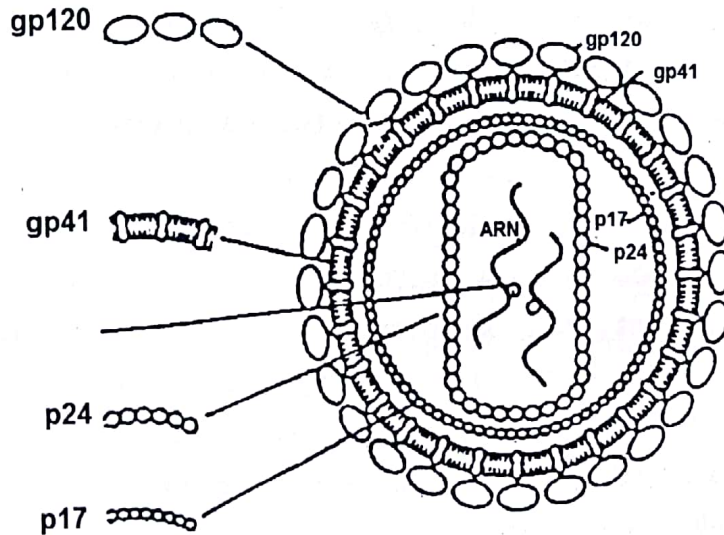
3) Citez deux techniques de dépistage du SIDA utilisant la recherche des anticorps dans le sérum.

4) Analysez les graphes de l'évolution des anticorps anti-gp 120 et anti-p24.

5) Expliquez l'évolution de la quantité de VIH.

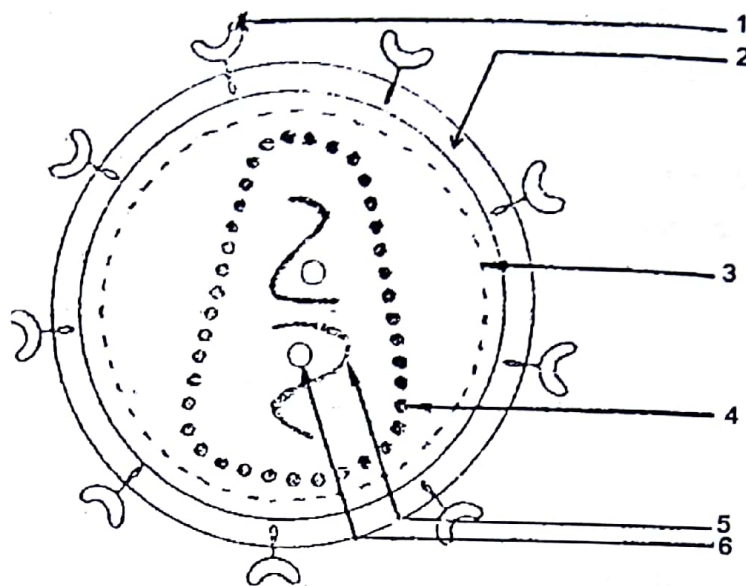
a) Déduisez le risque encouru par l'individu à partir de la 6^e année.

b) Justifiez votre réponse.



Exercice 4

A) Le document ci-dessous représente le schéma du virus du SIDA appartenant au groupe des rétrovirus.



1) Qu'est-ce qu'un rétrovirus ?

2) A partir des chiffres indiqués, annote sur ta copie ce document.

B) Texte :

« Après la réplication interne du VIH qui accompagne la primo-infection, la virémie (ou le taux de virus dans le sang) disparaît ou devient très modérée pendant la période de latence clinique. Dans le sang périphérique le nombre de cellules infectées est très faible. Toutefois, dès ce stade comme l'ont montré les Dr PANTELO et AL, la réplication du VIH et la charge virale sont très importantes dans les organes lymphoïdes. Ils que ces derniers hébergent dès le stade asymptomatique un nombre extrêmement élevé de macrophages et lymphocytes CD4 présentant une infection latente par le VIH. L'association VIH/cellules dendritiques suggère que les macrophages et lymphocytes CD4 qui migrent au travers des follicules lymphoïdes sont susceptibles à cette occasion d'être contaminés...

D'après B. Larrouze, Med. Digest n°12 Déc. 1993

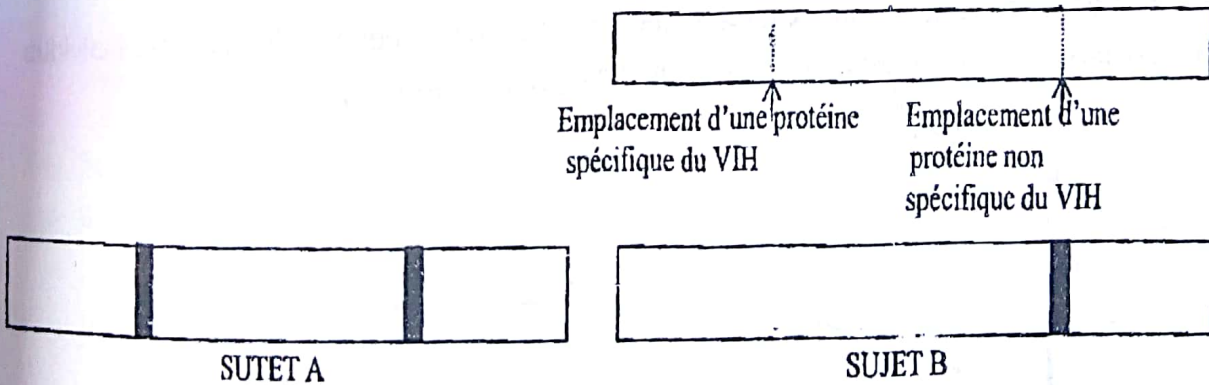
- 1) La virémie disparaît ou devient modérée : quelle est conséquence sur le dépistage de la maladie ? Pourquoi ?
- 2) Qu'appelle-t-on stade asymptomatique ?
- 3) Quelles sont les conséquences de l'infection latente du grand nombre de macrophages et de CD4 au stade asymptomatique ?
- 4) La suite du texte dit : « le fait que le sort d'un grand nombre de lymphocytes soit déterminé à un stade si précoce de l'infection constitue un problème majeur pour le développement des stratégies thérapeutiques et vaccinales efficaces ». Pourquoi ?

Exercice 5

A) D'actives recherches menées depuis de nombreuses années visent à élucider les mécanismes naturels de défense de l'organisme humain contre le paludisme à plasmodium et à mettre au point un vaccin efficace. En Afrique et en Amérique du sud par exemple, ce sont les enfants qui sont le plus souvent et le plus gravement atteints par la maladie par rapport aux adultes ayant grandi dans ces zones. En revanche, un adulte européen ou américain du nord, s'il n'est pas « traité » normalement, risque de développer un paludisme grave dès qu'il se rend dans ces zones.

- 1) Les différences de sensibilité au paludisme observées vous paraissent-elles surprenantes ?
 - 2) Comment expliquez-vous que les adultes des zones endémiques, bien qu'exposés à la contamination, finissent en général par ne plus développer de paludisme grave ?
- B) L'observation directe du virus restant difficile, on détecte indirectement la présence du VIH chez les personnes ayant un risque de contamination. Pour cela on produit de façon artificielle par génie génétique des protéines virales.

Qui sont disposées sur une bandelette. Ces protéines lorsqu'elles sont reconnues de façon spécifique par des molécules contenues dans le sérum de l'individu à tester forment une réaction caractéristique qui permet de les repérer. Du sérum de l'individu à tester est déposé sur la bandelette. Le test est effectué chez deux individus A et B. Les résultats obtenus sont donnés ci-dessous.

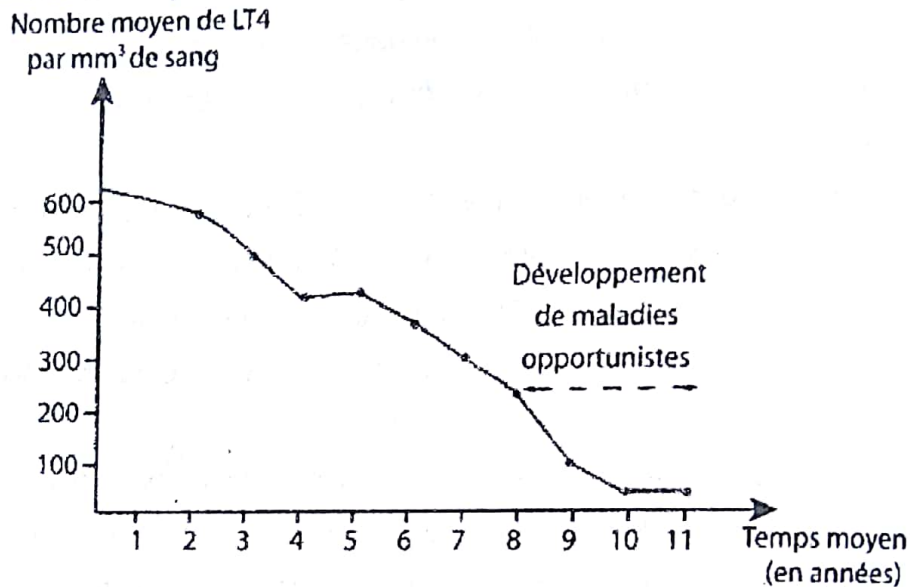


- 1) Que recherche-t-on dans le sérum de l'individu à l'aide de ce test ? Expliquez la nature de la réaction observée.
- 2) A quelles conclusions aboutissez-vous concernant les individus A et B ?
- 3) Dans le cadre d'un dépistage de l'infection, quand peut-on réaliser avec fiabilité les tests les plus précoces ? Expliquez votre réponse.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1**

Le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) est responsable d'un affaiblissement des défenses immunitaires de l'organisme, ce qui favorise le développement de maladies opportunistes.

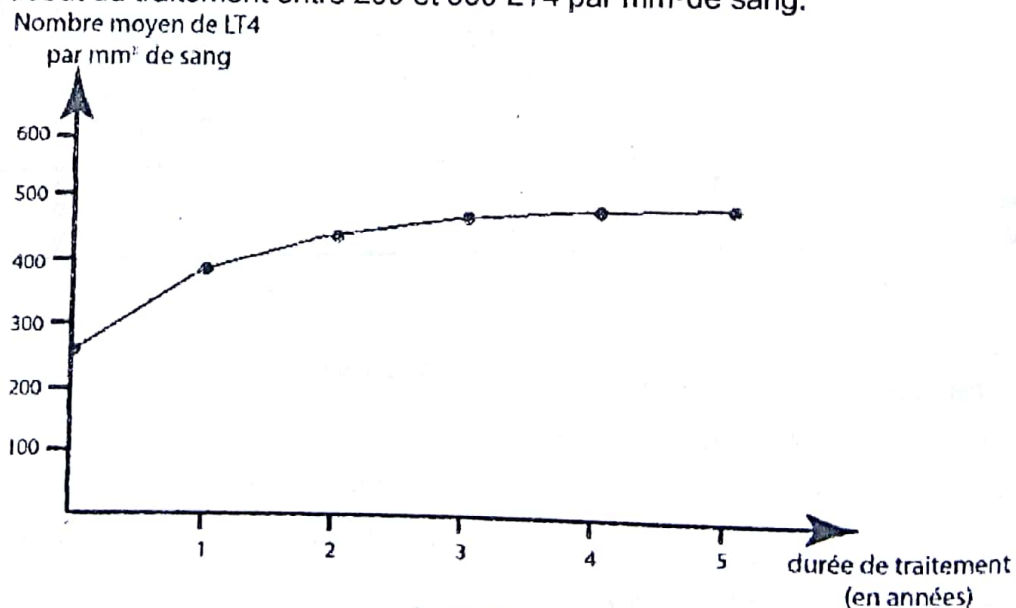
Le document 1 montre l'évolution naturelle du nombre de LT4, mesurée chez des patients contaminés par le VIH depuis au moins un an.



Document 1

- 1- Analysez cette courbe
- 2- Interprétez cette courbe

Un traitement comprenant trois médicaments a été administré pendant 5 ans à des individus ayant au début du traitement entre 200 et 350 LT4 par mm³ de sang.



Document 2

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

Le document 2 montre la modification du nombre de LT4 chez des patients porteurs du virus au cours d'un traitement médicamenteux.

- 3- Analysez cette courbe.
- 4- Expliquez comment des médicaments permettent de limiter l'apparition des maladies opportunistes.

Exercice 2

Pour mieux comprendre les mécanismes intervenants dans la défense immunitaire anti-VIH, on infecte des souris après leur avoir fait subir différents traitements.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Expériences	Etat des souris	Présence d'anticorps	Résultats
1	Normal (organes lymphoïdes intacts)	+	Pas de prolifération du VIH
2	Irradiation de la moelle osseuse thymus intact	0	prolifération du VIH
3	Irradiation de la moelle osseuse + injection de sérum de souris immunisées contre le virus	+	Pas de prolifération du VIH
4	Moelle osseuse intacte ablation du thymus	0	prolifération du VIH

- 1- Analysez les résultats du tableau.
- 2- Expliquez les résultats obtenus au cours de ces expériences.
- 3- Indiquez la relation qui existe entre les types de cellules immunitaires impliquées dans l'expérience.

Exercice 1

1- Signification de séropositif :

C'est la présence d'anticorps anti-VIH dans le sérum.

2- Analyse des diagrammes

• Après 2 ans :

Le pourcentage d'individus présentant la phase asymptomatique est 7 fois plus élevé que celui des individus présentant la phase symptomatique majeure et 3 fois plus élevé que celui des individus présentant la phase symptomatique mineure.

• Après 7 ans :

Les proportions des individus présentant les trois phases sont les mêmes.

• Après 11 ans :

Le pourcentage d'individus présentant la phase symptomatique majeure est deux fois plus élevé que celui de la phase symptomatique mineure et cinq fois plus élevé que celui de la phase asymptomatique.

Ou bien :

Au cours du temps, le pourcentage d'individus présentant la phase asymptomatique diminue tandis que celui des personnes présentant la phase symptomatique mineure et la phase symptomatique majeure augmente.

3- Hypothèse possibles

L'apparition précoce de la phase symptomatique majeure s'expliquerait par :

- Surinfection
- Système immunitaire déjà affaibli
- Non-respect des règles d'hygiène

4- Identification des étapes

A = Transcription de l'ARN viral en ADN proviral.

B = Intégration de l'ADN pro viral à l'ADN de la cellule hôte.

C = Transcription de l'ADN en ARN_m et en ARN viral.

D = synthèse des protéines virales.

5- Correspondance

- A et B correspondent à la phase asymptomatique.
- C et D correspondent à la phase symptomatique.

6- Niveau d'action

- L'AZT agit au niveau de la phase de transcription de l'ARN viral en ADN viral.
- L'anticorps empêchant la reconnaissance du CD4, agit en masquant le marqueur de CD au moment de la fixation.
- Les interférons anti-ARN viraux agissent au niveau de la transcription de l'ARN viral et de la synthèse des protéines.

Exercice 2 (extrait BAC BLANC REGIONAL 2014 DRENET ABIDJAN3 série D)**1- Analyse des résultats obtenus.**

- Le témoin non contaminé n'a pas d'anticorps anti-VIH ni de virus dans son sang
- Le témoin infecté par le VIH, les mères M1 et M2 et leurs enfants ont des anticorps anti-VIH dans leur sang.
- A part l'enfant E1, le témoin infecté, les deux mères et l'enfant E2 ont une importante charge virale.

2- Explication des résultats chez les enfants E1 et E2

- Les enfants E1 et E2 sont séropositifs pour le VIH parce que les anticorps anti-VIH produits par les mères infectées, sont passés dans le sang de l'enfant à travers le placenta.
- L'enfant E1 n'a pas de virus dans son sang parce qu'il n'a pas été contaminé par sa mère.
- L'enfant E2 a des virus parce qu'il a été contaminé par sa mère.

3- Analyse des résultats obtenus.

Le taux d'anticorps anti-VIH est maximal dans le sang des enfants E1 et E2 à la naissance.

Ce taux diminue chez ces enfants cinq (5) premiers mois. Il s'annule chez l'enfant E1 vers 7 mois ; alors que chez l'enfant E2, le taux d'anticorps anti-VIH s'accroît régulièrement avec le temps, à partir du cinquième mois.

4- Explication de l'évolution du taux des anticorps.**a) Chez l'enfant E1**

Le taux des anticorps anti-VIH diminue avec le temps parce que son organisme les élimine progressivement.

b) Chez l'enfant E2

La baisse de taux des anticorps anti-VIH est due à leur utilisation pour la neutralisation du VIH. Étant infecté ; il produit lui-même ses propres anticorps anti-VIH, d'où l'accroissement de leurs taux à partir du 5^{ème} mois.

5- Déduction de l'état de santé de chaque enfant.

- L'enfant E1 n'a pas été contaminé
- L'enfant E2 a été contaminé par le VIH.

Exercice 3**1) Définissons les termes antigènes, anticorps**

- Les antigènes sont des protéines ou glycoprotéines présentes sur les membranes cellulaires qui déterminent l'identité d'un individu.
Autre définition : Les antigènes sont des corps ou molécules reconnus comme étrangers par l'organisme et qui déclenchent une réaction immunitaire spécifique.
- Les anticorps sont des protéines spécifiques produites par une cellule infectée pour neutraliser un antigène donné.

2) Nommons les parties du virus ou sont localisés protéines p24 et les glycoprotéines gp120

- p24 est localisée dans la capsid protéique (ou cœur).
- Gp120 est localisée dans l'enveloppe du virus (protéine de surface).

3) Citons les deux techniques de dépistage du SIDA

Ce sont le test ELISA et le test western blot (ou immuno blot)

4) Analyse des graphes anti-gp120 et anti-p24 :

La production des anticorps anti-p24 et anti-gp120 commence quelques mois (3 à 4 mois) après l'infection. De 4 mois à 1 an et 1/2, leurs taux augmentent rapidement. La production de ces anticorps reste constante jusqu'à 5 ans et 1/2 (anti-p24) à 6 ans et 1/2 (anti-gp120) à 30 u.a.

Les taux d'anticorps chutent par la suite (à partir de 5 ans et 1/2 pour l'anticorps anti-p24 et à partir de 6 ans et 1/2 pour l'anticorps anti-gp120).

5) Explication de l'évolution de la quantité de VIH

De 0 à 6 mois, l'augmentation rapide des VIH s'explique par leur prolifération et l'absence d'anticorps anti-gp120 et anti-p24.

De 6 mois à 1 an, la baisse rapide de la quantité des VIH est due à la production d'anticorps anti-gp120 et anti-p24 qui neutralisent les VIH. De 1 an à 5 ans et 1/2, la réplication virale est contrôlée par le système immunitaire de l'hôte infectée sans que les VIH soient pour autant éradiqués (phase de latence clinique).

A partir de 5 ans et 1/2, les VIH échappent à l'action du système immunitaire.

a) Déduisons le risque encouru par l'individu à partir de la 6^e année.

A partir de la 6^e année, l'individu peut développer la maladie.

b) Justification

La prolifération des VIH qui se fait au dépend des LT_4 entraîne la déficience du système immunitaire d'où l'apparition des maladies opportunistes.

Exercice 4

A)

1) Définition d'un rétrovirus

Un rétrovirus est un virus capable de synthétiser à partir de sa molécule d'ARN une molécule d'ADN.

2) Annotation du document.

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1- protéine d'enveloppe ou GP 120 | 4- capsid protéique ou cœur |
| 2- enveloppe lipidique | 5- ARN |
| 3- protéines | 6- transcriptase inverse (ou reverse). |

B)

1) Conséquence sur le dépistage de la maladie

Lorsque la virémie disparaît ou devient modérée, le dépistage devient difficile voire impossible.

Explication : les virus sont apparemment absents et l'individu peut être considéré comme non porteur du VIH.

2) Définition du stade asymptomatique

Le stade asymptomatique correspond à une absence de signes cliniques.

3) Conséquences de l'infection latente

- Le système immunitaire est atteint car toutes les cellules immunitaires sont en train d'être détruites.
- Le système immunitaire est sérieusement infecté.

4) Stratégies thérapeutiques

La destruction du VIH dans les macrophages entraîne la destruction de ces cellules.

Exercice 5

A)

1) Montrons si les différences de sensibilité sont surprenantes ou pas.

Les différences de sensibilité ne sont pas surprenantes.

En effet, on constate que les sujets les plus atteints par le paludisme sont ceux qui n'ont jamais été en contact avec le plasmodium, que ce soit pour des raisons de temps (jeune âge) ou d'origine géographique (zone non endémique). Ce qui est une caractéristique fondamentale de la réponse immunitaire dont l'efficacité augmente avec la durée du contact avec l'antigène.

2) Explication du non développement du paludisme grave chez les adultes

Les adultes ayant grandi dans la zone où le paludisme est endémique ont presque obligatoirement rencontré le plasmodium au moins une fois pendant leur enfance. Ils ont en ce moment développée une réponse primaire relativement lente et peu efficace (enfants fréquemment et gravement malades). Lors d'un deuxième contact, le phénomène de mémoire immunitaire leur permet de développer une réponse secondaire à la fois plus rapide et plus efficace. Une rencontre supplémentaire ne modifie pas la rapidité de la réponse mais augmente généralement son efficacité.

B)

1) Ce qu'on recherche dans le sérum de l'individu à l'aide de ce test

On recherche la présence d'anticorps anti-VIH.

Explication de la nature de la réaction observée.

Les anticorps réagissent de façon spécifique avec les antigènes pour former un complexe antigène-anticorps ou complexe immun. Cette réaction conduit à la neutralisation des antigènes.

2) Conclusions concernant les individus A et B

- Le sujet A est porteur du VIH.
- Le sujet B est non porteur du VIH.

3) Quand on peut réaliser avec fiabilité les tests les plus précoces

On peut réaliser avec fiabilité les tests les plus précoces trois mois après l'infection à cause du délai minimum nécessaire à l'organisme pour fabriquer les anticorps anti-VIH.

COMMUNICATION



Ivan Pavlov

Né à Riazan (Russie) le 26/09/1849

Mort à Saint-Pétersbourg (Russie) le 27/02/1936

Il se passionne très tôt pour la physiologie et obtient son diplôme de médecin en 1879, à Saint-Pétersbourg. Quelques années plus tard, chaires de pharmacologie et de physiologie en poche, il se lance dans la recherche plus assidue sur les réflexes conditionnés. Il parvient à démontrer que les réflexes d'ordre physiologique peuvent être provoqués par un conditionnement spécial du cerveau, qui n'est pas forcément lié directement au stimulant premier. Par exemple, en étudiant la production salivaire du chien, il découvre que ce dernier salive non pas en commençant à manger, mais déjà par le seul fait d'apercevoir sa gamelle. En associant le repas du chien à un signal sonore (conditionnement), l'animal en viendra à saliver par le seul fait d'entendre ce signal. C'est ce qui sera appelé plus tard le "réflexe de Pavlov". Ses travaux auront une influence considérable sur la psychologie moderne.

COMMENT LES MOUVEMENTS REFLEXES SE DEVELOPPENT-ILS ?

RAPPEL DE COURS

I. LES MOUVEMENTS REFLEXES SE DEROULENT-ILS DE FAÇON INVOLONTAIRE ?

A) Structures intervenants dans ce réflexe

1) La peau

La peau est un organe récepteur.

2) Le nerf

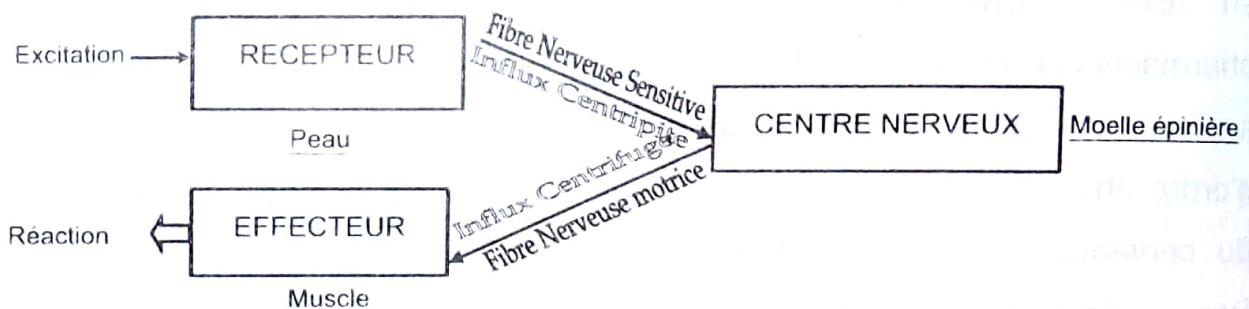
Le nerf représente l'organe conducteur.

3) La moelle épinière

La moelle épinière constitue le centre nerveux.

4) Le muscle

Le muscle est l'organe effecteur.



ENSEMBLE DES ORGANES INTERVENANTS DANS UN MOUVEMENT REFLEXE INNE

B) Qu'est-ce qu'un réflexe simple ?

C'est un phénomène physiologique provoqué par la stimulation d'un récepteur et qui aboutit à la réaction d'un effecteur. IL se manifeste toujours de la même façon chez tous les individus de la même espèce. Il est dit pour cela **stéréotypé** et **spécifique**. Il fait partir du patrimoine héréditaire. C'est-à-dire qu'il est **inné**.

II. LES MOUVEMENTS REFLEXES SE DEROULENT-ILS DE FAÇON VOLONTAIRE ?

A) Comment le réflexe conditionnel se met-il en place ?

1. Condition de mise en place

a) Le réflexe inné de salivation

Chaque fois qu'on donne au chien un morceau de viande ou toute autre substance, (sel-acide) le chien salive abondamment. Il s'agit d'un réflexe alimentaire inné. Ce réflexe inné de salivation est aussi appelé réflexe absolu de salivation. Il met en jeu les organes suivants :

- un Récepteur sensoriel (bouche ou muqueuse buccale) ;
- un Conducteur nerveux sensitif (fibre sensitive gustative) ;
- un Centre nerveux (centre salivaire du bulbe rachidien) ;
- un Conducteur nerveux moteur (fibre sécrétrice) ;
- un Effecteur (glande salivaire).

b) Le réflexe conditionnel correspondant

b-1) Phase 1

❖ Expérience

On fait entendre un bruit de cloche au chien

❖ Résultat

Le chien ne salive pas mais dirige son regard vers le son

❖ Conclusion

Le son est un stimulus neutre. Le réflexe obtenu est appelé réflexe d'investigation.

b-2) Phase 2

❖ Expérience

On dépose de la viande sur la langue du chien.

❖ Résultat

Le chien salive abondamment

❖ Conclusion

La viande est un stimulus inconditionnel ou absolu. Le réflexe obtenu est un réflexe inconditionnel ou inné.

b-3) Phase 3

❖ Expérience

On fait entendre un bruit de cloche au chien puis on lui dépose de la viande sur la langue.

On répète plusieurs fois cette opération.

❖ Résultat

On constate que le chien salive toujours abondamment.

❖ Conclusion

Le son associé à la viande n'est plus un stimulus neutre.

b-4) Phase 4❖ Expérience

Après la 3^e phase, on fait battre uniquement la cloche sans associer la viande.

❖ Résultat

On constate que le chien continue de saliver abondamment.

❖ Conclusion

Le son qui était au départ un stimulus neutre devient **un stimulus conditionnel**.

Et le réflexe obtenu est **un réflexe conditionnel ou acquis**.

2. Condition d'obtention du réflexe acquis

- La destruction du cortex cérébrale entraîne la disparition du réflexe acquis et empêche l'acquisition de tout autre réflexe. Le cerveau est donc indispensable dans la mise en place du réflexe conditionnel.
- Le réflexe conditionnel n'est possible que si et seulement si au cours de l'apprentissage (le stimulus neutre précède le stimulus absolu). Ainsi, le stimulus initialement neutre devient progressivement conditionnel.
- L'animal doit être isolé pour éviter qu'il soit distrait.

B) QUEL EST LE TRAJET DE L'INFLUX NERVEUX DANS LE REFLEXE CONDITIONNEL ?**1) Au début de l'expérience**

Le chien ne salive pas au début de l'expérience par ce que les centres auditifs et les centres salivaires ne sont pas reliés. L'influx nerveux va parcourir la fibre auditive et s'arrêter dans l'aire auditive du cerveau.

2) A la fin de l'expérience

A la suite de la sollicitation répétée des centres auditifs puis salivaires, **une nouvelle liaison nerveuse** s'est établie entre les deux centres permettant ainsi d'aller du stimulus neutre à la réaction de salivation.

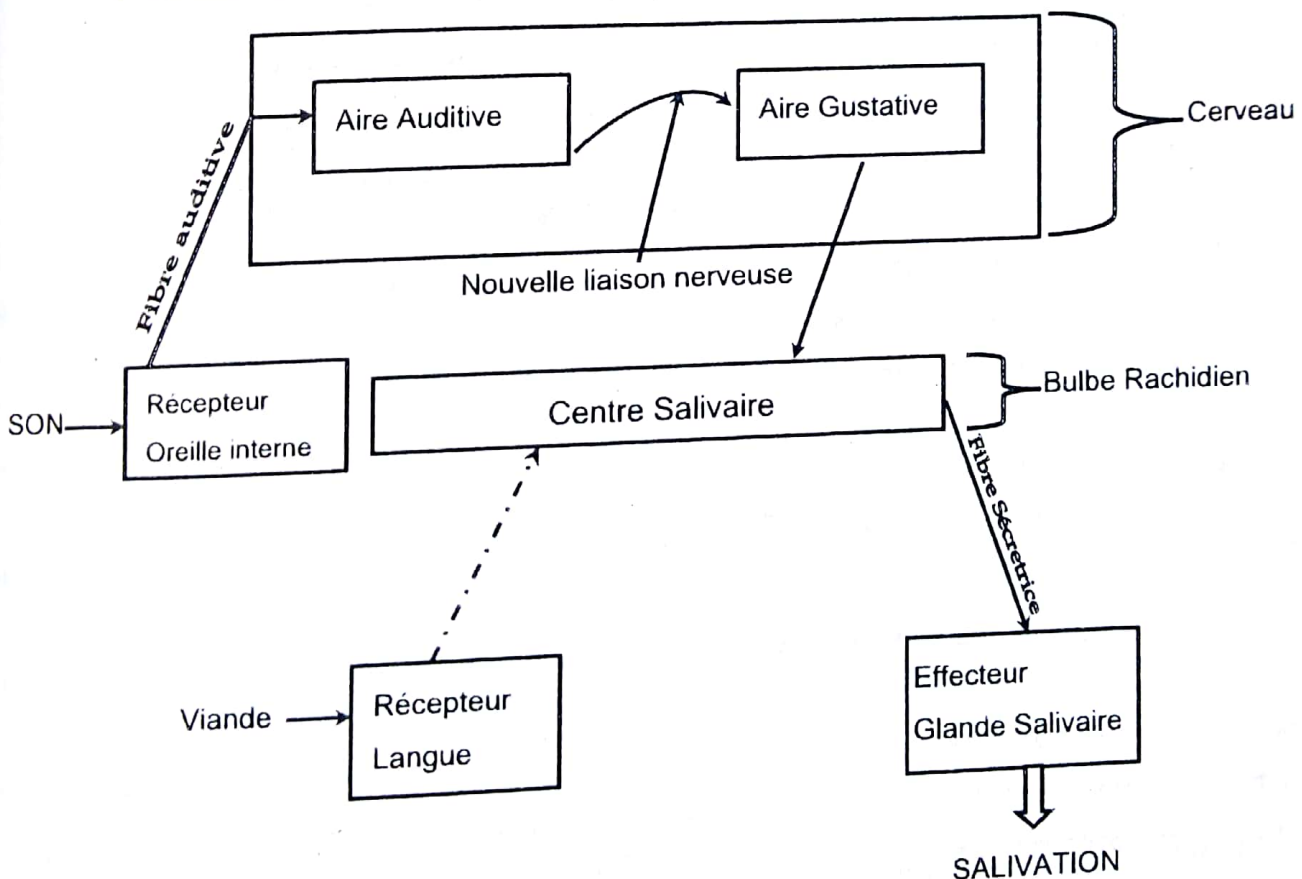
Remarque :

- Le réflexe conditionnel doit être entretenu : c'est **le renforcement** (il faudrait de temps en temps associer le stimulus conditionnel au stimulus inconditionnel).
- Si le réflexe conditionnel n'est pas entretenu, il disparaît : **c'est le phénomène d'extinction.**
- Après avoir réussi le conditionnement, **le stimulus conditionnel ne doit pas varier.**

C) Qu'est-ce qu'un réflexe acquis ou conditionnel ?

Un réflexe acquis est une réponse acquise sous l'influence d'un excitant nouveau qui se superpose à cet excitant primitif (viande) et qui le remplace grâce à la création d'une nouvelle liaison nerveuse entre 2 aires.

Il s'agit donc d'un réflexe qui s'acquiert à la suite d'un apprentissage. Ce réflexe doit être entretenu sinon il disparaît.

D) CONCLUSION

SCHEMA MONTRANT LE TRAJET DE L'INFLUX DANS UN REFLEXE CONDITIONNEL DE SALIVATION

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1** (extrait Bac D 2001)

Un chien a été préalablement conditionné à saliver quand il entend un son de fréquence 1000 Hz sur présentation d'un morceau de viande.

Dans l'expérience suivante, toutes les 15 minutes, on lui fait entendre un son dont la fréquence est indiquée dans le tableau du document 1 et on recueille sa salive durant 30 secondes.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Heure	Fréquence du son Hz	Gouttes de salives recueillies
14 H 00 mn	1000	18
14 H 15 mn	1012	00
14 H 30 mn	1000	18
14 H 45 mn	1005	18
15 H 00 mn	1012	00
15 H 15 mn	1020	00
15 H 30 mn	1000	18
15 H 45 mn	1000	18

Document 1

- 1- Indiquez ce que représente le son de 1000 Hz avant le conditionnement de l'animal à cette fréquence, puis après l'acquisition du réflexe.
- 2- Analysez les résultats obtenus (Document 1).
- 3- Déduisez-en la caractéristique essentielle du réflexe conditionnel mise en évidence dans cette expérience.
- 4- Représentez par un schéma le circuit nerveux mis en place à l'issue de l'acquisition du réflexe.

Quatre jours après l'expérience précédente, l'animal est à nouveau soumis à l'influence du son de 1000Hz.

Chaque jour, un essai est réalisé à la même heure. La quantité de salive recueillie au cours d'une quinzaine d'essais est consignée dans le tableau suivant (document 2) :

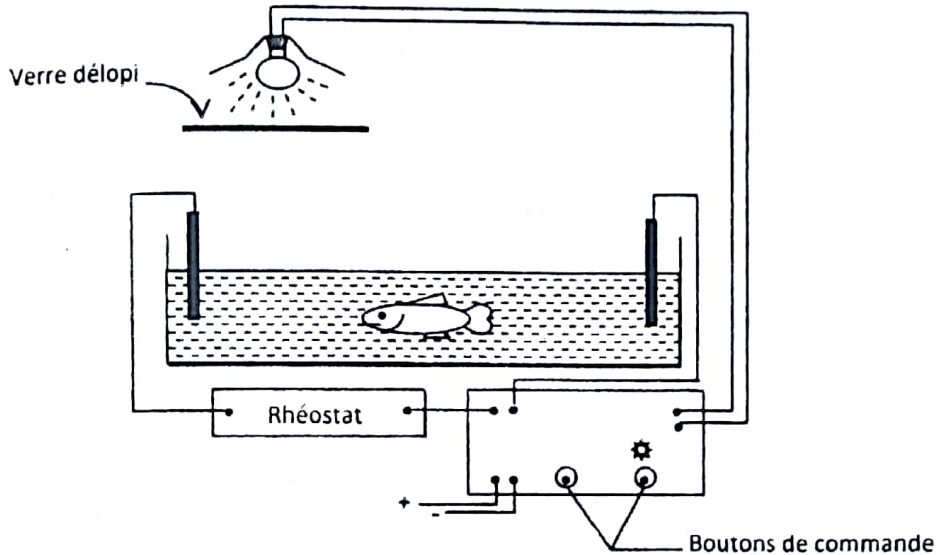
Essais (numéro)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Quantité de salive recueillie	18	17	15	11	12	10	10	6	3	1	1	1	0	0	0

Document 2

- 5- Représentez par un graphe, la quantité de salive recueillie au cours des essais.
Prendre pour échelle 1cm pour chaque essai et 1 cm pour une goutte de salive.
- 6- a) Analysez succinctement le graphe.
b) Interprétez ce graphe.
- 7- Concluez.

Exercice 2 (BAC BLANC REGIONAL 2014 ABIDJAN3 série D)

Le dispositif ci-dessous est utilisé pour une série d'expériences réalisées sur un poisson :



Le poisson est introduit dans un aquarium à paroi opaque non réfléchissante rempli d'eau et placé dans la pénombre. Le poisson est soumis à deux stimuli : un stimulus lumineux donnant un éclairage homogène de la cuve et un stimulus électrique. Les commandes des deux stimuli sont indépendantes.

- Le poisson est soumis à des stimulations lumineuses : il semble d'abord perturbé. Il nage dans tous les sens, bouge la tête, les nageoires, ensuite cette réaction disparaît peu à peu c'est-à-dire que le poisson devient insensible aux stimulations.
- Le poisson est soumis à des chocs électriques qui provoquent chez l'animal une réaction nette, inéluctable : accélération de la nage (nage forcée)

1) Nommez la réaction de l'animal :

- a) à la stimulation lumineuse ;
- b) à la stimulation électrique.

2) Dites ce que représente :

- a) le stimulus lumineux ;
- b) le stimulus électrique.

On veut conditionner le poisson à effectuer des nages forcées à l'application du stimulus lumineux seul. Pour ce fait, on associe les deux stimuli : le stimulus lumineux appliqué pendant (04) secondes et est suivi des chocs électriques pendant (01) seconde. On réalise des séries de (10) essais, numérotées de 1 à 12.

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

Le tableau ci-dessous montre les résultats obtenus :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+
-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+
-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+
-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+
-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+
-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+

+ : réaction nette du poisson (nage forcée)

- : pas de réaction nette.

3) Nommez ces nouvelles réactions.

4) Tracez la courbe du nombre de réactions en fonction des séries d'essais.

Echelle : 1 cm pour une série

1 cm pour une réaction.

5) Analysez la courbe.

6) Interprétez-la.

7) Représentez le trajet suivi par le message nerveux lors de la 12^{ème} série d'essai.

Exercice 3

On réalise les deux séries d'expériences ci-après où l'on utilise comme stimulus des éclairs d'une durée d'une seconde.

- **Expérience 1** : un chien a été conditionné à saliver avec comme stimulus conditionnel un éclair de lumière blanche. Après le conditionnement, la présentation à l'animal d'éclairs de différentes couleurs donne les résultats consignés dans le tableau 1.

- **Expérience 2** : l'expérience 1 est reprise dans les mêmes conditions avec un chimpanzé conditionné par le même stimulus de départ. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 2.

Heure	Nature de l'éclair (durée : 1s)	Nombre de gouttes de salive par 30 secondes
12h00	Lumière blanche	10
12h15	Lumière bleue	10
12h30	Lumière verte	10
12h45	Lumière rouge	10

Tableau 1

Heure	Nature de l'éclair (durée : 1s)	Nombre de gouttes de salive par 30 secondes
14h00	Lumière blanche	10
14h15	Lumière bleue	0
14h30	Lumière verte	0
14h45	Lumière blanche	10
15h00	Lumière rouge	0

Tableau 2

- Analysez les résultats de l'expérience 1.
 - Analysez les résultats de l'expérience 2.
 - Définissez les notions de stimulus conditionnel et de réflexe conditionnel.
- Formulez une hypothèse quant à la qualité de la vision des animaux utilisés.
- Représentez par un schéma le trajet du réflexe conditionnel mis en jeu dans ces expériences.

Exercice 4

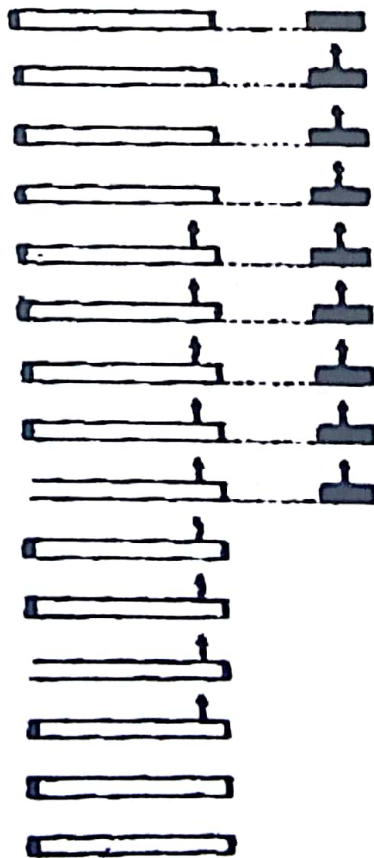
Un chat est maintenu dans un champ expérimental par une sangle abdominale.

- A l'aide d'un brassard placé autour d'une patte postérieure, on applique une faible décharge électrique : le chat fléchit la patte excitée (à chaque nouvelle excitation est la même).
- On place devant l'animal une lampe électrique : on constate que lorsque la lampe s'allume, le chat oriente son regard vers cette lampe.
- On associe le stimulus lumineux (représenté sur le document ci-contre par la bande blanche) et le stimulus électrique (représenté sur le document ci-dessous par la bande sombre) ; on réalise deux (02) séries d'expériences figurées sur le même document. Une flèche t'indique que le stimulus appliqué a déclenché la flexion de la patte.
 - Nommez les réactions de l'animal décrites dans ces expériences. (A et B)
 - Nommez la réaction déclenchée par le stimulus lumineux dans la 1^{ère} série d'expérience du 5^{ème} au 9^{ème} essai (résultats sont à lire de haut en bas).

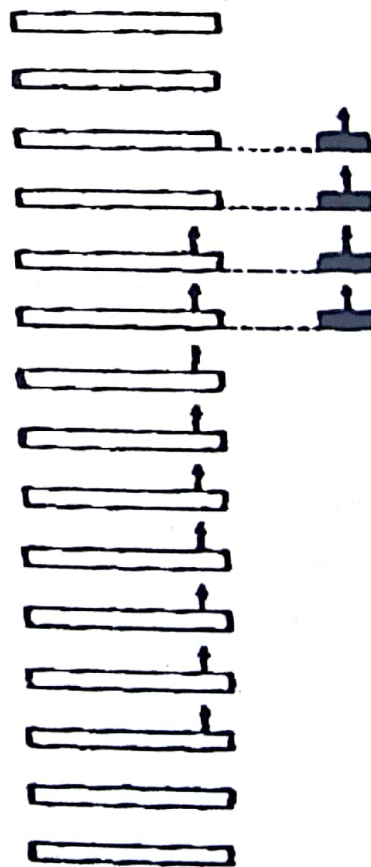
Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

3. En utilisant vos connaissances et ces documents, précisez les organes qui entrent en jeu dans l'accomplissement de la réaction déclenchée par la décharge électrique dans l'expérience A.
4. Réalisez un schéma très simplifié du mécanisme de la flexion de la patte suite à l'application du stimulus lumineux seul.
5. En considérant la 1^{ère} série d'expériences :
 - a- Analysez le résultat obtenu du 10^{ème} au 15^{ème} essai.
 - b- Nommez le phénomène observé lors des résultats des 14^{ème} et 15^{ème} essais.
 - c- Précisez la cause de ce phénomène
6. Dégagez les différences essentielles qui existent entre les 1^{ère} et 2^{ème} séries d'expériences :
 - a- concernant les expériences réalisées ;
 - b- concernant les résultats observés suite à l'application du stimulus lumineux seul (non associé au stimulus électrique).

Première série d'expériences



Deuxième série d'expériences (un jour après)



EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1**

Un chien est conditionné à saliver à partir des expériences dont les résultats sont consignés dans les tableaux ci-dessous

Première expérience

L'animal est soumis à un éclair suivi de la mesure de la quantité de salive excrétée.

Durée de l'expérience en mn	Durée d'application d'un éclair blanc en seconde	Nombre de gouttes de salive en 30 s
0	1	0
15	1	0
30	1	0
45	1	0
60	1	0

- 1) Expliquez l'absence de la salivation observée dans le tableau de la première expérience.

Deuxième expérience

L'animal est soumis à un éclair suivi de la mesure de la quantité de salive excrétée après présentation d'un agent gustatif efficace (viande)

Durée de l'expérience en mn	Durée d'application d'un éclair blanc en seconde	Agent gustatif efficace (viande)	Nombre de gouttes de salive en 30s
0	1	Viande	10
15	1	Viande	10
30	1	Viande	10
45	1	Absence de viande	10
60	1	Absence de viande	10

- 2) Nommez l'action réalisée dans la deuxième expérience de 0 à 30 minutes.
 3) Nommez la réaction dans la deuxième expérience de la 45^{ème} minute.
 4) Représentez le trajet de la réaction dans la deuxième expérience à la 45^{ème} minute.

- Troisième expérience

Une recherche des caractéristiques des facteurs impliqués dans cette activité conduit à la réalisation de cette expérience complémentaire.

Durée de l'expérience en mn	Durée d'application d'un éclair en seconde		Agent gustatif efficace (viande)	Nombre de gouttes de salive
	blanc	rouge		
75	1		0	10
90		1		0
105	1		0	10
120	1		0	10
135	1		0	10
150	1		0	0
165	1		viande	10

- 5) Interprétez les résultats dans le tableau de la troisième expérience à la 90ème minute
- 6) Interprétez les résultats dans le tableau de la troisième expérience à la 150ème minute
- 7) Nommez l'action réalisée dans le tableau de la troisième expérience à la 165ème minute

Exercice 2

Un poisson est placé dans une cuve sans couvercle dont les parois sont opaques.

On stimule le poisson avec une charge électrique ; il effectue une nage forcée alors que l'allumage d'une lampe électrique placée au-dessus de la cuve ne provoque pas la nage forcée du poisson. A l'aide de ces deux stimuli, on éclaire le poisson pendant 5 secondes puis on le stimule électriquement. Cette opération ou essai répété 5 fois constitue une séquence. A chaque essai, on note (+) si le poisson effectue la nage forcée à l'allumage seul de la lampe et (-) si le poisson n'effectue pas la nage forcée. Les résultats sont consignés dans le tableau du document 1.

- 1- Indiquez dans cette expérience le stimulus neutre et le stimulus absolu.
- 2- Réalisez un tableau dans lequel figure le nombre de nage forcée par séquence.
- 3- Tracez la courbe du nombre de nage forcée en fonction des séquences successives suivant. Echelle : 2 cm pour 1 nage forcée et 2 cm pour une séquence.
- 4- Analysez cette courbe.

- 5- Expliquez le passage d'une seule nage forcée à la première séquence à 5 nages forcées lors de la cinquième séquence.

Séquences	Essais	Nage forcée
1 ^{ère} séquence	1	-
	2	-
	3	-
	4	-
	5	+
2 ^{ème} séquence	1	-
	2	-
	3	+
	4	-
	5	+
3 ^{ème} séquence	1	-
	2	-
	3	+
	4	+
	5	+
4 ^{ème} séquence	1	+
	2	-
	3	+
	4	+
	5	+
5 ^{ème} séquence	1	+
	2	+
	3	+
	4	+
	5	+

Document 1

Exercice 1 (extrait BAC D 2001)

1. Ce que représente le son de 1000 Hz

- Avant l'expérience, le son de 1000 Hz est un stimulus neutre ou stimulus inconditionnel.
- Après l'acquisition du réflexe de salivation, le son devient un stimulus conditionnel.

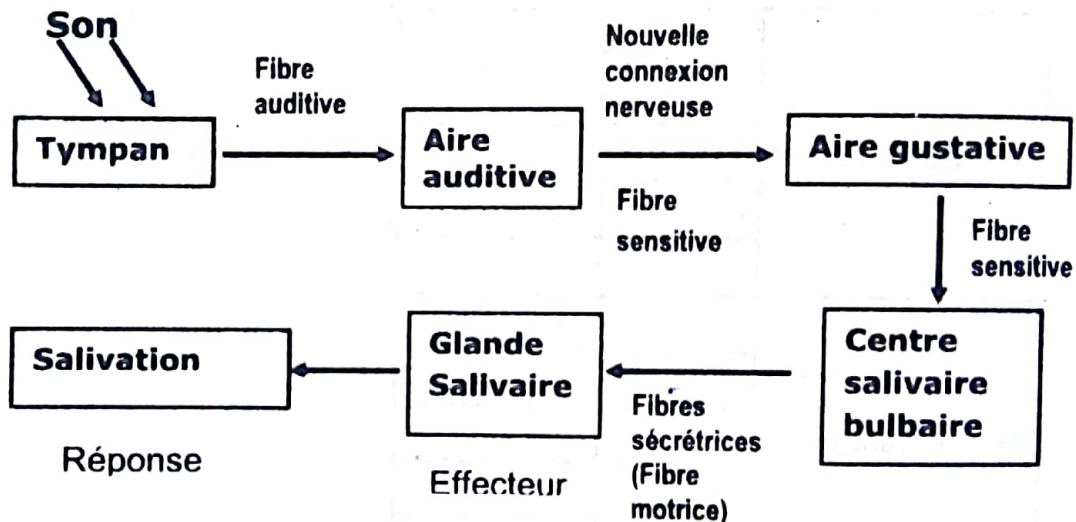
2. Analyse des résultats

- Lorsque la fréquence du son émis est de 1000 Hz ou voisin (1005 Hz), il y a salivation et la quantité de salive recueillie est constante (18 gouttes).
- Pour des fréquences plus élevées, il n'y a pas de salivation.

3. Caractéristique essentielle

Ce type de réflexe nécessite un stimulus conditionnel précis spécifique ou adapté.

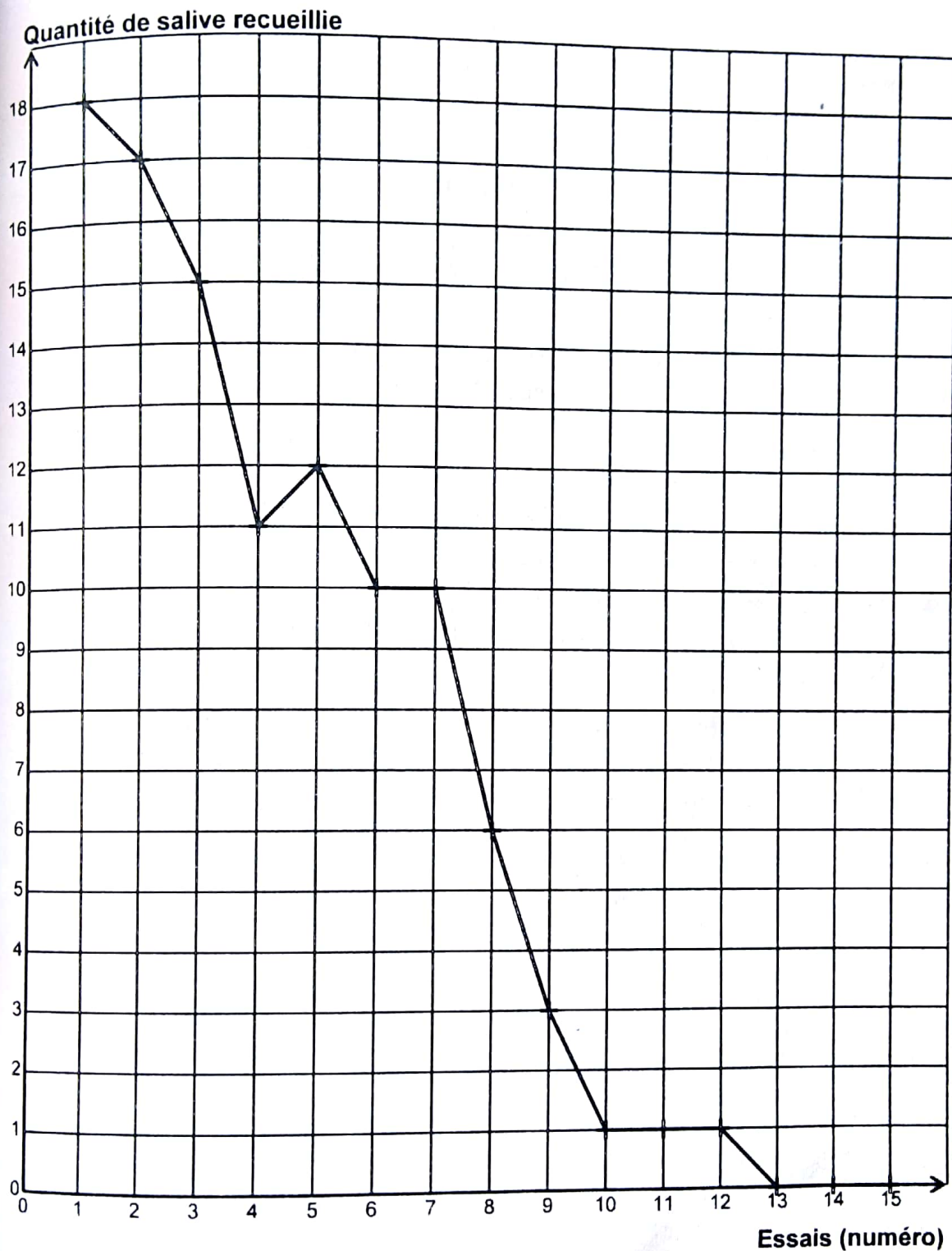
4. Schéma



**SCHEMA DU CIRCUIT NERVEUX MIS EN PLACE
A L'ISSUE DE L'ACQUISITION DU REFLEXE**

NB : Tout autre schéma fonctionnel est accepté.

5. Graphe de la quantité de salive recueillie au cours des essais : voir courbe



COURBE DE LA QUANTITE DE SALIVE RECUEILLIE AU COURS DES ESSAIS

6. a). Analyse du graphe

La qualité de salive importante (18 gouttes) lors du 1^{er} essai baisse au fur et à mesure de
essais pour s'annuler à partir du 13^{eme} essai.

b). Interprétation du graphe

La baisse de la quantité de salive s'explique par l'oubli progressif de la signification du signe
sonore par l'animal.

Cela est dû au fait que la nouvelle connexion nerveuse entre l'aire auditive et l'aire gustative
devient de moins en moins fonctionnelle par manque de renforcement.

A partir du 13^{eme} jour, l'absence de salivation est due à l'extinction du réflexe.

7. Conclusion

Le réflexe conditionnel n'est pas immuable.

S'il n'est pas entretenu, il disparaît progressivement.

Exercice 2

1) Nommons :

a) réaction du poisson à la stimulation lumineuse = un réflexe conditionnel d'investigation

b) réaction à la stimulation électrique = un réflexe inné ou inconditionnel.

2) Déterminons ce que représente :

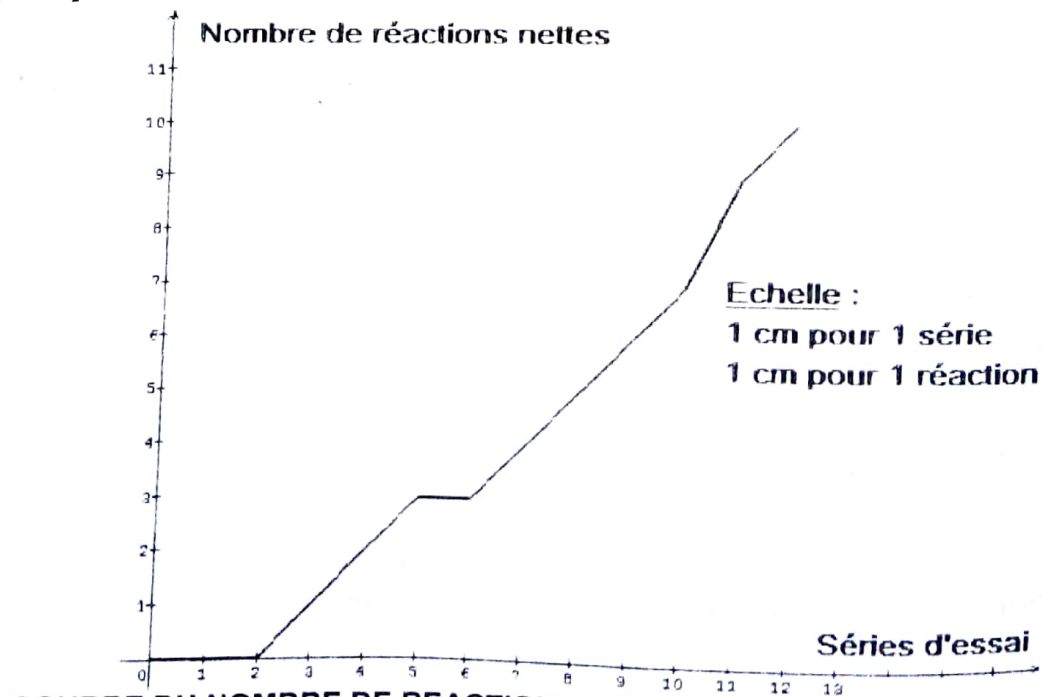
➤ Le stimulus lumineux = un stimulus neutre ;

➤ Le stimulus électrique = un stimulus absolu.

3) Nommons ces nouvelles réactions

Ces nouvelles réactions sont des réflexes conditionnels ou acquis.

4) Traçons la courbe du nombre de réactions en fonction des séries d'essais.



COURBE DU NOMBRE DE REACTIONS EN FONCTION DES SERIES D'ESSAIS

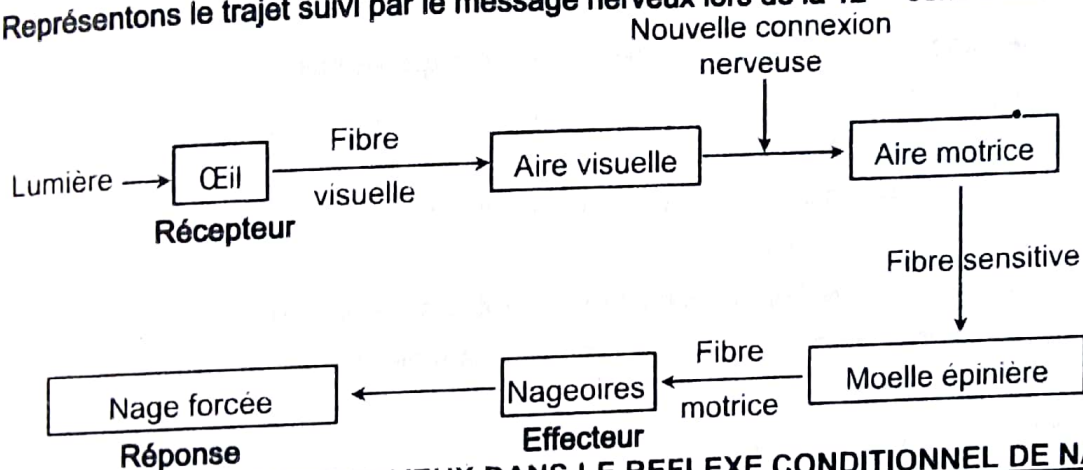
5) **Analyse de la courbe.**

Lors des deux premières séries d'essais, le nombre de réactions nettes de poissons (nages forcées) est nul. de la 3^{ème} série à la 12^{ème} série d'essais, le nombre de réactions nettes du poisson augmente progressivement, il passe de 1 à 10.

6) **Interprétation de la courbe.**

- Lors des deux premières séries d'essais, le poisson ne réagit pas au stimulus lumineux parce qu'il n'a pas encore mémorisé l'association stimulus lumineux stimulus électrique (absence de connexion entre les aires corticales)
- A partir de la 3^{ème} série d'essais, suite à l'association répétitive des deux stimuli, le stimulus neutre (le stimulus lumineux) est devenu un stimulus conditionnel. Il est efficace et provoque chez le poisson une réaction qui est réflexe conditionnel. Il s'est établi peu à peu dans le cerveau du poisson, une nouvelle connexion nerveuse entre l'aire corticale visuelle et l'aire corticale motrice.

7) **Représentons le trajet suivi par le message nerveux lors de la 12^{ème} série d'essai.**



SCHEMA DU CIRCUIT NERVEUX DANS LE REFLEXE CONDITIONNEL DE NAGE FORCEE CHEZ LE POISSON

Exercice 3

1.

a) **Analyse des résultats de l'expérience 1 :**

Le chien a la même réaction réflexe quelque soit la couleur du stimulus lumineux utilisé.

b) **Analyse des résultats de l'expérience 2 :**

Le chimpanzé ne réagit qu'au stimulus utilisé lors du dressage des deux animaux notamment la lumière blanche.

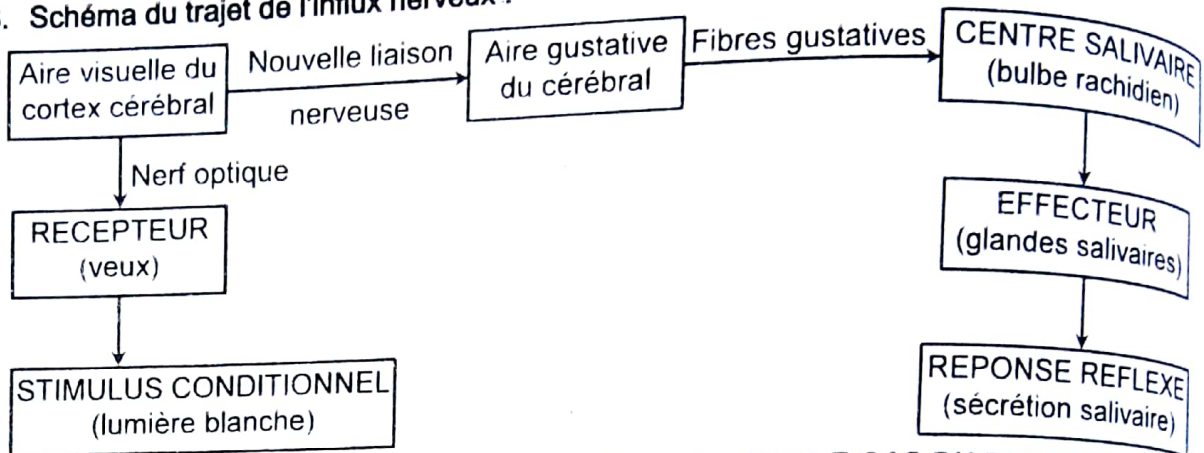
c) **Définition des notions :**

- **Un stimulus conditionnel** : est un excitant ou signal qui, neutre au départ, provoque après apprentissage une réaction réflexe.
- **Un réflexe conditionnel** : est une réaction temporaire, involontaire et automatique née à la suite d'un apprentissage ou d'un conditionnement.

2. Hypothèses

Le chien ne distinguerait pas les couleurs alors que le chimpanzé en serait capable.

3. Schéma du trajet de l'influx nerveux :



**SCHEMA DU TRAJET DE L'INFLUX NERVEUX DANS LE CAS DU REFLEXE
CONDITIONNEL DE SALIVATION**

Exercice 4

1. Nom des réactions de l'animal décrites dans ces expériences.

- A : réflexe inné
- B : réflexe d'investigation

2. Nom de la réaction déclenchée par le stimulus lumineux

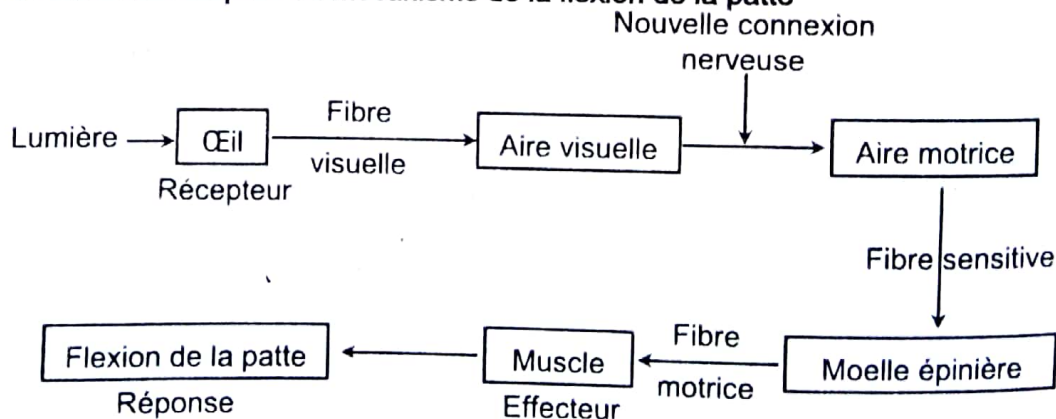
Dans la 1^{ère} série d'expérience du 5^{ème} au 9^{ème} essai la réaction déclenchée par le stimulus lumineux est un **réflexe acquis** ou **réflexe conditionnel**.

3. Organes qui entrent en jeu dans l'accomplissement de la réaction

Ce sont :

- **la peau** : récepteur sensoriel ;
- **le Nerf** : conducteur ;
- **la moelle épinière** : centre nerveux ;
- **le muscle** : effecteur.

4. Schéma très simplifié du mécanisme de la flexion de la patte



**SCHEMA DU CIRCUIT NERVEUX MIS EN PLACE A L'ISSUE
DE L'ACQUISITION DU REFLEXE**

5. En considérant la 1^{ère} série d'expériences :

a- Analysons le résultat obtenu du 10^{ème} au 15^{ème} essai.

- du 10^{ème} au 13^{ème} essai, l'application de la lumière seule provoque une flexion de la patte.
- du 14^{ème} au 15^{ème} essai, l'application de la lumière seule ne provoque plus une flexion de la patte.

b- Nom du phénomène observé lors des résultats des 14^{ème} et 15^{ème} essai.

C'est le phénomène d'extinction.

c- Précisons la cause de ce phénomène

C'est la disparition de la nouvelle liaison nerveuse entre l'aire visuelle et l'aire motrice

6. Différences essentielles qui existent entre les 1^{ère} et 2^{ème} séries d'expériences :

a- concernant les expériences réalisées ;

Dans la 1^{ère} série d'expériences, le réflexe acquis est obtenu au bout du 10^{ème} essai alors que dans la 2^{ème} série d'expériences le réflexe est obtenu au bout du 7^{ème} essai.

b- concernant les résultats observés suite à l'application du stimulus lumineux seul.

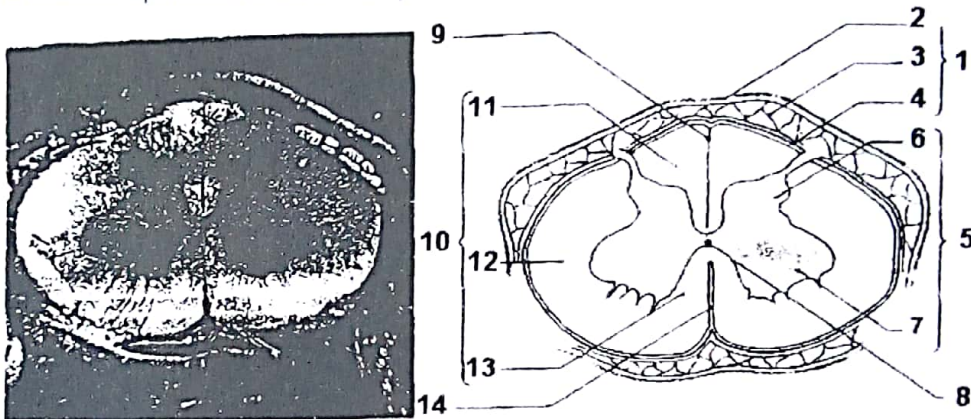
Dans la 1^{ère} série d'expériences, le réflexe conditionnel disparaît rapidement après son obtention (3 essais plus tard) tandis que dans la 2^{ème} série, le réflexe persiste et disparaît (6 essais plus tard).

DE QUOI LE TISSU NERVEUX EST-IL CONSTITUE ?

RAPPEL DE COURS

I. LE TISSU NERVEUX EST-IL CONSTITUE D'UN SYSTEME NERVEUX CENTRAL ?

Le tissu nerveux est constitué d'un système nerveux central ou centre nerveux constitué de la moelle épinière et de l'encéphale.



- 1. méninges ; 2. dure-mère ; 3. arachnoïde ; 4. pie-mère ; 5. substance grise ;
- 6. corne postérieure ; 7. corne antérieure ; 8. canal de l'épendyme ; 9. sillon postérieur ;
- 10. substance blanche ; 11. cordon postérieur ; 12. cordon latéral ; 13. cordon antérieur ;
- 14. sillon antérieur.

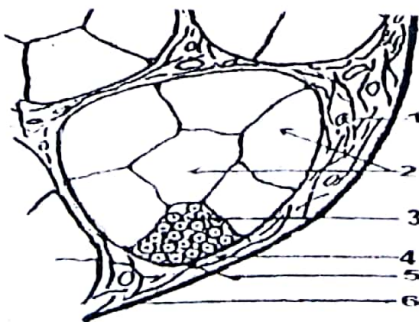
STRUCTURE DE LA MOELLE EPINIERE

II. LE TISSU NERVEUX EST-IL CONSTITUE D'UN SYSTEME NERVEUX PERIPHERIQUE ?

Le tissu nerveux est constitué d'un système nerveux périphérique qui est composé de neurones et de nerfs.

A) Structure des nerfs

1) Coupe transversale d'un nerf

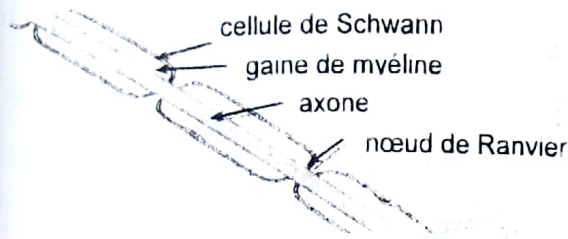


- 1 : vaisseau sanguin
- 2 : faisceaux de fibre nerveuse
- 3 : fibre nerveuse
- 4 : tissu conjonctif
- 5 : péri nerve
- 6 : épi nerve

COUPE TRANSVERSALE D'UN NERF

Cette coupe montre que l'unité anatomique et fonctionnelle d'un nerf est la fibre nerveuse.

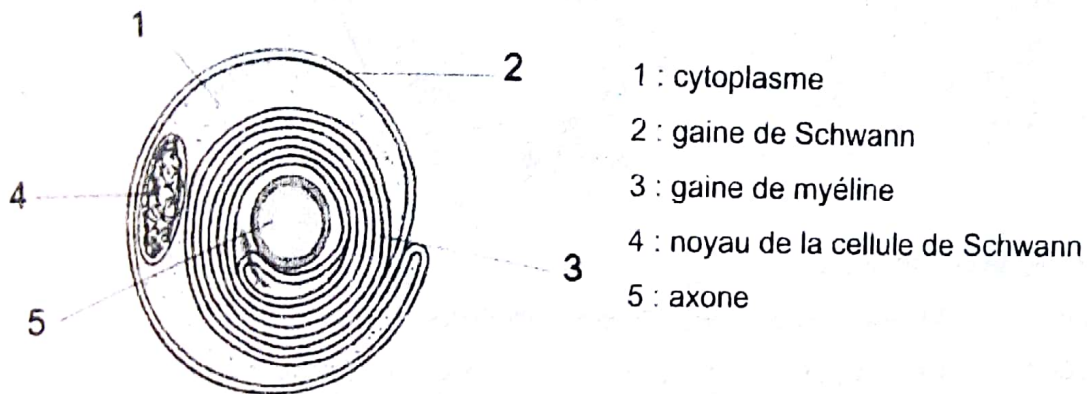
2) Coupe longitudinale d'une fibre nerveuse



COUPE LONGITUDINALE D'UNE FIBRE NERVEUSE

Cette coupe permet d'observer tout le long de la fibre des nœuds ou des étranglements appelés nœud de RANVIER.

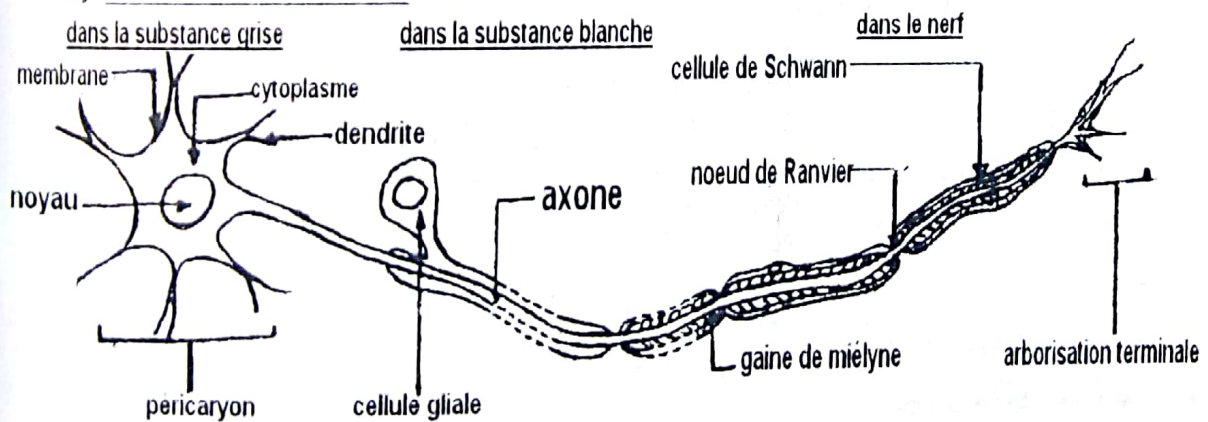
3) Coupe transversale d'une fibre nerveuse



COUPE TRANSVERSALE D'UNE FIBRE NERVEUSE

Cette coupe apparait comme un axone entouré par la gaine de MYELINE et la gaine de SCHWANN.

B) Structure d'un neurone

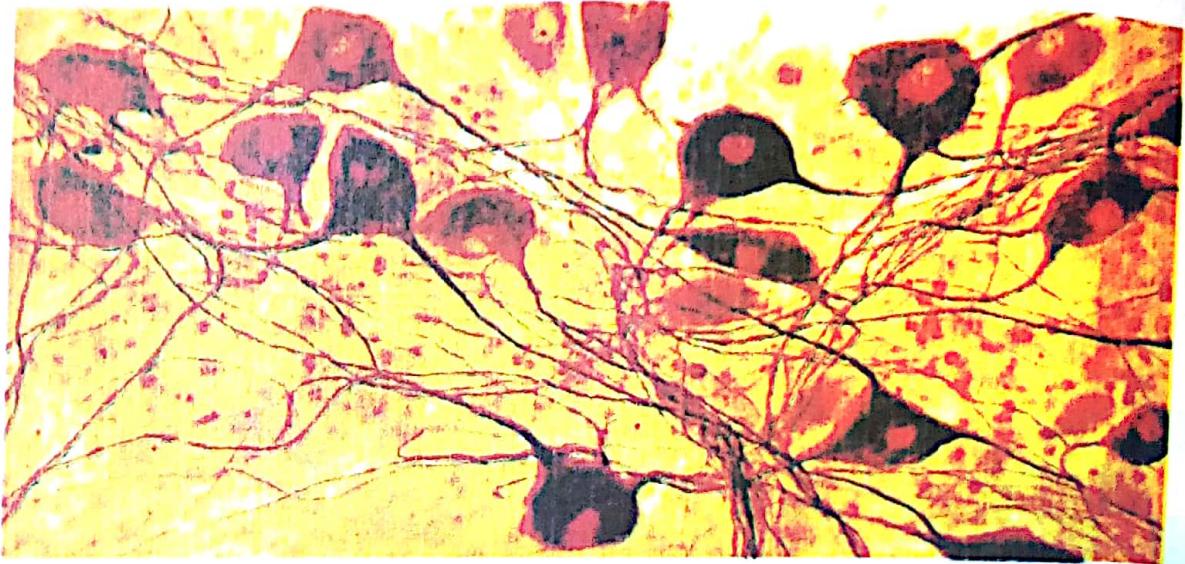


STRUCTURE SCHEMATIQUE D'UN NEURONE

L'ensemble corps cellulaire, Axone, nerf et arborisation terminale constitue une cellule nerveuse excitable appelée neurone.

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1**

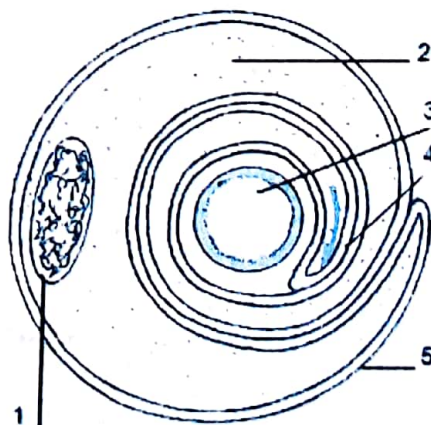
Le document ci-dessous représente une coupe transversale d'un centre nerveux observé au microscope photonique.



1. Nommez le centre nerveux.
2. Identifiez les structures nerveuses représentées dans cette coupe.
3. Réalisez un dessin légendé et soigneusement annoté d'une structure représentée dans cette coupe.

Exercice 2

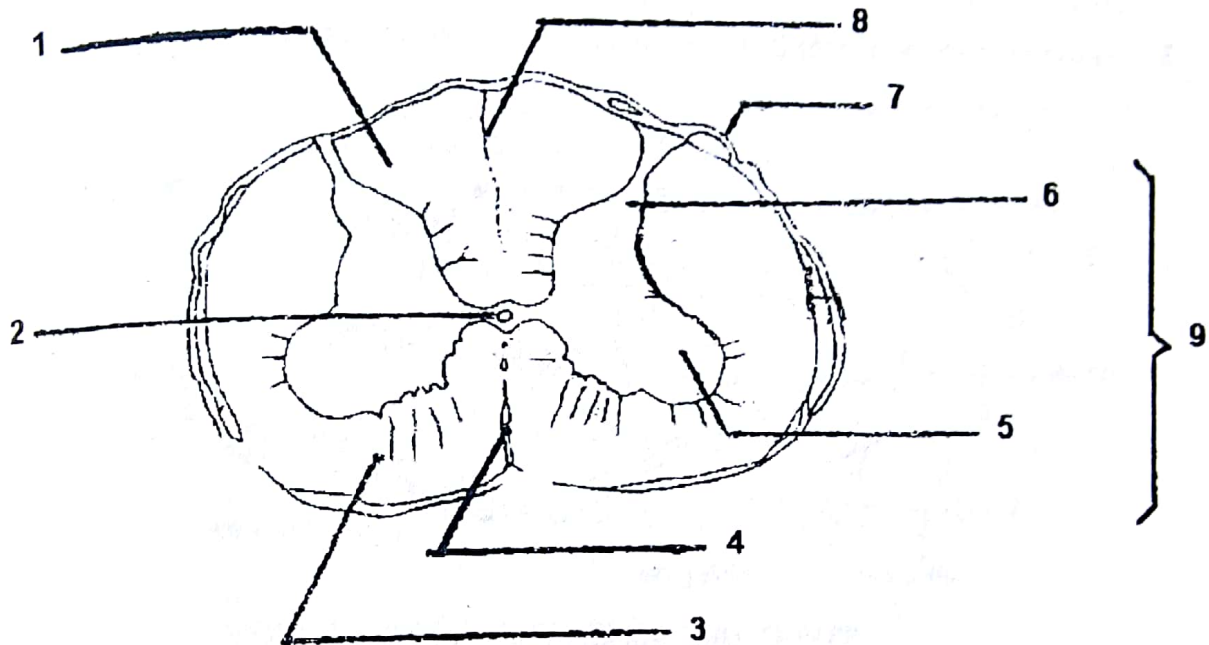
Le document ci-dessous représente une coupe d'une structure nerveuse.



1. Identifiez cette coupe.
2. Annotez ce document en considérant les chiffres portés sur le schéma.
3. Réalisez un dessin légendé et soigneusement annoté d'une structure représentée dans une coupe longitudinale.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1**

Le document ci-dessous représente une coupe transversale d'une structure fonctionnelle indispensable à la réalisation d'un mouvement réflexe.



1. Identifiez cette coupe.
2. Annotez cette coupe en considérant les chiffres portés sur la coupe.

Exercice 2

Pour mieux comprendre les réactions de fuite du crabe, les études suivantes ont été réalisées.

Une dissection de nerf a permis d'obtenir les figures A et B du **document 1**.

Document 1

1. Annotez la figure B de ce document en reportant les numéros sur votre copie.
2. Faites un schéma annoté d'un neurone.

Exercice 1**1. Nom du centre nerveux**

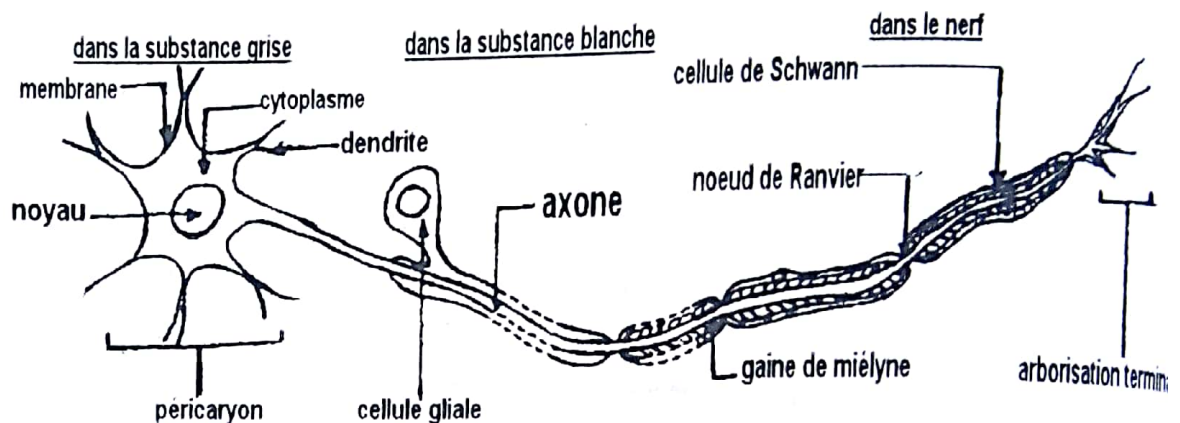
C'est la Moelle épinière.

2. Les structures nerveuses représentées dans cette coupe.

Ce sont les Neurones.

3. Dessin légendé et annoté d'une structure représentée dans cette coupe

C'est le schéma d'un neurone.



STRUCTURE SCHEMATIQUE D'UN NEURONE

Exercice 2**1. Identification de cette coupe.**

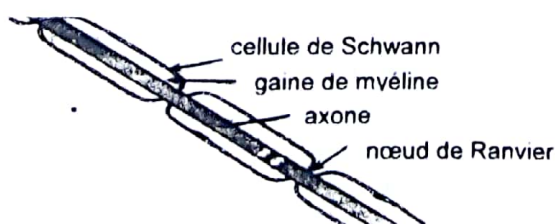
C'est la coupe transversale d'une fibre nerveuse myélinisée.

2. Annotation du document en considérant les chiffres portés sur le schéma

- 1- noyau de la cellule de Schwann
- 2- Cellule de Schwann (cytoplasme)
- 3- axone
- 4- gaine de Myéline
- 5- gaine de Schwann

3. Schéma de cette structure en coupe longitudinale.

C'est le schéma d'une fibre nerveuse myélinisée en coupe longitudinale



COUPE LONGITUDINALE D'UNE FIBRE NERVEUSE MYELINISEE

COMMENT PEUT-ON EXPLIQUER LA TRANSMISSION D'UN MESSAGE AU SEIN D'UNE MEME STRUCTURE NERVEUSE ?

RAPPEL DE COURS

I. LA TRANSMISSION D'UN MESSAGE AU SEIN D'UNE STRUCTURE NERVEUSE PEUT-ELLE S'EXPLIQUER A PARTIR D'UN DISPOSITIF EXPERIMENTAL ?

A) Quel est le dispositif expérimental ?

Ce dispositif comprend :

1) un stimulateur

Il sert à porter des charges électriques aux bornes des deux électrodes excitatrices.

2) la cuve à nerf

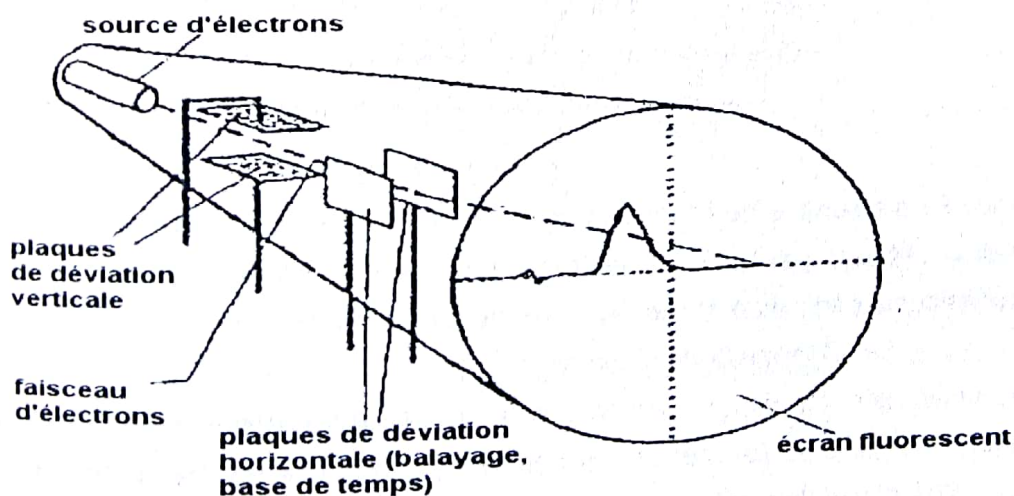
Cette cuve comprend :

- deux électrodes excitatrices ;
- deux électrodes réceptrices.

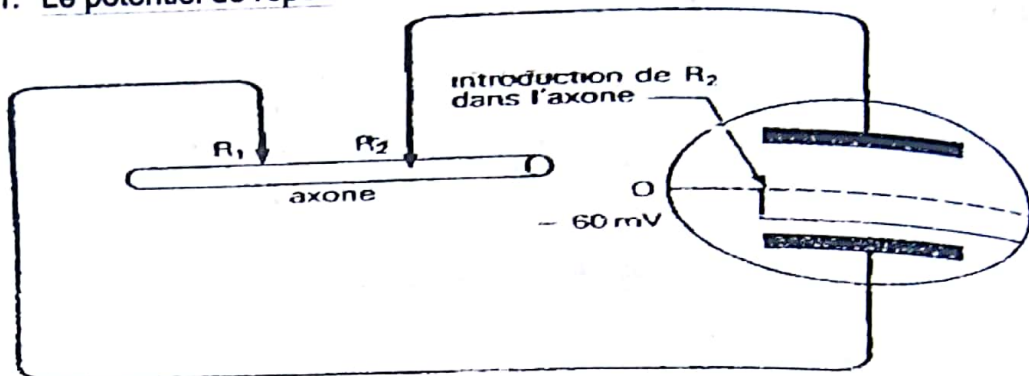
3) l'amplificateur

Il amplifie (augmente) la DDP (réponse) recueillie aux bornes des électrodes réceptrices.

4) l'oscilloscope cathodique ou oscillographe



Il permet de visualiser l'activité électrique.

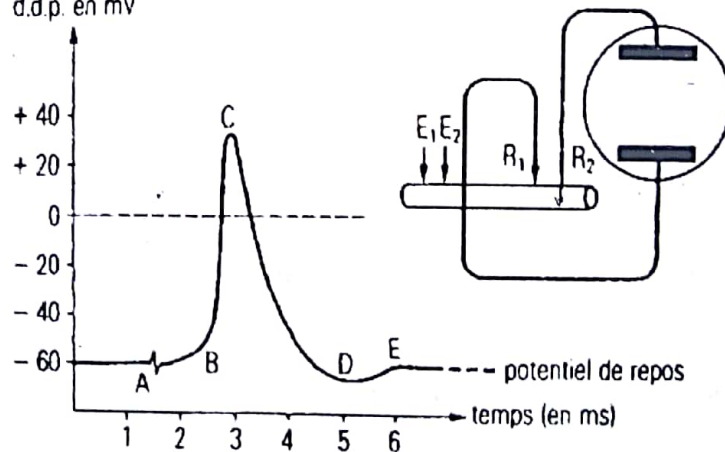
B) Qu'elle est la nature du message nerveux ?1. Le potentiel de repos

Lorsqu'on place R_1 et R_2 à la surface de l'axone, on obtient le potentiel 0 ou potentiel de référence.

Lorsqu'on place R_1 à la surface de l'axone et on introduit la microélectrode R_2 dans l'axone. On constate que le spot est dévié à -60 mV. Cette DDP enregistrée est appelée potentiel de repos ou potentiel de membrane ou potentiel de repos membranaire.

2. Le potentiel d'actiona) Le PA monophasique

- 1^{ère} méthode d'obtention
d.d.p. en mV



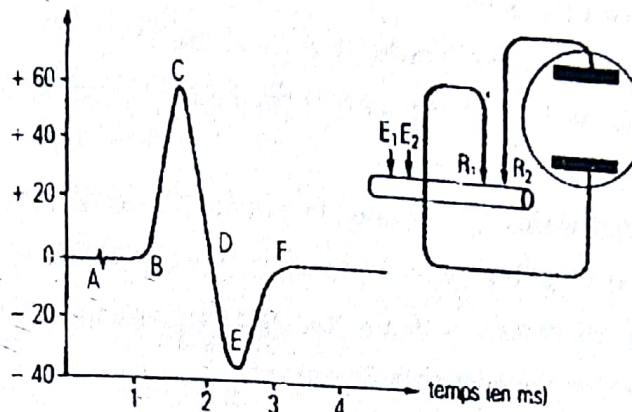
On place R_1 à la surface de l'axone et la microélectrode R_2 à l'intérieur. Si on applique une stimulation efficace à l'aide d'électrodes d'excitation E_1 et E_2 , on obtient un PA monophasique à partir du potentiel de membrane (-60 mV).

- 2^{ème} méthode d'obtention

Si une seule électrode R_1 est placée sur l'axone et la deuxième R_2 est placée à un autre potentiel (en dehors de l'axone) ou sur une partie lésée ou anesthésiée de l'axone et qu'on applique une stimulation efficace, on obtient également un PA monophasique à partir du potentiel 0 ou potentiel de référence.

b) Le PA diphasique

d.d.p. en mV



Lorsqu'on place les deux électrodes réceptrices R_1 et R_2 à la surface de l'axone et qu'on porte une stimulation efficace, on obtient le PA diphasique.

3. Analyse des différents PA

a) Le PA monophasique

- A (artéfact)
- AB (temps de latence)
- BC (phase de dépolarisation)
- CD (phase de repolarisation)
- DE (hyperpolarisation)
- Après E (retour à l'état initial)

b) Le PA diphasique

- A (artéfact)
- AB (temps de latence)
- BC (phase de dépolarisation)
- CD (phase de repolarisation)
- DE (phase de dépolarisation inverse)
- EF (phase de repolarisation inverse)
- Après F (retour à l'état initial)

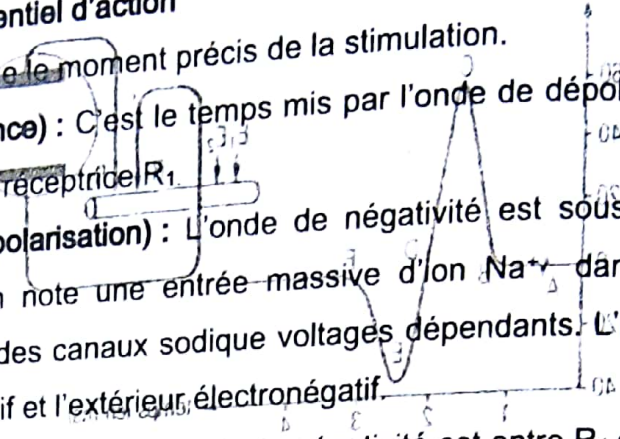
4. Interprétation des différents potentiels

a) Le potentiel de repos

Il y a un déséquilibre ionique de part et d'autre de la membrane de l'axone au repos. Les ions Na^+ sont plus concentrés dans le milieu extra cellulaire que dans le milieu intra cellulaire alors que les ions K^+ sont plus concentrés dans le milieu intra cellulaire que dans le milieu extra cellulaire. Ce déséquilibre ionique est maintenu grâce au fonctionnement de la pompe sodium-potassium. Cette pompe pour son fonctionnement utilise de l'énergie provenant de l'hydrolyse de l'ATP. Au repos, la membrane de l'axone est chargée positivement à l'extérieur et négativement à l'intérieur.

b) Le potentiel d'action

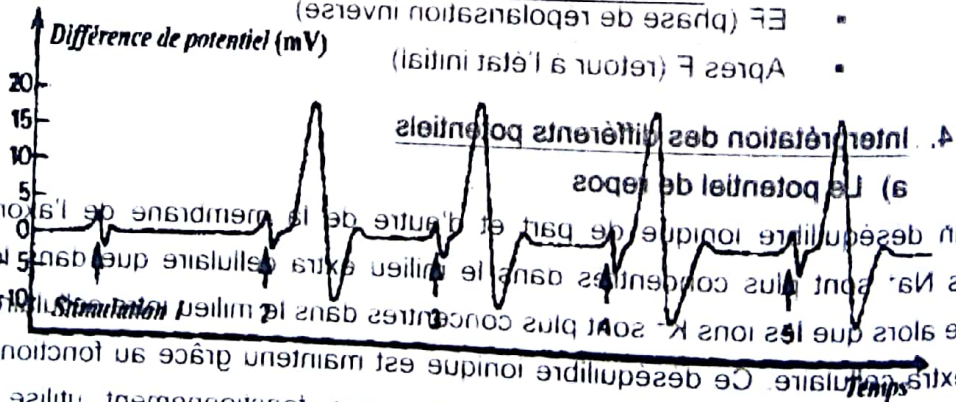
- **A (artéfact)** : Indique le moment précis de la stimulation.
- **AB (temps de latence)** : C'est le temps mis par l'onde de dépolarisation pour atteindre la première électrode réceptrice R_1 .
- **BC (phase de dépolarisation)** : L'onde de négativité est sous R_1 . Une fois l'excitation efficace portée, on note une entrée massive d'ion Na^+ dans l'axone consécutive à l'ouverture brutale des canaux sodique voltage dépendants. L'intérieur de la membrane devient électropositif et l'extérieur électronégatif.
- **CD (phase de repolarisation)** : L'onde de négativité est entre R_1 et R_2 . Sous R_1 , on note la fermeture des canaux sodiques voltage dépendant et à l'ouverture progressive des canaux potassiques voltage dépendant. Cette ouverture engendre la sortie progressive des ions K^+ . L'extérieur de la membrane devient électropositif et l'intérieur électronégatif.
- **DE (hyperpolarisation)** : Cette phase est due à une sortie trop importante d'ion K^+ de l'axone. L'extérieur de la membrane devient électropositif et l'intérieur électronégatif.
- **Après E (retour à l'état initial)** : Intervention de la pompe sodium potassium qui va assurer le transfert des ions Na^+ et K^+ contre le gradient de concentration (transport actif), rétablissant ainsi le déséquilibre ionique de départ de part et d'autre de la membrane de l'axone. Cette pompe, pour fonctionner, utilise de l'énergie provenant de l'hydrolyse de l'ATP.



II. La transmission d'un message au sein d'une structure nerveuse peut-elle s'expliquer à partir de l'étude de l'excitabilité ?

A) Variation de l'intensité de la stimulation

1) Excitation d'un axone ou d'une fibre nerveuse isolée



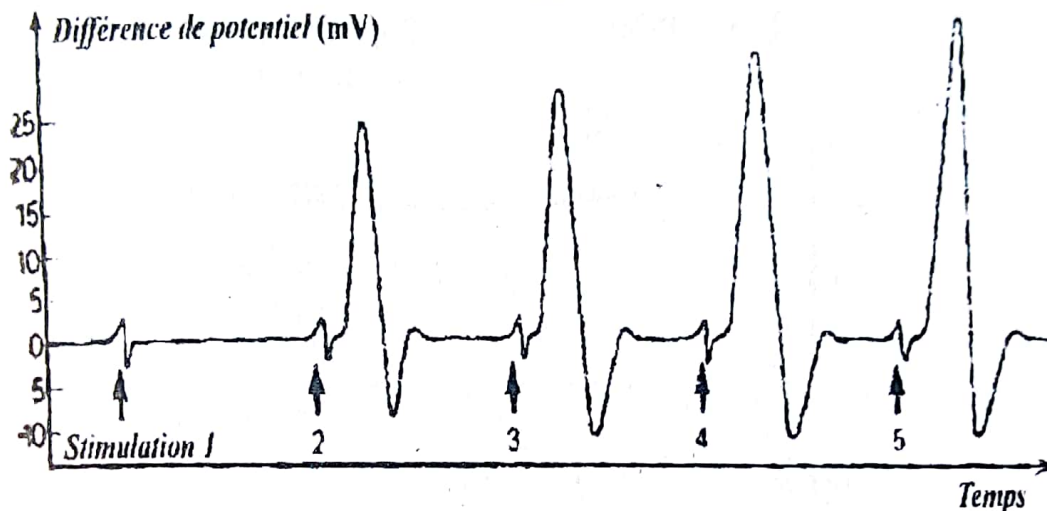
Il y a un déséquilibre ionique de part et d'autre de la membrane de l'axone au repos. Les ions Na^+ sont plus concentrés dans le milieu extracellulaire que dans le milieu intracellulaire. Les ions K^+ sont plus concentrés dans le milieu intracellulaire que dans le milieu extracellulaire. Ce déséquilibre ionique est maintenu grâce au fonctionnement de la pompe sodium-potassium. Cette pompe doit son fonctionnement à l'usage de l'énergie provenant de l'hydrolyse de l'ATP. Au repos la membrane de l'axone est chargée positivement à l'extérieur et négativement à l'intérieur.

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

- A partir de l'intensité seuil S_2 , on obtient des PA parce que ces intensités sont efficaces donc capable d'ouvrir les canaux sodiques voltages dépendant.

On obtient une réponse d'amplitude d'emblée maximale parce qu'il y a ouverture totale et complète des canaux sodiques voltages dépendants lorsque leur seuil est atteint. Il ne peut par conséquent pas avoir d'ouverture supplémentaire de ces canaux à partir du seuil. La fibre nerveuse ou l'axone obéit à la loi du tout ou rien.

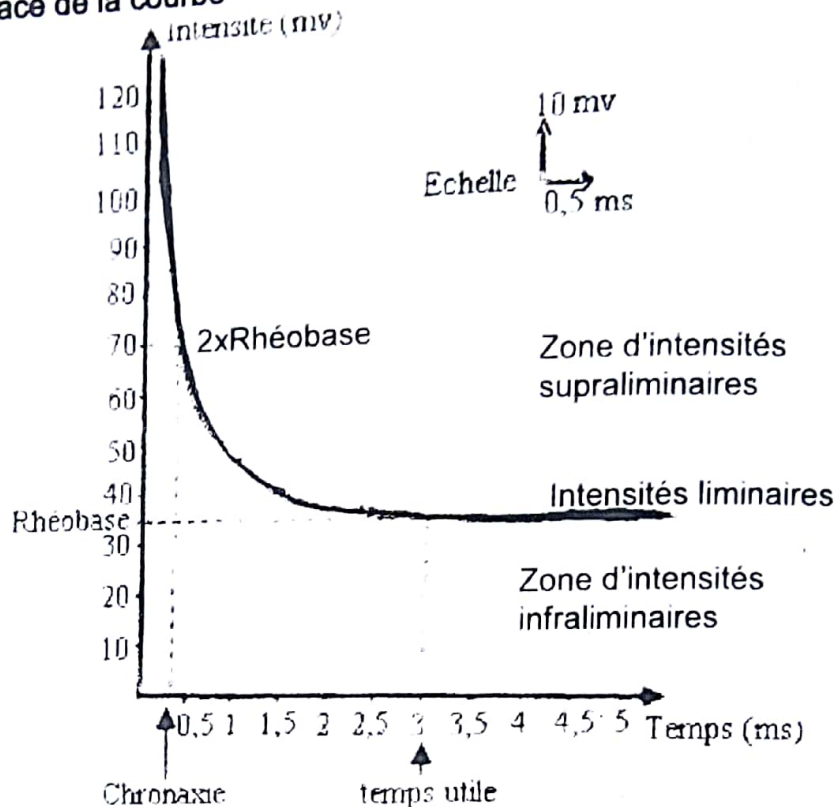
2) Excitation d'un neurone ou d'un nerf



- Pour des excitations inférieures égales à S_1 on n'a pas de réponse du nerf ou du neurone parce que ces intensités sont infraliminaires. Le seuil d'excitabilité d'aucune fibre nerveuse que contient ce nerf n'est encore atteint.
- Avec l'intensité seuil ou liminaire S_2 on obtient la plus petite réponse du nerf qui est celle des fibres nerveuses les plus sensibles ou excitables. De S_2 à S_4 , l'amplitude de la réponse augmente en fonction de l'intensité de stimulation car un nombre graduel des fibres nerveuses est excité et entre en activité (phase de recrutement) et les réponses élémentaires des fibres nerveuses s'ajoutent ou s'additionnent (phase de sommation).
- A partir de S_4 , toutes les fibres nerveuses qui contiennent ce nerf sont en activité d'où l'amplitude constante et maximale des réponses malgré l'augmentation de l'intensité de stimulation. Le nerf qui est un assemblage de plusieurs fibres nerveuses obéit au phénomène de seuil et de sommation.

B) Variations de la durée de la stimulation

1) Tracé de la courbe

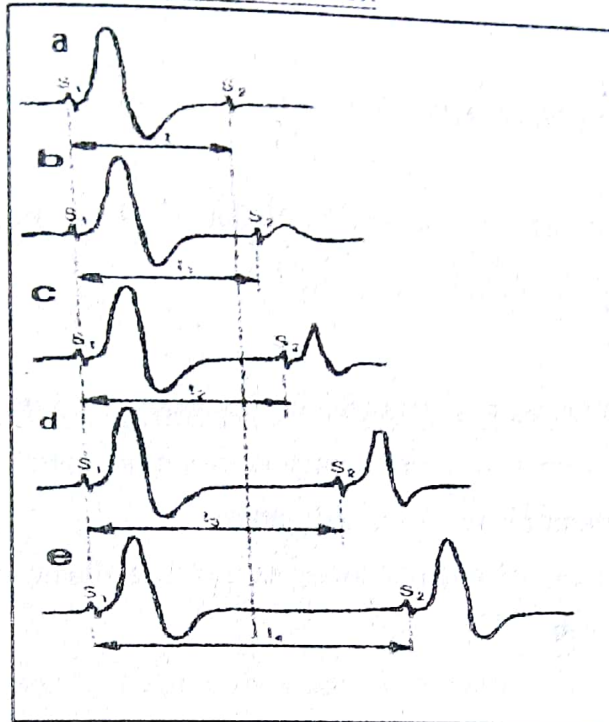
**COURBE DE L'INTENSITE EN FONCTION DU TEMPS**

Cette courbe est aussi appelée courbe de l'excitabilité d'un nerf.

2) Les excitations que représentent

- Les points de la courbe
Les points de la courbe représentent les intensités liminaires ou seuil d'intensité.
- Les points au-dessus de la courbe
Ces points représentent la zone d'intensités supraliminaires.
- Les points en deçà de la courbe
Ces points représentent la zone d'intensités infraliminaires.
- La rhéobase est l'intensité minimale en dessous de laquelle un nerf ou une fibre nerveuse est inexcitable quelque soit la durée de la stimulation. La rhéobase a pour valeur 35 mV.
- Le temps utile est la faible durée d'action du courant rhéobasique. Le temps utile a pour valeur 3 ms
- La chronaxie est le temps minimal nécessaire pour qu'un courant d'intensité double de la rhéobase soit efficace. Elle est de 0,35 ms.

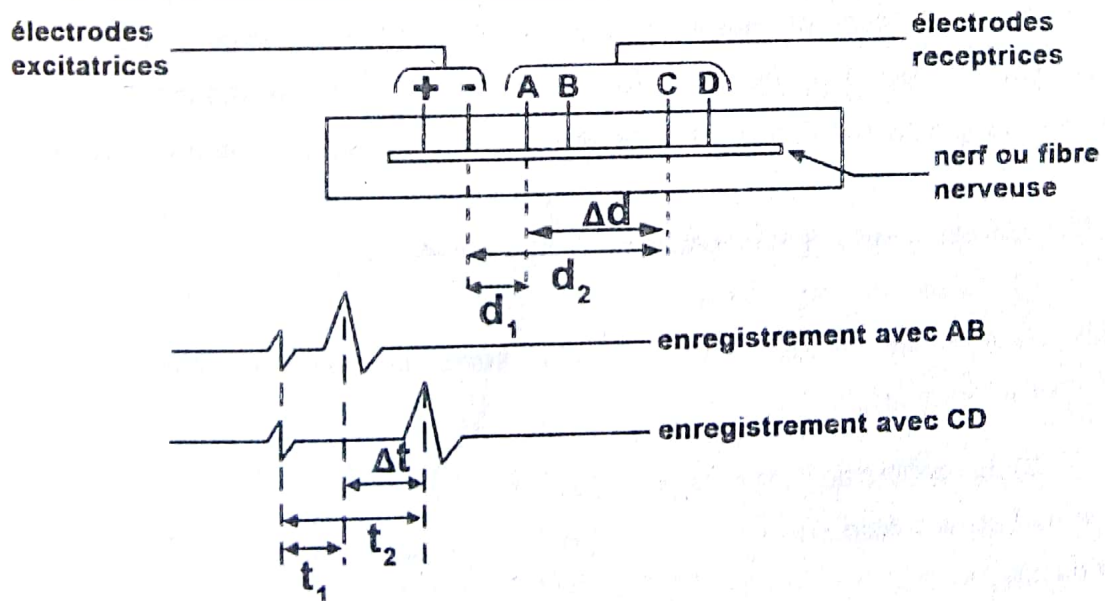
C) Variation de la fréquence de la stimulation



- On n'obtient aucune réponse avec S_2 pendant le déroulement du PA de S_1 parce que c'est la période réfractaire absolue (PRA).
- Le nerf ou la fibre nerveuse retrouve progressivement son excitabilité lorsqu'on s'éloigne de S_1 parce que : c'est la période réfractaire relative (PRR).

III. LA TRANSMISSION D'UN MESSAGE AU SEIN D'UNE STRUCTURE NERVEUSE, PEUT-ELLE S'EXPLIQUER A PARTIR DE L'ETUDE DE LA CONDUCTIBILITE ?

A) Quelle est la méthode de calcul de la vitesse de propagation de l'influx nerveux ?



Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

- Déterminons Δd (variation de la distance)
 $\Rightarrow \Delta d = d_2 - d_1$
- Déterminons Δt (variation du temps)
 $\Rightarrow \Delta t = t_2 - t_1$
- La vitesse moyenne de conduction de l'influx nerveux est donnée par la formule suivante : $v_{\text{moy}} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$

B) Quelle sont les facteurs qui influencent la vitesse de conduction de l'influx nerveux ?

- Pour une même fibre (même nature) ayant le même diamètre, la vitesse augmente si et seulement si la température du milieu augmente.
- Pour une même fibre placée à la même température, la vitesse augmente si et seulement si le diamètre augmente.
- La vitesse augmente en fonction de la nature de la fibre. La fibre myélinique (présence de gaine de myéline) conduit plus vite l'influx nerveux qu'une fibre amyélinique (absence de gaine de myéline).

C) Quel est le mode de propagation de l'influx nerveux ?

1) Cas des fibres sans myéline (fibre amyélinisée)

L'application d'une stimulation efficace provoque la naissance d'une onde de dépolarisation au point excité et qui se propage de proche en proche : c'est la théorie des courants locaux.

2) Cas des fibres avec myéline (fibre myélinisée)

Dans ce cas la myéline constitue une gaine isolante autour de l'axone. Les échanges des charges sautent donc d'un nœud de Ranvier au suivant : c'est la théorie de la conduction saltatoire. Ce type de conduction est plus rapide que la théorie des courants locaux.

D) Quel est le sens de conduction de l'influx nerveux ?

1) Au sein de l'organisme

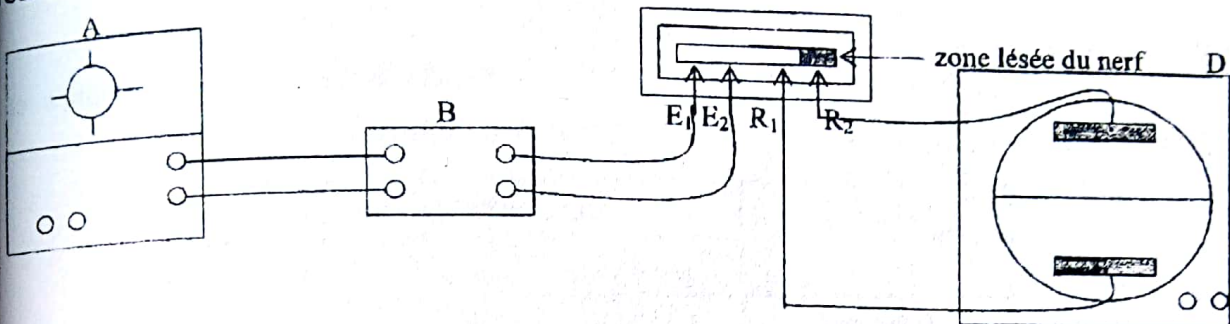
L'influx nerveux se propage dans un seul sens, du neurone afférent (avant) vers le neurone efférent (après).

2) En dehors de l'organisme

Sur un nerf ou une fibre nerveuse isolée, l'influx nerveux se propage dans les deux sens à partir du point excité.

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1**

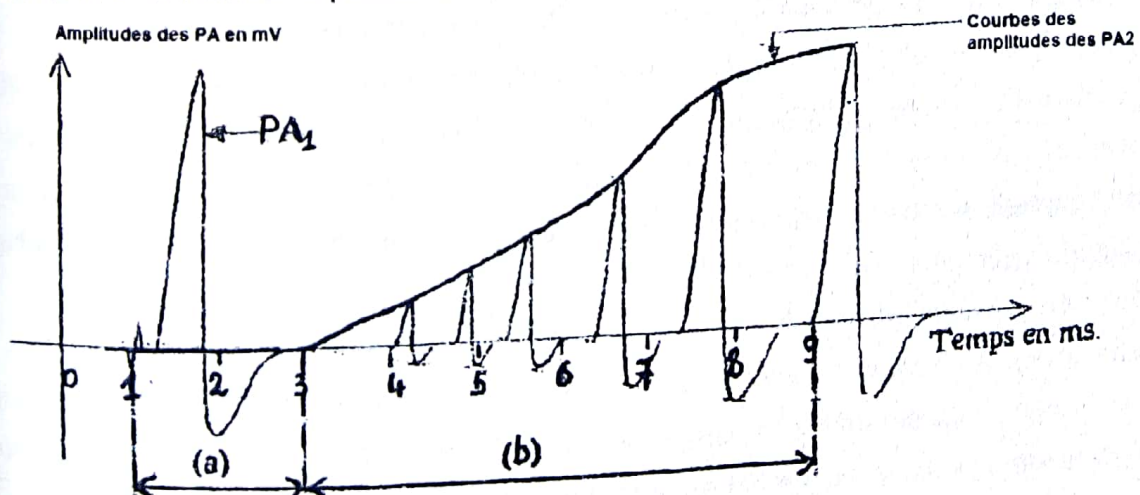
En vue de déterminer les propriétés des structures nerveuses, un groupe d'élèves de Tle D réalise le montage suivant :



- 1) Nommez ce montage.
- 2) Identifiez les éléments A, B, C et D de ce montage.
- 3) a) Justifiez que ce montage est non fonctionnel ;
b) Modifiez ce montage pour le rendre fonctionnel.
- 4) a) Schématisez la réponse que le montage fonctionnel permet d'enregistrer suite à une stimulation efficace du nerf.
b) Nommez cette réponse;
c) Justifiez votre réponse.

Exercice 2

On fait des séries d'expériences sur une structure nerveuse : l'intensité de stimulation étant efficace et maintenue constante, on excite une 1^{ère} fois la structure nerveuse et on obtient un PA₁ d'amplitude maximale. On porte ensuite d'autres stimulations sur la structure nerveuse en faisant varier la durée séparant la 2^e stimulation de la 1^{ère}. L'amplitude des PA₂ obtenus à l'issue de la 2^e stimulation a permis de tracer la courbe des amplitudes des PA₂ suivante :



Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

1. Analysez la courbe des amplitudes des PA₂ en nommant les phases (a) et (b) de cette courbe.
2. Interprétez cette courbe.
3. Concluez.

Exercice 3

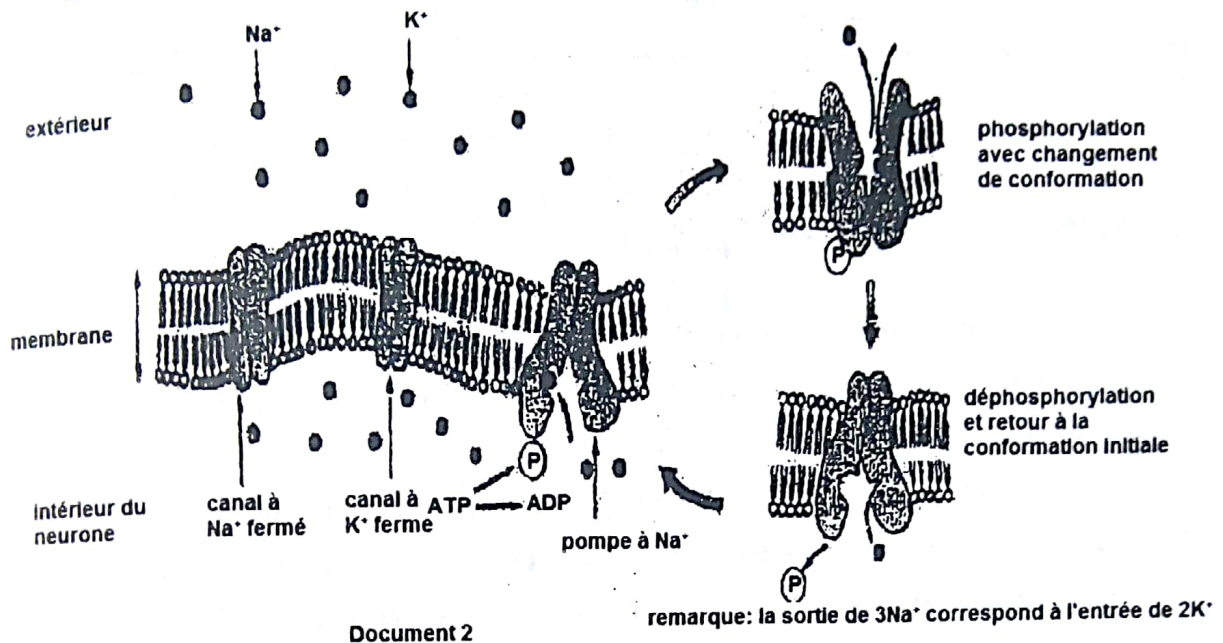
On détermine les concentrations en ions Na⁺ et K⁺ du plasma et des hématies chez l'homme. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous :

	Concentration (mM/L)	
	Na ⁺	K ⁺
Hématie	12	155
plasma	145	5

1.
 - a) Analysez succinctement les résultats du tableau.
 - b) Tirez une conclusion quant à la perméabilité membranaire pour ces deux espèces ioniques. On place des hématies dans du plasma sans glucose à 37°C ; on finit par observer une sortie de K⁺ et une entrée de Na⁺. On tend vers un équilibre des concentrations ionique de Na⁺ et de K⁺ dans le plasma et les globules rouges. Si on ajoute du glucose dans le milieu, les hématies rejettent à nouveau des Na⁺ et accumulent les K⁺.
2. Expliquez le phénomène observé dans cette expérience. Si on baisse la température du plasma contenant du glucose et les hématies de 37°C à 2°C, les K⁺ sortent tandis que les Na⁺ entrent. On tend vers un équilibre de concentration pour ces ions de part et d'autre de la membrane cellulaire. La stimulation initiale est retrouvée avec le retour à 37°C.
3. Expliquez les phénomènes observés. Lorsque les globules rouges sont placés à 37°C dans un milieu glucosé sans K⁺ mais dont la concentration en Na⁺ est 150mM/L, on observe que les échanges de Na⁺ et K⁺ à travers la membrane des hématies sont pratiquement nuls. Si le milieu renferme simultanément des ions Na⁺ à une concentration de 150mM/L et des ions K⁺ à une concentration de 15mM/L, il y a alors sortie de Na⁺ et entrée de K⁺.
4. Tirez en une conclusion. Afin de comprendre les mécanismes de la perméabilité des ions Na⁺ et K⁺ à travers la membrane des globules rouges, on a travaillé sur des cellules nerveuses. On a déterminé la perméabilité membranaire aux ions Na⁺ et K⁺. Les résultats sont résumés sous forme de schéma (document 2).

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

5. a) Expliquez en quelques lignes le mécanisme ionique du potentiel de repos de la fibre nerveuse.
 b) Expliquez en quelques lignes le mécanisme ionique du potentiel d'action de la fibre nerveuse.



Exercice 4 (extrait Bac D session normale 2000)

On considère 2 structures nerveuses X et Y auxquelles on porte des stimulations électriques suffisamment espacées et d'intensités croissantes. Puis on mesure l'amplitude de réponses. Les résultats sont consignés dans les tableaux ci-dessous (document I)

Structure nerveuse X

Intensités (mV)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Amplitudes (cm)	0	0	5	25	74	80	85	85	85	85

Structure nerveuse Y

Intensités (mV)	0	1	2	3	4	5	6
Amplitudes (cm)	0	0	55	55	55	55	55

Document I

- 1- Identifiez les structures nerveuses X et Y à partir des tableaux en justifiant votre réponse.
- 2- a) Construisez dans le même repère, les courbes montrant le comportement de chaque structure nerveuse vis-à-vis des stimulations.
 b) Analysez chaque courbe.
 c) Interprétez chaque courbe.
- 3- Justifiez le délai observé entre les stimulations.

Exercice 5

Un nerf rachidien de vertébré est isolé de l'organisme et placé dans une cuve à nerfs sous E1 et E2, les électrodes excitatrices, R1 et R2, les électrodes réceptrices. L'observation des diamètres des fibres nerveuses de ce nerf conduit au tableau de distribution de fréquences du document I

Diamètre en (μm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Nombre de fibres nerveuses	20	65	60	55	80	60	55	45	28	28	6	18	39	90	81	70

Document I

1) Construisez et analysez l'histogramme de fréquences des fibres selon leur diamètre.

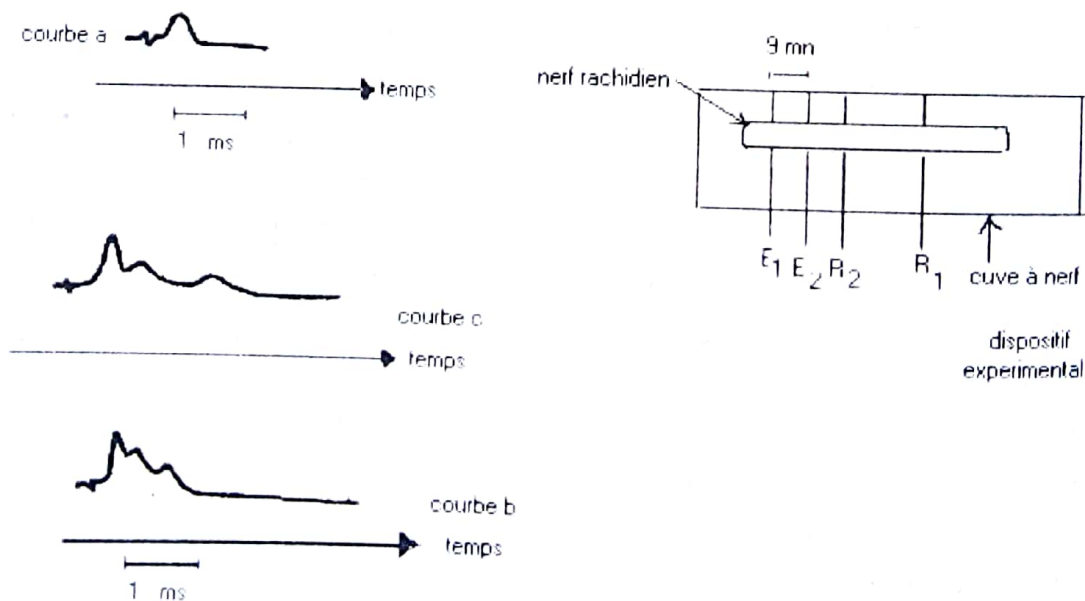
On stimule le nerf avec une excitation supraliminaire et on enregistre avec la courbe (a) du document II.

2) Analysez et interprétez la courbe (a), en tenant compte du montage.

On applique un courant de tension supérieure, permettant la réponse de toutes les fibres du nerf. On obtient alors la courbe (b) et la courbe c enregistrées par le document II.

3) a) – Déterminez en quoi la technique d'enregistrement des courbes (b) et (c) diffère-t-elle de celle de la courbe (a).

b) – Concluez sur l'analyse comparée de l'histogramme et des courbes (b) et (c) puis sur la vitesse de conduction de l'influx nerveux.



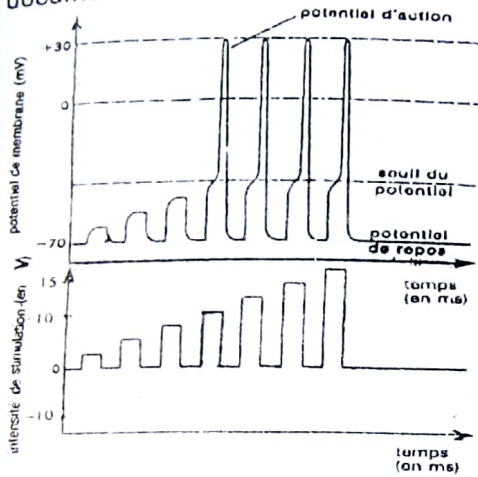
Document II

Exercice 6

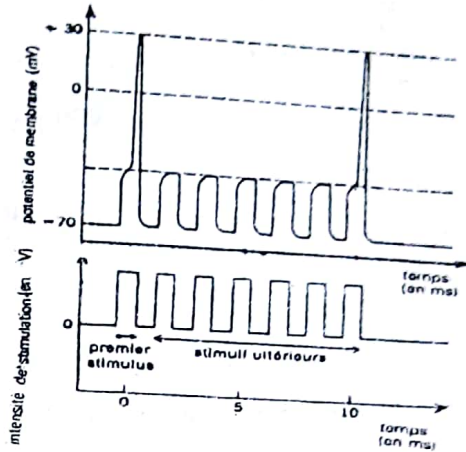
A) Pour comprendre le fonctionnement d'une structure nerveuse, on lui applique une série de stimulations d'intensités croissantes.

A l'aide de microélectrodes reliées à un oscilloscope très sensible, on enregistre pour chaque valeur de l'intensité de stimulation, la réponse de la structure nerveuse.

Le document 1 montre les résultats obtenus.



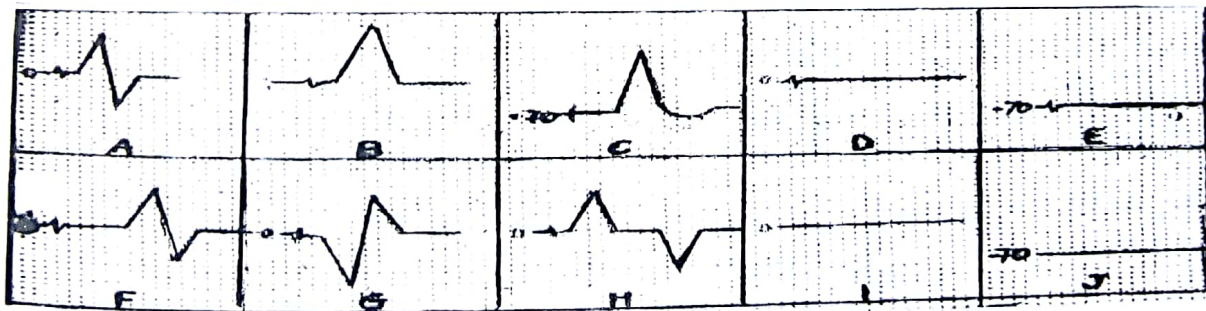
document 1



document 2

- 1- Analysez ce document.
- 2- Interprétez-le.
- 3- Déduisez de cette interprétation, la nature et la propriété de la structure nerveuse.
- 4- On fait ensuite varier la fréquence des stimulations supraliminaires :
- 5- On obtient les résultats du document 2 ci-dessus.
- 6- Donnez une explication ionique du comportement de cette structure nerveuse après la première réponse.

B) Grâce à des montages expérimentaux, on obtient les enregistrements suivants :



NB : Toutes les valeurs sont exprimées en mV.

1. Comparez les enregistrements A et H et expliquer les différences.
2. Comparez les enregistrements E et J et expliquer les différences.
3. Comparez les enregistrements B et C et expliquer les différences.
4. Proposez un schéma simplifié du montage expérimentale ayant permis d'obtenir les enregistrements A, G, H et J (on nommera S les électrodes stimulatrices et R les électrodes réceptrices).

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1**

Le tableau ci-dessous consigne les réponses d'une structure nerveuse (structure A) qui subit différentes stimulations de même durée (0,5 ms)

Tension de stimulation (mV)	588	314	510	902	706	392	1020	784
Réponse (mV)	20	0	8	30	25	0	31	28

1- Construisez la courbe des réponses de cette structure nerveuse en fonction de la tension de stimulation.

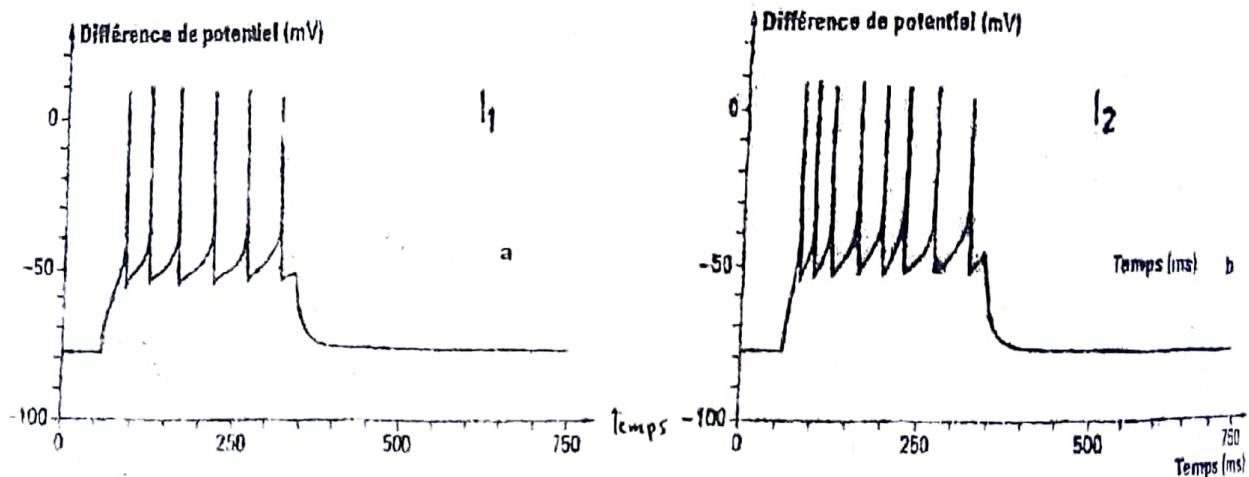
Echelle : 1 cm Erreur ! 100 mV (tension de stimulation) ; 1 cm Erreur ! 3 mV (réponses)

2- Analysez cette courbe.

3- Interprétez la courbe.

4- Déterminez la nature de la structure nerveuse étudiée.

Le dispositif expérimental utilisé précédemment a permis d'obtenir les enregistrements ci-dessous chez un insecte en faisant agir sur un mécanorécepteur sensible aux déplacements de l'air des stimulations I d'intensité croissante telles que $I_2 > I_1$ chez une structure B.



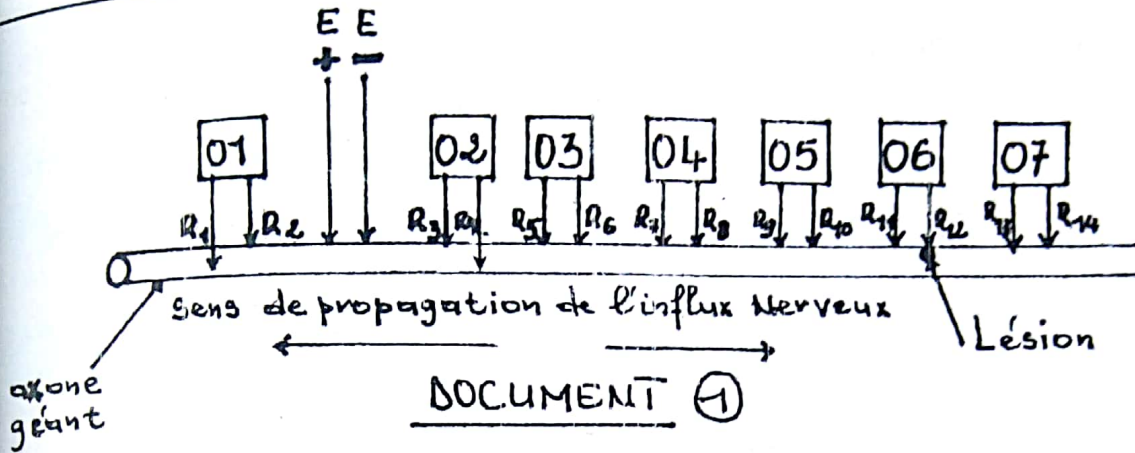
5- Identifiez chaque trait vertical de ces enregistrements.

6- Comparez les enregistrements en a et en b.

7- Déduisez de ces constats la nature de la structure nerveuse B.

Exercice 2

La figure du document 1 est un dispositif renfermant un axone géant qui a un potentiel de membrane de 70 mV en valeur absolue ; deux électrodes excitatrices (E_1 et E_2) et plusieurs électrodes réceptrices ($R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9, R_{10}, R_{11}, R_{12}, R_{13}, R_{14}$) reliant plusieurs oscilloscopes cathodiques ($O_1, O_2, O_3, O_4, O_5, O_6, O_7$).

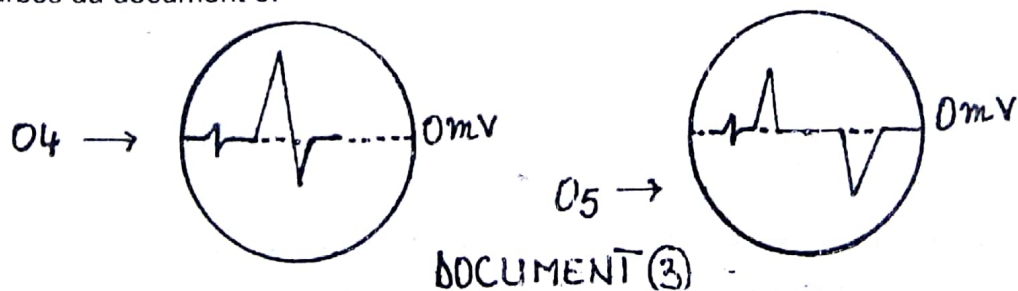


On applique successivement par les électrodes excitatrices des courants électriques et on détermine pour chaque intensité la durée d'excitation minimum nécessaire pour obtenir une réponse. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Intensités en milliampères	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,7
Durée d'excitation en millisecondes	2	1	0,9	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2

Document 2

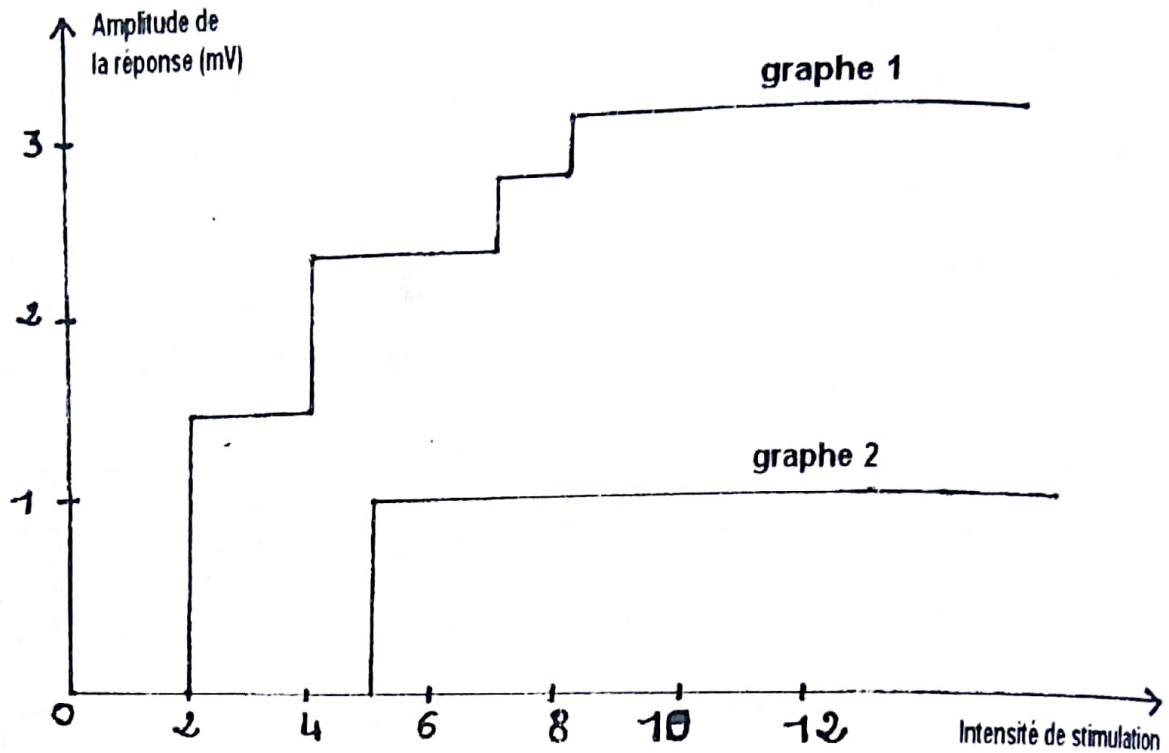
- Construisez la courbe de l'excitabilité de cet axone en prenant :
4 cm \rightarrow 0,2 mA et 1 cm \rightarrow 0,2 ms
- Donnez les valeurs caractéristiques concernant l'excitabilité de cet axone.
- On excite de nouveau l'axone avec un courant d'intensité $I_1 = 0,3$ mA et pendant un temps $t_1 = 0,6$ ms. En prenant comme cercle les écrans des oscilloscopes, dessinez les phénomènes observés sur les écrans O₃, O₆ et O₇.
- On excite de nouveau l'axone avec un courant d'intensité $I_2 = 0,2$ mA pendant un temps $T_2 = 0,3$ ms. En prenant comme cercle étant les écrans des oscilloscopes, dessinez les phénomènes observés sur les écrans O₁, O₂ et O₃.
- On porte une excitation efficace, on observe sur l'écran des oscilloscopes O₄ et O₅ les courbes du document 3.



- Expliquez l'observation O₄.
- Expliquez l'observation O₅.

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

6- L'axone géant du document 1 est remplacé par deux structures nerveuses.
Les graphiques du document ci-dessous représentent l'amplitude de la réponse en mV de ces structures en fonction de l'intensité du stimulus en u.A (unité arbitraire).



- Analysez les graphes 1 et 2.
- Interprétez les graphes 1 et 2.
- Concluez sur la nature des éléments des deux graphes et des propriétés qui les régissent.

Exercice 1

1) Nom du montage

Dispositif expérimental d'enregistrement du potentiel d'action (PA).

2) Identification des éléments A, B, et D

A= stimulateur ; B= amplificateur ; C= cuve à nerf ; D= oscilloscope (ou oscillographe).

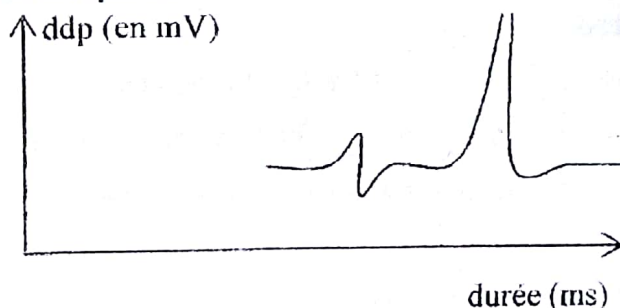
3) a) Justification

Ce montage n'est pas fonctionnel pour deux raisons : l'amplificateur se trouve entre le stimulateur et la cuve à nerf ; le circuit n'est pas fermé (absence de fil de masse).

b) Modifications pour rendre ce montage fonctionnel :

- Placer l'amplificateur entre la cuve à nerf et l'oscilloscope ;
- Fermer le circuit en plaçant deux fils de masse à partir de l'oscilloscope jusqu'au stimulateur.

4) a) Schématisation de la réponse



b) Nom de cette réponse : c'est un PA monophasique.

c) Justification : le nerf est lésé sous la deuxième électrode réceptrice R2.

Exercice 21. Analyse de la courbe de l'amplitude des PA₂ : cette courbe comporte deux phases :

- De 1 à 3 ms, l'amplitude des PA₂ est nulle : la phase (a) est la période réfractaire absolue (PRA) de durée 2ms.
- De 1 à 9ms, l'amplitude des PA₂ croît régulièrement en fonction du délai séparant la 2^e stimulation de la 1^{ère} et à 9ms l'amplitude du PA₂ est identique à celle du PA₁ : la phase(b) est la période réfractaire relative (PRR) de durée 6ms.

2. Interprétation de la courbe

- Durant la PRA l'amplitude des PA₂ est nulle car avec la 1^{ère} stimulation qui engendre le PA₁, le déséquilibre ionique de part et d'autre de la membrane de la structure nerveuse a été rompu par l'entrée de Na⁺ lors de la dépolarisation et la sortie de K⁺ lors de la repolarisation et de l'hyperpolarisation. Par conséquent cette structure nerveuse ne peut répondre à aucune autre stimulation.

- Durant la PRR, l'amplitude des PA_2 croit régulièrement en fonction du délai séparant la 2^e stimulation de la 1^{ère} car grâce à l'activité de la pompe Na^+/K^+ qui assure le transfert des ions Na^+ et K^+ contre leur gradient de concentration, la structure nerveuse retrouve graduellement son excitabilité et à 9ms la structure nerveuse a retrouvé totalement son excitabilité d'où l'amplitude du PA_2 identique à celle du PA_1 .

3. Conclusion

- La PRA est la durée pendant laquelle après une 1^{ère} stimulation, une portion de la structure nerveuse est totalement inexcitable.
- La PRR est la durée pendant laquelle après une 1^{ère} stimulation, la structure nerveuse retrouve graduellement son excitabilité.

Exercice 3

1.

a) Analyse du tableau

Il y a un déséquilibre ionique de part et d'autre de la membrane des hématies.

En effet les ions Na^+ sont plus concentrés dans le plasma que dans les hématies alors que les ions K^+ sont plus concentrés dans les hématies que dans le plasma.

b) Conclusion

Il y aura un déplacement des ions Na^+ et K^+ selon leur gradient de concentration : entrée de Na^+ dans les hématies et sortie de K^+ des hématies.

2. Explication du phénomène observé

En l'absence de glucose dans le plasma, il n'y a plus de production d'ATP par la glycolyse et par la respiration. Par conséquent le fonctionnement de la pompe Na^+/K^+ qui par transport actif maintient le déséquilibre ionique de part et d'autre de la membrane des hématies est bloqué. Il y aura alors un déplacement des ions Na^+ et K^+ selon leur gradient de concentration (transport passif) c'est-à-dire une entrée de Na^+ et une sortie de K^+ et on tend vers l'équilibre des concentrations ioniques de Na^+ et de K^+ . Si on ajoute du glucose dans le milieu, il y a production d'ATP par la glycolyse et par la respiration et la pompe Na^+/K^+

Reprendre son fonctionnement (transport actif des ions Na^+ et K^+ contre leur gradient de concentration) ce qui permet aux hématies de rejeter les Na^+ et d'accumuler les K^+ .

3. Explication des phénomènes observés

Lorsqu'on baisse la température du plasma contenant du glucose de 37°C à 2°C, les K⁺ sortent tandis que les Na⁺ entrent et on tend vers un équilibre ionique de part et d'autre de la membrane cellulaire car à 2°C, les enzymes qui catalysent la production d'ATP par la glycolyse et par la respiration sont inactives. Par conséquent le fonctionnement de la pompe Na⁺/K⁺ qui par transport actif maintient le déséquilibre ionique de part et d'autre de la membrane des hématies est bloqué. Il y aura alors un déplacement des ions Na⁺ et K⁺ selon leur gradient de concentration (transport passif) c'est-à-dire une entrée de Na⁺ et une sortie de K⁺ et on tend vers l'équilibre des concentrations ioniques de Na⁺ et de K⁺ de part et d'autre de la membrane cellulaire. La stimulation initiale est retrouvée avec le retour à 37°C car les enzymes étant à nouveau actives à cette température, il y a production d'ATP par la glycolyse et par la respiration et la pompe Na⁺/K⁺ reprend son fonctionnement.

4. Conclusion

Le transport des ions Na⁺ et K⁺ par la pompe Na⁺/K⁺ est couplé : la sortie de Na⁺ est couplée à une entrée de K⁺.

5. a) Explication ionique du PR de la fibre nerveuse

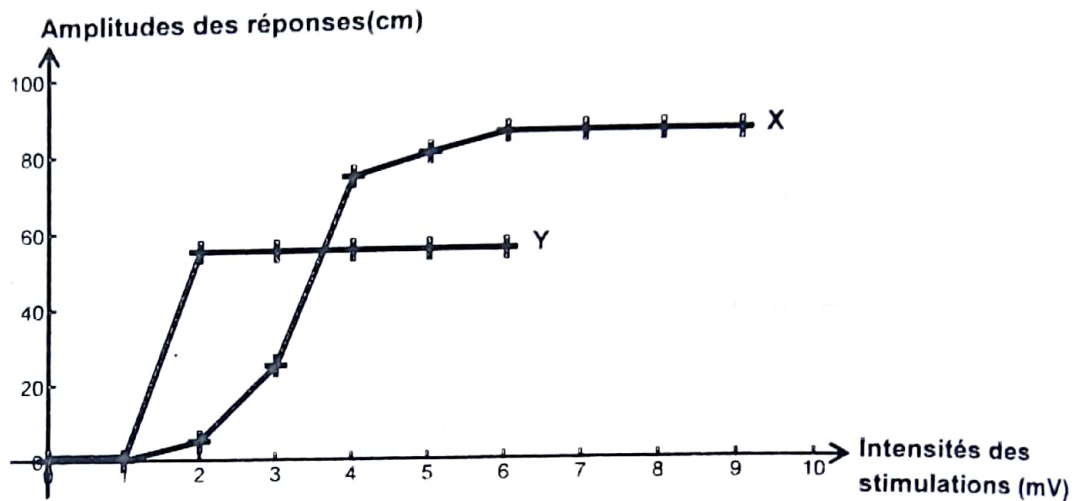
Le PR de la fibre nerveuse est dû au déséquilibre des concentrations ioniques de Na⁺ et K⁺ de part et d'autre de la membrane de la fibre nerveuse au repos et qui est maintenu grâce au fonctionnement de la pompe Na⁺/K⁺ qui, par transport actif, assure le transport de ces ions contre leur gradient de concentration.

b) Explication ionique du PA de la fibre nerveuse

La phase de dépolarisation est due à une entrée massive d'ions Na⁺ dans la fibre nerveuse suite à l'ouverture des canaux Na⁺ voltage dépendant. La phase de repolarisation est due à la fermeture progressive des canaux Na⁺ voltage dépendant et à la sortie massive d'ions K⁺ de la fibre nerveuse consécutive à l'ouverture des canaux K⁺ voltage dépendant. La phase d'hyperpolarisation est due à une sortie excessive d'ions K⁺ de la fibre nerveuse suite à la fermeture tardive des canaux K⁺ voltage dépendant. Le retour au potentiel de repos est rendu possible grâce au fonctionnement accéléré de la pompe Na⁺/K⁺ qui, en tournant, permet de faire sortir de la fibre nerveuse par transport actif les ions Na⁺ entrés lors de la dépolarisation et de faire les ions K⁺ sortis lors de la repolarisation et de l'hyperpolarisation rétablissant ainsi le déséquilibre ionique de part et d'autre de la membrane de la fibre nerveuse au repos.

Exercice 4**1) Identification des structures nerveuses X et Y**

Structure nerveuse X = nerf ; structure nerveuse Y = neurone ou fibre nerveuse ou axone
Justification : La structure X est un nerf parce que l'amplitude de la réponse augmente avec l'intensité de stimulation. La structure Y est une fibre nerveuse parce que dès que l'on obtient une réponse, elle est d'emblée maximale.

2) a) Construction des courbes :

Courbe de l'amplitude des réponses des structures nerveuses X et Y en fonction de l'intensité des stimulations

b) Analyses des courbes :

- **Courbe du comportement du nerf (X)** : De 0 à 1 mV, il n'y a pas de réponse du nerf. De 1 à 6 mV, l'amplitude de la réponse augmente jusqu'à 85 cm. Au-delà de 6 mV, l'amplitude de la réponse reste constante.
- **Courbe du comportement de la fibre nerveuse (Y)** : De 0 à 2 mV, il n'y a pas de réponse. A partir de 2 mV, l'amplitude de la réponse est d'emblée maximale (55 cm) et y reste.

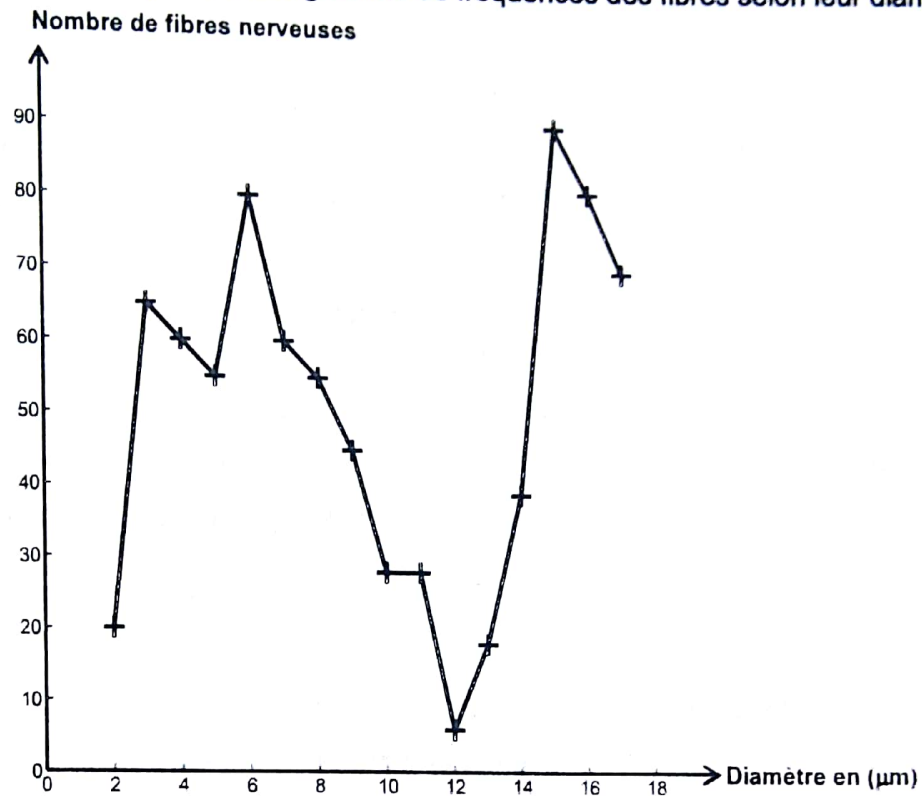
c) Interprétation

- **Courbe X** : De 0 à 1 mV, il n'y a pas de réponse du nerf parce que l'intensité de stimulation est infraliminaire. A partir de 1 mV jusqu'à 6 mV, (intensités supraliminaires), l'amplitude des réponses augmente du fait du recrutement d'un nombre de fibres de plus en plus élevé (phénomène de sommation). Au-delà de 6 mV, il n'y a plus d'augmentation des réponses parce que toutes les fibres nerveuses sont recrutées.
- **Courbe Y** : De 0 à 2 mV, il n'y a pas de réponse parce que le seuil de stimulation de la fibre n'a pas été atteint. A partir de 2 mV, l'amplitude de la réponse est d'emblée maximale parce que la fibre répond à la loi du tout ou rien.

3) Justification du délai: on espace suffisamment les excitations pour éviter que l'excitation suivante ne tombe dans la période réfractaire.

Exercice 5

1) Construisons et analysons l'histogramme de fréquences des fibres selon leur diamètre.



L'histogramme, nous montre une répartition trimodale, donc trois groupes de fibres :

- ✓ mode 1 = 3
- ✓ mode 2 = 6
- ✓ mode 3 = 15
- 1^{er} groupe dont le diamètre varie autour de 3 µm
- 2^{ème} groupe dont le diamètre varie autour de 6 µm
- 3^{ème} groupe dont le diamètre varie autour de 15 µm.

2) Analyse et interprétation de la courbe a



**un potentiel d'action
monophasique**

a = artefact de stimulation, petite déviation du spot, synchrone à la stimulation.

ab = temps de latence, temps que met l'influx pour atteindre l'électrode réceptrice.

bc = dépolarisation de l'électrode, atteinte par l'onde de négativité.

cd = repolarisation de l'électrode, dépassé par l'onde.

3) a) Différence entre la technique d'enregistrement des courbes (b) et (c) et la courbe (a)

- Le dispositif est le même
- Mais l'intensité de l'excitation a augmenté
- De même que la distance entre l'électrode excitatrice et l'électrode d'enregistrement.

b) Conclusion tirée de l'analyse comparée de l'histogramme et des courbes (b) et (c)

- les courbes (b) et (c) montrent une succession de trois potentiels d'action, obtenus à partir d'une seule excitation du nerf.
- On en déduit que les trois groupes de fibres qui constituent le nerf ont conduit chacun l'influx nerveux avec une vitesse différente.
 - Les fibres de grand diamètre ont conduit plus vite l'influx
 - Les fibres de petit diamètre ont une vitesse de conduction lente
 - Les fibres de diamètre moyen ont une vitesse de conduction moyenne

Exercice 6**A)****1. Analyse du document 1**

- Pour des intensités de stimulation inférieures à 10 volts, on n'obtient pas de réponse de la structure nerveuse.
- Pour une intensité de stimulation égale à 10 volts, on obtient un potentiel d'action (PA) d'amplitude d'emblée maximale
- Pour des intensités de stimulation supérieures à 10 volts, l'amplitude du PA ne varie pas et reste maximale.

2. Interprétation

- Pour les intensités inférieures à 10 volts, pas de réponse :
 - Intensités infraliminaire.
 - Pas d'ouverture des canaux à Na^+ - voltage dépendants.
- Intensité de stimulation de 10 volts, réponse d'emblée maximale.
 - Intensité seuil ou liminaire.
 - Ouverture complète des canaux à Na^+ voltage dépendants.
- Intensités de stimulation supérieures à 10 volts, pas de variation de la réponse de la structure nerveuse.
 - Intensités supraliminaire
 - Pas d'ouverture supplémentaire des canaux à Na^+ voltage dépendant.
- Cette structure nerveuse obéit à la loi du tout ou rien.

3. La nature et la propriété de la structure nerveuse.

Nature : fibre nerveuse

Propriété : excitabilité

4. Explication ionique

- Plus de réaction après la 1^{ère} stimulation :
 - La fibre nerveuse se trouve dans sa période réfractaire
 - L'équilibre ionique n'est pas rétabli de part et d'autre de la membrane de la fibre nerveuse.
- A 10 ms, on obtient un PA identique au 1^{er} :

L'équilibre ionique est rétabli de part et d'autre de la membrane de la fibre nerveuse (Na^+ plus concentré à l'extérieur et K^+ plus concentré à l'intérieur) grâce à la pompe ionique.

B)

1. Comparaison des enregistrements A et H et explication des différences.

A et H sont des potentiels d'actions diphasiques.

Contrairement à A, H présente les deux phases inversées, décalées parce que les deux électrodes réceptrices sont éloignées.

2. Comparaison des enregistrements E et J et explication des différences.

E et J sont deux potentiels de repos.

Contrairement à J, E présente un artéfact de stimulation.

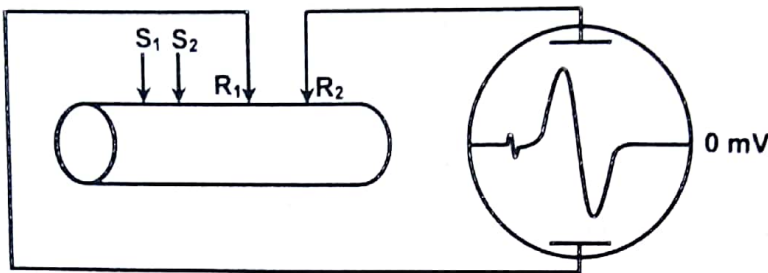
La stimulation portée sur E est inefficace. Tandis que J n'a pas été stimulé.

3. Comparaison des enregistrements B et C et explication des différences.

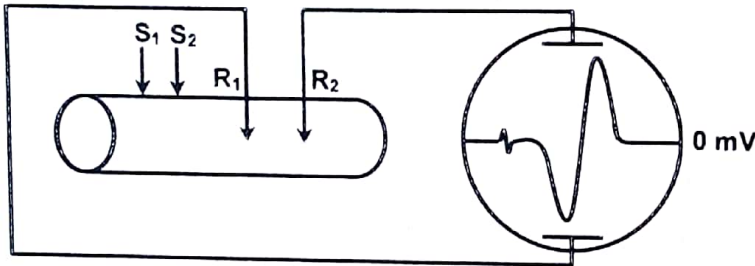
B est un potentiel d'action monophasique obtenu à partir du potentiel de Référence.
 Tandis que C est un potentiel d'action Monophasique obtenu à partir du potentiel de Repos.
 B est obtenu à partir d'une seule électrode réceptrice à la surface.
 Tandis que C est obtenu à partir de la 1^{ère} électrode réceptrice à la surface et la deuxième à l'intérieur.

4. Schéma simplifié du montage expérimental ayant permis d'obtenir A, G, H et J.

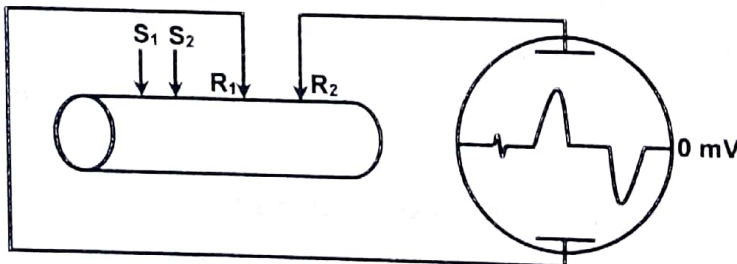
➤ **Enregistrement A**



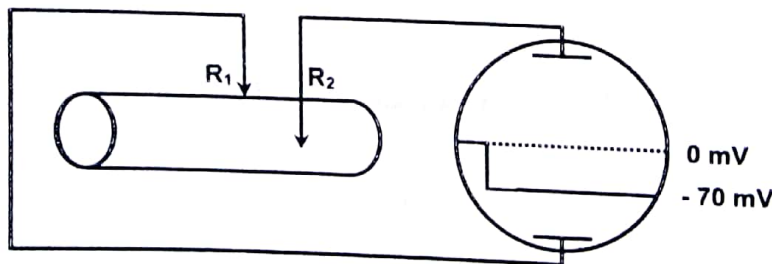
➤ **Enregistrement G**



➤ **Enregistrement H**



➤ **Enregistrement J**



COMMENT PEUT-ON EXPLIQUER LA TRANSMISSION D'UN MESSAGE NERVEUX D'UNE STRUCTURE NERVEUSE A UNE AUTRE STRUCTURE ?

RAPPEL DE COURS

I. LA TRANSMISSION D'UN MESSAGE D'UNE STRUCTURE NERVEUSE A UNE AUTRE PEUT-ELLE S'EXPLIQUER A PARTIR DE L'ETUDE DE LA JONCTION ENTRE UN NEURONE ET UNE STRUCTURE MUSCULAIRE ?

1) Qu'appelle-t-on synapse ?

Une synapse est la jonction ou un point de contact entre un neurone et un autre élément. Ces deux éléments sont séparés par une **fente synaptique**.

2) Quels sont les différents types de synapse neuromusculaire ?

a) la plaque motrice

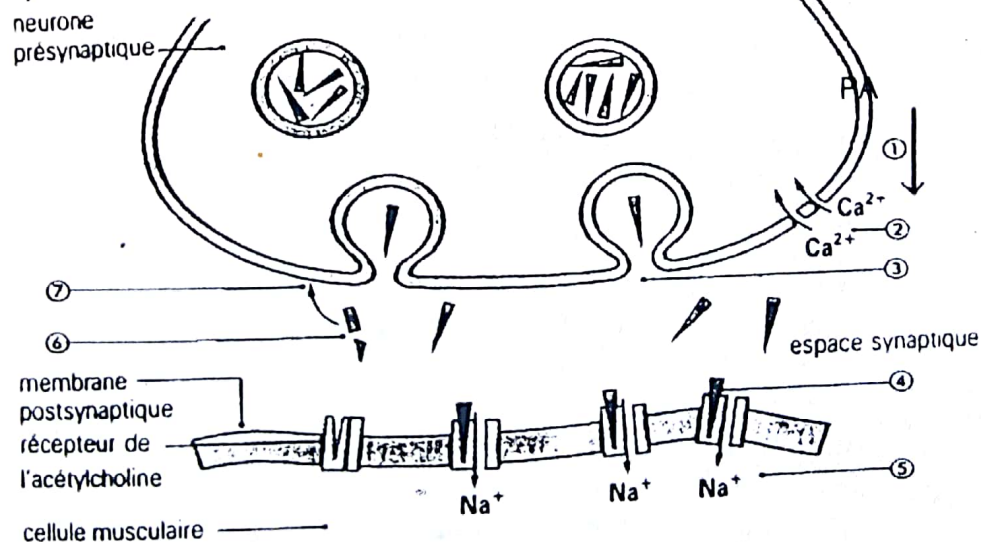
C'est la jonction entre un neurone et une fibre musculaire.

b) l'unité motrice

C'est la jonction entre un neurone et un groupe de fibres musculaires.

3) Comment fonctionne une plaque motrice ?

a) Mécanisme de fonctionnement de la plaque motrice



① : arrivée du P.A. dans le bouton synaptique.

② : entrée massive des ions Ca²⁺ dans le bouton synaptique.

③ : les vésicules synaptiques migrent vers la membrane pré synaptique puis libération par exocytose de l'acétylcholine (ACH) dans la fente synaptique ou espace synaptique.

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

- ④ : l'ACH se fixe sur son récepteur spécifique ce qui change la configuration du récepteur entraînant l'ouverture des canaux sodiques chimio-dépendants.
- ⑤ : entrée massive d'ion Na^+ puis sortie d'ion K^+ . Naissance donc d'un PA Post-synaptique.
- ⑥ : après le passage du PA, l'ACH est rapidement inactivé par l'acétylcholinestérase en acétate et en choline. On note dès cet instant la fermeture de ces canaux sodiques.
- ⑦ : la choline libérée après l'hydrolyse est réabsorbée par un transport actif (nécessitant de l'énergie) au niveau du neurone pré synaptique.

Remarque :

Le temps que met l'influx nerveux pour franchir une synapse est appelé **délai synaptique**.

4) Substances trompeuses des récepteurs : l'exemple du curare

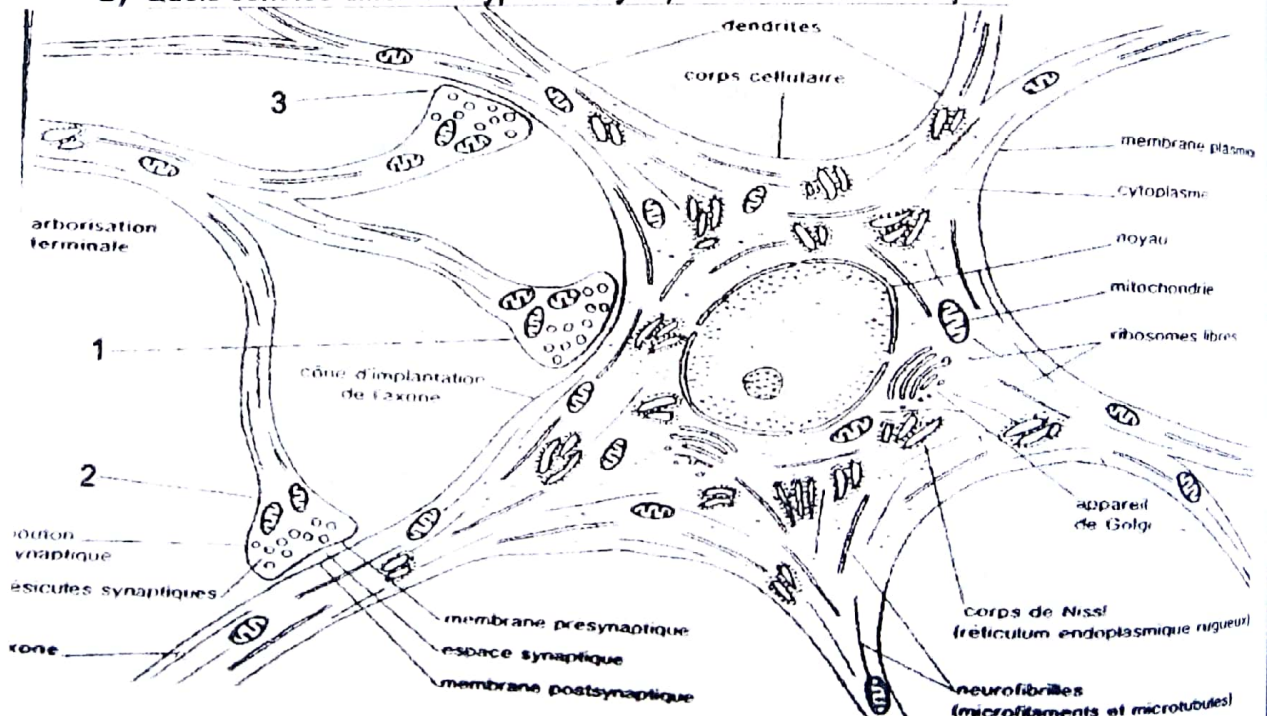
Le curare est un poison d'origine végétale qui a une forme voisine de l'ACH. Il se fixe sur les récepteurs cholinergiques au niveau de la plaque motrice ce qui entraîne la paralysie du muscle.

II. LA TRANSMISSION D'UN MESSAGE D'UNE STRUCTURE NERVEUSE A UNE AUTRE PEUT-ELLE S'EXPLIQUER A PARTIR DE L'ETUDE DE LA JONCTION ENTRE DEUX NEURONES ?

A) Qu'appelle-t-on synapse neuro-neuronique ?

C'est une jonction entre deux neurones.

B) Quels sont les différents types de synapses neuro-neuronique ?



LES DIFFERENTS TYPES DE SYNAPSES NEURO-NEURONIQUES

On distingue trois types de synapses neuro-neuroniques : (1) une synapse axo-somatique ; (2) une synapse axo-axonique et (3) une synapse axo-dentrique.

C) Comment fonctionne une synapse neuro-neuronique ?

L'action des neuromédiateurs est strictement fonction des propriétés de la membrane post-synaptique.

1) Cas d'une synapse neuro-neuronique de type excitateur**a) fonctionnement**

Au contact du médiateur chimique de transmission, les canaux de la membrane post-synaptique s'ouvrent largement à tous les ions mais le flux de l'ion Na^+ de l'extérieur vers l'intérieur est plus important que le flux inverse des ions K^+ ; création de PPSE d'où la dépolarisation de la membrane post-synaptique.

b) condition d'obtention

Le seuil de création d'un PA post synaptique est atteint :

- Soit par la libéralisation répétée du neuromédiateur par un même bouton synaptique ce qui permet l'addition des PPSE (potentiel post synaptique excitateur) : c'est la sommation temporelle.
- Soit par l'addition des PPSE provenant simultanément de deux ou plusieurs terminaisons synaptiques : c'est la sommation spatiale.

2) Cas d'une synapse neuro neuronique de type inhibiteur

Le médiateur chimique ouvre les canaux sodiques de la membrane post synaptique moins largement que dans le 1^{er} cas (PPSE) de telle sorte que les ions hydratés de Na^+ très gros ne pénètrent plus ; seuls les ions K^+ peuvent sortir et les ions Cl^- entrer. Création de PPSI d'où une hyperpolarisation de la membrane post synaptique dans le sens négatif.

Remarque :

Les PPS (PPSE ou PPSI) sont des phénomènes locaux (localisé uniquement au niveau de la membrane post synaptique) donc ne se propagent pas, seul les PA se propagent.

D) fonctionnement intégrateur des neurones

Un neurone reçoit des milliers d'afférences. La réponse de ce neurone post synaptique résulte de l'intégration des PPSE et PPSI :

- si cette intégration donne une dépolarisation suffisante, le PA naît et se propage dans le neurone post synaptique ;
- si cette intégration n'atteint pas le seuil de dépolarisation, il n'y a pas de naissance de PA et le neurone post synaptique reste au repos.

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1**

Les figures 1 et 2 ci-dessous présentent des microphotographies de portion de deux neurones à deux stades différents de fonctionnement.

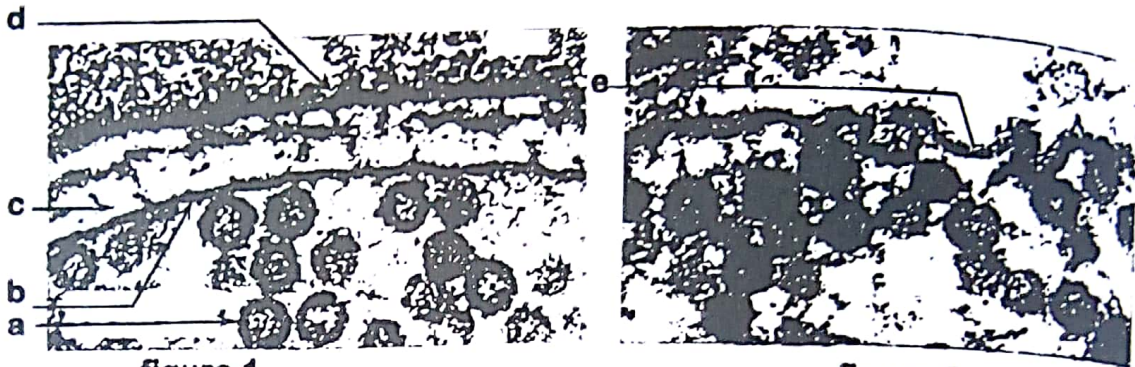


figure 1

figure 2

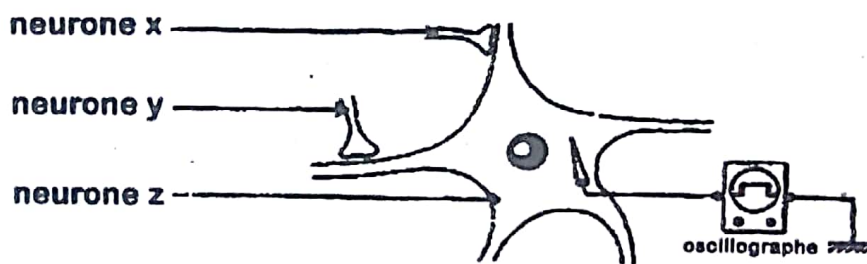


figure 3

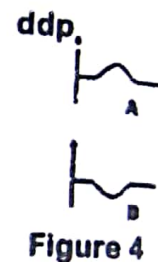


Figure 4

MONTAGE EXPERIMENTAL

1. En vous servant des lettres indiquées, annotez ces microphotographies.
2. Déduisez de votre réponse, la structure représentée par les figures 1 et 2.
3. A partir des réponses précédentes,
 - a) Précisez les deux stades de fonctionnement de cette structure.
 - b) Justifiez votre réponse.

Pour expliquer le mode fonctionnement de la structure étudiée, on réalise un montage représenté par la figure 3 (ci-dessus).

- La stimulation du neurone X entraîne la libération de la dopamine.
- La stimulation du neurone Y permet la libération du G.A.B.A.

Les tracés A et B de la figure 4 (ci-dessus) représentent respectivement les résultats des stimulations des neurones X et Y.

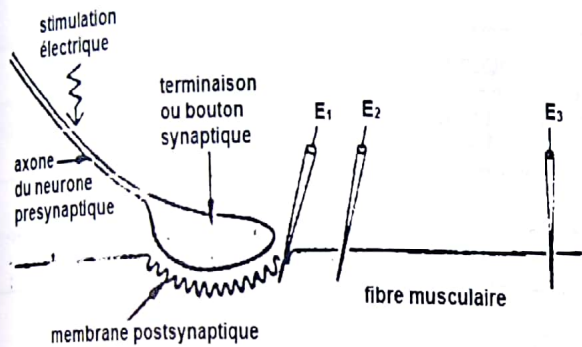
4. Nommez le tracé obtenu dans chaque cas.
5. A partir des enregistrements obtenus (A et B), expliquez le mode d'action des deux substances chimiques libérées.

Exercice 2

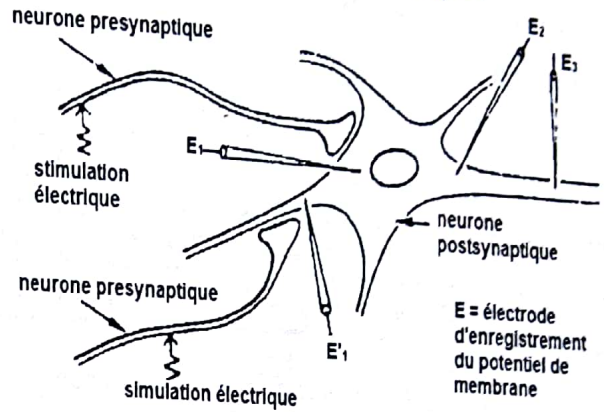
On stimule électriquement les neurones présynaptiques afin de générer à leur niveau un potentiel d'action (PA). Les potentiels de membrane postsynaptiques sont enregistrés au niveau des synapses neuromusculaire et neuro-neuronique :

- à proximité de la terminaison synaptique (E_1 ou E'_1)
- en des endroits plus ou moins éloignés de cette terminaison (E_2, E_3).
- Le document suivant traduit les enregistrements obtenus.

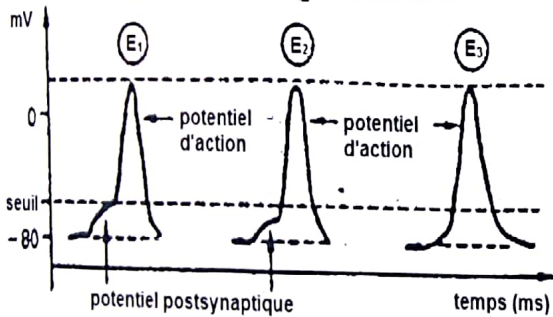
synapse neuro-musculaire



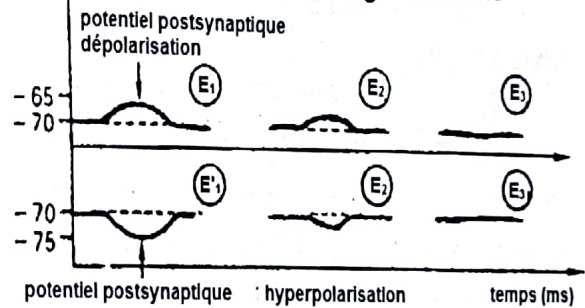
synapses neuro-neuroniques



résultats des enregistrements



résultats des enregistrements



- 1) Analysez ces enregistrements.
- 2) Concluez.

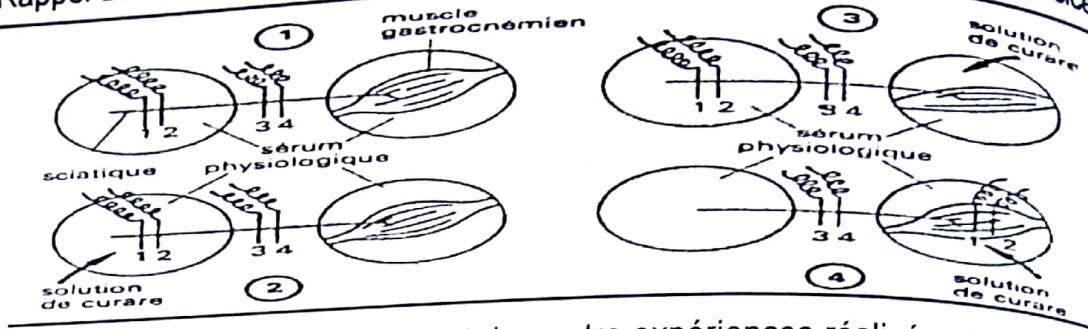
Exercice 3

Chez une grenouille, on prélève le muscle gastrocnémien et le nerf sciatique rattaché à ce muscle. La préparation nerf muscle est placée dans deux verres de montre que l'on peut remplir de différents liquides.

Quatre électrodes sont appliquées à des endroits différents de la préparation :

- 1 et 2 sont des électrodes stimulatrices
- 3 et 4 sont des électrodes reliées à un oscillographe qui permet de voir le passage éventuel de potentiels d'action (PA) sous ces électrodes.

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices



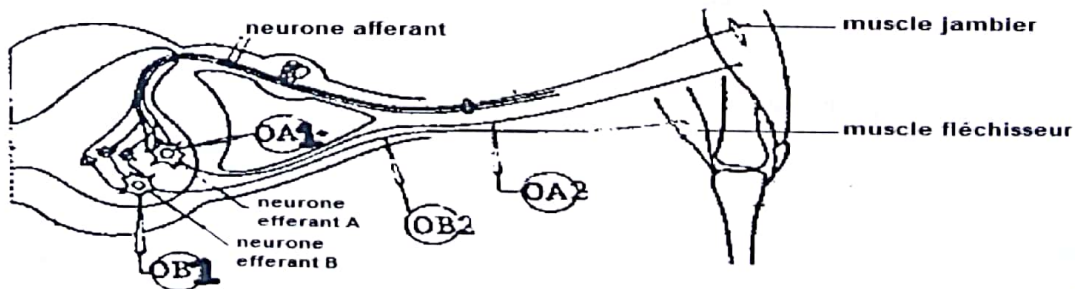
Le tableau ci-dessous traduit le résultat de quatre expériences réalisées à l'aide de ce dispositif

		Stimulations portées sur les électrodes 1 et 2			
		Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3	Expérience 4
Résultats	Contraction du muscle	oui	oui	non	oui
	PA sur l'écran de l'oscillographe	oui	oui	oui	non

- 1) Que peut-on déduire des résultats de chaque expérience ?
- 2) Montrez, à partir des réponses à la question précédente, que la synapse neuromusculaire constitue la cible du curare.

Exercice 4

On se propose d'étudier le fonctionnement des synapses neuro-neuroniques. Le support physiologique choisi est le réflexe myotatique (il n'est pas nécessaire de connaître ce réflexe pour résoudre cet exercice). Les fuseaux neuromusculaires évoqués par la suite sont des récepteurs intramusculaires sensibles à l'étirement.

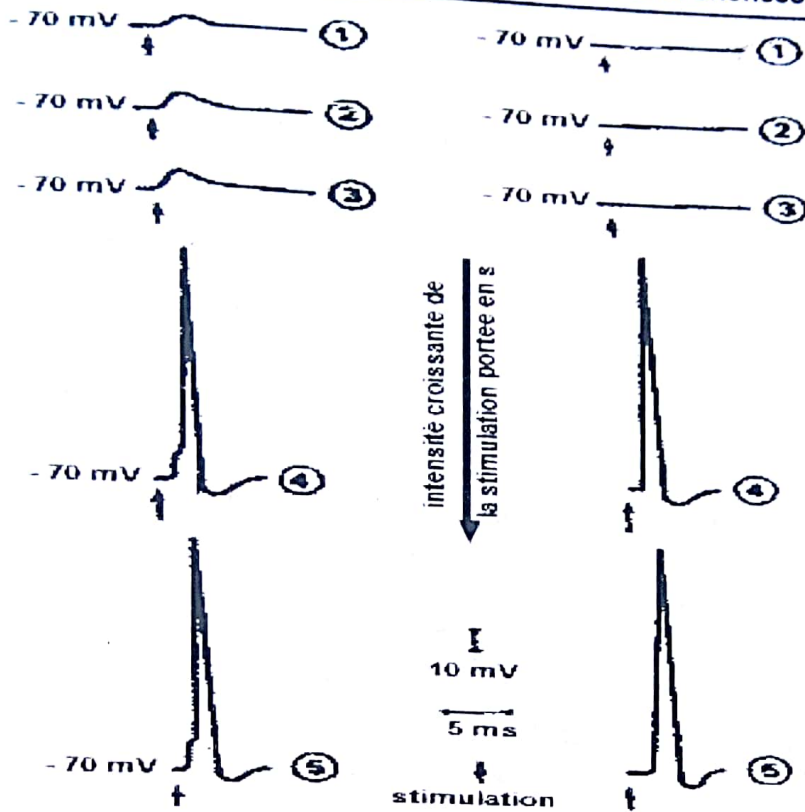


Document 1

Le document 1 ci-dessus fournit les données histologiques et anatomiques et présentes les interventions expérimentales proposées dans l'ensemble de cette partie.

- 1) Sur le nerf sensitif provenant du muscle extenseur, on porte une stimulation (X) d'intensité croissante. On effectue des enregistrements électrophysiologiques à l'aide :
 - d'un oscilloscope OA₁ relié à une électrode interne placée dans le corps cellulaire du motoneurone A (l'autre électrode est à un potentiel fixe) ;
 - d'un oscilloscope OA₂ relié à une électrode interne place dans l'axone du motoneurone A (l'autre électrode est à un potentiel fixe).

On obtient les enregistrements du document 2 ci-dessous :

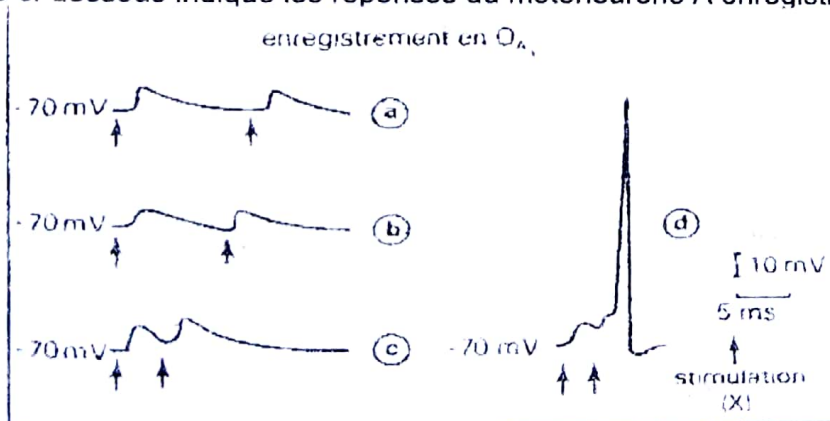


Document 2

- Nommez les enregistrements (1, 2, 3) ; (4 et 5) des oscilloscopes OA₁ et OA₂.
- Nommez le type de synapse qui induit les enregistrements de OA₁.
- Expliquez pourquoi les enregistrements 1, 2 et 3 de OA₁ ne sont pas des PA alors que les enregistrements 4 et 5 le sont.
- Au vue du document 1, expliquez la naissance d'un PA au niveau du motoneurone A.
- Définissez le potentiel d'action.

On porte deux stimulations (X) sur le nerf sensitif d'intensité correspondant à l'enregistrement 3 du document 2 et on fait varier l'intervalle de temps entre ces deux stimulations.

Le document 3 ci-dessous indique les réponses du motoneurone A enregistrées sur OA₁.



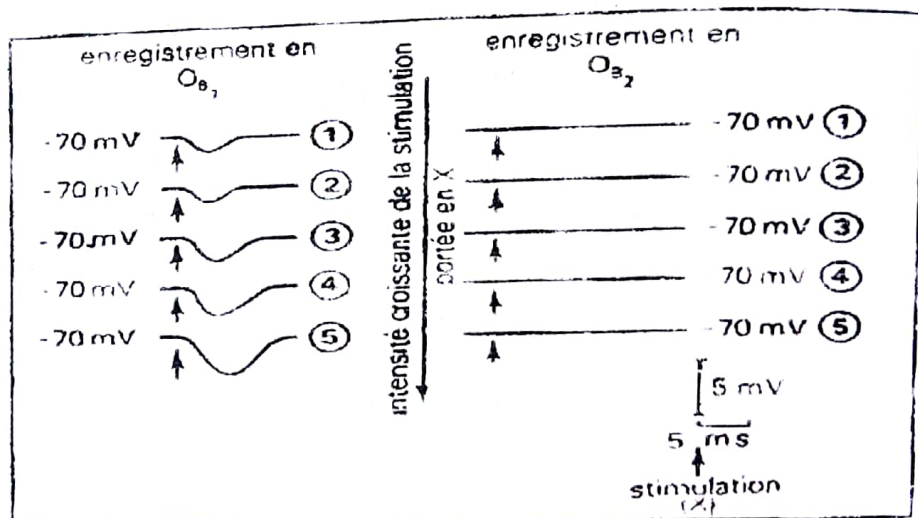
Document 3

2) Expliquez à partir de ces enregistrements, la naissance d'un PA au niveau du motoneurone A.

Simultanément aux expériences de la question 1, on effectue des enregistrements électrophysiologiques à l'aide :

- d'un oscilloscope OB₁ relié à une électrode interne placée dans le corps cellulaire du motoneurone B (l'autre électrode est à un potentiel fixe) ;
- d'un oscilloscope OB₂ relié à une électrode interne placée dans l'axone du motoneurone B (l'autre électrode est à un potentiel fixe).

On obtient l'enregistrement du document 4.



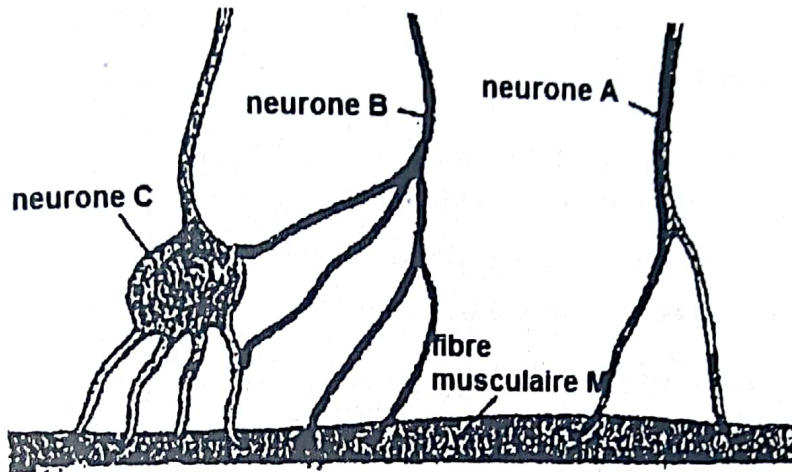
Document 4

- 3) a) Nommez les enregistrements de OB₁.
 b) Nommez le type de synapse qui induit ces enregistrements.
 c) Expliquez, au vue du document 1, les différences constatées entre les enregistrements de OB₁ et ceux de OB₂.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT

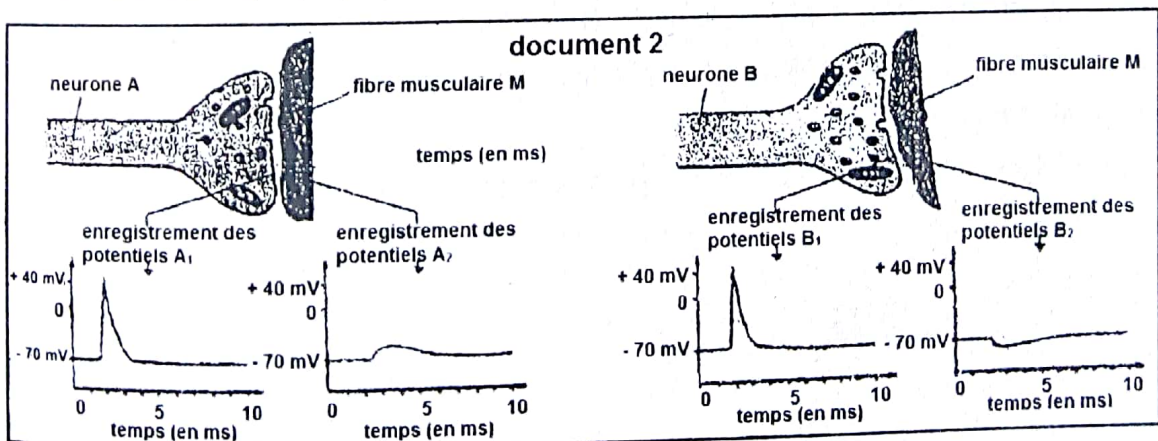
Exercice 1

On se propose d'étudier chez un crustacé le fonctionnement de différents types de neurones impliqués dans l'activité musculaire. Le document ci-contre représente un schéma de l'innervation d'une fibre musculaire M. afin de comprendre le rôle respectif des neurones A, B, et C on réalise les expériences suivantes sur des préparations nerf-muscle isolées du centre nerveux.



Expérience a : si on excite de manière convenable le neurone A, la fibre musculaire M se contracte. Expérience B : sans aucune excitation, on enregistre sur le neurone C le passage de potentiels d'action (PA) à la fréquence f . si l'on étire la fibre musculaire M, la fréquence des PA augmente par rapport à f . expérience c : si l'on excite le neurone B, la fréquence des PA enregistrés sur le neurone C diminue par rapport à f , et la fibre M ne se contracte plus sous l'action de A.

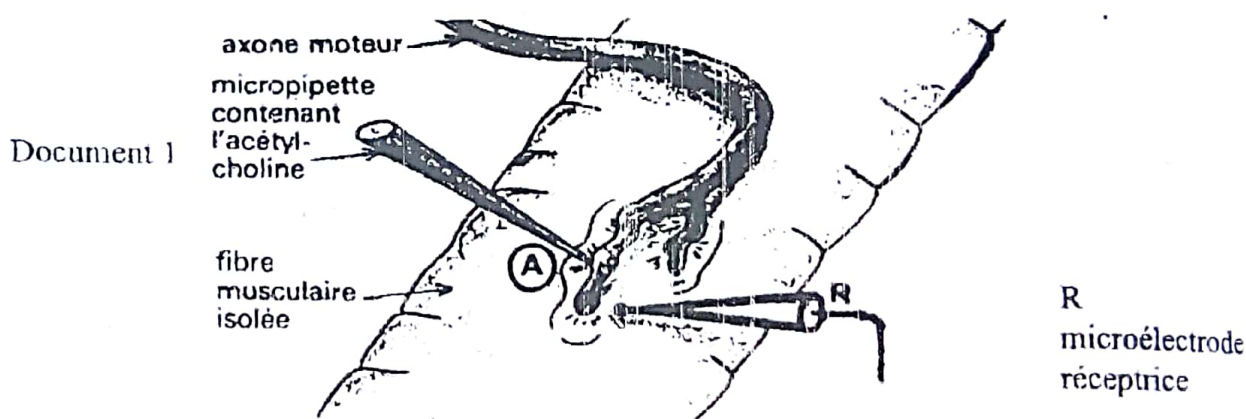
1. D'après ces expériences, précisez le rôle respectif des neurones A, B, et C. le document suivant montre d'une part une représentation schématique des terminaisons synaptiques des neurones A et B, et d'autre part les enregistrements des potentiels obtenus sur ces terminaisons synaptiques et sur la fibre musculaire M à la suite d'une stimulation unique du neurone pré synaptique.



- Identifiez les enregistrements A1, A2, B1, et B2.
- Expliquez pourquoi ni la stimulation unique du neurone A, ni celle du neurone B ne seront suivies d'une contraction de M.
- Expliquez comment il faut opérer pour obtenir une contraction de la fibre M en stimulant le neurone A.
- En utilisant les données fournies par les expériences décrites, expliquez le fonctionnement de la fibre M.

Exercice 2 (extrait Bac C session normale 2001)

Pour comprendre le fonctionnement de la jonction neuromusculaire, une étude expérimentale est réalisée sur une fibre musculaire isolée en même temps que la fibre nerveuse avec laquelle elle est en contact (document 1 suivant).



Expérience 1 : stimulation de l'axone moteur.

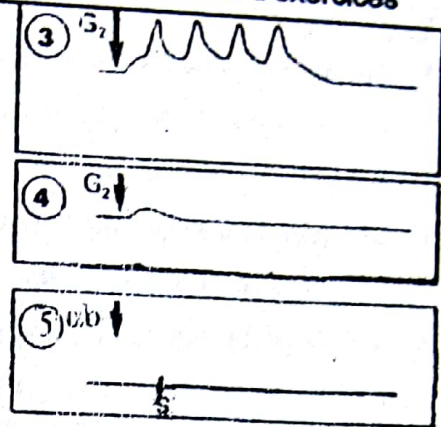
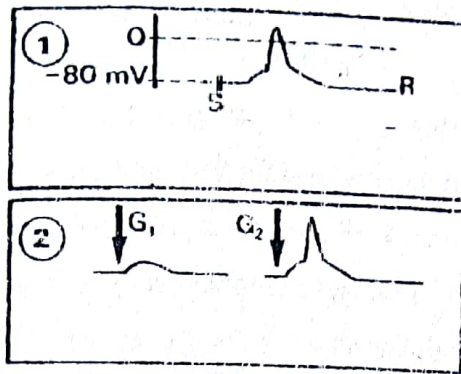
Expérience 2 : dépôt d'une micro goutte (G_1) d'acétylcholine sur la membrane musculaire en A, puis d'une seconde micro goutte (G_2) plus importante que la première.

Expérience 3 : dépôt d'une micro goutte (G_1) d'acétylcholine sur la fibre musculaire traitée à l'ésérine (produit inhibant l'hydrolyse de l'acétylcholine).

Expérience 4 : injection à l'intérieur de la fibre musculaire, en A, d'une micro goutte (G_2) d'acétylcholine.

Les résultats obtenus sont représentés par les enregistrements 1, 2, 3, 4 du document 2.

G_1 et G_2 :
microgouttes
d'acétylcholine
S : stimulation de
l'axone moteur
ab : α -bungarotoxine



Document 2

- 1) Nommez la zone de contact nerf muscle.
- 2) Analysez succinctement les résultats obtenus en 1, 2, 3, 4.
- 3) Tirez une conclusion de l'analyse des résultats 1 et 2.
- 4) Expliquez les résultats obtenus en 3 et 4.
- 5) L' α -bungarotoxine (substance extraite du venin de serpent) présente une configuration moléculaire identique à celle de l'acétylcholine.
Après injection de l' α -bungarotoxine en (A), on stimule électriquement l'axone moteur ; on obtient en R l'enregistrement 5 (document 2).
Formulez une hypothèse qui expliquerait l'action de cette substance au niveau de la jonction neuromusculaire.
- 6) Déduisez de vos réponses précédentes, le mode d'action de l'ACH.

Exercice 1

1. Annotations des microphotographies

a = membrane post synaptique ; b = fente ou espace synaptique ; c = membrane pré synaptique ; d = vésicule synaptique ; e = vésicule d'exocytose.

2. Déduction de la structure représentée par les figures 1 et 2

La structure représentée est une synapse neuro-neuronique

3. a) Précisions des deux stades de fonctionnement de cette structure

- figure 1 = synapse au repos ;
- figure 2 = synapse en activité

b) Justification :

- Pour la figure 1 : absence de vésicules d'exocytose et fente synaptique moins large.
- Pour la figure 2 : présence de vésicules d'exocytose et fente synaptique très large.

4. Noms des tracés obtenus :

- Figure 4 A : potentiel post synaptique excitateur (PPSE).
- Figure 4 B : potentiel post synaptique inhibiteur (PPSI)

5. Mode d'action des deux substances chimiques libérées

- **De la dopamine** : la dopamine se fixe sur les récepteurs associés aux canaux à sodium (Na^+) chimio dépendant et entraîne leur ouverture provoquant une entrée d'ions Na^+ ce qui entraîne un PPSE à l'origine d'une dépolarisation.
- **Du GABA** : le GABA se fixe sur les récepteurs associés aux canaux à chlore (Cl^-) chimio dépendant provoquant l'ouverture de ces canaux ; entrée d'ions Cl^- ce qui provoque un PPSI à l'origine d'une hyperpolarisation.

Exercice 2**1) Analyse des enregistrements obtenus :****- Cas de la synapse neuro-musculaire**

Avant la stimulation on enregistre un potentiel de membrane (PM) musculaire de -80 mV. Après la stimulation. On enregistre un PA musculaire d'amplitude 100 mV précédé d'un PPSE dont l'amplitude d'environ 20 mV diminue à mesure qu'on s'éloigne de la plaque motrice puis s'annule en E3. A l'inverse l'amplitude du PA musculaire reste constante le long de la fibre musculaire.

- Cas de la synapse neuro-neuronique

Avant la stimulation on enregistre un PM de -70 mV. La stimulation de la synapse axo-somatique entraîne un PPSE de 5 mV et dont la valeur est inférieure au seuil, permettant la naissance d'un PA post-synaptique. L'amplitude de ce PPSE diminue à mesure qu'on s'éloigne de la synapse et finit par s'annuler en E3. La stimulation de la synapse axo-dendritique provoque une hyperpolarisation de la membrane post-synaptique dont l'amplitude de 5 mV diminue à mesure qu'on s'éloigne de la synapse et finit par s'annuler en E3.

2) Conclusions :

- La synapse axo-somatique est excitatrice et la synapse axo-dendritique est inhibitrice.
- Les PPS sont des phénomènes locaux qui ne se propagent pas. Seuls les PA se propagent le long de l'axone et la fibre musculaire sans variation de leur amplitude.

Exercice 3**1) Dédution des résultats de chaque expérience :**

- **Expérience 1** : Le muscle se contracte suite à l'arrivée d'un message nerveux véhiculé par son nerf moteur.
- **Expérience 2** : Le curare est sans effet sur le nerf.
- **Expérience 3** : Le curare agit sur le muscle, soit sur le muscle lui-même, soit sur la jonction neuromusculaire.
- **Expérience 4** : Le curare ne paralyse pas le muscle.

2) Montrons que la synapse neuromusculaire constitue la cible du curare

La comparaison des expériences 3 et 4 permet de déduire que le curare agit sur la synapse neuromusculaire (ou plaque motrice) puisqu'en présence de curare le muscle se contracte lorsqu'on le stimule directement alors qu'il ne se contracte pas lorsqu'on le stimule par l'intermédiaire du nerf sciatique.

Exercice 4**1) A l'aide du document 1, définissons une unité motrice.**

Le document 1 représente un neurone moteur et les différentes fibres musculaires avec lesquelles il est en contact. La stimulation de ce motoneurone entraîne la contraction de ces fibres musculaires. L'ensemble formé par le motoneurone et les différentes fibres musculaires qu'il contrôle est appelé unité motrice.

2) Analyse des enregistrements a et b

- Enregistrement a : c'est la réponse d'une unité motrice de type A à une stimulation unique. Il présente après un temps de latence, une phase de contraction (d'une durée d'environ 20 ms) puis une phase de relâchement plus durable (55 ms). L'amplitude de la contraction est de 40 g et la durée totale de la réponse, 75 ms.
- Enregistrement b : c'est la réponse d'une unité motrice de type B à une excitation. Il présente par rapport à l'enregistrement a, un temps de latence plus long, une amplitude beaucoup plus faible (2 g), des phases des phases de contraction et de relâchement beaucoup plus longues (durée totale : 300 ms environ).

Les unités motrices de type B sont ainsi à contraction faible et durable

3) Déterminons en quoi leurs caractères permettent d'expliquer les enregistrements c et d.

Le document 2C représente la réponse d'unités motrices de type A soumises à une série d'excitations de même intensité. Le tracé présente une phase croissante correspondant à une augmentation de l'amplitude de la réponse due au recrutement progressif des unités motrices et donc des fibres musculaires. Les excitations tombent au début de la phase de relâchement, il y a fusion incomplète des secousses (tétanos imparfait). L'amplitude maximale de la réponse est d'environ 80g et sa durée, 400 ms.

Le document 2-d représente la réponse d'unités motrices de type B à une série d'excitations de même intensité. Le phénomène de recrutement explique la phase de croissance du tracé. La phase de contraction de ce type d'unités motrices étant longue, les stimulations interviennent pendant cette phase, d'où la fusion complète des secousses (tétanos parfait). L'amplitude est plus faible (5 g) que pour les unités de type A et la durée est plus longue (800 ms)

4) Identifions en justifiant les types d'unités qui sont impliquées dans les mouvements.

Les contractions soutenues sont de longue durée et d'amplitude faible.

Les unités motrices de type B qui présentent ces caractéristiques sont donc impliquées dans les mouvements tels ceux de la posture.

Exercice 5

1) a) **Nom des enregistrements (1, 2, 3) ; (4 et 5) des oscilloscopes OA₁ et OA₂**

➤ **Oscilloscope OA₁**

- les enregistrements (1, 2, 3) sont des potentiels post-synaptiques excitateurs (PPSE) ;
- les enregistrements (4 et 5) sont des potentiels d'action (PA) monophasique.

➤ **Oscilloscope OA₂**

- les enregistrements (1, 2 et 3) sont de potentiels de repos ;
- les enregistrements (4 et 5) sont des PA monophasiques.

b) **Nom du type de synapse qui induit les enregistrements de OA₁**

C'est une synapse excitatrice.

c) **Explication**

- Les enregistrements (1, 2, et 3) de OA₁ ne sont pas des PA car ils ne se propagent pas le long de l'axone. Nés au niveau du corps cellulaire du motoneurone A, on ne les enregistre pas le long de l'axone en OA₂.
- En revanche, les enregistrements (4 et 5) de OA₁ sont des PA car ils se propagent le long de l'axone. Nés au niveau du corps cellulaire motoneurone A, on les enregistre le long de l'axone en OA₂, sans variation de leur amplitude.

d) **Explication de la naissance d'un PA au niveau du motoneurone A.**

La naissance d'un PA au niveau du motoneurone A s'est faite par sommation spatiale des PPSE issus de trois terminaisons sensibles différentes.

e) **Définition du potentiel d'action**

C'est une courbe traduisant la manifestation électrique de l'influx nerveux.

2) **Explication de la naissance d'un PA au niveau du motoneurone A**

La naissance d'un PA au niveau du motoneurone A s'est faite par sommation temporelle des PPSE issus d'une même terminaison sensible.

3) a) **Nom des enregistrements de OB₁**

Ce sont des potentiels post-synaptiques inhibiteurs (PPSI).

b) **Nom du type de synapse qui induit ces enregistrements**

C'est une synapse inhibitrice.

c) **Explication des différences entre les enregistrements de OB₁ et ceux de OB₂**

Ces différences sont dues au fait que les PPSI s'enregistrent qu'au niveau de la membrane post-synaptique dans ce cas le corps cellulaire du motoneurone B où se trouve l'oscilloscope OB₁. Comme ils ne se propagent pas le long de l'axone, on ne peut les enregistrer en OB₂.

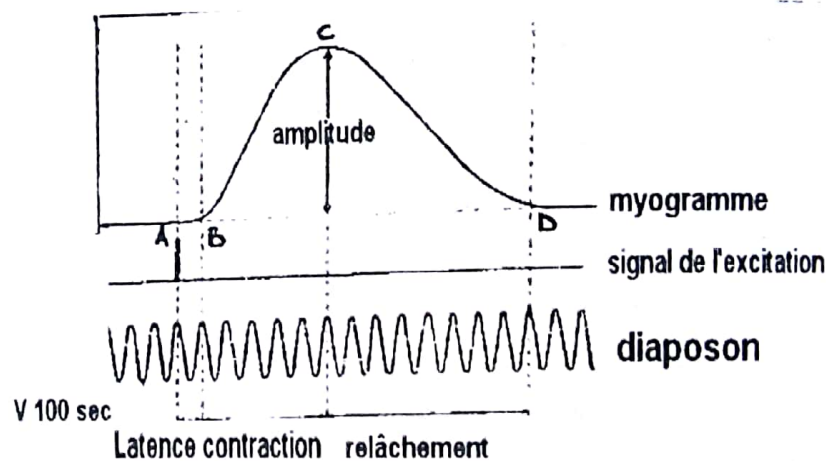
COMMENT L'ACTIVITE DU MUSCLE SE MANIFESTE T-ELLE ?

RAPPEL DE COURS

I. L'ACTIVITE MUSCULAIRE SE MANIFESTE-T-ELLE PAR DES ASPECTS MECANIQUES ?

1) La réponse du muscle à 1 stimulation.

L'appareil utilisé pour l'enregistrement de l'activité musculaire est le myographe.
Le muscle répond à une excitation efficace par une contraction brève appelée myogramme ou secousse musculaire isolée, le muscle est donc excitable et contractile.
Après la contraction, il reprend sa longueur initiale : on dit qu'il est élastique.
Le myogramme comporte 3 phases :



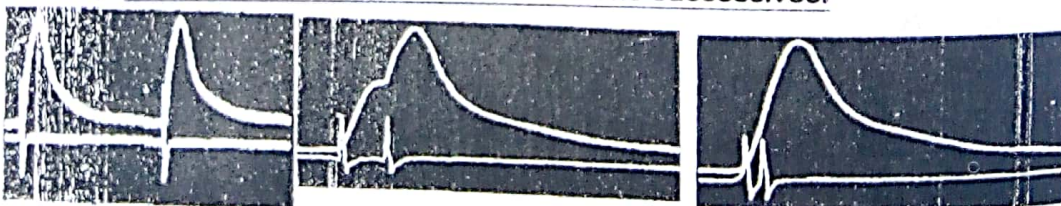
MYOGRAMME OU SECOUSSE MUSCULAIRE

AB : temps de latence.

BC : phase de contraction qui correspond au raccourcissement du muscle

CD : phase de relâchement qui correspond à la décontraction du muscle.

2) La réponse du muscle à 2 stimulations successives.

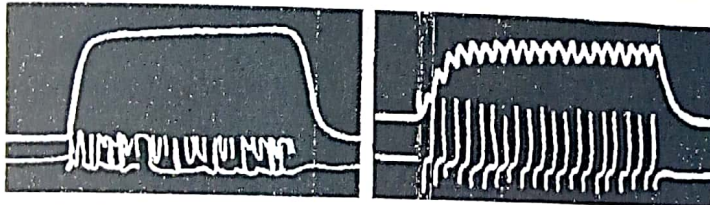


A DEUX SECOUSSES ISOLEES B FUSION INCOMPLETE AVEC SOMMATION C FUSION COMPLETE AVEC SOMMATION

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

- A- les 2 stimulations successives ne sont pas très rapprochées. On obtient 2 secousses musculaires isolées et identiques.
- B- les 2 stimulations sont très rapprochées au cours desquelles la 2^{ème} atteint le muscle pendant la phase de relâchement. Ces 2 stimulations successives provoquent la fusion incomplète des 2 secousses, l'amplitude de la 2^e secousse est supérieure à celle de la 1^{ère} : c'est une **fusion incomplète avec sommation**.
- C- la 2^{ème} stimulation atteint le muscle pendant la phase de contraction. Les 2 stimulations successives provoquent une fusion complète des deux secousses avec une amplitude plus grande et une durée plus longue : c'est une **fusion complète avec sommation**.

3) Réponse du muscle face à plusieurs stimulations répétées.



TETANOS PARFAIT TETANOS IMPARFAIT

- A- les stimulations successives atteignent le muscle pendant la phase de contraction (environ 115 stimulation/sec). Le myogramme obtenu présente une partie ascendante suivie d'un plateau rectiligne. C'est le téтанos parfait.
- B- les stimulations successives atteignent le muscle pendant la phase de relâchement (environ 20 stimulation/sec).
Le myogramme obtenu présente une partie ascendante suivie d'un plateau ondulé. C'est le Tétanos imparfait.

4) Myogramme d'un muscle fatigué

Lorsque le muscle est soumis à une excitation de longue durée, il se fatigue. Cette fatigue se traduit au niveau du myogramme par l'augmentation de la durée de la secousse musculaire et une diminution de l'amplitude de la secousse.

5) Réponse du muscle face à des excitations d'intensités croissantes

a. Cas de la fibre musculaire

Comme une fibre nerveuse, la fibre musculaire répond à la loi du Tout ou Rien.

b. Cas du muscle entier

Comme dans le cas de la stimulation d'un nerf, au fur et à mesure que l'intensité de la stimulation augmente, l'amplitude de la réponse augmente aussi jusqu'à atteindre une valeur maximale.

Remarque :

L'augmentation de l'amplitude de la contraction s'explique par le recrutement des unités motrices (cas d'une stimulation indirecte) ou par le recrutement des fibres musculaires (cas d'une stimulation directe).

L'amplitude maximale obtenue s'explique par le fait que soit toutes les unités motrices sont recrutées, soit toutes les fibres musculaires sont recrutées. Le muscle obéit au phénomène de seuil et sommation.

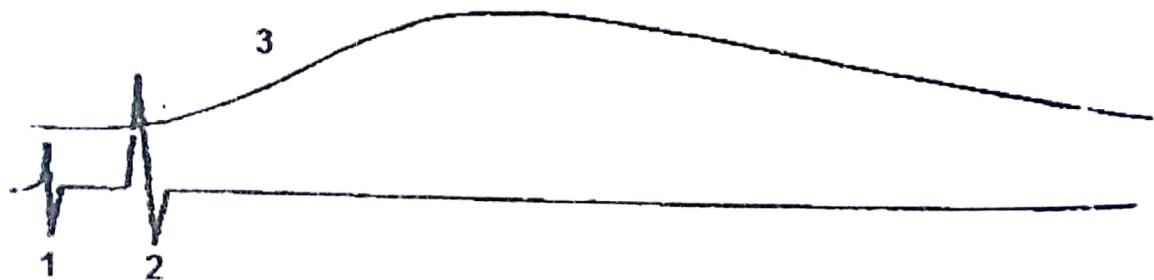
II. L'ACTIVITE MUSCULAIRE SE MANIFESTE-T-ELLE PAR D'AUTRES ASPECTS ?

A- LES PHENOMENES ELECTRIQUES

1- Le potentiel de repos

Il existe une différence de potentiel (ddp) entre l'intérieur et l'extérieur du muscle, sa valeur est de -90 mV.

2- Le potentiel d'action



1- artefact de stimulation

2- PA musculaire

3- myogramme

Lorsqu'on porte une stimulation efficace sur le muscle. Il apparaît 2 courbes sur l'écran de l'oscilloscope :

- Le myogramme : activité mécanique du muscle.
- Le P.A musculaire ou électromyogramme : activité électrique du muscle.

On constate aussi que le P.A musculaire se situe dans le temps de latence de la secousse. Au niveau du muscle strié squelettique, l'activité électrique précède toujours l'activité mécanique. Pour ce faire, le muscle est capable de se tétaniser.

B- LES PHENOMENES THERMIQUES

L'activité musculaire s'accompagne d'un dégagement de 2 types de chaleur :

1- La chaleur initiale

Cette chaleur est libérée lors de la secousse musculaire et est d'une intensité plus grande et d'une durée très courte par rapport à la chaleur retardée. Elle comprend :

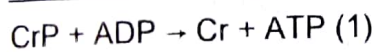
- la chaleur de contraction qui est libérée pendant la phase de contraction. Cette chaleur a une intensité plus grande et une durée plus longue que la chaleur de relâchement ;
- la chaleur de relâchement qui est libérée pendant la phase de relâchement.

2- La chaleur retardée

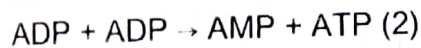
- Elle est libérée longtemps après l'activité musculaire.
- Elle est plus difficile à évaluer.
- Elle est d'une intensité plus faible et d'une durée plus longue que la chaleur initiale.

C- LES PHENOMENES CHIMIQUES OU METABOLIQUES**1- Les voies directes de régénération de l'ATP musculaire :**

a) La voie de la créatine-phosphate (CrP)



b) La voie des molécules d'ADP (adénosine di-phosphate)

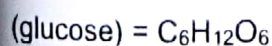
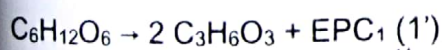
**2- Les voies indirectes de régénération de l'ATP musculaire :**

Les voies directes ci-dessus décrites sont des réactions anaboliques (de synthèse), c'est-à-dire endothermiques ou consommatrices d'énergie.

a) La glycolyse ou la voie anaérobie alactique :

Elle consiste à la dégradation d'une molécule de glucose dans le sarcoplasme et en absence de dioxygène. On obtient la formation de deux molécules d'acide pyruvique et la libération d'une énergie potentielle chimique que nous notons EPC₁.

On a alors :



b) La fermentation lactique ou la voie anaérobie lactique :

Elle a lieu au cours de l'activité musculaire, à la faveur de la baisse de l'approvisionnement du muscle en dioxygène O_2 . Elle consiste à la dégradation des différentes molécules d'acide pyruvique, en absence d' O_2 , dans le sarcoplasme. On obtient la formation d'acide lactique et la libération d'une énergie potentielle chimique que nous notons EPC_2 .

c) La respiration ou la voie aérobie :

Elle consiste à la dégradation totale des acides pyruviques dans la mitochondrie, en présence de dioxygène. On obtient la formation du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau, ainsi que la libération d'une énergie potentielle chimique que nous notons EPC_3 .

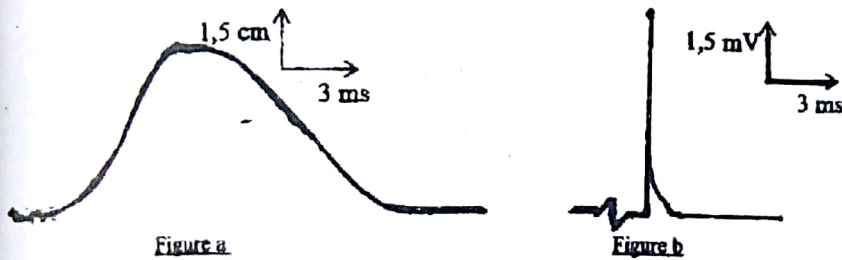
On a ainsi : $2 C_3H_6O_3 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6H_2O + EPC_3 (3')$

Cette EPC_3 va ainsi servir à la régénération de trente-quatre (34) molécules d'ATP, à travers la CrP.

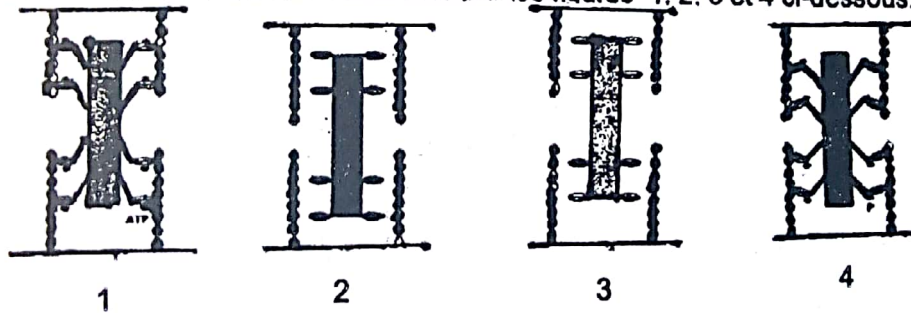
EXERCICES RESOLUS**Exercice 1**

Les figures a et b suivant représentent des enregistrements effectués sur une fibre musculaire striée squelettique.

- 1) Nommez ces enregistrements.
- 2) Reproduisez-les en établissant la relation qui les lie.
- 3) Nommez le phénomène mécanique illustré par ces enregistrements.



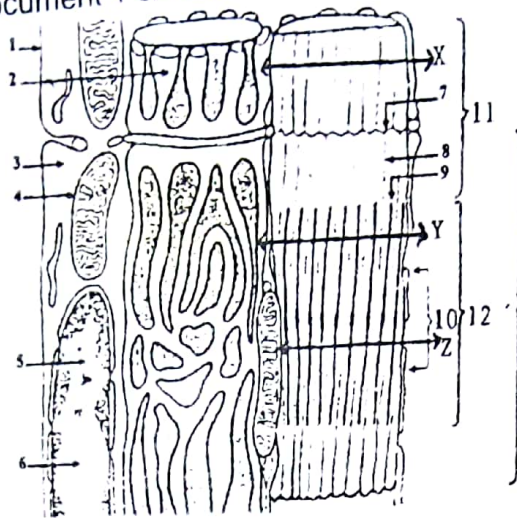
Ce phénomène mécanique est représenté par les figures 1, 2, 3 et 4 ci-dessous.



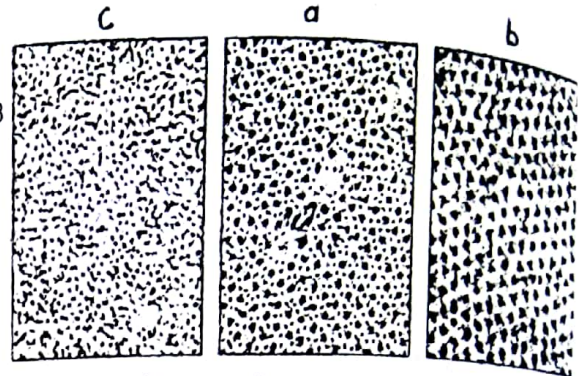
- 4) a) Rétablissez l'ordre chronologique de ce phénomène mécanique.
- b) Identifiez les différentes phases de ce phénomène mécanique.
- c) Expliquez, à partir du document et de vos connaissances, ce qui se passe dans chaque phase.

Exercice 2

Le document 1 ci-dessous représente l'ultrastructure d'une portion de la fibre musculaire.



Document 1



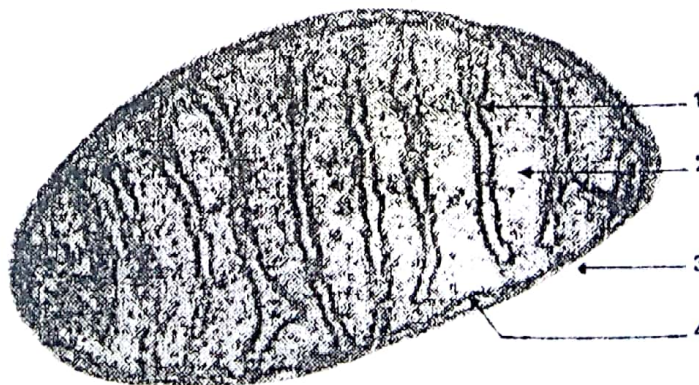
Document 2

- 1) A chacun des numéros de ce document, faites correspondre le nom qui convient.
- 2) Précisez le rôle joué par l'organite 4.
- 3) Schématisez et annotez l'ultrastructure de cet organite.
- 4) Les figures a, b et c du document 2 représentent trois coupes transversales réalisées à trois niveaux différents X, Y et Z de la fibre musculaire.
- 5) Identifiez la nature biochimique des figures a, b et c du document 2.
- 6) Localisez ces trois figures a, b et c du document 2 par rapport aux coupes X, Y et Z du document 1.

Exercice 3

A/ Au cours d'un exercice physique, l'organisme dépense de l'énergie qu'il restaure suivant plusieurs voies dont la respiration et la fermentation.

- 1- Citez les conditions dans lesquelles se déroulent ces deux voies ?
- 2- Une de ces voies nécessite absolument l'organite cellulaire représenté par le document 1.

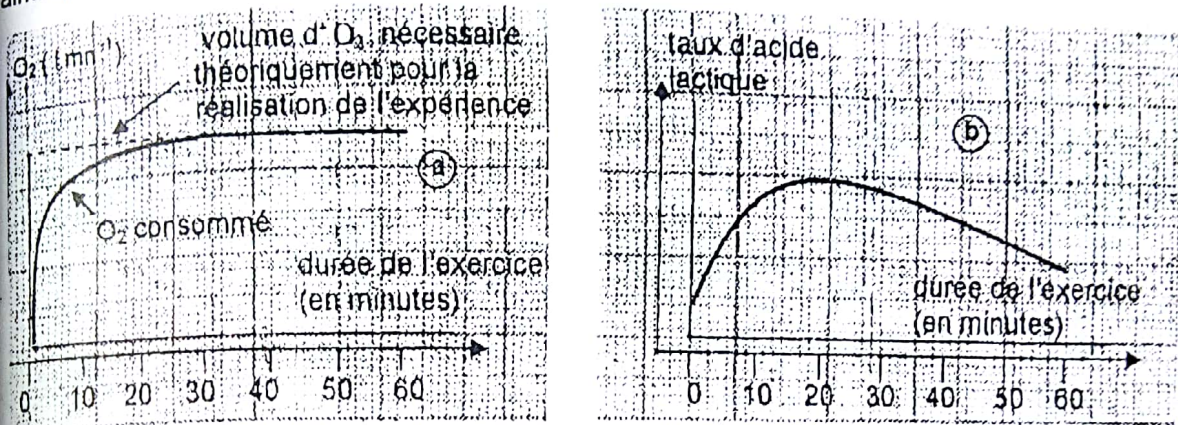


Document 1

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

- a) Identifiez cet organe
- b) Nommez les différentes parties numérotées
- c) Précisez laquelle des deux voies nécessite cet organe

B/ Un individu effectue une course d'endurance donc non violente mais de longue durée. Les graphes a et b du document 2 présentent respectivement, l'évolution de sa consommation d'oxygène (O_2) au cours de cet exercice, par rapport à l'oxygène théoriquement nécessaire ainsi que l'évolution du taux d'acide lactique dans son plasma.

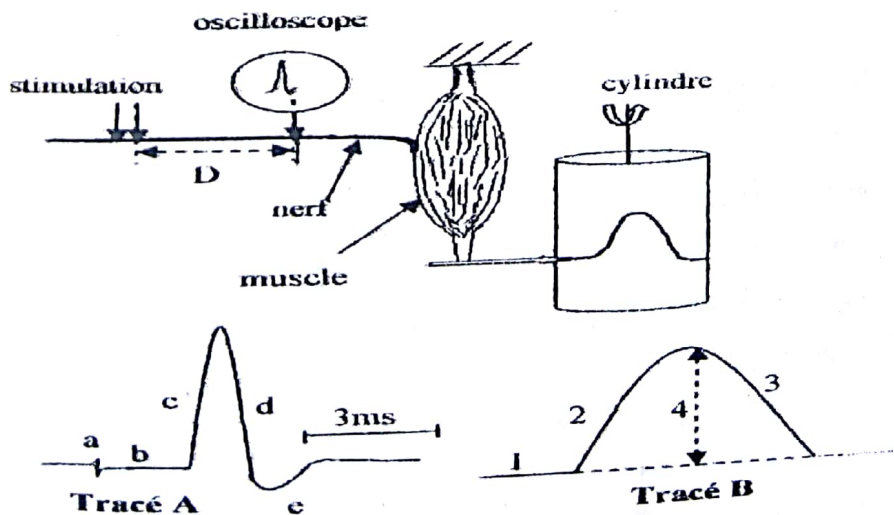


Document 2

- 1- Analysez en les comparant, les deux graphes a et b.
- 2- Interprétez-les.
- 3- Avant une course, l'individu effectue d'abord une séance d'échauffement.
A partir de cette étude, montrez l'importance de cette séance.

Exercice 4 (extrait Bac Blanc Série D Collège Segbe Yopougon 2010)

A Chez une grenouille, on prélève le muscle gastrocnémien et le nerf sciatique qui lui est rattaché et on fait une préparation comme le montre le document ci-dessous :

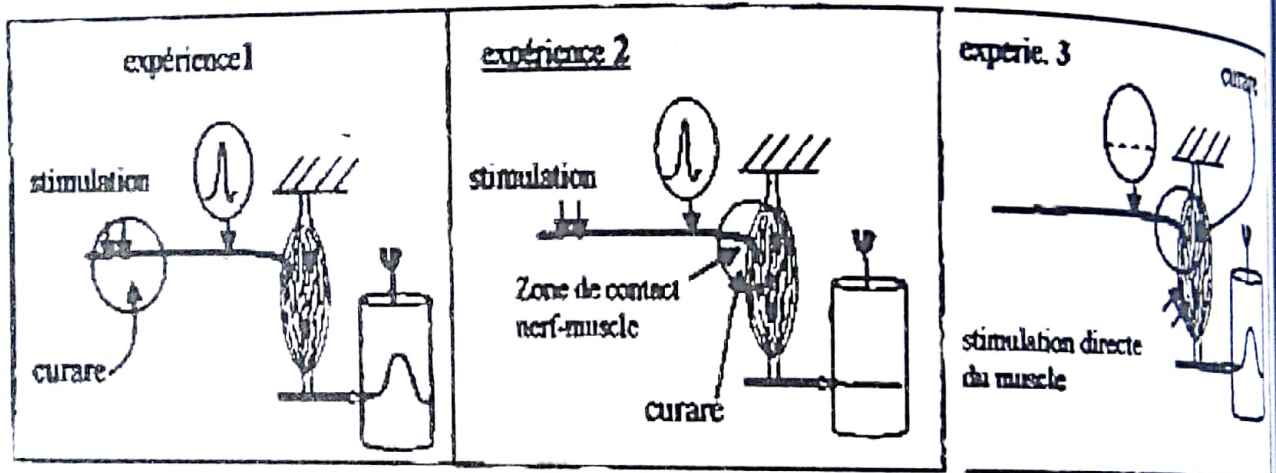


Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

On porte une stimulation efficace au nerf et on obtient les tracés A et B respectivement sur l'oscilloscope et sur le cylindre rotatif.

- 1) Nommez les tracés A et B.
- 2) Nommez les différentes parties a, b, c, d et e du tracé A ainsi que 1, 2, 3 et 4 du tracé B.
- 3) Calculer la vitesse de l'influx dans ce nerf en utilisant l'échelle $D = 5,8 \text{ cm}$.
- 4) Donnez l'interprétation électrique et ionique des phases c, d et e du tracé A.

B On introduit du curare à divers endroit de la préparation puis on porte à chaque fois une stimulation efficace par des électrodes de stimulation comme le montre le document ci-dessous. La réponse du nerf est enregistrée par l'oscilloscope et celle du muscle sur le cylindre rotatif.



- 5) Analysez les expériences 1, 2 et 3.
- 6) Nommez la zone de contact nerf muscle.
- 7) Expliquez le résultat des expériences 2 et 3.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT

Exercice 1

On fait travailler un muscle isolé en lui fournissant les aliments nécessaires. En cours d'exercice, on décide de limiter la fourniture du dioxygène à 0,056 g/kg de muscle/minute, tout en augmentant le travail demandé au muscle. On admet que le muscle ne consomme ni lipides, ni protéines.

Le tableau ci-dessous donne les résultats de la mesure de l'énergie dépensée par le muscle ainsi que les substances consommées et produites :

Dépenses énergétiques en kJ	Substances consommées en g/kg de muscle/minute		Substances produites en g/kg de muscle/minute	
	Dioxygène	Glucose	CO ₂	Acide lactique
0,630	0,042	0,039	0,058	0,0001
0,747	0,050	0,047	0,069	0,0001
0,837	0,056	0,052	0,076	0,0001
0,976	0,056	0,381	0,076	0,321
1,136	0,056	0,760	0,076	0,708
1,315	0,056	1,190	0,076	1,138
1,444	0,056	1,490	0,076	1,438

- 1- Représentez sur un même graphique les courbes de la consommation du dioxygène et du glucose ainsi que de la production d'acide en fonction des dépenses énergétiques du muscle. Echelle : 5 cm → 0,5 kJ ; 5 cm → 0,5 g/kg muscle/minute.
- 2- En utilisant les informations fournies par ces courbes et les résultats de la mesure du CO₂ consignés dans le tableau.
 - a) Identifiez les phénomènes biologiques à l'origine de l'énergie utilisée pour le travail musculaire.
 - b) Ecrivez la réaction biochimique de chaque phénomène biologique identifié
- 3- Le muscle utilise l'énergie nécessaire sous forme d'ATP. Il transforme au plus 50% de l'énergie de l'ATP utilisée en travail mécanique. En utilisant vos connaissances.
 - a) Expliquez sommairement l'utilisation de l'ATP pour le travail musculaire.
 - b) Précisez le devenir de l'énergie de l'ATP non transformée en travail musculaire.

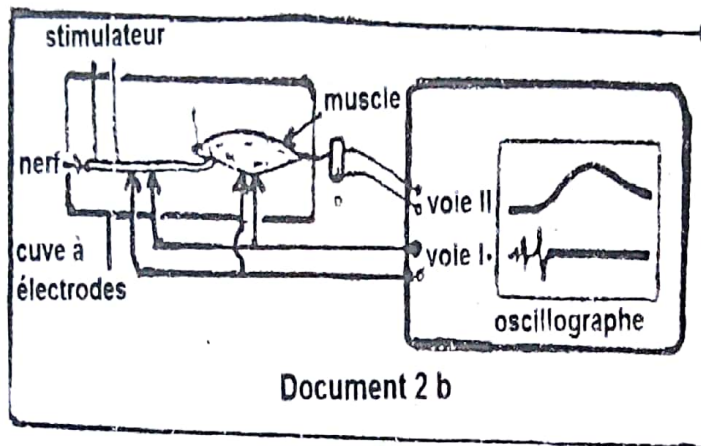
Exercice 2

Afin de connaître les propriétés de couple nerf-muscle on réalise l'expérience du document

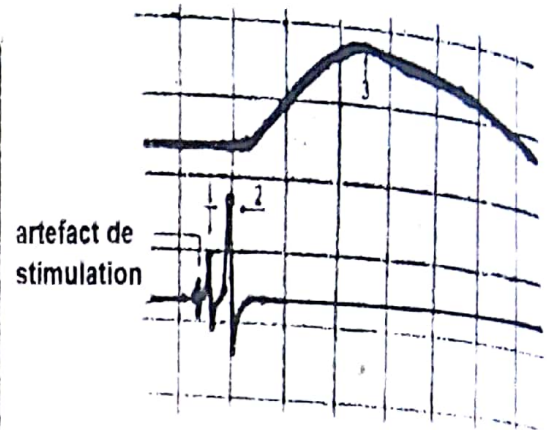
1.

- La voie I qui est reliée à la fois aux électrodes réceptrices placées sur le nerf et sur le muscle on enregistre les activités électriques du muscle.
- Le dispositif (document 2b) permet d'enregistrer l'activité mécanique du muscle

A) On porte une excitation efficace sur le nerf. On observe les enregistrements 1 ; 2 et 3 du document 2a.



Document 2 b



artefact de stimulation

Document 2a

- 1) Identifiez les enregistrements 1, 2 et 3.
 - 2) Indiquez la succession des phénomènes visibles sur l'oscillographe (document 2).
- B) A présent, on plonge la préparation nerf-muscle dans une solution physiologique contenant du curare pendant 15 min, puis en porte, sur le nerf une stimulation ayant les mêmes caractéristiques que la précédente. On enregistre seulement la réponse 1 du document 2a. Mais si on porte la même stimulation sur le muscle directement, on obtient les enregistrements 2 et 3 seulement.

- 1) Interprétez ces résultats en indiquant toutefois à quel niveau agit le curare.
 - 2) Proposez une hypothèse plausible de l'action du curare.
- C) On analyse le sang à l'entrée et à la sortie d'un muscle après une contraction.

En 1 heure par kg de muscle	Muscle au repos	Muscle en activité
Volume de sang traversant le muscle	10,0099 L	47,325 L
Volume d'O ₂ utilisé	0,380 L	5,207 L
Volume de CO ₂ rejeté	0,220 L	5,950 L
Glucose utilisé	2,045 L	8,43 L
Quantité d'ATP	45 moles	44,99 moles

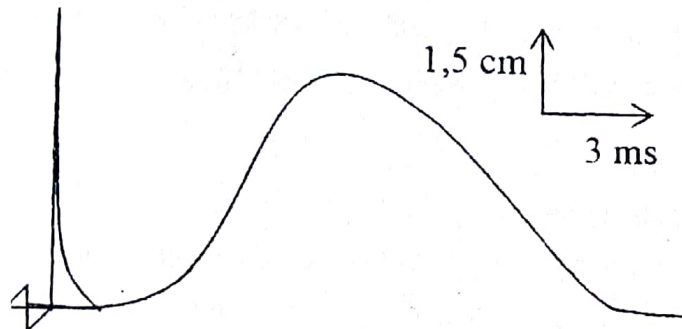
- 1) Tirez une conclusion de l'analyse des résultats du tableau.
- 2) Expliquez le taux invariable d'ATP avant et après contraction.

Exercice 1**1) Nom des enregistrements.**

- Figure a= secousse musculaire isolée (ou myogramme).
- Figure b= potentiel d'action musculaire (ou électromyogramme).

2) Reproduisons-les en établissant la relation qui les lie

Les deux figures étant faites à la même échelle, il suffit de représenter le PA musculaire pendant le temps de latence de la secousse musculaire isolée.

**3) Nom du phénomène mécanique illustré par ces enregistrements**

Le phénomène mécanique illustré par ces enregistrements est la contraction musculaire.

4) a) Rétablissons l'ordre chronologique du phénomène mécanique

L'ordre chronologique de ce phénomène est : figure 3, figure 1, figure 4 et figure 2.

b) Identifions les différentes phases de ce phénomène mécanique

- figure 3 = phase de repos ;
- figure 1 = phase d'attachement ;
- figure 4 = phase de glissement ou de pivotement ;
- figure 2 = phase de détachement.

c) Explication de ce qui se passe dans chaque phase

- la phase de repos : les têtes de myosine qui font saillie le long des filaments épais de myosine sont séparées des filaments fins d'actine car les sites d'attachement des têtes de myosine sur les filaments d'actine sont masqués par la molécule de tropomyosine.
- La phase d'attachement : l'excitation de la fibre musculaire modifie la perméabilité membranaire du réticulum sarcoplasmique aux ions Ca^{2+} . Ces ions quittent massivement ce réticulum et se fixent sur la molécule de troponine qui se déforme en repoussant la tropomyosine libérant ainsi les sites d'attachement des têtes de myosine. En même temps les mitochondries produisent de l'ATP qui se fixe sur les têtes de myosine qui se déforment et s'attachent à l'actine. Morphologiquement cet attachement se traduit par la formation des ponts acto-myosines.

- La phase de glissement ou de pivotement : la fixation des molécules d'ATP sur les têtes de myosine active la propriété ATPasique des têtes de myosine qui hydrolysent l'ATP en ADP+Pi+ énergie. Le phosphore inorganique (Pi) libéré se fixe sur les têtes de myosine qui se déforment une nouvelle fois en pivotant. Ce pivotement entraîne les filaments d'actine qui glissent le long de ceux de myosine. le sarcomère se raccourcit.
- La phase de détachement : la dissociation des complexes est due à la réabsorption active des ions Ca^{2+} par la réabsorption et à la fixation de nouvelles molécules d'ATP sur les têtes de myosine.

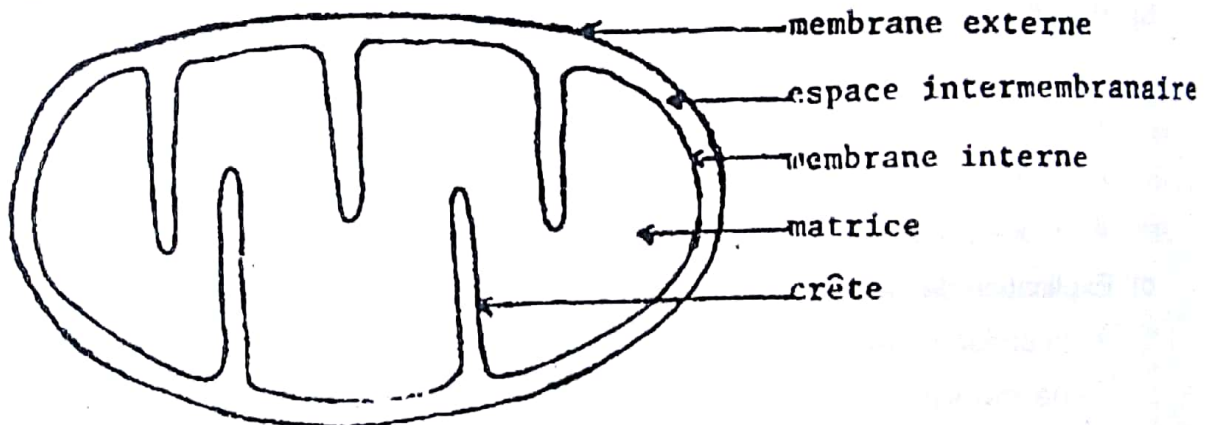
Exercice 2

1) Annotation du document 1 :

1 = membrane plasmique ou sarcolemme ; 2 = réticulum endoplasmique ou réticulum sarcoplasmique ; 3 = cytoplasme ou sarcoplasme ; 4 = mitochondrie, 5 = noyau ,
6 = nucléole, 7 = strie Z, 8 = filament d'actine ; 9 filament de myosine ; 10 = zone H ;
11 = bande claire ; 12 bande sombre, 13 = sarcomère.

2) La mitochondrie est le siège des oxydations respiratoires productrices d'ATP.

3) Schéma de l'ultrastructure de la mitochondrie :



SCHEMA DE L'ULTRASTRUCTURE D'UNE MITOCHONDRIE

4) Nature biochimique des coupes a, b et c du document 2 :

- a = complexes acto-myosines
- b = filaments épais de myosine
- c = filaments fins d'actine

5) Localisation des coupes a, b et c du document 2 par rapport celles du document 1

- a → Y
- b → Z
- c → X

Exercice 3

A/

1. **Les conditions dans lesquelles se déroulent ces deux voies**
 - La respiration se déroule en milieu aérobie (présence d'oxygène).
 - La fermentation se déroule en milieu anaérobie (absence d'oxygène).
2. **Une de ces voies nécessite absolument l'organite cellulaire du document 1**
 - a) **Identification de cet organite**

C'est une mitochondrie.
 - b) **Nom des différentes parties numérotées de cet organite**
 - 1- Crête mitochondriale.
 - 2- Matrice ou stroma.
 - 3- Membrane externe.
 - 4- Membrane interne.
 - c) **Précisons laquelle des deux voies nécessite cet organite**

C'est la respiration.

B/

1. **Analyse en les comparant, des deux graphes a et b**

Le volume d'oxygène nécessaire théoriquement pour la réalisation de l'expérience augmente pour atteindre son maximum au bout de 30 minutes de durée de l'exercice. Le volume reste constant au fur et à mesure que l'exercice dure. Tandis que le volume d'acide lactique augmente pour atteindre son maximum pour une durée d'exercice de 20 minutes. Par la suite, ce volume baisse progressivement au fur et à mesure que dure l'exercice.
2. **Interprétation des deux graphes a et b**

Les trente minutes durant l'exercice, la quantité d'oxygène absorbée ne permet pas de couvrir les besoins en énergie. C'est la fermentation (production d'acide lactique) qui permet de combler le besoin énergétique. Lorsque l'oxygène consommé atteint son maximum, c'est la respiration seule qui produit l'énergie. La fermentation s'arrête c'est pourquoi la quantité d'acide lactique diminue.
3. **Montrons l'importance de cette séance**

Le dépôt d'acide lactique entraîne progressivement la fatigue musculaire.
L'échauffement permet de favoriser la respiration et de freiner la fermentation.

Exercice 4 (extrait Bac Blanc Série D Collège Segbe Yopougon 2010)**1) Nom des tracés A et B**

- Tracé A : électromyogramme ou PA musculaire.
- Tracé B : myogramme ou secousse musculaire.

2) Nom des différentes parties a, b, c, d et e du tracé A ainsi que 1, 2, 3 et 4 du tracé B➤ **Tracé A**

- a : Artéfact de stimulation
- b : temps de latence
- c : phase de dépolarisation
- d : phase de ré polarisation
- e : hyperpolarisation

➤ **Tracé B**

- 1 : temps de latence
- 2 : contraction
- 3 : relâchement
- 4 : amplitude

3) La vitesse de l'influx dans ce nerf en utilisant l'échelle D = 5,8 cm

$$v = \frac{D}{t} \quad ; \quad D = 5,8 \text{ cm} = 5,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{D'après l'échelle : } \left\{ \begin{array}{l} 1,4 \text{ cm} \rightarrow 3 \text{ ms} \\ 1,7 \text{ cm} \rightarrow x(\text{ms}) \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{1,7 \times 3}{1,4} = 3,6 \text{ ms soit } 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$\Rightarrow v = \frac{5,8 \cdot 10^{-2}}{3,6 \cdot 10^{-3}} = \frac{5,8}{3,6 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow v = 16,11 \text{ m/s}$$

4) Interprétation électrique et ionique des phases c, d et e du tracé A➤ **Phase c : Dépolarisation**

Ouverture des canaux sodiques voltage dépendant suite à une stimulation efficace.

On note une entrée massive des ions Na^+ .

De ce fait, l'extérieur de la membrane est - et l'intérieur est +.

➤ **Phase d : Répolarisation**

Fermeture des canaux sodiques voltage dépendant et ouverture des canaux potassiques voltage dépendant sortie progressive des ions K^+ .

L'extérieur de la membrane est + et l'intérieur est -.

➤ **Phase e : Hyperpolarisation**

Sortie excessive d'ions K^+ (ou entrée d'ions Cl^-) suite à la fermeture tardive des canaux potassiques voltage dépendant.

L'extérieur de la membrane est + et l'intérieur est -.

5) Analyse des expériences 1, 2 et 3➤ Expérience 1 :

Lorsqu'on dépose le curare sur le nerf et que l'on porte une Stimulation efficace, on enregistre le PA du nerf et la contraction du muscle.

➤ Expérience 2 :

Lorsqu'on dépose le curare au niveau de la synapse et que l'on porte une Stimulation efficace, on enregistre uniquement le PA du nerf.

➤ Expérience 3 :

Lorsqu'on dépose le curare au niveau de la synapse et que l'on porte une excitation efficace directement sur le muscle, on constate que ce dernier se contracte.

6) Nom de la zone de contact nerf muscle

C'est la plaque motrice.

7) Explication du résultat des expériences 2 et 3

Le curare agit sur les récepteurs cholinergiques au niveau de la plaque motrice. Il en occupe les récepteurs empêchant ainsi la transmission synaptique.

C'est pourquoi dans l'expérience 2, on n'enregistre pas de contraction musculaire.

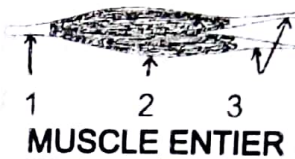
Le curare n'agit pas directement sur le muscle c'est pourquoi l'excitation portée directement sur le muscle dans l'expérience 3 provoque sa contraction.

COMMENT LA CONTRACTION MUSCULAIRE S'EXPLIQUE-T-ELLE ?

RAPPEL DE COURS

I. LA CONTRACTION MUSCULAIRE S'EXPLIQUE-T-ELLE PAR L'ORGANISATION DES CONSTITUANTS DE LA FIBRE MUSCULAIRE ?

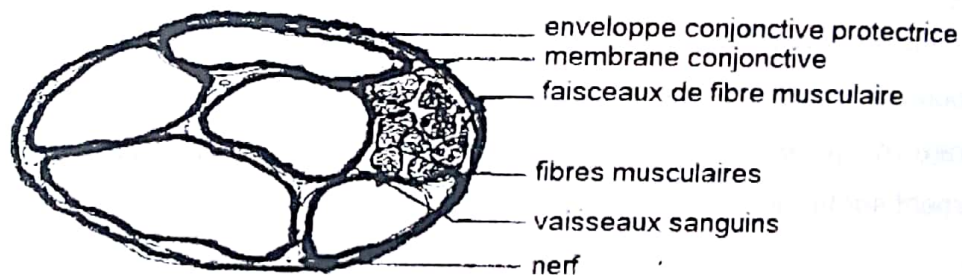
A- OBSERVATION MACROSCOPIQUE



- 1- tendon
- 2- ventre
- 3- tendons

Le muscle strié comporte essentiellement 2 parties :

- une partie dure, nacrée appelée tendon qui est rattachée aux os ;
- une partie renflée, appelée ventre.



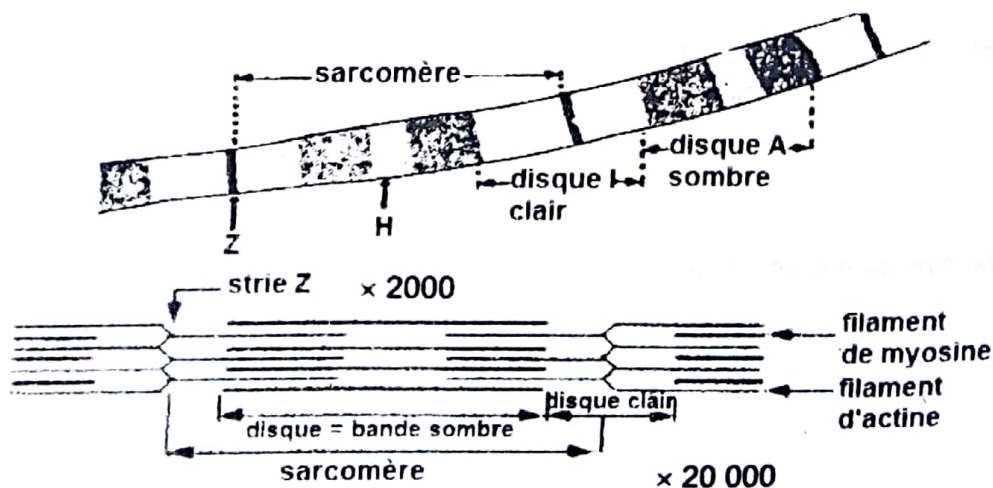
COUPE TRANSVERSALE D'UN MUSCLE

B- OBSERVATION MICROSCOPIQUE

1- Observation

Observons une fibre musculaire au microscope photonique et électronique.

2- Résultat



3- Interprétation

L'ultra structure de la fibre musculaire montre que la myofibrille présente une alternance de bandes ou disques clair(e)s ou disque I (isotrope) et de bande ou disque sombre disque A (Anisotrope).

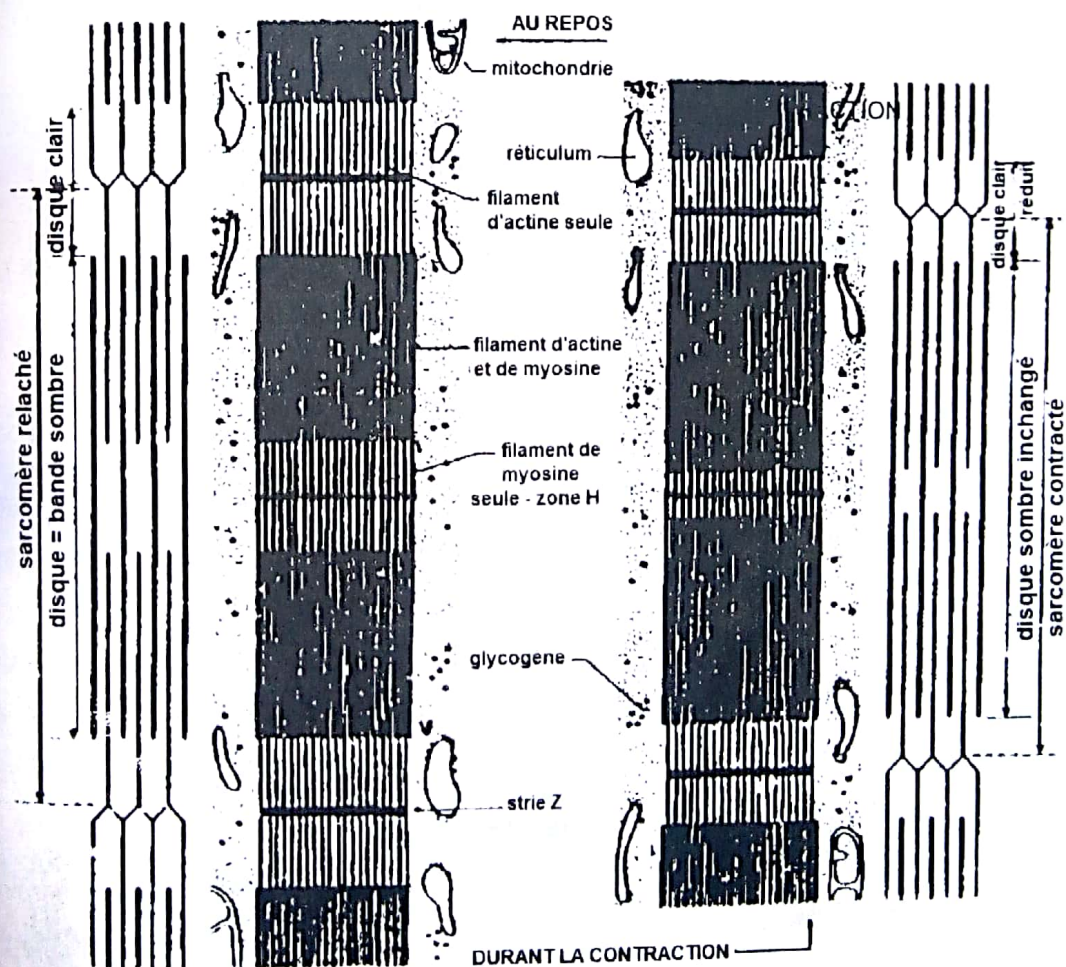
- Chaque disque clair (I) est constitué uniquement de filament fin d'actine est traversée par une ligne sombre appelé strie Z.
- Chaque disque sombre constitué à la fois de filament épais de myosine et de filament fin d'actine est traversé par une zone claire appelé zone H (constituée uniquement de filament épais de myosine).
- 2 stries Z successives délimitent une portion de myofibrille appelée sarcomère. Le sarcomère est l'unité contractile ou fonctionnelle du muscle.

II. LA CONTRACTION MUSCULAIRE S'EXPLIQUE-T-ELLE PAR LE MOUVEMENT DES CONSTITUANTS DE LA FIBRE MUSCULAIRE ?

1- Observation d'une myofibrille au repos et d'une myofibrille en contraction

Observons une myofibrille non contractée et une myofibrille contractée.

2- Résultat



ULTRASTRUCTURE D'UNE MYOFIBRILLE AU REPOS ET EN CONTRACTION

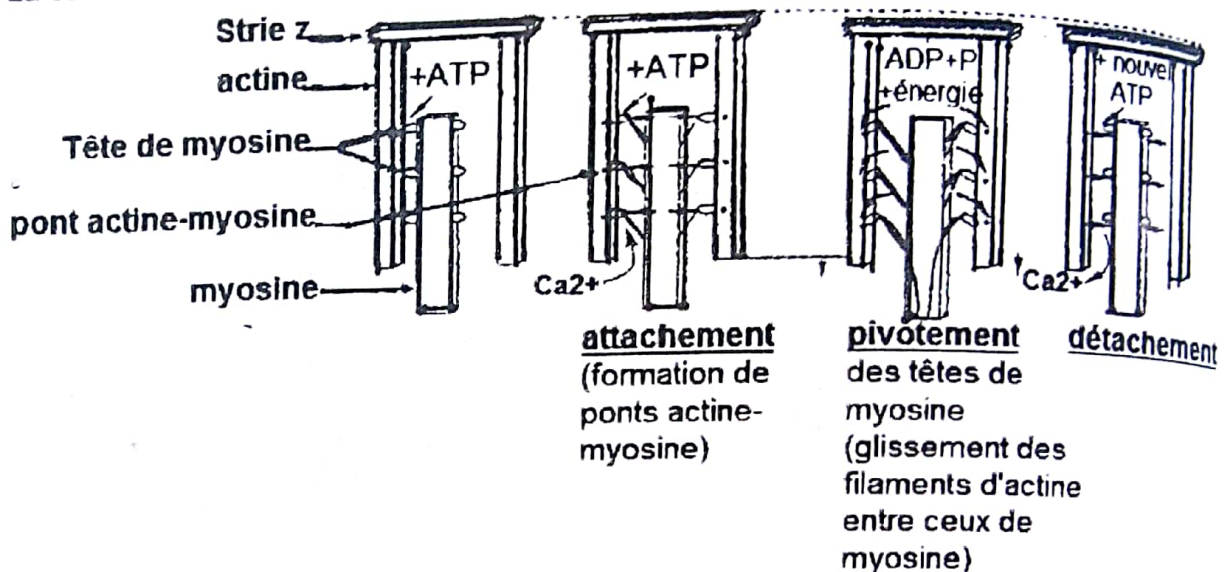
3- Analyse

Lors de la contraction musculaire, on constate que :

- il y a le raccourcissement des sarcomères ;
- diminution de la longueur de la zone H et de la bande claire ;
- les bandes sombres restent intactes ;
- les filaments d'actine et de myosine restent intacts.

4- Interprétation

La contraction musculaire se fait en plusieurs étapes ou phases.



MECANISME DE LA CONTRACTION AU NIVEAU DES MYOFILAMENTS

Au repos (en absence de Ca^{2+}) les sites de fixation des têtes de myosine sur l'actine (située sur l'actine) sont masqués par une protéine appelée la tropomyosine

a. Phase d'attachement

L'excitation de la fibre musculaire provoque la libération des ions Ca^{++} accumulés dans le réticulum endoplasmique lisse. Ces ions Ca^{2+} se fixent sur la troponine qui se déforme et repousse la tropomyosine libérant ainsi les sites d'attachement des têtes de myosine.

En même temps, les mitochondries produisent de l'ATP qui se fixe sur les têtes de myosine. Dès cette fixation, les têtes de myosine se déforment et s'attachent à l'actine formant ainsi des ponts d'actinomyosine ou ponts d'acto-myosine.

b. Phase de pivotement ou de glissement

Les têtes de myosine hydrolysent l'ATP en $ADP + Pi + \text{énergie}$. Cette énergie permet le pivotement des têtes de myosine entraînant le glissement des filaments d'actines le long des filaments de myosine. C'est ce glissement qui entraîne le raccourcissement du sarcomère.

c. Phase de détachement

Le retour à l'initial c'est à dire la dissociation des complexes actine-myosine se fait grâce à 2 phénomènes simultanés :

- la production par les mitochondries de nouvelles molécules d'ATP qui se fixent sur les têtes de myosine entraînant leur déformation (elle retrouve leurs formes au repos) ;
- la réabsorption active (transport actif) des ions Ca^{++} par les réticulums endoplasmiques lisses. Ces ions Ca^{2+} quittent alors la troponine qui reprend sa forme initiale libérant ainsi la tropomyosine qui se déplace et masque à nouveau les sites d'attachement des têtes de myosine.

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1** (Extrait du BAC C 2002)

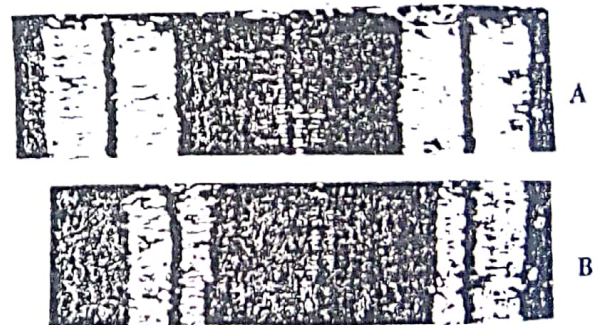
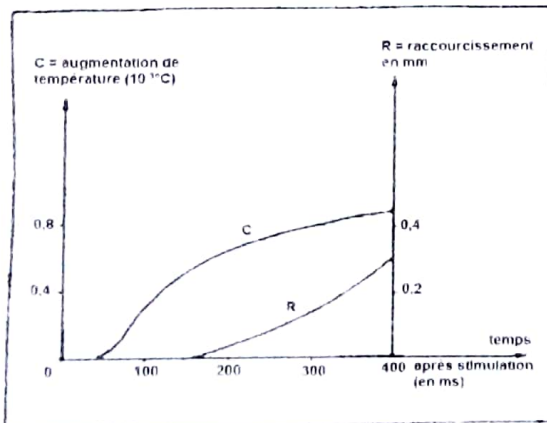
A l'aide d'un thermocouple et d'un oscillographe, on peut enregistrer les variations de la quantité de chaleur produite et le raccourcissement obtenu au cours de la contraction musculaire. Des mesures très précises réalisées sur un muscle de crapaud maintenu au départ à 0°C donnent les résultats graphiques du document 1.

- 1) Analysez les graphes de ce document.
- 2) Expliquez le délai entre le début de C et le début de R.
- 3) a) Indiquez les voies rapides de régénération de l'énergie utilisée au cours du raccourcissement du muscle.
b) Écrivez les équations des réactions correspondantes.

Les photos A et B du document 2 ont été réalisées à différents moments des enregistrements du document 1.

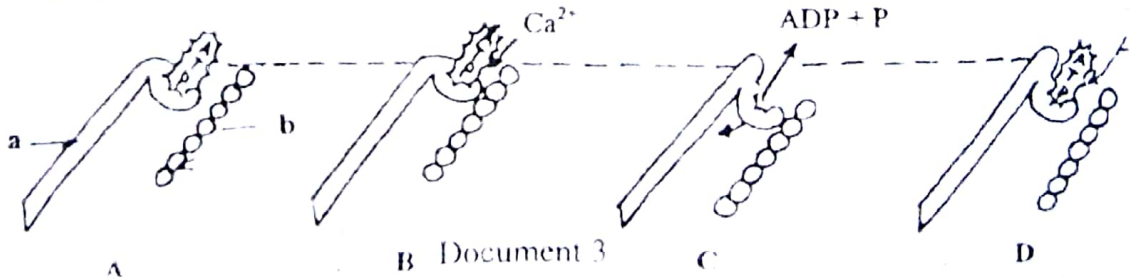
- 4) Faites un schéma d'interprétation annoté de chacune des photos A et B.
- 5) A partir du document 1, indiquez en vous justifiant, à quel moment les photographies A et B (document 2) ont été réalisées.

Les schémas du document 3 résument les phénomènes moléculaires qui accompagnent l'activité musculaire.



Document 1

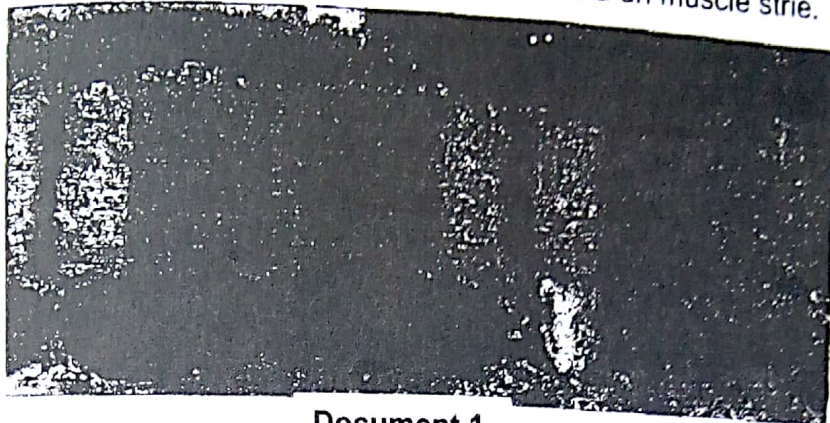
Document 2



- 6) a) Nommez les éléments a et b.
b) En utilisant les schémas A, B, C et D du document 3, expliquez le mécanisme de cette activité musculaire

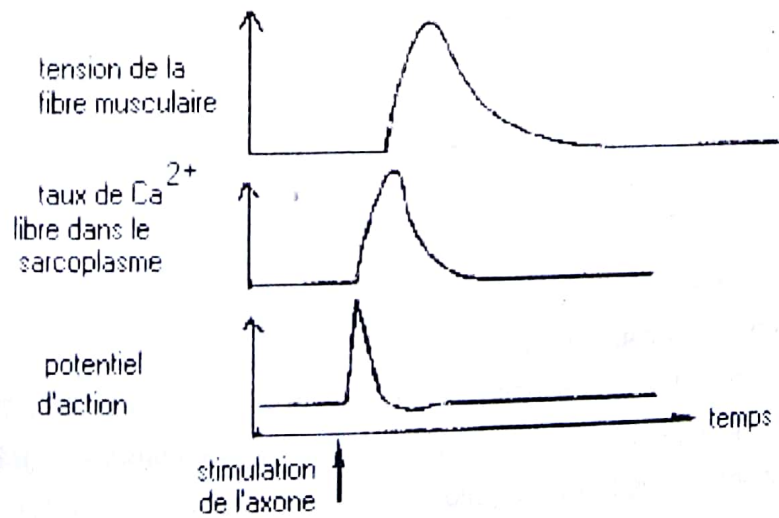
Exercice 2

La fibre musculaire a des propriétés contractiles. Le document 1 montre une coupe longitudinale d'une portion relâchée de cellule appartenant à un muscle strié.



Document 1

- 1) Réalisez un schéma d'interprétation de ce document.
On veut comprendre le mécanisme de la contraction.
Dans ce cadre on réalise les observations et expériences suivantes :
 - a) Les fibres musculaires qui se contractent et se relâchent très rapidement ont un réticulum endoplasmique très développé ; celles qui se contractent et se relâchent lentement ont un réticulum endoplasmique moins développé.
 - b) L'injection d'ions calcium dans le hyaloplasme d'une fibre musculaire entraîne la contraction des myofibrilles.
 - c) On cultive des fibres musculaires dans un milieu contenant du Calcium radioactif. Par autoradiographie on constate que le Calcium radioactif est dans le réticulum endoplasmique quand les fibres sont relâchées et dispersé dans le hyaloplasme quand les fibres sont contractées.
 - d) Le document 2 traduit des observations faites au cours de la contraction musculaire.



Document 2

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

On cultive in vitro des protéines A et/ou des protéines M dans différents milieux de culture. Les résultats des expériences sont rassemblés dans le tableau du document 3 (A = actine, M = myosine)

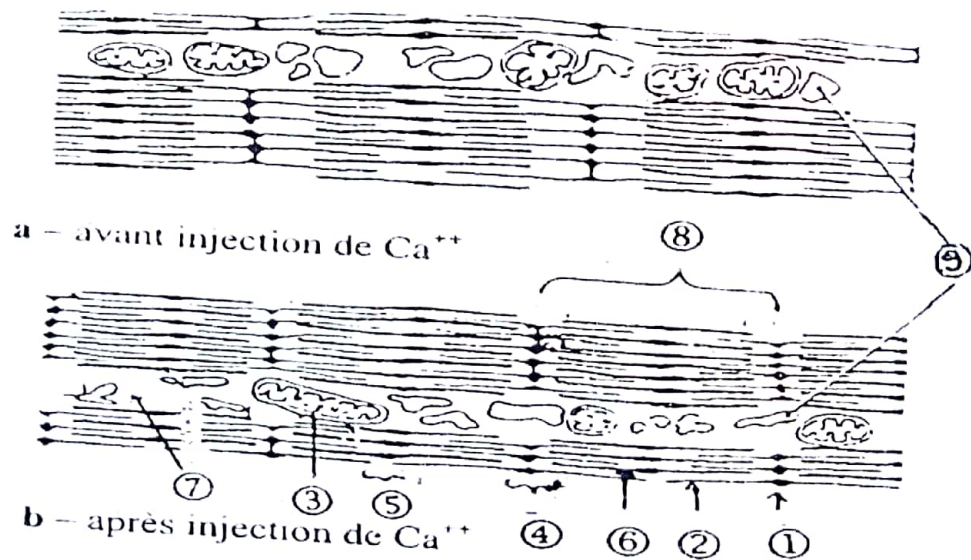
Expériences	Conditions expérimentales	Figures Y	Production de chaleur	Evolution de la concentration d'ATP
a	A + M + ATP	absentes	faible	diminution faible
b	A + M + ATP + C Ca^{2+}	présentes	importante	diminution importante
c	ATP + A + C Ca^{2+}	absentes	nulle	aucune évolution
d	M + ATP + C Ca^{2+}	absentes	faible	diminution faible

Document 3

- Analysez dans l'ordre ces observations et expériences.
- Déterminez les informations apportées sur le mécanisme de la contraction musculaire.

Exercice 3

On injecte du calcium dans une fibre musculaire et on observe au microscope les modifications anatomiques suivantes :



- Annotez ce schéma.
- Décrivez l'effet du calcium sur la fibre musculaire.
- La réaction de la fibre musculaire à l'action du calcium nécessite de l'énergie qui est fournie à la cellule par une molécule énergétique rendue disponible grâce à l'élément 3
 - Nommez cette molécule énergétique.
 - Précisez son origine.
 - Réalisez un schéma annoté et légendé de l'ultrastructure de l'élément 3.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1**

Les fibres musculaires sont des cellules contractiles, qui consomment de l'ATP lors de la contraction. Parmi les fibres musculaires squelettiques, on distingue les fibres musculaires de type I, qui interviennent dans des efforts musculaires de longue durée, et les fibres musculaires de type II, qui interviennent dans des efforts intenses de courte durée.

Document 1 : caractéristiques structurales et métaboliques des 2 types de fibres musculaires

Types de fibres Caractéristiques	Fibres de Type I	Fibres de type II
Couleur	rouge	blanche
Myoglobine	++++	+
Vitesse de contraction	+	++++
Résistance à la fatigue	++++	+
Mitochondries	++++	+
Irrigation sanguine	++++	+
Métabolisme de dégradation du glucose en présence d'O ₂	++++	+
Métabolisme de dégradation du glucose en absence d'O ₂	+	++++
Contenu en lipides	+++	+
Contenu en glycogène	+	+++

D'après Thèse de doctorat, laboratoire de Biochimie, Université Blaise Pascal

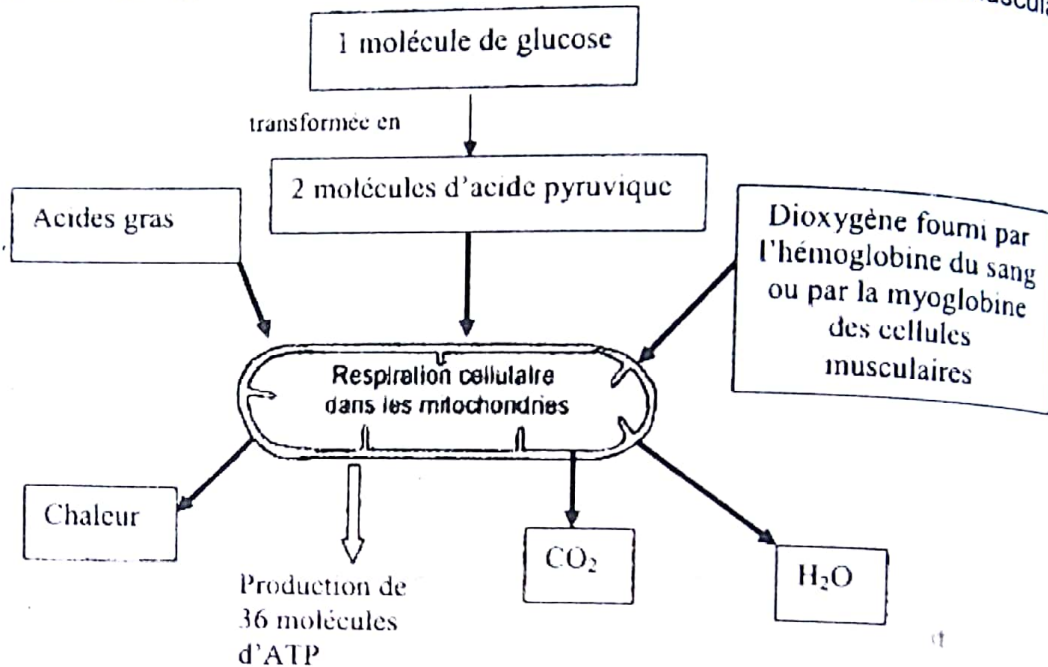
- La myoglobine est une protéine musculaire qui fixe le dioxygène.
- Le métabolisme d'oxydation du glucose consomme du dioxygène.
- Les lipides fournissent des acides gras.
- Le glycogène est une molécule de mise en réserve du glucose.
- Le glucose et l'O₂ sont véhiculés par le sang.
- + : indique l'importance de chaque caractéristique

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

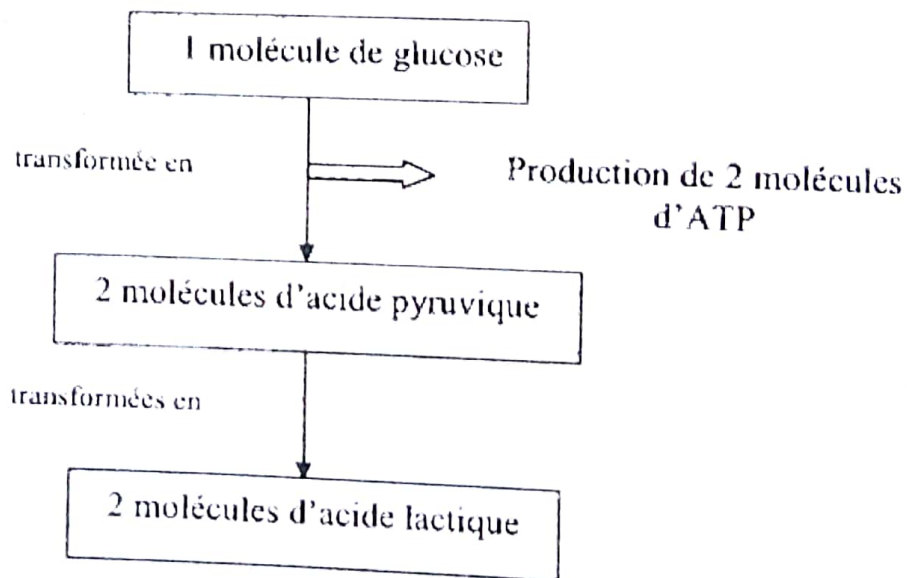
1- Analysez le tableau

2- Proposez une hypothèse sur la résistance à la fatigue musculaire de la fibre I

Pour vérifier cette hypothèse, on détermine la production d'ATP par la cellule musculaire



Document 2.1 : production d'ATP dans les cellules musculaires de type I



Document 2.2 : production d'ATP dans les cellules musculaires de type II

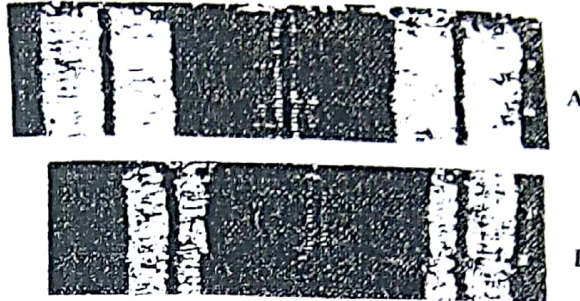
D'après Principes d'anatomie et de physiologie Par Gérard J. Tortora, Sandra R. Grabowski de Boeck Université

3- Expliquez alors comment la structure et le métabolisme de chaque type de fibre permettent la contraction musculaire dans chaque type d'effort.

Exercice 2

Le document ci-dessous, montre l'ultra structure du muscle.

Ce muscle est excité avec des courants liminaires, en présence de certaines substances.



Les conditions expérimentales et les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

n°	CONDITIONS EXPERIMENTALES	Figures observées
1	Muscle + ADP + ACP + Ca ⁺⁺	B
2	Muscle + ATP	A
3	Muscle + Ca ⁺⁺	A
4	Muscle + cyanure + ACP + ADP + Ca ⁺⁺	A
5	Muscle + ATP + Ca ⁺⁺	B

- 1) Analysez les résultats du tableau et concluez.
- 2) Expliquez le résultat n°4.
- 3) Identifiez les filières de restauration de l'ATP, sans écrire leurs équations de réaction.
- 4) Donnez les bilans énergétiques traduits en ATP, des voies lentes de la restauration de l'énergie consommée par la contraction musculaire.

Exercice 1**1) Analyse des graphes du document 1 :**

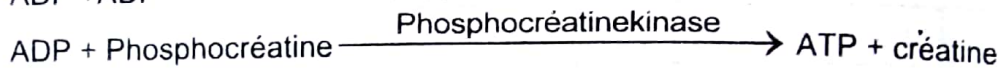
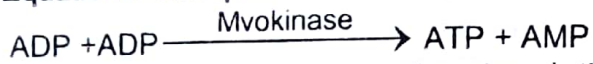
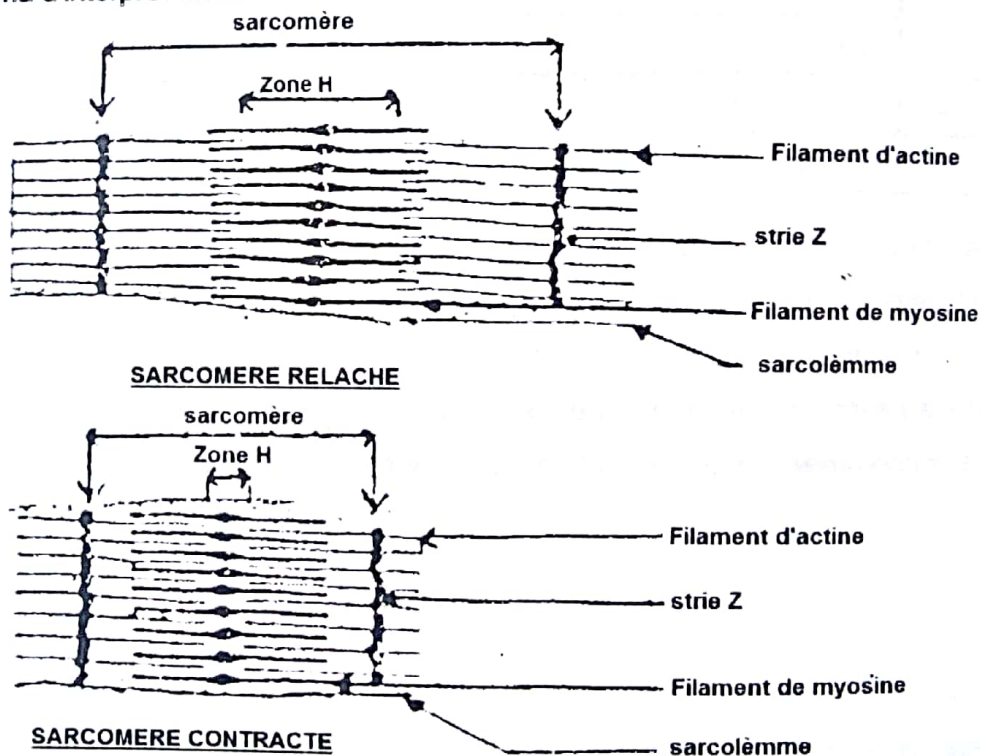
- Graphe C : Environ 40 ms après la stimulation, la température augmente, d'abord rapidement puis lentement, pour atteindre $0,8 \cdot 10^{-3} \text{°C}$.
- Graphe R : Environ 150 ms après l'excitation, le raccourcissement du muscle s'accroît pour atteindre 0,3 mm.

2) Explication du délai entre le début de C et le début de R :

L'énergie produite après la stimulation, et dont une partie est libérée sous forme de chaleur, est insuffisante pour permettre la contraction du muscle.

3) a) voies rapides :

- Addition de deux molécules d'ADP en présence de myokinase
- Transfert d'un phosphate ou phosphore inorganique (P_i) de la phosphocréatine (ou phosphagène) sur une molécule d'ADP.

b) Equations chimiques**4) Schéma d'interprétation :****5) Photographie A : avant la contraction (avant 150 ms)**

Photographie B : pendant la contraction (après 150 ms)

Justification :

Sur la photographie B, on observe la diminution de la longueur du sarcomère, des bandes claires et de la zone H

6) a) Nom des éléments : a = myosine ; b = actine.

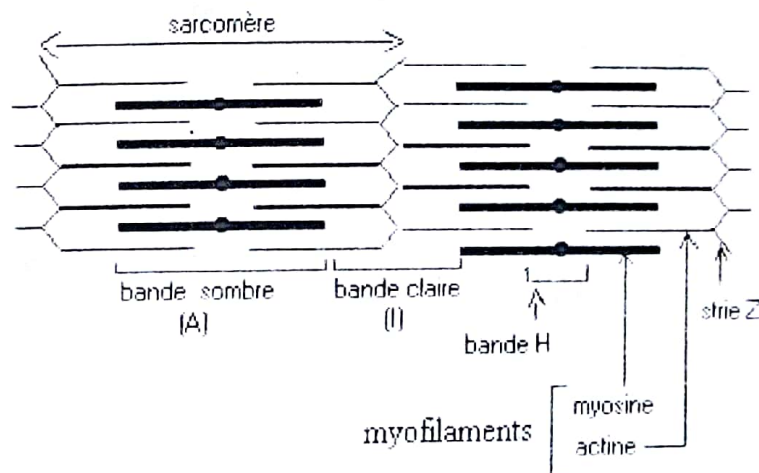
b) Mécanisme de l'activité musculaire

- A : En l'absence de Ca^{2+} , le complexe ATP-myosine ne se fixe pas sur l'actine : c'est la phase de repos.
- B : En présence de Ca^{2+} , il se forme le complexe acto-myosine : c'est la phase d'attachement.
- C : L'hydrolyse de l'ATP libère l'énergie qui permet le pivotement. Ce pivotement entraîne le glissement des molécules d'actine vers le centre du sarcomère d'où son raccourcissement : c'est la phase de pivotement.
- D : La fixation d'une nouvelle molécule d'ATP permet la dissociation du complexe acto-myosine : c'est le détachement.

Exercice 2

1) Réalisons un schéma d'interprétation de ce document.

C'est une coupe longitudinale de fibre musculaire (au MET) qui met en évidence le sarcomère.



Ultrastructure du sarcomère

2) Analysons dans l'ordre les observations et expériences.

- a) Le réticulum endoplasmique intervient dans la contraction.
- b) Les ions interviennent dans la contraction
- c) La localisation des ions à l'intérieur ou à l'extérieur du hyaloplasme est fonction de l'état de contraction des fibres.
- d) La stimulation de l'axone est suivie d'un potentiel d'action, puis d'une augmentation du taux de dans le sarcoplasme. Ces phénomènes se dérouleront pendant le temps de latence qui précède la secousse musculaire (tension de la fibre musculaire).
L'expérience b indique que la diminution importante de la concentration ATP se fait dans les conditions A+M+ATP+C.

3) Déterminons les informations apportées sur le mécanisme de la contraction musculaire.
Ces analyses permettent de dégager la succession d'événements qui permettent la contraction musculaire.

Potentiels d'action (nerveux et musculaires, ou musculaires) modification de la perméabilité membranaire du réticulum sortie des ions qui permettent le glissement des myofilaments d'actine par rapport aux myofilaments de myosine fixation d'un complexe ATP-myosine sur une molécule d'actine hydrolyse de l'ATP. Ce phénomène s'accompagne d'une perte de chaleur.

Exercice 3

1- Annotation du schéma.

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1. Strie Z | 5. Zone H |
| 2. Actine | 6. Myosine |
| 3. Mitochondrie | 7. Sarcoplasme ou hyaloplasme |
| 4. Disque claire ou bande I | 8. Sarcomère |

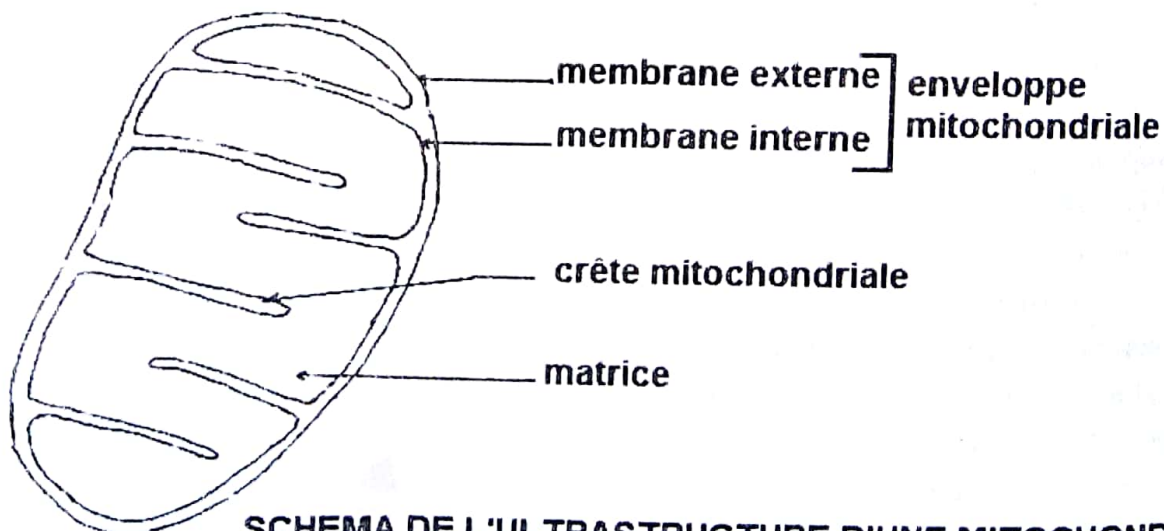
2- Description de l'effet du calcium sur la fibre musculaire.

- Raccourcissement du sarcomère
- rétrécissement de la bande I
- rapprochement des stries Z
- Les disques sombres restent intacts

3- La réaction de la fibre musculaire à l'action du calcium nécessite de l'énergie

- a) Nom de la molécule énergétique : C'est l'ATP.
- b) Précisons son origine : Elle est produite par la mitochondrie.
- c) Schéma annoté et légendé de l'ultrastructure de l'élément 3.

L'élément 3 est une mitochondrie.



SCHEMA DE L'ULTRASTRUCTURE D'UNE MITOCHONDRIE

NUTRITION



Marcello Malpighi

(né le 10 mars 1628 à Crevalcore;
mort le 29 novembre 1694 à Rome)

Il est le père de l'anatomie microscopique ou histologie. Son nom est aujourd'hui attaché à des dizaines de structures dans le corps humain et chez les insectes. Malpighi naît l'année même où William Harvey publie ses découvertes sur la circulation sanguine. Harvey restera toute sa vie le modèle que celui-ci cherchera à atteindre. Après des études à l'université de Bologne, il devient professeur titulaire de la chaire de médecine théorique à Pise en 1656. Il n'y restera que trois ans, sa santé précaire le poussant à rentrer à Bologne parmi les siens. Le 4 mars 1669, Malpighi devient membre de la Royal Society de Londres. Après être devenu médecin du pape Innocent XII en 1691, il meurt d'apoplexie le 29 novembre 1694 à Rome.

Ces travaux, à l'encontre du dogme galénique lui attireront l'hostilité de la communauté scientifique de l'époque. Il sera obligé de s'exiler à Messine en Sicile en 1662. Là, il décrira des structures variées tels que les reins et de nombreuses autres structures encore attachées aujourd'hui à son nom comme le corpuscule de Malpighi

COMMENT LES REINS ELABORENT-ILS L'URINE ?

RAPPEL DE COURS

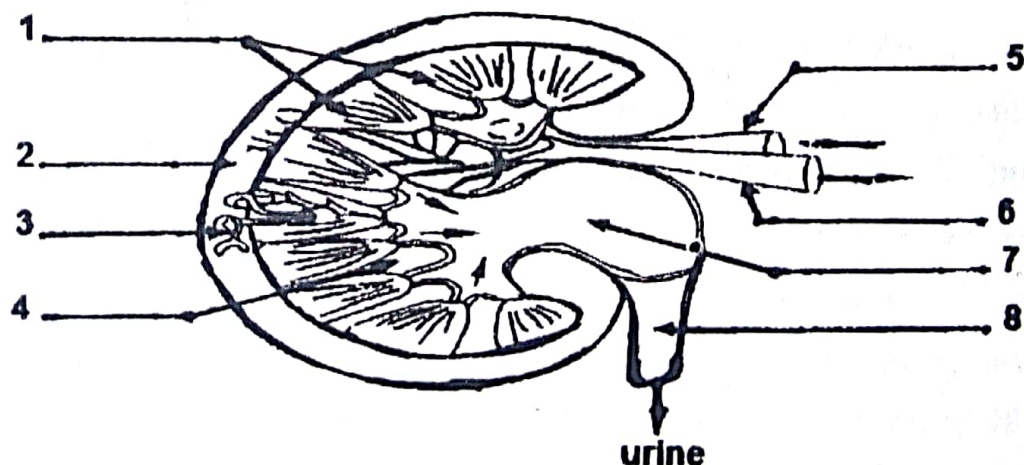
I. LES REINS ELABORENT-ILS L'URINE A PARTIR DU PLASMA ?

La comparaison de la composition de l'urine à celle du plasma permet de distinguer trois ensembles de substances :

- Certaines substances (le glucose, les lipides et les protides) sont présentes dans le plasma et absentes dans l'urine parce que les reins les empêchent de passer dans l'urine. Les reins sont des **filtres sélectifs**.
- Des substances (l'acide hippurique et les sels ammoniacaux) absentes dans le plasma se retrouvent dans l'urine parce qu'elles ont été produits par les reins. Les reins ont donc un rôle **sécréteur**.
- Des substances communes aux deux liquides sont beaucoup plus concentrées dans l'urine que le plasma parce que les reins accumulent ces substances dans l'urine afin de les rejeter à l'extérieur de l'organisme. On dit que les reins ont un rôle **excréteur**.

II. LES REINS ELABORENT-ILS L'URINE PAR CERTAINES ACTIONS ?

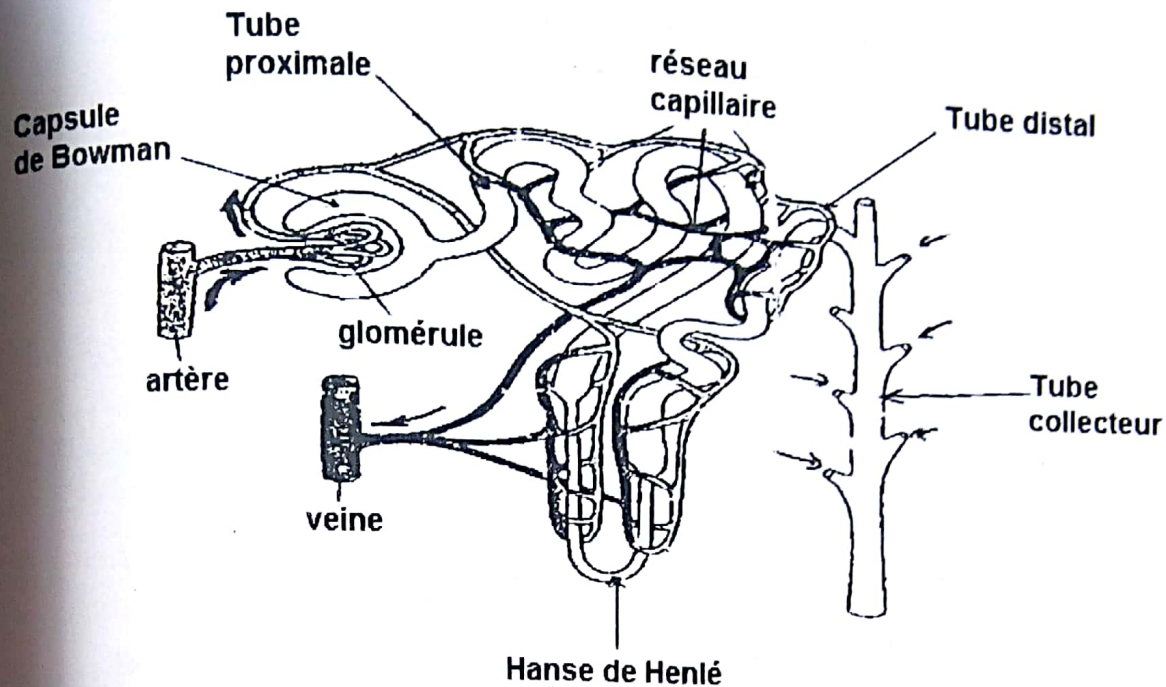
A- Coupe longitudinale du rein



COUPE LONGITUDINALE DU REIN DE L'HOMME

1 : calices ; 2 : zone corticale ; 3 : tube urinaire ; 4 : zone médullaire ; 5 : artère rénale ; 6 : veine rénale ; 7 : bassinets ; 8 : uretère.

Le rein est un organe très irrigué. Il est constitué d'un grand nombre de tubes urinifères ou néphron.

B- Structure du néphron**STRUCTURE SCHEMATIQUE D'UN NEPHRON**

Chaque néphron est constitué :

- du corpuscule ou pyramide de MALPIGHI (capsule de Bowman plus le glomérule) ;
- un tube urinaire (tube proximal plus anse de Henle et le tube distal) qui se jettent dans le tube collecteur de Bellini.

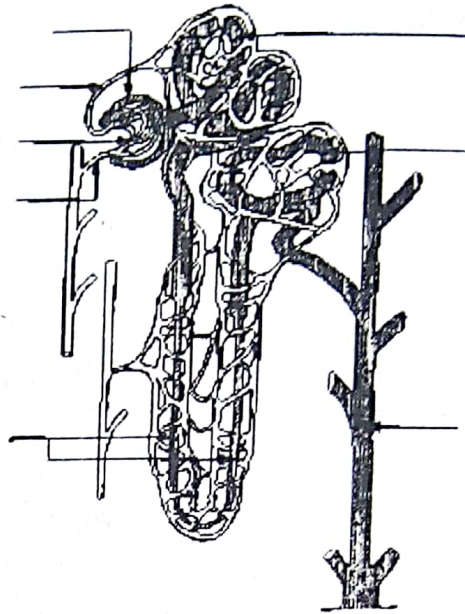
C- Rôle du néphron

La comparaison des constituants du plasma de l'urine primitive et de l'urine définitive nous permet d'identifier trois groupes :

- **Groupe I :**
Les protéides et les lipides présents dans le plasma sont absents dans le filtrat glomérulaire parce qu'ils ont été bloqués par le glomérule. C'est la filtration glomérulaire.
- **Groupe II :**
Certaines substances présentes dans l'urine primitives sont absentes ou présentes en faibles quantités dans l'urine définitive parce qu'elles ont été réabsorbées au niveau des tubules. On parle de réabsorption tubulaire.
- **Groupe III :**
Les substances telles que l'ammoniaque et l'acide hippurique absentes dans le plasma se retrouvent dans l'urine définitive parce que la paroi tubulaire les produit et les rejette dans l'urine : on parle d'excrétion tubulaire.

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1**

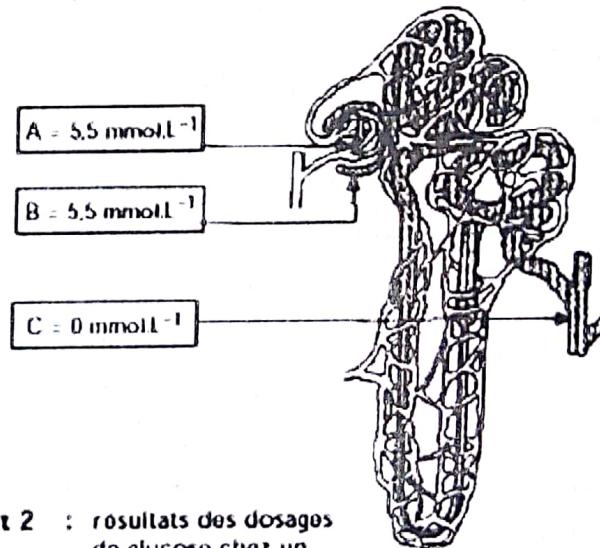
Le document 1 représente l'unité fonctionnelle rénale

Document 1

Titre :

1- Annotez et légendez le document 1.

Des microponctions (prélèvements de liquides) sont effectuées à différents niveaux du rein afin d'étudier le transit rénal du glucose. Le glucose contenu dans ces prélèvements est dosé. Sur le document 2 est indiquée la localisation des prélèvements effectués (A, B et C).



Document 2 : résultats des dosages de glucose chez un sujet en bonne santé

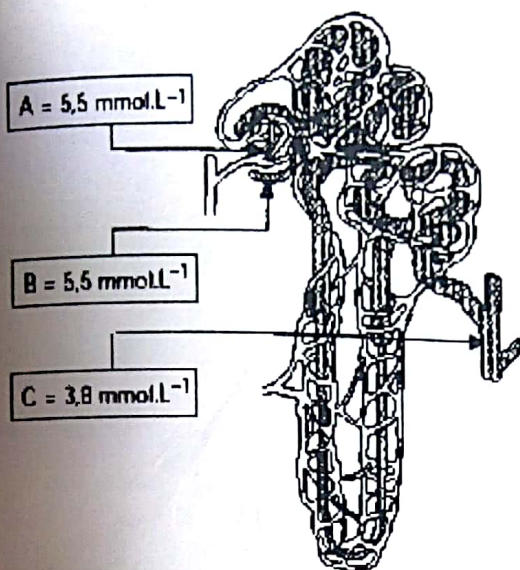
2- Donnez le nom des liquides A, B et C qui ont été analysés.

3- Donnez le nom d'une réaction qui permettrait, en Travaux Pratiques, de mettre en évidence le glucose dans ces liquides biologiques.

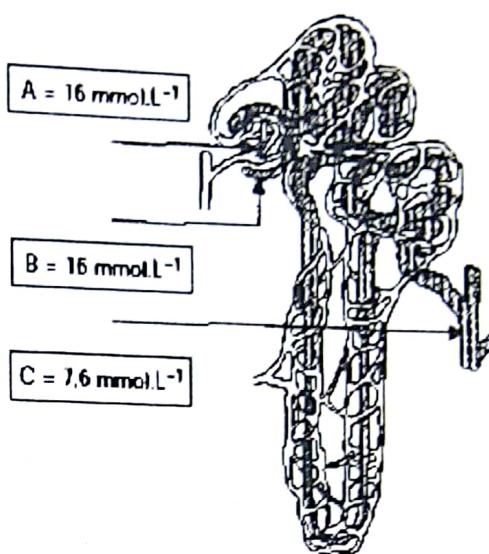
Le document 2 donne les résultats de ces analyses pour un sujet en bonne santé.

4- Analysez ces résultats et déduisez les 2 mécanismes mis en jeu au cours du transit rénal du glucose.

Les mêmes analyses sont effectuées chez deux sujets M. X... et M. Y...
Les résultats sont consignés sur les documents 3 et 4.



Document 3 : résultats des dosages de glucose chez Monsieur X



Document 4 : résultats des dosages de glucose chez Monsieur Y

5- Comparez ces résultats avec celui du sujet en bonne santé.

Nommez les anomalies biologiques que l'on retrouve chez M. X... et M. Y...

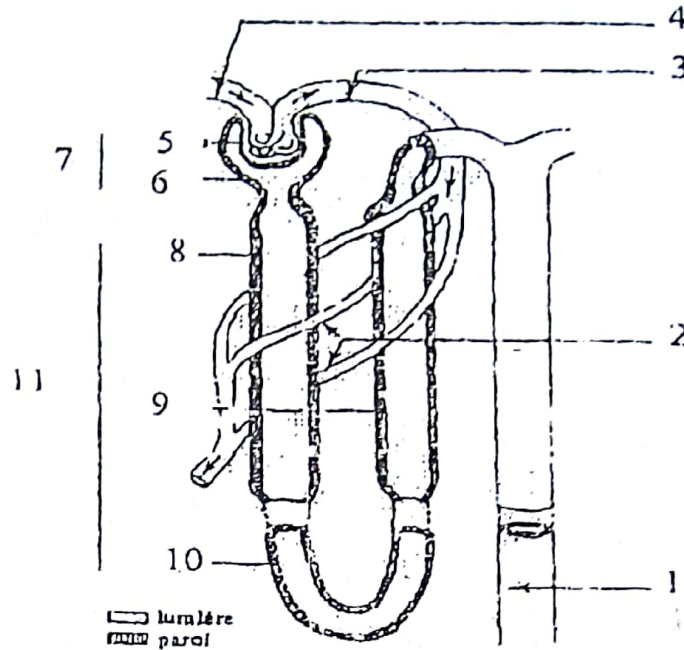
Exercice 2

Dans le but d'expliquer quelques aspects du fonctionnement du néphron, les expériences ci-dessous sont réalisées. Voici les résultats d'analyses effectuées sur des échantillons de plasma et d'urine fournis par un individu en bonne santé.

Constituants	Plasma	Urine
Glucose (g/L)	1	0
Protéines (g/L)	70	0

1) Tirez en une conclusion.

Le schéma ci-dessous représente l'unité fonctionnelle au niveau de laquelle, l'urine est élaborée.



2) Annotez le schéma en reportant les chiffres sur votre copie.

L'expérimentateur injecte dans l'artériole afférente du glomérule, des substances chimiques de masse molaire différente. Par des dosages effectués sur l'urine primitive, il détermine la concentration des substances injectées et calcule pour chacune d'elle, la valeur du rapport $\frac{U}{P}$ (voir tableau ci-dessous).

Substances injectées	Masse molaire en grammes	Rapport $\frac{U}{P}$
Urée	60	1
Glucose	180	1
Insuline	5 500	0,98
Myoglobine	17 000	0,75
Ovalbumine	38 500	0,22
Hémoglobine	68 000	0,03
Sérum albumine	69 000	0
Sérum globuline	150 000	0

P désigne la concentration dans le plasma de la substance injectée.

U désigne sa concentration dans l'urine primitive.

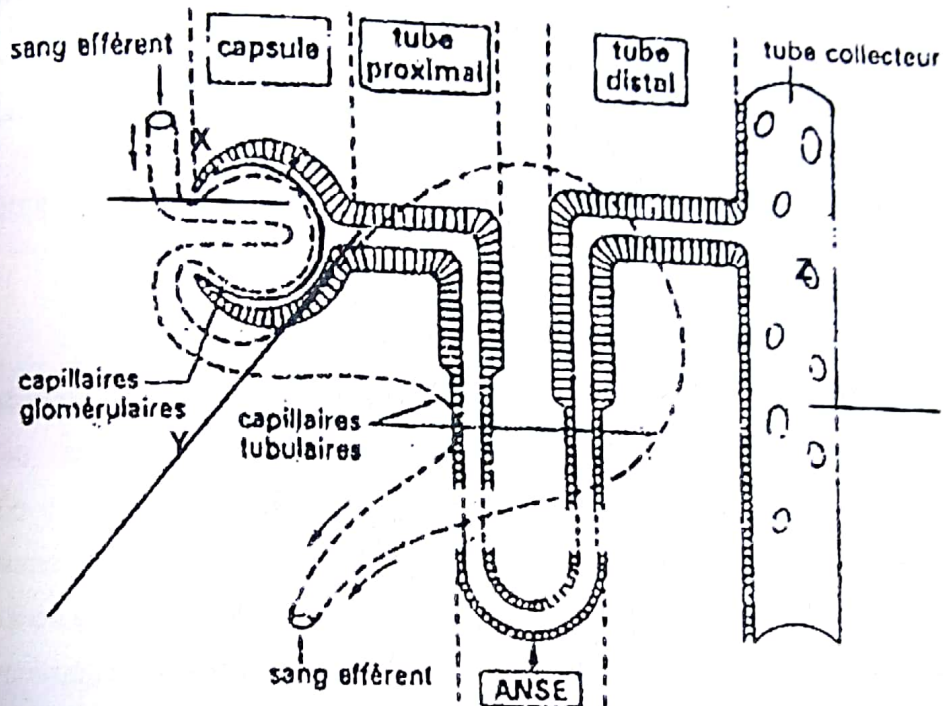
3) a) Analysez ces résultats.

b) Interprétez-les pour les rapports ($\frac{U}{P} = 1$ et $\frac{U}{P} = 0$)

4) Expliquez comment l'ensemble de ces données numériques permet de comprendre la situation des protéines dans le tableau 1.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1**

Le rein est constitué par une multitude de tubes appelés néphrons. Une coupe transversale faite dans une certaine zone de ces néphrons et observée au microscope électronique montre les cellules du document 1.



1- Remplacez les lettres X, Y et Z par le nom de trois substances (de votre choix) qui sont filtrées à ce niveau.

Le tableau 1 ci-dessous mentionne les concentrations de quelques constituants des liquides de patients A, B et C.

Substances dosées (en mol/l)	Glucose	Sérum	Ammonium	Protéines
Liquide X du patient A	5	139	0	75
Liquide Y du patient A	5	139	0	0
Liquide Z du patient A	0	200	25	0
Liquide Z du patient B	2	190	24	3
Liquide Z du patient C	0	300	7	0

Tableau 1

2- a) Comparez les compositions des liquides :

- X et Y du patient A. Déduisez le ou les fonctions du rein mises(s) en évidence.
- Y et Z du patient A. Déduisez le ou les fonctions du rein mises(s) en évidence.

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

3- Identifiez les anomalies présentées par chacun des patients B et C.

L'un de ces patients B et C présente également une atrophie de la corticosurrénale. Identifiez à partir de l'analyse de tableau 1, le patient souffrant de cette atrophie.

Le tableau 2 indique les quantités habituelles d'urines émises en 24 h par les patients A, B et C.

	Patient A	Patient B	Patient C
Volume d'urine émise L/24 h	1,5	2,5	4

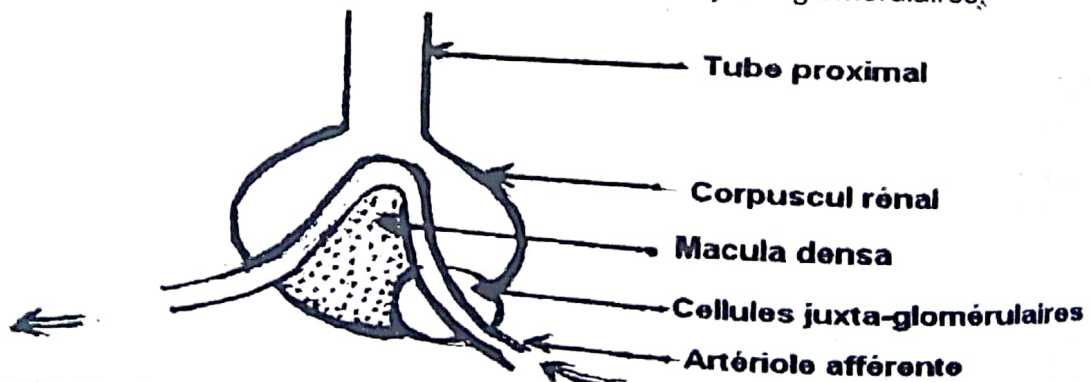
Tableau 2

4- Expliquez l'anomalie précédemment relevée chez ce patient souffrant de l'atrophie de la corticosurrénale ainsi que son volume d'urine émise en 24 h.

Exercice 2

L'anatomie révèle qu'au niveau du corpuscule de Malpighi, il existe deux groupes de cellules constituant le complexe juxta-glomérulaire. Ce complexe est un manchon de cellules musculaires autour de l'artériole afférente (cellules juxta-glomérulaires) dont la contraction comprime. Ces cellules détruites, il n'y a pas formation d'angiotensine. Un ensemble de cellules qualifié de macula dansa s'installe au niveau du tube rénal. Lorsque la concentration en sodium augmente à leur niveau on observe une diminution de la filtration glomérulaire, ainsi qu'une augmentation d'angiotensine.

- 1) Déterminez la fonction des cellules juxta-glomérulaire.
- 2) Identifiez la substance sécrétée.
- 3) Déterminez le rôle des cellules de la macula dansa.
- 4) Identifiez les effets que cela entraînent sur les cellules juxta-glomérulaires.



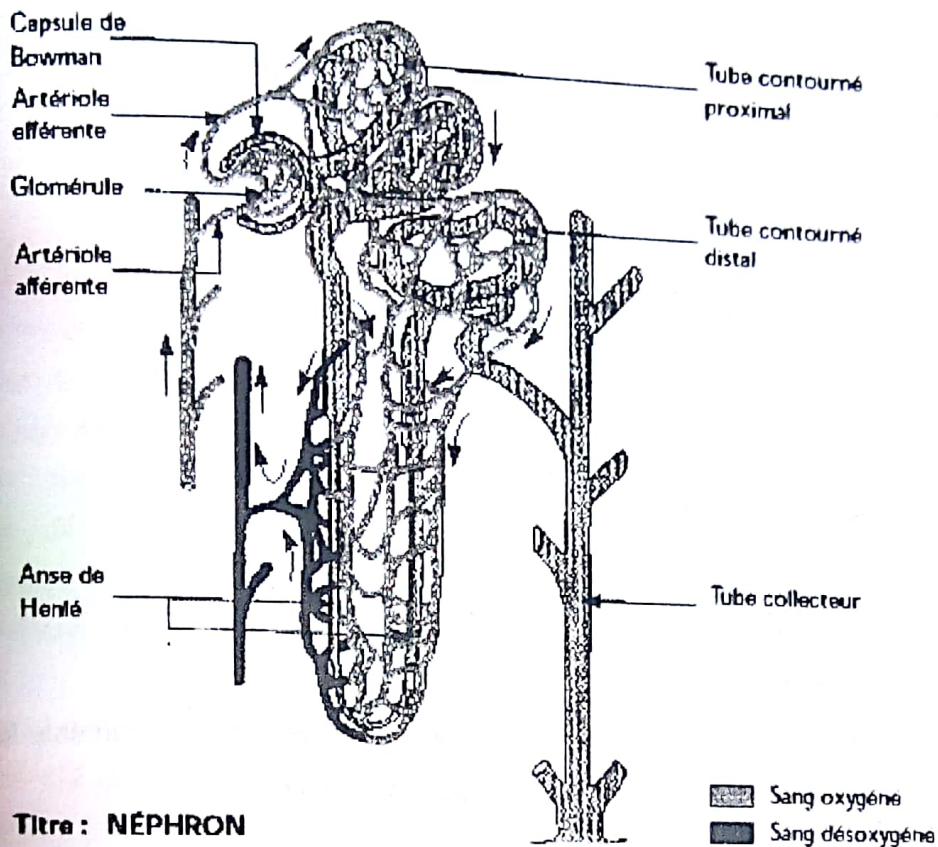
- 5) Etablir un schéma de synthèse regroupant les diverses structures citées dans l'énoncée et celles dont vous aurez déduit l'existence intervenant dans la régulation hydro-électrolytique.

N.B. : Natriurie = Taux de sodium dans l'urine

Exercice 1

1- Annotons et légendons le document 1.

Document 1 :



Titre : NÉPHRON

2- Donnons le nom des liquides A, B et C qui ont été analysés.

A : sang ; B : urine primitive ; C : urine définitive.

3- Donnons le nom d'une réaction qui permettrait de mettre en évidence le glucose.

Liqueur de Fehling (sucres réducteurs) ; réaction avec un système enzymatique couplé (glucose oxydase/peroxydase : bandelettes) qui est spécifique du glucose contrairement au test de Fehling.

4- Analysons ces résultats et déduisons les 2 mécanismes mis en jeu.

Ces résultats indiquent que le glucose, dont la concentration dans l'urine primitive est la même que dans le sang ($5,5 \text{ mmol.L}^{-1}$), est absent de l'urine définitive. Ils montrent qu'il y a une filtration rénale (le glucose passe du plasma à l'urine primitive) et une réabsorption rénale (tout le glucose est réabsorbé avant la formation de l'urine définitive).

5- Comparons ces résultats avec celui du sujet en bonne santé.

Nommons les anomalies biologiques que l'on retrouve chez M. X... et M. Y...

- Chez monsieur X, le taux de glucose sanguin est normal à $5,5 \text{ mmol.L}^{-1}$ mais il y a $3,8 \text{ mmol.L}^{-1}$ de glucose dans l'urine définitive. Ceci montre qu'une partie du glucose présent dans l'urine primitive n'est pas réabsorbé ce qui se traduit par une glycosurie d'origine rénale.

- Chez Monsieur Y, la glycémie est de 16 très supérieure à la normale et on retrouve 7,6 mmol.L⁻¹ de glucose dans l'urine définitive. Il y a une hyperglycémie et une importante glycosurie qui sont le signe d'un diabète sucré.

Exercice 2

1) Conclusion.

Le néphron a empêché les protéines et le glucose de passer dans l'urine.

Le néphron joue donc un rôle de filtre.

2) Annotation du schéma.

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| 1- tube collecteur | 7- corpuscule de Malpighi |
| 2- veinule | 8- tube proximal |
| 3- veine | 9- tube distal |
| 4- artère | 10- anse de Henle |
| 5- glomérule | 11- tube urinifère |
| 6- capsule de Bowman | |

3) a) Analyse des résultats.

Au fur à mesure que la masse molaire de la substance injectée augmente le rapport de $\frac{U}{P}$ qui était de 1 diminue progressivement pour s'annuler.

b) Interprétation pour les rapports ($\frac{U}{P} = 1$ et $\frac{U}{P} = 0$)

- Pour les rapports $\frac{U}{P} = 1 \Leftrightarrow U = P$; c'est-à-dire toute la substance injectée dans le plasma s'est retrouvée dans l'urine primitive (concentration identique aussi bien dans le plasma que dans l'urine primitive).
- Pour les rapports $\frac{U}{P} = 0 \Leftrightarrow U = 0$; c'est-à-dire toute la substance injectée dans le plasma ne s'est pas retrouvée dans l'urine primitive (concentration nulle dans l'urine primitive).

4) Explication de la compréhension de la situation des protéines dans le tableau 1.

Les protéines qui sont concentrées dans le plasma 70 g/L ne se retrouvent pas dans l'urine primitive parce que ce sont des molécules de grosses tailles (masse molaire élevée).

QUEL EST LE ROLE DU REIN DANS LE MAINTIEN DE L'EQUILIBRE DU MILIEU INTERIEUR ?

RAPPEL DE COURS

I. LES REINS ASSURENT-ILS LE MAINTIEN DE L'EQUILIBRE HYDRIQUE ?

Une perte importante d'eau (sudation intense, diarrhée, vomissement, hémorragie) entraîne la diminution de la diurèse.

La perte d'eau diminue le volume sanguin et augmente la pression osmotique du milieu. Dès cet instant, les osmo-récepteurs de l'hypothalamus et les volorécepteurs ou tensio-récepteurs de l'oreillette droite du cœur reçoivent cette information et alertent l'hypothalamus, qui à son tour permet à la post hypophyse d'élaborer et de libérer l'ADH (hormone antidiurétique). Cette neuro-hormone stimule la réabsorption de l'eau au niveau du tube distal :

Remarque : Lorsque le volume sanguin augmente (ingestion d'eau) la pression osmotique diminue ce qui entraîne l'effet contraire et freine la production d'ADH ce qui aura pour conséquence une émission importante d'eau dans les urines.

II. LES REINS ASSURENT-ILS LE MAINTIEN DE L'EQUILIBRE MINERAL ?

En cas d'une baisse de la pression artérielle ou d'une intense perte de Na^+ (hyponatrémie) ou d'une concentration élevée en K^+ (hyperkaliémie) on constatera plus tard, que l'urine définitive est peu concentrée et peu abondante.

Ces perturbations agissent sur les cellules de la paroi des vaisseaux glomérulaire qui produisent une enzyme appelée la rénine. Celle-ci permet la transformation de l'angiotensinogène en une hormone appelée angiotensine. Cette hormone stimule la cortico surrénale productrice d'aldostérone qui permet la réabsorption du Na^+ , l'augmentation de la pression artérielle et la diminution de la diurèse.

III. LES REINS ASSURENT-ILS LE MAINTIEN DE L'EQUILIBRE ACIDO-BASIQUE ?

Une alimentation riche en viande permet d'aboutir à la formation d'acide (Acide phosphorique -acide sulfurique) à partir des protéines : on parle d'acidose.

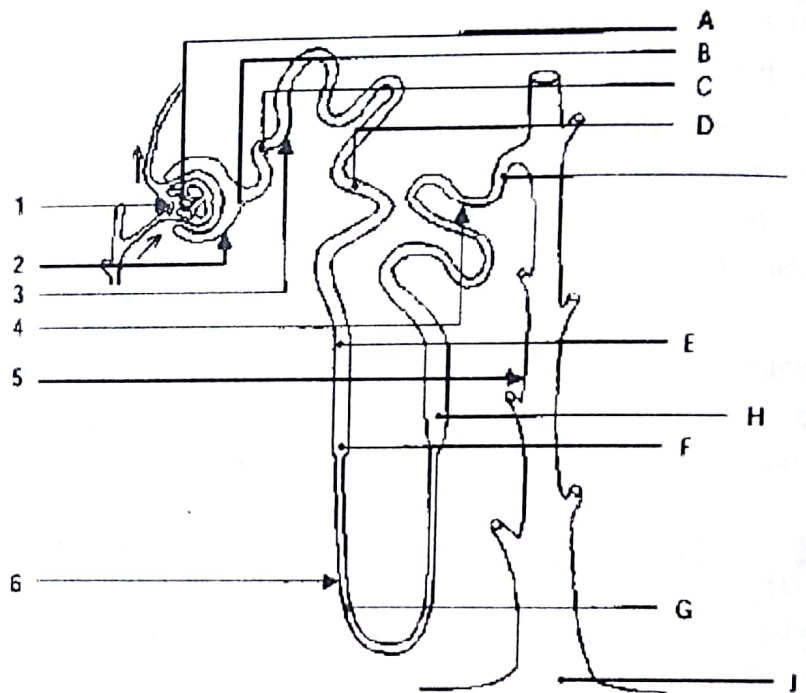
Dans ce cas, les reins excrètent les ions H^+ et réabsorbent les ions Na^+ .

L'excès d'ion H^+ est éliminé sous forme d'eau, de phosphate et d'ammoniac.

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1** (extrait Bac D session Normale 2015 Burkina Faso)

Pour comprendre pourquoi il y a présence ou absence de glucose dans les urines on étudie le comportement du rein vis-à-vis du glucose.

Des prélèvements sont réalisés à différents niveaux du néphron, (repérés par les lettres A à J du document 1). Les résultats de ces prélèvements sont consignés dans le tableau du document 2.

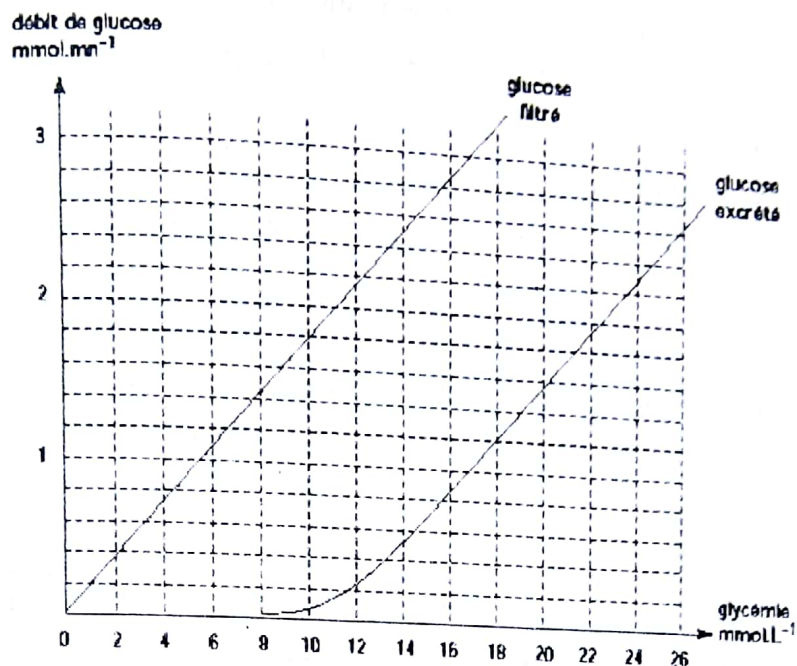
Document 1**Document 2 Tableau des résultats des dosages**

Prélèvement effectué en :	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Concentration en glucose en mmol.L^{-1}	5,5	5,5	2,2	1,1	0,27	0	0	0	0	0

- 1) Notez sur la copie les noms des éléments du document 1 repérés par les chiffres 1 à 6.
- 2) Déduisez des résultats du document 2 à quel niveau du néphron se fait la réabsorption du glucose.

Le document 3 représente le débit du glucose filtré et le débit de glucose excrété dans l'urine définitive en fonction de la concentration en glucose plasmatique.

Document 3



- 3) Trouvez la valeur de la glycémie à partir de laquelle il y a présence de glucose dans les urines.
- 4) Tracez sur le document 3, la courbe représentant le débit de glucose réabsorbé en fonction de la glycémie.
- 5) Définissez et trouvez à partir de la courbe la capacité maximale de réabsorption rénale du glucose.
- 6) Précisez le mécanisme selon lequel se fait le transport transmembranaire du glucose.

Exercice 2

La glycémie est une constante physiologique du milieu intérieur. De ce fait elle nécessite une régulation. Pour rechercher un éventuel diabète chez 3 femmes A, B et C, on pratique un test d'hyperglycémie provoquée à jeun. On leur fait alors ingérer 50 g de glucose en solution au temps 0, on détermine la glycémie et la glycosurie aux temps 0, 15, 30, 60, 120 et 180 minutes après l'ingestion. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Temps en minutes	Femme A		Femme B		Femme C	
	Glycémie	Glycosurie	Glycémie	Glycosurie	Glycémie	Glycosurie (à compléter)
0	4,3	—	11,0	+	6,6	
15	8,4	—	15,8	+	11,6	
30	6,6	—	17,2	+	11,4	
60	6,4	—	15,8	+	8,9	
120	4,9	—	14,5	+	7,2	
180	3,9	—	13,3	+	6,6	

NB : la glycémie est exprimée en $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$

+ présence de glucose dans urines
— présence de glucose dans urines

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

- 1- Définissez la glycémie et rappelez sa valeur physiologique normale.
- 2- Définissez la glycosurie et donnez sa valeur physiologique normale.
- 3- À l'aide de la valeur de la glycémie trouvée en 1, complétez sur le tableau par + ou -, les résultats de l'analyse d'urine de la femme C.
- 4- Expliquez les résultats biologiques de ces 3 femmes. En déduire celle qui est non diabétique, celle qui a un diabète affirmé et celle dont le test révèle un état prédiabétique.

Exercice 3

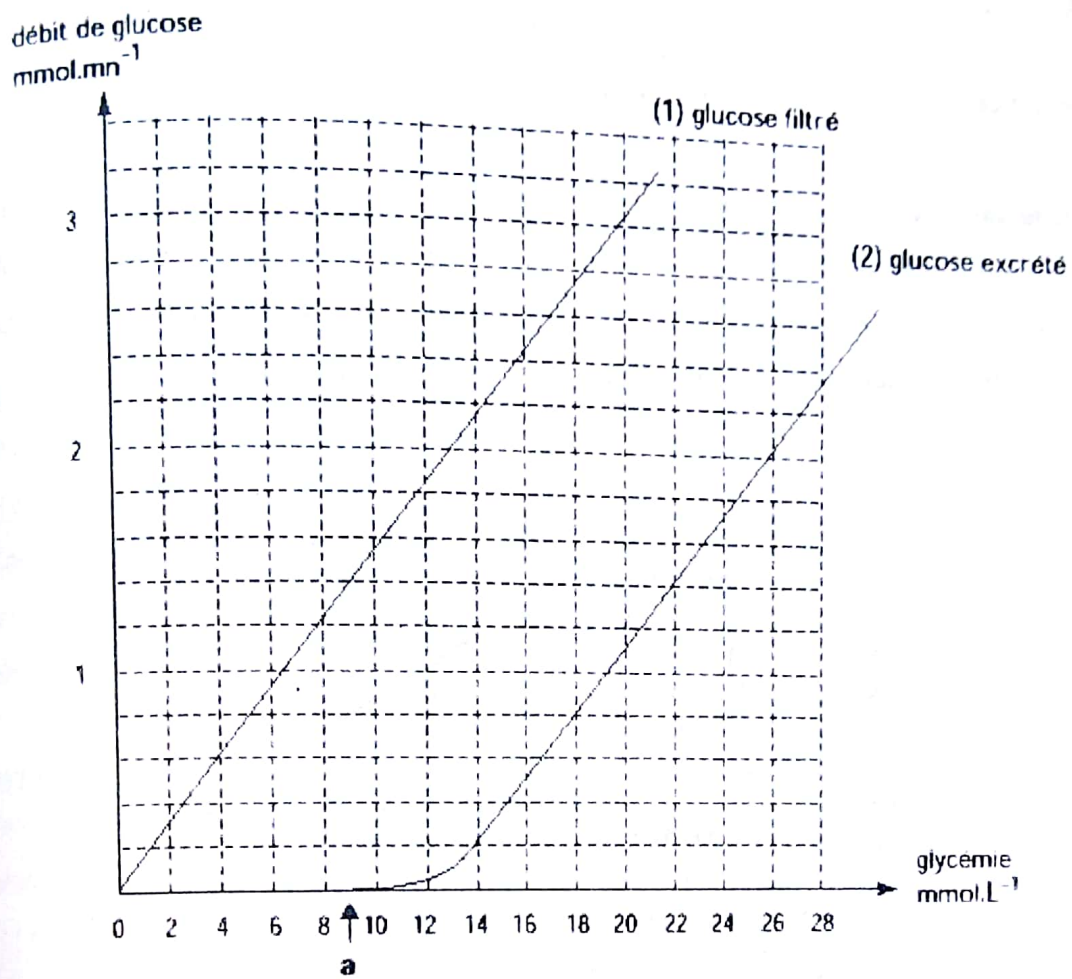
On a dosé divers constituants dans le plasma et dans l'urine définitive. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau du document 1.

Constituants	Concentration plasmatique	Concentration dans l'urine primitive	Concentration dans l'urine définitive	Quantité filtrée en mmol par 24 heures	Quantité excrétée en mmol par 24 heures
ion sodium	142 mmol.L ⁻¹		175 mmol.L ⁻¹	25560 mmol	262,5 mmol
ions ammonium	0,03 mmol.L ⁻¹		23 mmol.L ⁻¹	5,4 mmol	34,5 mmol
glucose	5 mmol.L ⁻¹		0 mmol.L ⁻¹	900 mmol	0
protéines	72 g.L ⁻¹		0 g.L ⁻¹	0	0
urée	5 mmol.L ⁻¹		400 mmol.L ⁻¹	900 mmol	600 mmol
acide hippurique	0 mmol.L ⁻¹		2 mmol.L ⁻¹	0	3 mmol

DOCUMENT 1

- 1 - Notez dans le tableau du document 1 la concentration des constituants dans l'urine primitive.
- 2 - À partir des données du tableau classez les divers constituants dans l'un des groupes suivants, en justifiant les réponses :
 - constituants non filtrés,
 - constituants filtrés et totalement réabsorbés,
 - constituants filtrés et partiellement réabsorbés,
 - constituants filtrés et sécrétés,
 - constituants sécrétés.
- 3 - Calculez le volume de liquide réabsorbé sachant que la diurèse est de 1,5 L/j alors que le volume d'urine primitive est de 180 L/j.

Le glucose, présent dans le plasma, n'est excrété dans l'urine définitive que dans certains cas pathologiques. Le document 2 présente les variations du débit de filtration et du débit d'excrétion du glucose, en fonction de la glycémie.

Document 2

4 - Précisez le devenir du glucose filtré :

- lorsque la glycémie est inférieure à la valeur « a »,
- lorsque la glycémie est supérieure à la valeur « a ».

5 - Tracez, sur le document 2, la courbe de réabsorption du glucose en fonction de la glycémie.

6 - Expliquez le mécanisme qui entraîne une glycosurie.

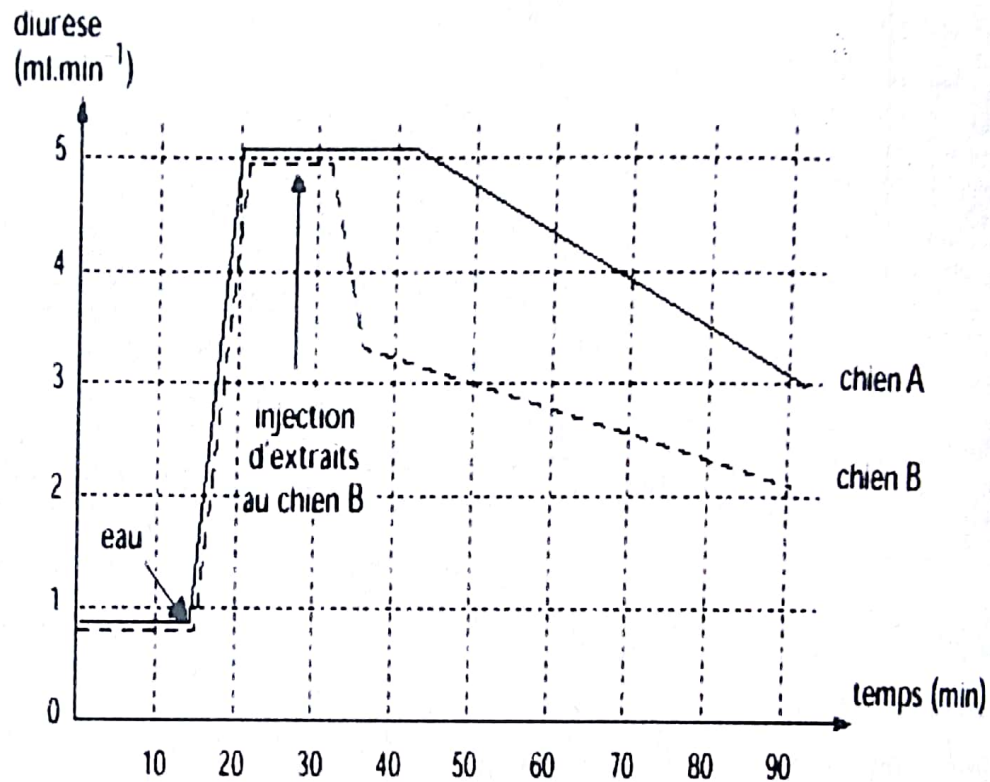
7 - Déduisez l'influence du rein sur la glycémie.

Exercice 4

On réalise deux expériences pour étudier la régulation de l'excrétion de l'eau.

Expérience a : La destruction de la posthypophyse déclenche une polyurie importante chez le chien.

Expérience b : On provoque, chez deux chiens normaux A et B, une polyurie, en leur faisant ingérer une grande quantité d'eau. Chez le chien B, on injecte par voie intraveineuse, quelques minutes après l'ingestion d'eau, un extrait post-hypophysaire. L'évolution de la diurèse chez les deux chiens, est traduite par les courbes du document 1.



Document 1

- Analysez ces expériences.
- Indiquez le nom de la substance active contenue dans l'extrait post-hypophysaire. Précisez son action sur le rein. Indiquez à quel niveau du rein elle agit.
- Décrivez, éventuellement à l'aide d'un schéma, son mode d'action dans la régulation de l'excrétion de l'eau.

Pour déterminer le rôle des glandes corticosurrénales dans la régulation de l'excrétion des ions sodium, on effectue, d'une part sur des rats témoins, et d'autre part sur des rats ayant subi une corticosurrénalectomie bilatérale, des dosages sanguins et urinaires dont les résultats sont rassemblés dans le tableau du document 2.

	Plasma		Urine	
	Rats témoins	Rats surrénalectomisés	Rats témoins	Rats surrénalectomisés
Na ⁺ en mmol.L ⁻¹	143	130	217	282
pH	7,35	7,20	5	6

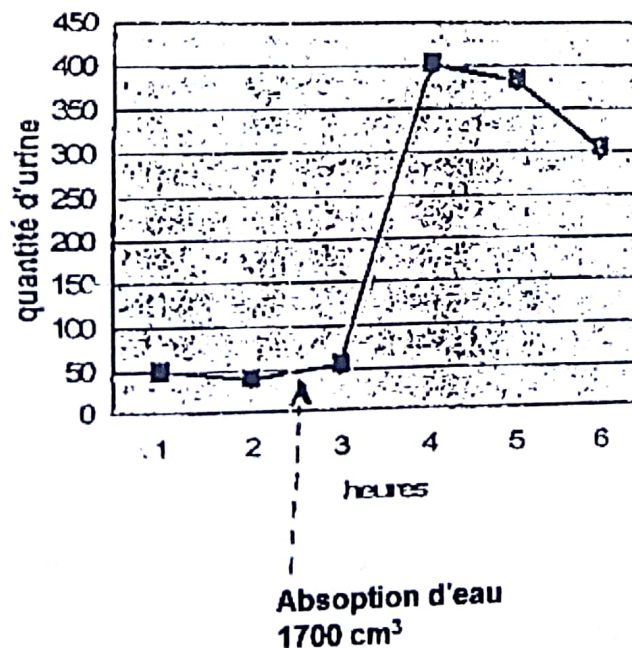
Document 2

- 4- Analysez les résultats, relatifs aux ions sodium, présentés dans ce tableau.
- 5- Précisez le nom et le rôle de l'hormone corticosurrénalienne qui intervient dans l'excrétion urinaire des ions sodium.
- 6- Sachant qu'au niveau de la cellule tubulaire rénale, la réabsorption des ions Na⁺ est couplée à la sécrétion des ions H⁺, expliquez les variations observées des pH plasmatique et urinaire.

Exercice 6

De nombreuses personnes pensent qu'à titre préventif contre certains maux, qu'il faut boire chaque matin au réveil, une certaine quantité d'eau selon son poids corporel. Mr Trauplain suit ce régime depuis quelques temps. Chaque matin, il absorbe 1700 cm³ d'eau et mesure par la suite la quantité d'urine émise après sa prise d'eau.

Les résultats sont représentés par le graphe ci-dessous.



1. Analysez ce graphe.
2. Interprétez-le.

Exercice 7

L'analyse de l'urine et du sang d'un sujet normal a donné les résultats suivants :

SUJET	Plasma	Urine
Après un repas normal	7 g/L	10 g/L
Après un repas très riche en sel	10 g/L	13 g/L
Après un régime sans sel	4 g/L	0 g/L

- 1) Analysez ces résultats.
- 2) Déduisez-en le rôle des reins vis-à-vis du chlorure de sodium.

Les corticosurrénales sont deux glandes qui sont logées dans la cavité abdominale au contact du rein.

On analyse le sang et l'urine d'un animal avant et après l'ablation de ces glandes.

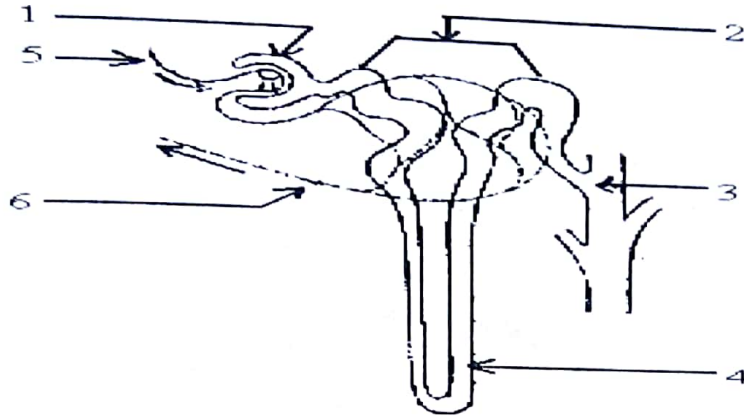
On obtient les résultats suivants :

Quantité de sodium	Plasma (g/L)	Urine (g/L)
Avant l'ablation	3,3	3,7
Après l'ablation	2,5	6

- 3) Concluez quant à l'action des corticosurrénales sur la régulation de l'excrétion du sodium.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1**

Le schéma ci-dessous représente un néphron, constituant fondamental du rein chez un mammifère

**Document 1**

- 1) Identifiez les structures désignées par les numéros de 1 à 6.
- 2) Indiquez la nature des liquides au niveau 1, 2 et 3

Le tableau ci-dessous donne quelques concentrations de molécules dans l'urine primitive, l'urine définitive et le plasma sanguin

Liquides analysés	Constituants en g/l					
	Na ⁺	Cl ⁻	Protéines	Urée	Glucose	NH ₄ ⁺
Plasma	3,2	3,6	80	0,3	1	0
Urine primitive	3,2	3,6	0	0,3	1	0
Urine définitive	3 à 6	3 à 6	0	20	0	1 à 3

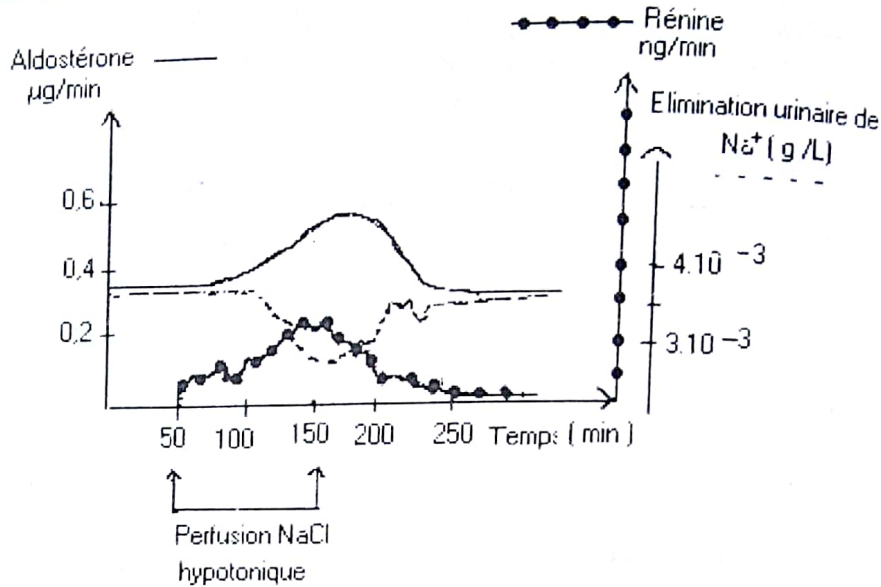
Tableau : Document 2

- 3) Tirez des renseignements à partir de l'analyse du tableau
Sachant que 130 ml d'urine primitive sont produits par minute contre 1 ml d'urine définitive
- 4) Calculez le pourcentage d'eau réabsorbée en une minute
- 5) Calculez la masse de glucose réabsorbée par 24 heures

L'hypertension rénovasculaire se traduit chez le malade par une baisse de la pression sanguine dans le rein. On a évalué la quantité de rénine (enzyme) produite par le rein chez un malade. Les résultats figurent dans le tableau ci-dessous

	Rein droit du malade	Rein gauche du malade	Rein normal (témoin)
Artère	6 UA	6 UA	4 UA
Veine	6 UA	12 UA	5 UA

6) D'après ce tableau, donnez la cause de l'hypertension rénovasculaire
 A la suite d'une perfusion d'une solution de NaCl hypotonique, les variations des taux de rénine, d'aldostérone et de l'élimination urinaire ont été observées et représentées dans le graphe ci-dessous :



On sait par ailleurs que la rénine transforme l'angiotensinogène du foie en angiotensine qui est un puissant vasoconstricteur et que les lésions des glandes corticosurrénales entraînent de nombreux troubles au niveau de l'élimination urinaire.

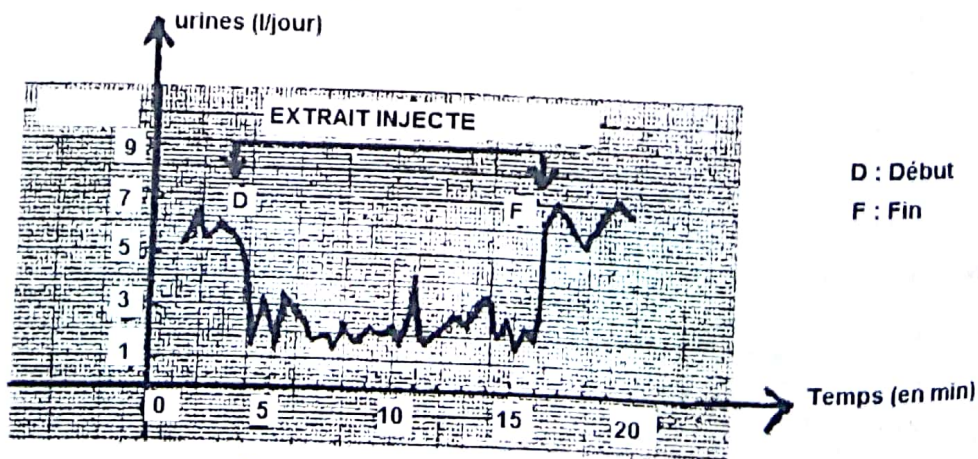
7)- A partir du graphe expliquez le mécanisme de la régulation de la pression artérielle.

8)- Expliquez pourquoi les sujets atteints de tumeurs des corticosurrénales ont un taux de rénine très bas.

Exercice 2

I- On considère un enfant atteint de diabète insipide, caractérisé par une diurèse très abondante, entraînant un besoin impérieux de boire.

Cet enfant est traité par injections sous-cutanées d'un extrait post-hypophysaire. Le document 1 exprime les résultats obtenus.



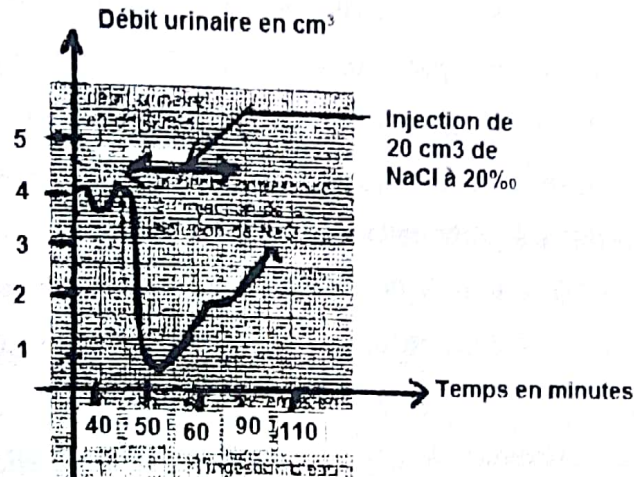
Document 1

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

1) Définissez la diurèse ?

2) Déduisez de l'analyse du graphique le rôle de l'extrait post-hypophysaire.

II- Chez un chien en diurèse normale le débit urinaire est de 1 cm^3 par minute. Après absorption de 200 cm^3 d'eau, ce débit devient 4 cm^3 par minute pendant une heure, puis tend à redevenir normal. Chez ce chien on réalise l'expérience suivante : après absorption de 200 cm^3 d'eau, on injecte dans une carotide 20 cm^3 d'une solution de NaCl à 20 pour mille (voir document 2).

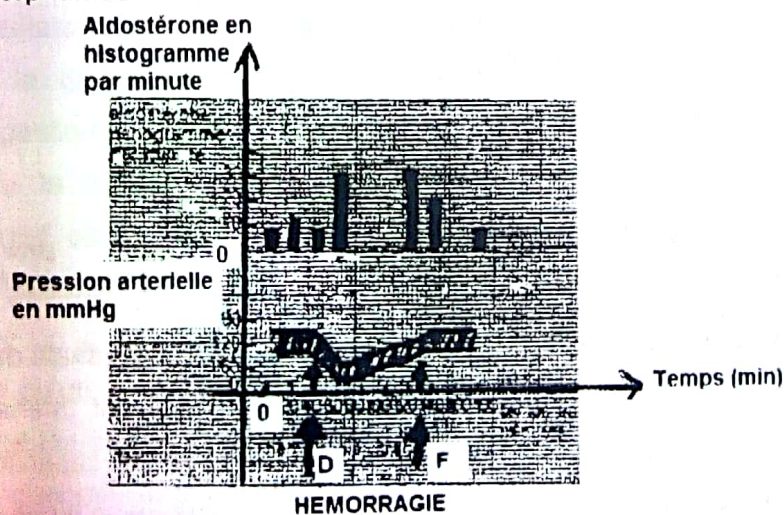


3) Analysez ces résultats.

4) Expliquez les résultats obtenus (vous pouvez utiliser les conclusions obtenues en I).

III- Au cours d'une hémorragie chez un chien, la pression artérielle et le taux d'aldostérone présente dans le sang sont mesurés (voir document 3).

On rappelle que l'aldostérone, produite par la partie périphérique des glandes surrénales, favorise la réabsorption du Na^+ .



5) Établissez une relation entre l'évolution d'aldostérone et la pression artérielle

6) En utilisant ces données et les conclusions obtenues en I et II, expliquez la baisse de la diurèse provoquée par l'hémorragie.

Exercice 1

1) Notons les noms des éléments du document 1 repérés par les chiffres 1 à 6.

1 – glomérule

2 – capsule de Bowman

3 – tube contourné proximal

4 – tube contourné distal

5 – canal collecteur

6 – anse de Henlé

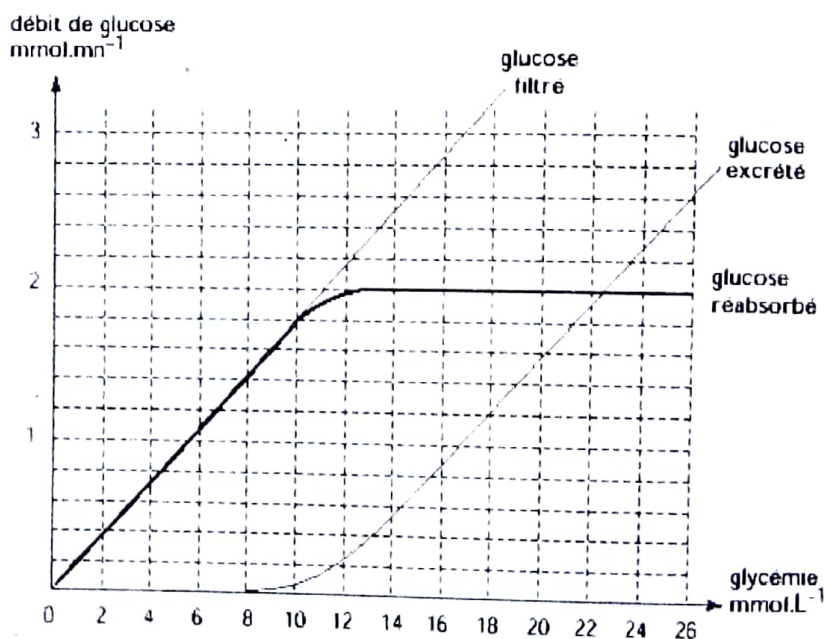
2) Déduisons le niveau du néphron où se fait la réabsorption du glucose.

On constate que la concentration en glucose de l'urine primitive (B) est égale à celle du sang (A) alors qu'elle diminue régulièrement dans le tube contourné proximal (C à E) et qu'elle est nulle à l'entrée de la branche descendante de l'anse de Henlé (F). On en déduit que la réabsorption du glucose se fait au niveau du tube contourné proximal.

3) La valeur de la glycémie à partir de laquelle il y a présence de glucose dans les urines.

Le glucose commence à être excrété lorsque la glycémie est supérieure à 9 mmol.L^{-1} . Il y aura donc présence de glucose dans les urines quand la glycémie dépassera cette valeur.

4) Traçons la courbe représentant le débit de glucose réabsorbé en fonction de la glycémie.



5) Définissons et trouvons la capacité maximale de réabsorption rénale du glucose.

Le glucose est entièrement réabsorbé lorsque la glycémie est inférieure à 9 mmol.L^{-1} . Au-delà, le glucose commence à être excrété dans l'urine, les capacités de réabsorption rénale étant dépassées: c'est la capacité maximale de réabsorption du glucose.

La courbe du glucose réabsorbé montre que la capacité maximale de réabsorption est égale à 2 mmol.min^{-1} .

- 6) Précisons le mécanisme selon lequel se fait le transport transmembranaire du glucose.
Le glucose est réabsorbé par un mécanisme de transport actif, c'est à dire consommateur d'énergie, dans le tube contourné proximal. Il s'agit d'un cotransport avec les ions sodium.

Exercice 2

- 1- Définissons la glycémie et rappelons sa valeur physiologique normale.

La glycémie est la concentration plasmatique en glucose. Sa valeur physiologique normale est de $5,5 \text{ mmol.L}^{-1}$ soit 1 g.L^{-1} .

- 2- Définissons la glycosurie et donnez sa valeur physiologique normale.

La glycosurie est la présence de glucose dans les urines. Sa valeur physiologique normale est nul car dans les conditions physiologiques normales, le glucose est entièrement réabsorbé par le rein et ne se retrouve pas dans les urines.

- 3- complétons sur le tableau par + ou -, les résultats de l'analyse d'urine de la femme C.

Temps en minutes	Femme A		Femme B		Femme C	
	Glycémie	Glycosurie	Glycémie	Glycosurie	Glycémie	Glycosurie (à compléter)
0	4,3	-	11,0	+	6,6	-
15	8,4	-	15,8	+	11,6	+
30	6,6	-	17,2	+	11,4	+
60	6,4	-	15,8	+	8,9	seuil +/-
120	4,9	-	14,5	+	7,2	-
180	3,9	-	13,3	+	6,6	-

NB : la glycémie est exprimée en mmol.L^{-1}

+ présence de glucose dans urines
- absence de glucose dans urines

- 4- Expliquons les résultats biologiques de ces 3 femmes.

Chez la femme A, la glycémie atteint transitoirement un maximum de $8,4 \text{ mmol.L}^{-1}$ 15 minutes après l'ingestion de glucose mais elle diminue ensuite régulièrement, montrant que la régulation de la glycémie sous l'action de l'insuline fonctionne normalement. Aucune glycosurie n'est observée. On en déduit que cette femme n'est pas diabétique. Chez la femme B, la glycémie augmente pendant la première heure jusqu'à un maximum de $17,2 \text{ mmol.L}^{-1}$ révélant un dysfonctionnement de la régulation de la glycémie. En outre, sa glycémie est telle qu'on observe une glycosurie tout au long du test. Cette femme est donc atteinte d'un diabète sucré. Chez la femme C, on constate que le test provoque une augmentation de la glycémie largement au-dessus des valeurs physiologiques ce qui se traduit par une glycosurie détectable pendant la première heure du test. Toutefois, la glycémie commence à diminuer au bout de 30 minutes montrant qu'une régulation se produit. Elle est cependant nettement moins efficace que chez la femme A ce qui peut révéler un état prédiabétique.

Exercice 3

1- Notons la concentration des constituants dans l'urine primitive (voir document 1).

Constituants	Concentration plasmatique	Concentration dans l'urine primitive	Concentration dans l'urine définitive	Quantité filtrée en mmol par 24 heures	Quantité excrétée en mmol par 24 heures
ion sodium	142 mmol.L ⁻¹	142 nmol ⁻¹	175 mmol.L ⁻¹	25260 mmol	262,5 mmol
ions ammonium	0,03 mmol.L ⁻¹	0,03 nmol ⁻¹	23 mmol.L ⁻¹	5,4 mmol	34,5 mmol
glucose	5 mmol.L ⁻¹	5 nmol ⁻¹	0 mmol.L ⁻¹	900 mmol	
protéines	72 g.L ⁻¹	0	0 g.L ⁻¹	0	0
urée	5 mmol.L ⁻¹	5 mmol ⁻¹	400 mmol.L ⁻¹	900 mmol	600 mmol
acide hippurique	0 mmol.L ⁻¹	0	2 mmol.L ⁻¹	0	3 mmol

2- Classons les divers constituants dans l'un des groupes suivants, en justifiant les réponses

- **Constituants non filtrés : protéines, acide hippurique.** Quantité filtrée : 0. Les protéines ne sont pas filtrées car elles ne passent pas le filtre glomérulaire en raison de leurs dimensions moléculaires (macro-molécules). L'acide hippurique ne peut pas être filtré car il est absent du plasma.
- **Constituants filtrés et totalement réabsorbés : glucose.** Le glucose est présent dans l'urine primitive à la même concentration que dans le plasma (filtration) mais il est absent de l'urine définitive ce qui montre qu'il est entièrement réabsorbé dans les conditions normales.
- **Constituants filtrés et partiellement réabsorbés : ions sodium, urée.** Les quantités de sodium et d'urée excrétées en 24 h sont inférieures aux quantités filtrées dans le même temps. Il y a donc réabsorption.
- **Constituants filtrés et sécrétés : ions ammonium.** La quantité excrétée en 24 h est supérieure à la quantité filtrée. Il y a donc sécrétion.
- **Constituants sécrétés : acide hippurique.** De l'acide hippurique est excrété alors qu'il est absent du plasma.

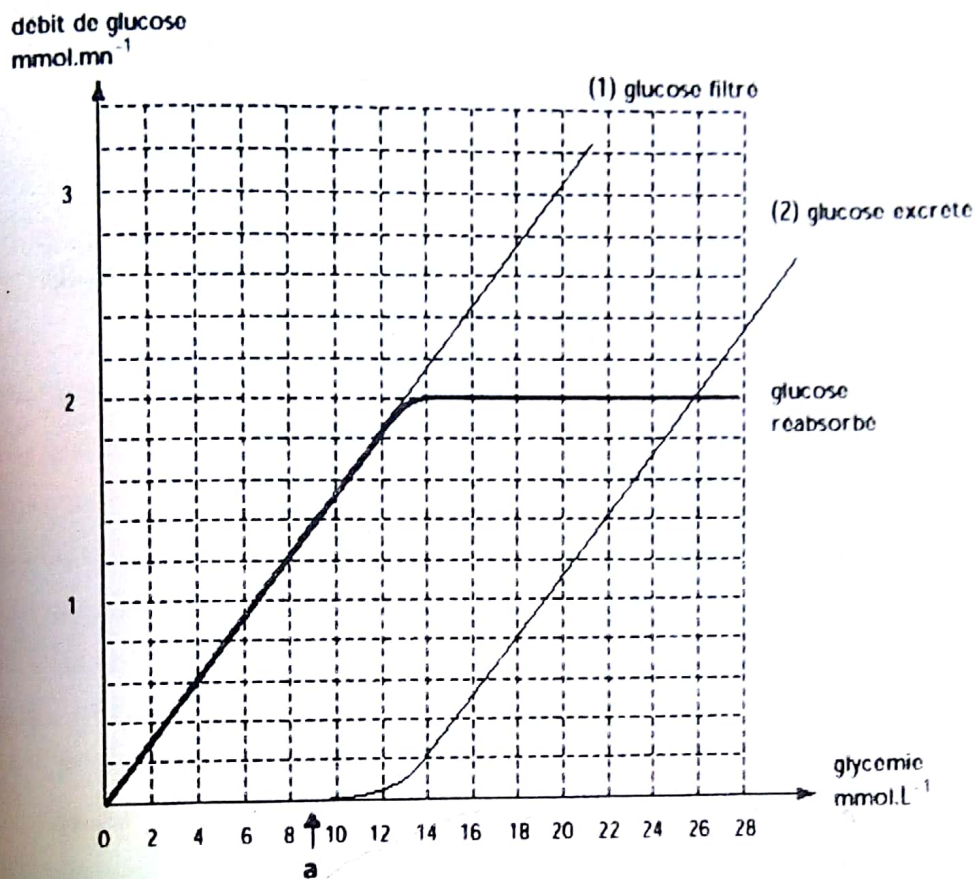
3- Calculons le volume de liquide réabsorbé

Sur 180 litres d'urine primitive qui passent quotidiennement à travers le glomérule, on ne retrouve que 1,5 litres excrétés. Il y a donc $180 - 1,5 = 178,5 \text{ L.j}^{-1}$ de liquide réabsorbé.

4- Précisons le devenir du glucose filtré :

Lorsque la glycémie est inférieure à 9 mmol.L^{-1} , tout le glucose filtré est réabsorbé et il n'y a pas de glucose excrété. Lorsque la glycémie dépasse cette valeur, la fraction du glucose filtré supérieure à 9 mmol.L^{-1} n'est pas réabsorbée et passe dans l'urine définitive.

5- Traçons la courbe de réabsorption du glucose en fonction de la glycémie



6- Expliquons le mécanisme qui entraîne une glycosurie.

Au-delà de la valeur seuil de 9 mmol.L^{-1} , les capacités de réabsorption du glucose par les tubules rénaux sont saturées. Ce qui n'est pas réabsorbé se retrouve donc dans l'urine définitive.

7- Dédulsons l'influence du rein sur la glycémie.

Le rein n'a pas d'influence sur la glycémie tant que la valeur de cette dernière ne dépasse pas 9 mmol.L^{-1} . Au-delà, du glucose est éliminé avec les urines proportionnellement à sa concentration plasmatique.

Exercice 4

1- Analysons ces expériences

L'expérience a montre que la posthypophyse est impliquée dans le contrôle de la diurèse. L'expérience b montre que la polyurie induite par l'ingestion d'eau est immédiatement freinée par l'injection d'extraits post-hypophysaires. On en déduit qu'une substance chimique, une hormone, sécrétée par la posthypophyse est capable de limiter la diurèse.

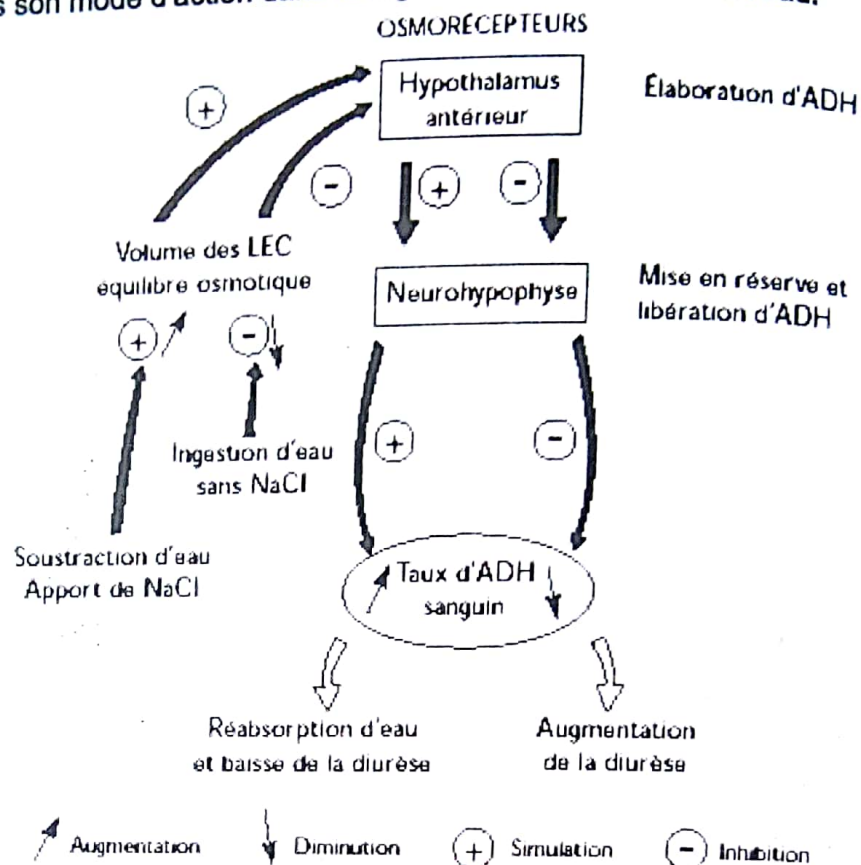
2- Indiquons le nom de la substance active contenue dans l'extrait post-hypophysaire.

La substance active est l'hormone antidiurétique (ADH) ou vasopressine.

Elle limite la diurèse en augmentant la réabsorption de l'eau par le rein.

Elle agit au niveau des néphrons sur la perméabilité à l'eau des tubes collecteurs.

3- Décrivons son mode d'action dans la régulation de l'excrétion de l'eau.



Intervention de l'ADH dans la régulation de l'eau

4- Analysons les résultats, relatifs aux ions sodium, présentés dans ce tableau.

On constate chez les animaux privés de glandes surrénales une diminution de la concentration en ions sodium dans le plasma et une augmentation dans l'urine. On en déduit que la glande surrénale intervient dans la réabsorption des ions sodium en la stimulant puisque les animaux opérés perdent davantage de sodium dans les urines (hypernatrurie) et se retrouvent en hyponatrémie.

5- Précisez le nom et le rôle de l'hormone corticosurrénalienne qui intervient.

L'hormone corticosurrénalienne qui intervient dans l'excrétion urinaire des ions sodium est l'aldostérone. Elle favorise la réabsorption des ions sodium par les tubules rénaux.

6- Expliquons les variations observées des pH plasmatique et urinaire.

Le couplage du transport des ions H^+ et Na^+ conduit à une augmentation de la sécrétion de protons dans l'urine, donc à une baisse du pH urinaire lorsque la réabsorption du sodium augmente. Inversement, chez l'animal surrénal ectomisé, la baisse de réabsorption du sodium conduit à une baisse de la concentration en protons qui correspond à l'augmentation du pH urinaire de 5 à 6. En outre, moins de protons étant éliminés dans l'urine, le plasma en élimine moins ce qui explique la baisse du pH plasmatique chez les animaux opérés de 7,35 à 7,2.

Exercice 5**1. Analyse du graphe.**

- Avant l'absorption d'eau de 1700 cm^3 , la quantité d'urine est constante sensiblement égale à 50 cm^3 .
- 30 minutes après l'absorption d'eau, la quantité d'urine augmente de 50 cm^3 pour atteindre 400 cm^3 1 h 30 après l'absorption d'eau.
- Cette quantité décroît par la suite légèrement pour atteindre 300 cm^3 2 h de temps après.

2. Interprétation.

L'augmentation du débit urinaire s'explique par le fait que l'ingestion d'eau (1700 cm^3) a augmenté la volémie ce qui a entraîné la baisse de la pression osmotique. Grâce à l'ADH produite, la réabsorption de l'eau devient faible pour que l'excès d'eau soit éliminé sous forme d'urine.

Exercice 6**1) Analyse des résultats.**

Après un repas normal ou riche en sel, on constate que la quantité d'eau augmente.

Après un repas désodé (dépourvu de sel), la quantité d'urine baisse.

2) Déduisons le rôle des reins vis-à-vis du chlorure de sodium.

Les reins assurent la régulation de l'excrétion du chlorure de sodium.

3) Conclusion.

- L'ablation (suppression) du rein provoque une intense élimination du sodium dans les urines.
- La régulation de l'excrétion du sodium est sous la dépendance d'une hormone produite par les corticosurrénales.

COMMENT LE CŒUR FONCTIONNE T-IL ?

RAPPEL DE COURS

I. LE CŒUR FONCTIONNE T- IL DE MANIERE AUTOMATIQUE ?

A- Mise en évidence

1. Expérience et résultat

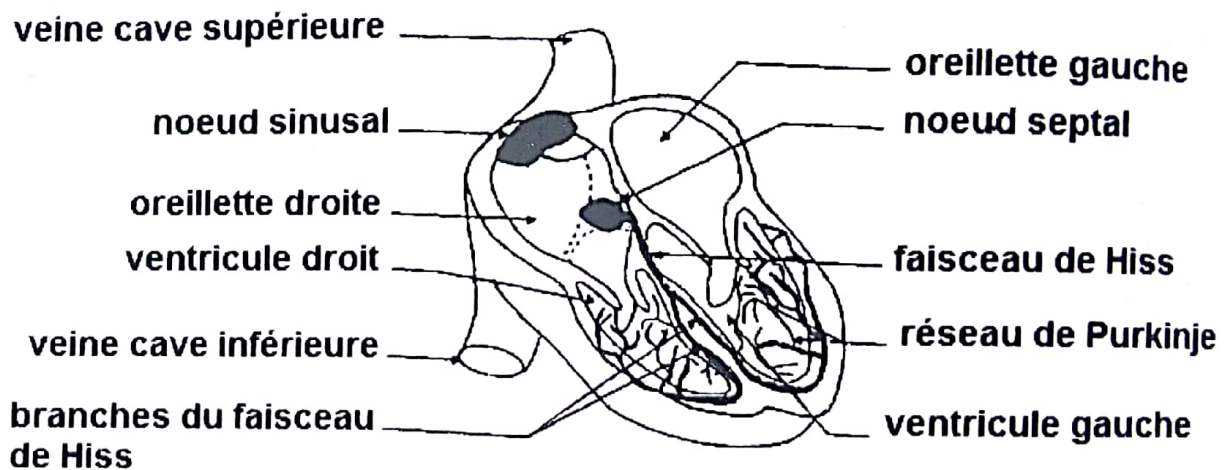
Chez une grenouille décérébrée et démyélinisée, on constate que le cœur continue de battre pendant des heures.

2. Conclusions

Le cœur fonctionne de façon automatique: c'est l'automatisme cardiaque

B- Localisation du siège de l'automatisme cardiaque

1. La structure du cœur



STRUCTURE GENERALE DU COEUR DE MAMMIFERE

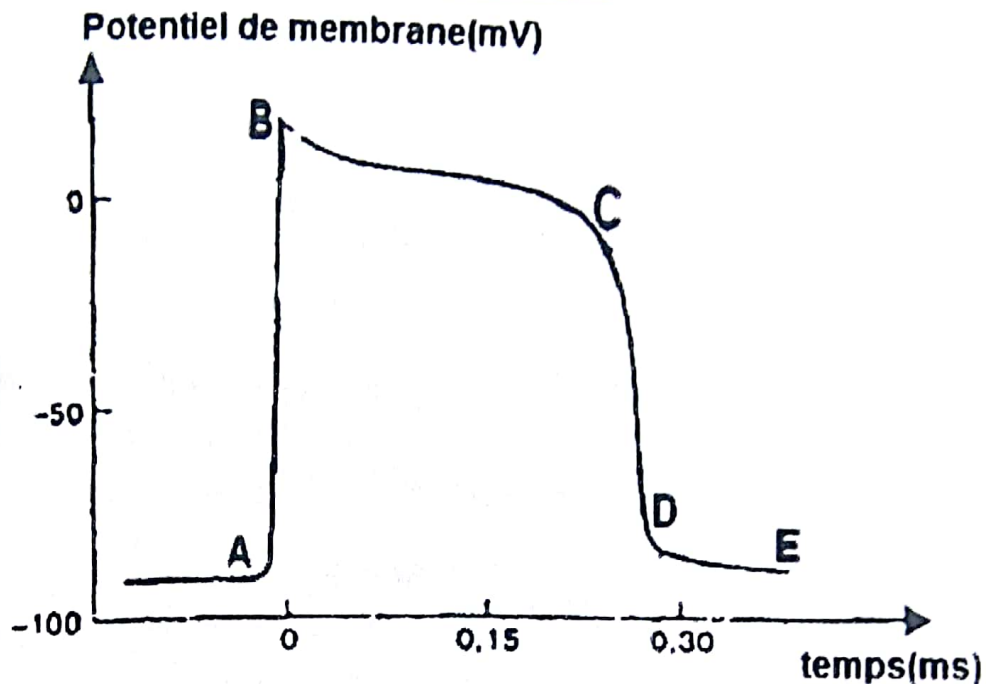
Le cœur est constitué de deux tissus intimement liés ce sont :

- le muscle cardiaque ou myocarde ;
- le tissu nodal qui est formé par :
 - ❖ le nœud sinusal ;
 - ❖ le nœud septal qui se prolonge par le faisceau de HIS et se divise en deux branches ramifiées dans la paroi de chaque ventricule (réseau de Purkinje).

Le tissu nodal est le siège de l'automatisme cardiaque chez les mammifères.

Le nœud sinusal impose son rythme à l'ensemble du myocarde. C'est donc l'entraîneur ou pace maker du cœur.

2. Le PA de la fibre musculaire cardiaque



PA D'UNE CELLULE MUSCULAIRE VENTRICULAIRE

Le PA s'analyse de la manière suivante :

- AB : phase de dépolarisation brutale
- BC : plateau
- CD : phase de repolarisation
- DE : retour à l'état initial

Remarque :

L'activité électrique(P.A) coïncide avec l'activité mécanique (secousse musculaire).

C'est pourquoi le cœur ne peut jamais se tétaniser.

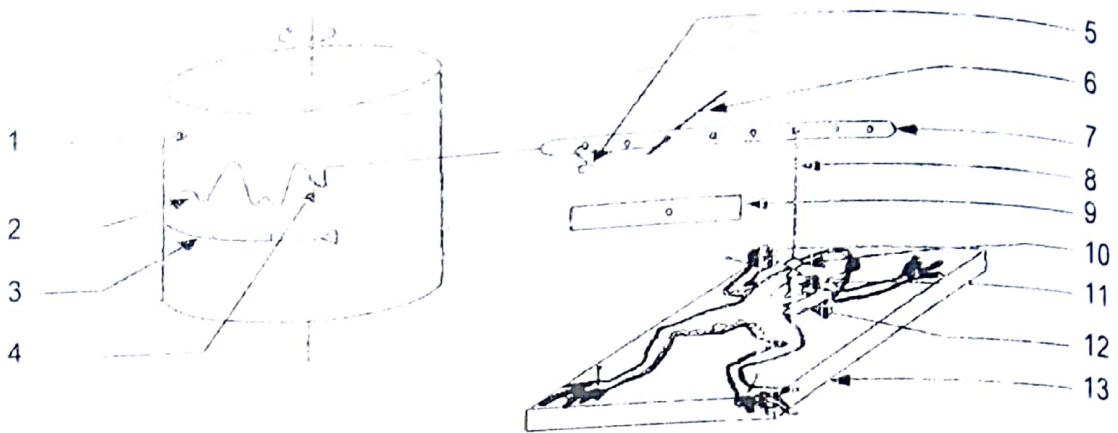
3. Interprétation Ionique du PA cardiaque.

Au repos, la membrane est beaucoup plus perméable aux ions K^+ .

- AB (brutale dépolarisation) ; la brutale dépolarisation est due à l'ouverture des canaux sodiques et à une entrée massive des ions Na^+ . Au même moment, la perméabilité aux ions K^+ diminuent en raison de la fermeture des canaux potassiques.
- BC (plateau) : cette phase est due à une entrée lente des ions Ca^{2+} et Na^+ .
- CD (repolarisation) : elle due à une sortie d'ions K^+ .
- DE (retour à l'état initial) : il est assuré par la pompe ionique Na^+/K^+ . Cette pompe va rétablir le déséquilibre ionique de départ en utilisant de l'énergie provenant de l'hydrolyse de l'A.T.P.

C- Enregistrement de l'activité cardiaque chez la grenouille

1. Dispositif expérimental

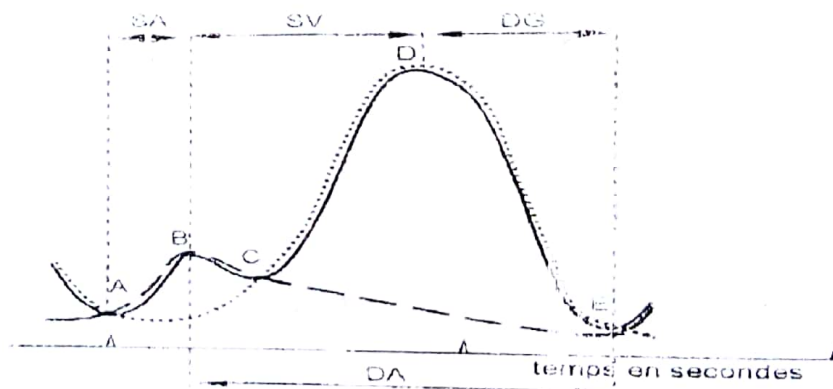


UN CARDIOGRAPHE

1- Cylindre enregistreur ; 2- Cardiogramme ; 3- Tracé du temps ; 4- Stylet inscripteur ;
5- Contre poids ; 6- Axe de rotation ; 7- Balancier ; 8- Fil ; 9- Signal du temps ; 10- Pince ;
11- Cœur ; 12- Grenouille ; 13- Planche

Ce dispositif appelé cardiographe permet d'enregistrer la courbe appelée cardiogramme.

2. Analyse des enregistrements

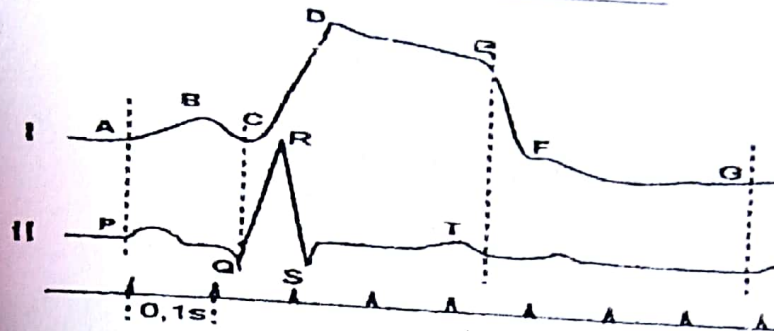


CARDIOGRAMME DE GRENOUILLE

- AB : systole auriculaire (SA) ;
- BC : diastole auriculaire (DA) ;
- CD : systole ventriculaire (SV) ;
- DE : diastole ventriculaire (DV) ou diastole générale (DG).

Remarque :

Une révolution cardiaque correspond à une activité des oreillettes plus une activité des ventricules.

D- Enregistrement de l'activité cardiaque chez l'hommeCARDIOGRAMME EXTERNE (I) ET ELECTROCARDIOGRAMME (II) HUMAINS1) Analyse

- La courbe I est un cardiogramme externe humain et elle comporte :
 - AB : systole auriculaire ;
 - BCD : systole ventriculaire qui se fait en 2 temps (BC : début de la systole ventriculaire et CD : plateau systolique) ;
 - DEF : diastole générale qui se fait en deux temps (DE : début de la diastole et EF : repos complet du cœur).
- La courbe II est l'électrocardiogramme humain (ECG).
L'ECG montre trois types ondes :
 - Onde P ;
 - Complexe QRS ;
 - Onde T.

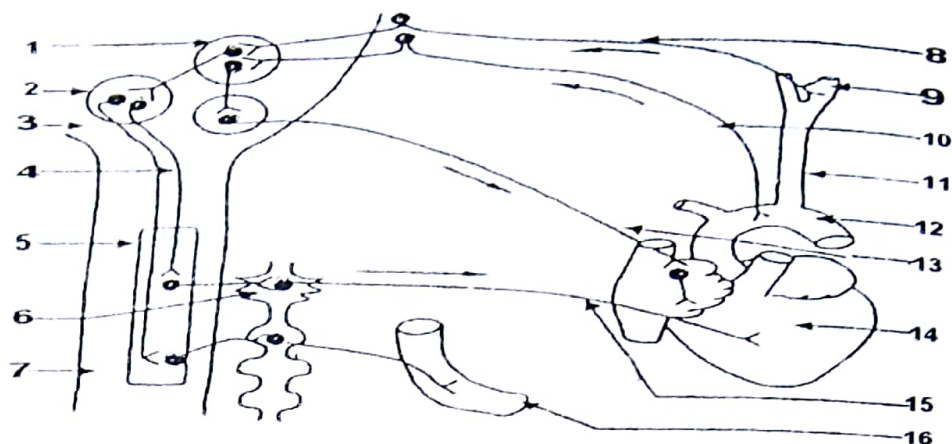
2) Interprétation

- L'onde P : dépolarisation des oreillettes.
- Le complexe QRS : dépolarisation des ventricules.
- L'onde T : repolarisation des ventricules.

II. LE SYSTEME NERVEUX INTERVIENT-IL DANS LE FONCTIONNEMENT DU CŒUR ?A- Action du système nerveux

- Le nerf parasympathique ou nerf vague ou nerf X ou pneumogastrique a une action modératrice sur le cœur.
- Le nerf sympathique ou orthosympathique a une action accélératrice sur le cœur.
- Le bulbe rachidien renferme le centre cardio-modérateur.
- La moelle épinière renferme le centre cardio accélérateur
- Les nerfs sino aortiques (HERING et CYON) ont une action modératrice sur le cœur par l'intermédiaire du centre cardio-modérateur.

B- Mode d'action du système nerveux végétatif sur le nerf

**INNERVATION DU CŒUR ET DES GROSSES ARTÈRES**

1- Zone sensitive ; 2- Zone cardio vasculaire ; 3- Bulbe rachidien ; 4- Neurone de liaison ;
 5- Centre cardio-accélérateur ; 6- Ganglion étoilé ; 7- Moelle épinière ; 8- Nerf de Herring ;
 9- Sinus carotidien ; 10- Nerf de cyon ; 11- Carotide primitive ; 12- Crosse aortique ;
 13- Nerf parasympathique ; 14- cœur ; 15- nerf orthosympathique ; 16- vaisseau sanguin

1) Cas d'une tachycardie

En cas d'augmentation de l'activité cardiaque (tachycardie), il naît un influx accélérateur (PA) au niveau des mécanorécepteurs ou barorécepteurs. Ces PA vont parcourir les nerfs de Hering et de cyon pour atteindre la zone sensitive située dans le bulbe rachidien.

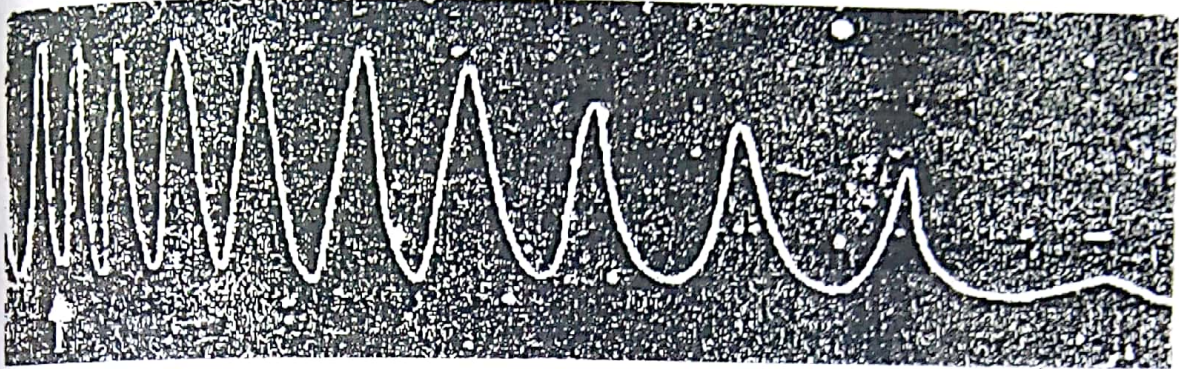
Une fois dans cette zone, l'influx nerveux est transmis au centre cardio-vasculaire qui sera inhibé (freiné) et va stimuler le centre modérateur. Celui-ci transmet un influx modérateur au cœur par l'intermédiaire des fibres motrices du nerf parasympathique. On constate alors la diminution de l'activité cardiaque ou bradycardie.

2) Cas d'une bradycardie

En cas d'une diminution de l'activité cardiaque (bradycardie) il naît un influx modérateur (PA) au niveau des mécanorécepteurs. Ces PA vont parcourir les nerfs de Hering et de cyon pour atteindre la zone sensitive située dans le bulbe rachidien. Une fois dans cette zone, l'influx est transmis au centre cardio-modérateur qui sera inhibé et va stimuler le centre cardio-vasculaire qui à son tour stimulera le centre cardio-accélérateur. Celui-ci transmet des influx accélérateurs au cœur par l'intermédiaire des nerfs orthosympathiques passant par le ganglion étoilé. On constate alors une augmentation du rythme cardiaque ou tachycardie.

III. CERTAINES SUBSTANCES INFLUENCENT-ELLES LE FONCTIONNEMENT DU CŒUR ?

1) Effets de l'acétylcholine (ach) sur le cœur

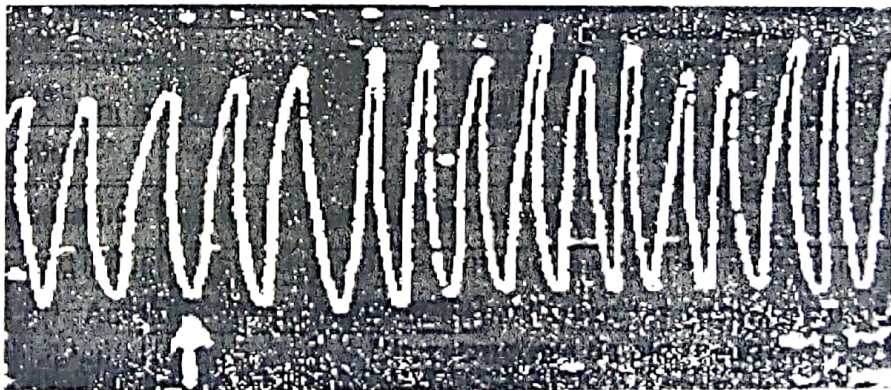


EFFET DEL'INJECTION DE L'ACH SUR LE CŒUR DE TORTUE

Lorsqu'on perfuse le cœur de tortue avec de l'ach on constate quelques instants plus tard :

- un ralentissement du rythme cardiaque ;
- une diminution de l'amplitude des contractions ;
- un arrêt du cœur en diastole.

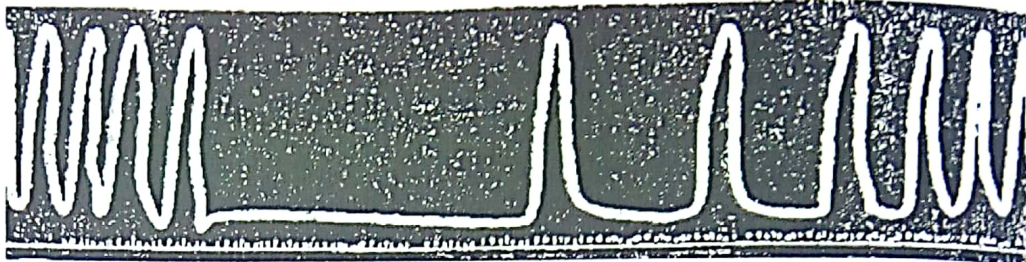
2) Effets de l'adrénaline (adr) sur le cœur



EFFET DEL'INJECTION DE L'ADR SUR LE CŒUR DE TORTUE

La perfusion d'un cœur de tortue avec de l'adr entraîne :

- une accélération du rythme cardiaque ;
- une augmentation de l'amplitude des contractions.

3) Effets de la stimulation prolongée du système parasympathique**EFFET DE L'EXCITATION PROLONGÉE DU NERF VAGUE SUR LE CŒUR DE TORTUE**

Lorsqu'on stimule le nerf vague de façon prolongée on constate quelques instants plus tard :

- un ralentissement du rythme cardiaque ;
- une diminution de l'amplitude des contractions ;
- un arrêt du cœur en diastole suivi du **phénomène d'échappement**.

Les fibres parasympathiques libèrent de l'ach lorsqu'elles sont stimulées. L'ach est donc le médiateur chimique du système parasympathique.

Remarque : explication du phénomène d'échappement :

Le phénomène d'échappement observé lors de l'excitation du nerf parasympathique ou pneumogastrique est en fait une reprise des activités cardiaques malgré la poursuite de la stimulation (le cœur se soustrait à l'effet du parasympathique). Ce phénomène s'explique par l'hydrolyse ou la destruction de l'ACH par une enzyme appelée acétylcholinestérase.

Ainsi, l'ACH est dégagée des sites cholinergiques d'où la reprise des contractions cardiaques et cette hydrolyse se fait malgré la poursuite de l'excitation du nerf pneumogastrique.

4) Effets de la stimulation prolongée du système orthosympathique

Lorsqu'on stimule le nerf orthosympathique de façon prolongée on constate immédiatement :

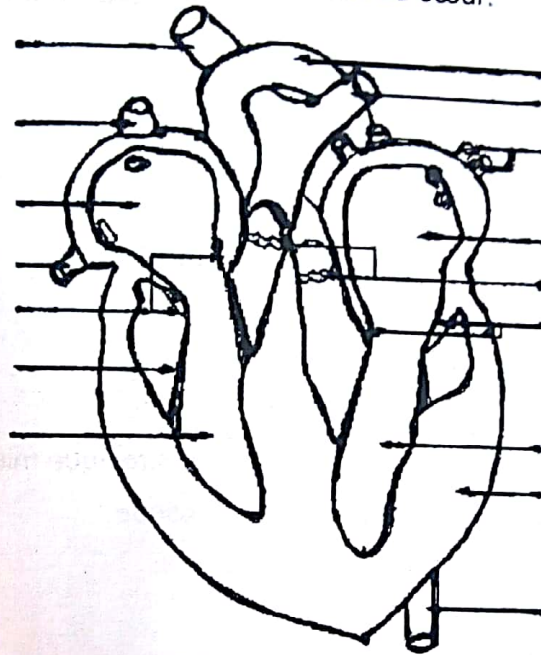
- une accélération du rythme cardiaque ;
- une augmentation de l'amplitude des contractions ;
- absence de phénomène d'échappement.

Les fibres orthosympathiques ou sympathiques libèrent une substance voisine de l'adr (la noradrénaline) lorsqu'elles sont stimulées.

EXERCICES RESOLUS

Exercice 1

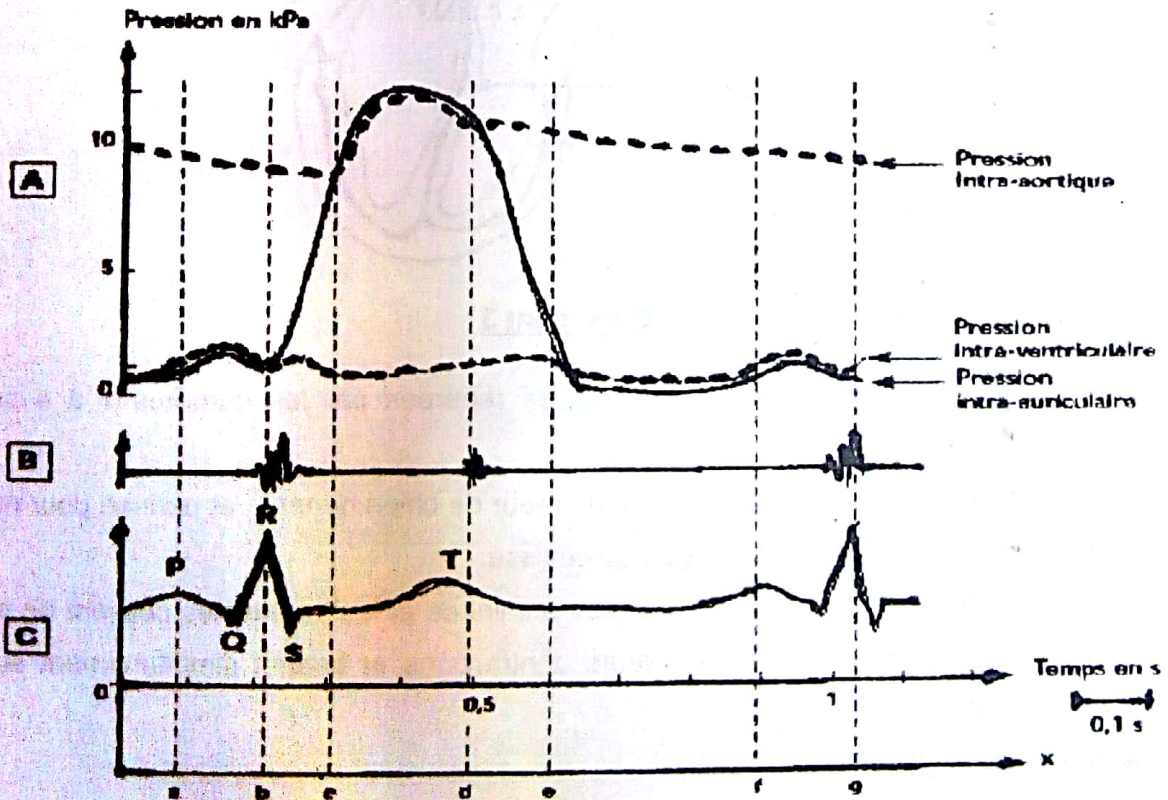
Le document 1 ci-dessous présente la coupe frontale du cœur.



Document 1

1- Annotez le document 1.

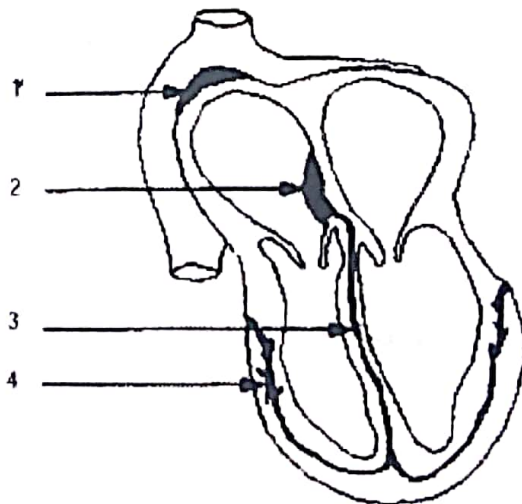
L'activité cardiaque a été mise en évidence par des enregistrements notés A, B et C sur le document 2. Le cœur fonctionne selon une succession de cycles.



Document 2

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

- 2- Précisez les limites d'un cycle en utilisant les lettres portées sur l'axe x, puis définir et calculer la fréquence cardiaque.
- 3- Précisez sur la copie pour l'enregistrement A, les événements se déroulant aux repères b, c, d et e.
- 4- Analysez le tracé de la courbe C du document 2 en précisant à quel événement correspond chaque onde.
Un cœur de mammifère (chien) bat normalement selon un rythme de 80-90 battements par minute. Si l'on isole ce cœur en supprimant toute les connexions nerveuses, mais en le perfusant avec du liquide physiologique à 38°C, ce cœur continue à battre mais à un rythme de 135-150 battements par minute.
- 5- a/ Analysez l'expérience.
b/ Précisez la caractéristique du fonctionnement cardiaque mise en évidence.
- 6- Nommez le tissu responsable de cette caractéristique.
Ce tissu est localisé sur le schéma du document 3.



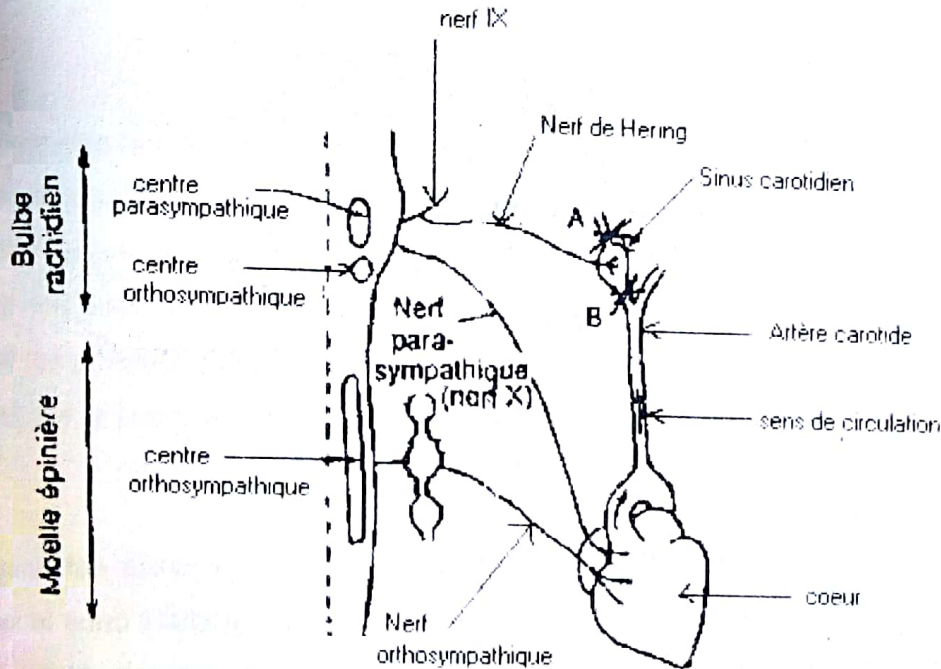
Document 3

- 7- Indiquez sur la copie, les noms des parties repérées par les numéros 1 à 4 sur le document 3.
Une autre expérience a été réalisée sur un cœur de chien dénervé et perfusé pour mettre en évidence une autre caractéristique de ce tissu.
On détruit l'élément 1 du document 3. Les oreillettes et les ventricules cessent de battre puis les quatre cavités reprennent leurs contractions et battent simultanément sur un rythme ralenti.
- 8- a/ Analysez l'expérience présentée.
b/ Que peut-on en déduire.

Exercice 2

Le document 1 précise les relations qui existent entre le cœur, les vaisseaux sanguins et les systèmes para et orthosympathiques. Sur un chien endormi, on place une ligature en aval (A) du sinus carotidien, son cœur ralentit. Si on place cette ligature en amont (B) son cœur accélère. Chez ce même chien, on place des électrodes réceptrices sur une fibre du nerf de Hering. Cela permet d'enregistrer une activité électrique du nerf, quand, en comprimant plus ou moins sa carotide en B ou en A, on fait varier la pression artérielle dans le sinus entre 0 et 200 mm de mercure. On obtient les résultats du document 2.

- 1) Analysez les résultats du document 2
- 2) Précisez la cause de la variation de l'activité cardiaque (documents 1 et 2 à l'appui).
- 3) Précisez la nature du nerf de Hering. Justifier votre réponse.



Document 1

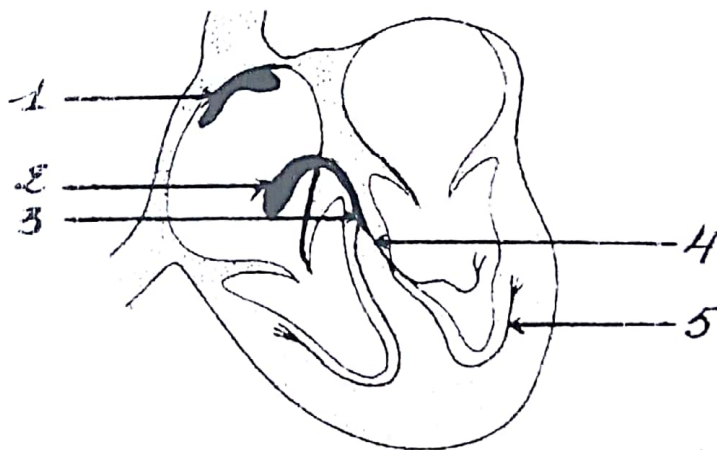
Pression dans le sinus en mm de mercure	Fréquence des potentiels d'action (nombre par seconde)
0	0
40	15
80	20
140	31
200	40

Document 2

Exercice 3

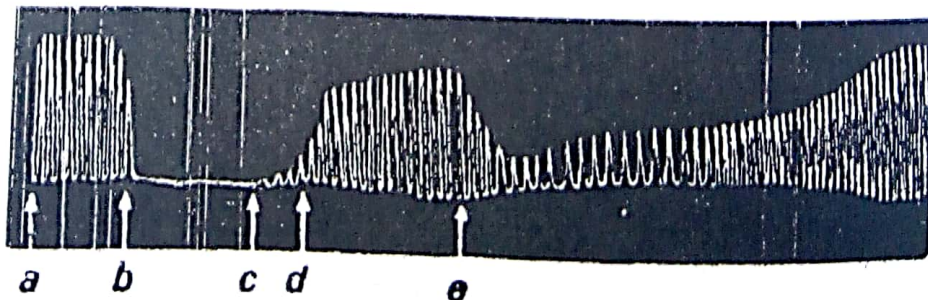
I. On isole le cœur d'un mammifère et on le perfuse à l'aide d'un sérum glucosé, bien oxygéné et maintenu à la température corporelle. On constate alors que le cœur continue de battre.

1. Nommez cette particularité physiologique du cœur mise en évidence.
2. Le fonctionnement du cœur met en jeu deux phénomènes : les phénomènes électriques et mécaniques.
Précisez les éléments du cœur qui assurent les phénomènes électriques et ceux qui assurent les phénomènes mécaniques.
3. Annotez le document en considérant les chiffres portés sur le schéma.
4. Légendez-le.



II. On travaille sur une grenouille démyélinisée et décérébrée. Le cœur est laissé en place, mais les principaux vaisseaux sont ligaturés. Une canule est introduite dans le ventricule par l'intermédiaire du bulbe aortique sur le quel on la fixe. On procède alors à différentes expériences, en même temps l'on enregistre le rythme cardiaque sur un cylindre enregistreur tournant à très faible vitesse.

Le tracé obtenu du document correspondant à cet enregistrement graphique ; les lettres a, b, c, d, e marquent les débuts des phases expérimentales suivantes :



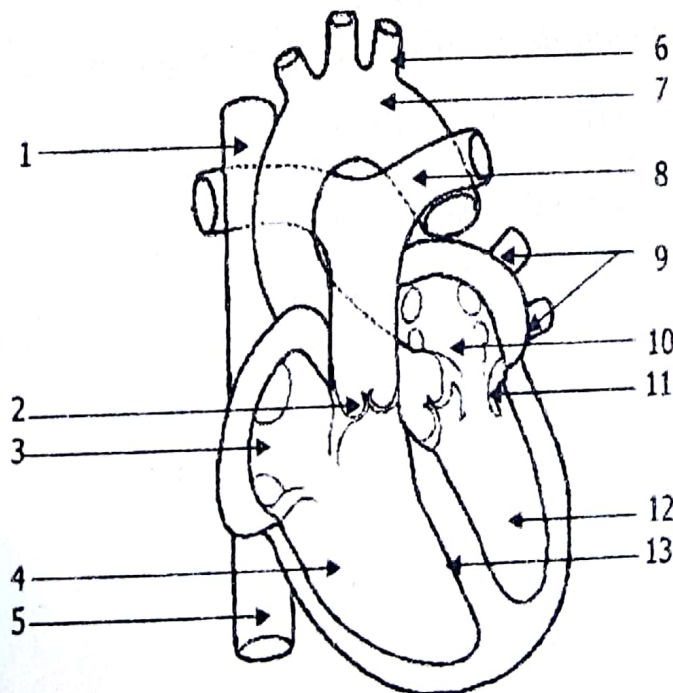
Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

- b. Après plusieurs lavages destinés à éliminer le sang, la canule est remplie d'un liquide physiologique appelé liquide de Ringer qu'on fait pénétrer dans le cœur et que brassent les systoles ventriculaires.
 - c. Excitation du nerf pneumogastrique pendant quelques minutes.
 - d. Après arrêt de l'excitation, prélèvement du liquide de Ringer contenu dans la canule et le ventricule. Ce liquide est conservé et remplacé par du Ringer neuf.
 - e. Lavages répétés de la canule et du ventricule avec du liquide de Ringer.
 - f. Le liquide prélevé en c est réintroduit dans le cœur.
5. Analysez les réactions du cœur lors des différentes opérations précédemment citées (a, b, c, d et e).
 6. Expliquez le résultat obtenu en e.

Exercice 4

Le cœur possède en lui-même les éléments de son fonctionnement puisque, séparé de l'organisme, il constitue de battre. Ce fonctionnement met en jeu deux grands phénomènes : les phénomènes mécaniques et électriques.

- 1) Indiquez les éléments du cœur qui assurent les phénomènes mécaniques et ceux qui assurent les phénomènes électriques.
- 2) Reportez sur la copie les annotations correspondantes aux chiffres.

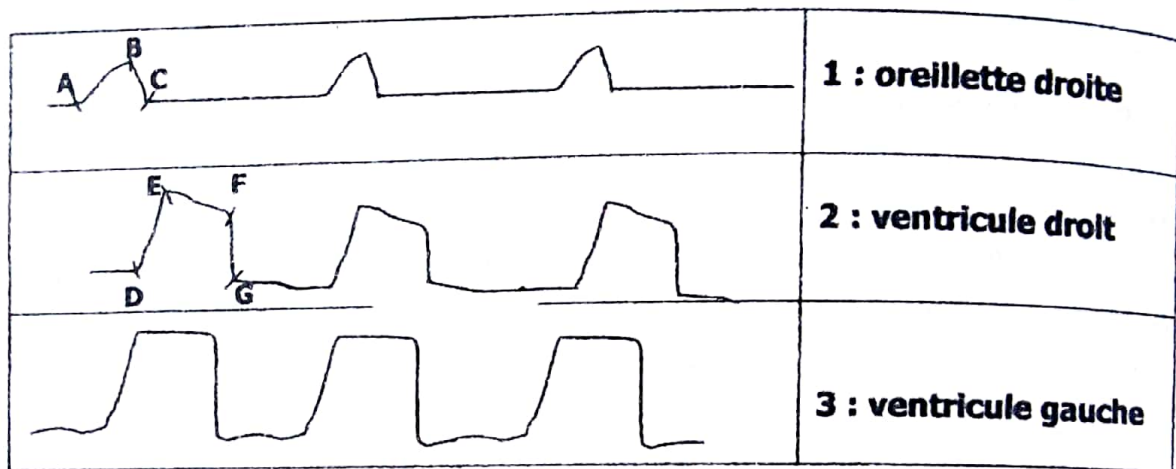


Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

3) On peut enregistrer les variations de pression à l'intérieur des cavités cardiaques, variation de pressions qui sont les témoins fidèles des variations des mouvements des parois du cœur. Les cavités sont explorées à l'aide des sondes intracardiaques que l'on fait pénétrer dans le cœur par des vaisseaux :

- la première sonde est introduite dans l'oreillette droite par la veine cave supérieure ;
- la deuxième sonde est introduite dans le ventricule droit par la veine jugulaire droite ;
- la troisième sonde est introduite dans le ventricule gauche par la carotide primitive droite.

Cette méthode permet d'enregistrer les résultats suivants :



- a. Analysez et interprétez les cardiogrammes 1 et 2, les portions des courbes comprises entre les lettres qui y sont marquées.
- b. Les mesures de durée effectuées sur un cardiogramme humain donnent les résultats suivants :
- temps de la systole auriculaire = $1/10^{\text{ème}}$ de seconde ;
 - temps de la systole ventriculaire = $3/10^{\text{ème}}$ de seconde ;
 - temps de la diastole générale = $4/10^{\text{ème}}$ de seconde.
- b-1. Trouvez respectivement la durée de la diastole auriculaire et ventriculaire.
- b-2. Indiquez une remarque à partir de ces résultats.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1**

On s'intéresse au mécanisme à la variation de l'activité cardiaque. L'hypothèse retenue est la suivante : les systèmes nerveux parasympathiques et orthosympathiques déterminent cette variation. Pour tester une telle hypothèse, on mesure les variations de la fréquence cardiaque en fonction de la puissance de l'exercice musculaire (représentée ici par le pourcentage de la consommation maximale de dioxygène VO_2 max) dans différentes conditions, ce que montre le tableau ci-dessous :

	% VO_2 max consommé					Fréquence cardiaque (coups/mn)
	AU REPOS	EN ACTIVITE				
	10%	25%	50%	75%	100%	
<u>Sujet a</u> : est normal	50	75	125	160	200	
<u>Sujet b</u> : dont le système parasympathique est inhibé	100	125	145	175	200	
<u>Sujet c</u> : dont le système orthosympathique est inhibé	50	75	100	125	150	
<u>Sujet d</u> : dont les systèmes para et orthosympathique sont inhibés	85	100	120	132	150	

- Comparez les résultats en a et b, puis en a et c.
En déduire quel phénomène assure la régulation de l'activité cardiaque.
- Comparez les résultats en a et d. L'hypothèse de la seule intervention nerveuse paraît-elle acceptable ? Justifiez votre réponse.

Exercice 2

A- La paroi d'un cœur de mammifère est découpée en morceaux qui, maintenues dans des conditions de survie normales, continuent à battre : par exemple un lambeau d'oreillette se contracte 150 fois par minute.

1) On étudie l'activité électrique des cellules de ce lambeau d'oreillette à l'aide de microélectrodes réceptrices reliées à l'oscilloscope. On explore systématiquement toutes les cellules du fragment cardiaque en plaçant une microélectrode à la surface d'une cellule et en enfonçant l'autre à l'intérieur (temps 0).

On obtient exclusivement les enregistrements des figures 1 et 2.

Soit x les cellules correspondant à l'enregistrement de la figure 1 (ce sont les plus nombreuses) et y les cellules correspondant à l'enregistrement de la figure 2.

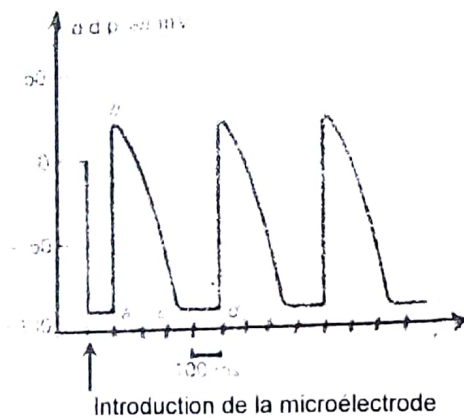


Figure 1 : cellules x

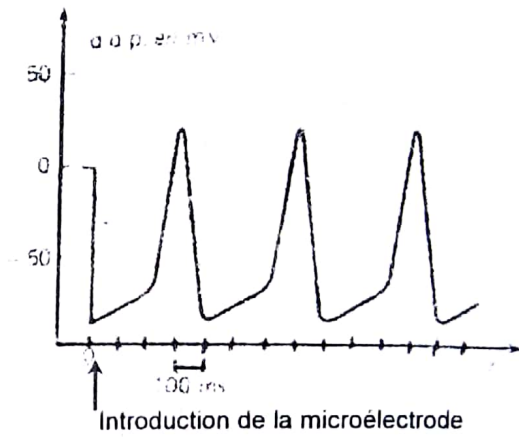
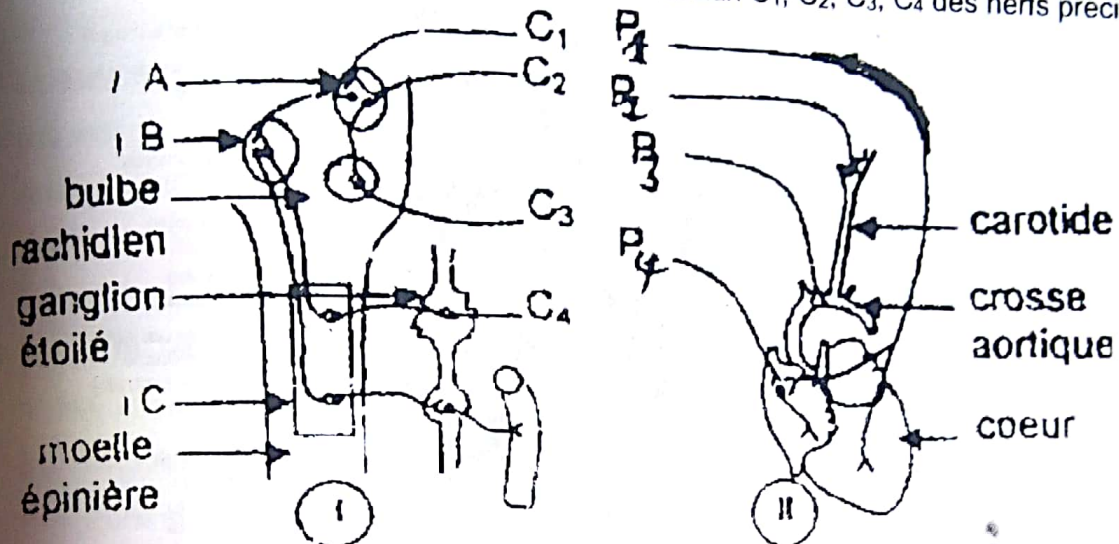


Figure 2 : cellules y

- A quoi correspond la d.d.p de -90 millivolts observé au moment de l'introduction de la microélectrode dans la cellule x et y ?
- Analysez le graphique a, b, c et d puis l'ensemble de la courbe.
- Comparez brièvement le graphique obtenu à celui de la figure 1.
- Quel enregistrement obtiendrait-on en remplaçant les cellules de ce lambeau d'oreillette par des cellules d'un fragment de muscle squelettique ? Au vu de ces résultats, quelle remarque importante peut-on formuler sur l'activité des cellules cardiaques ?

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

B- Le schéma ci-dessous représente un cœur vivant de chien avec les artères aorte et carotide ainsi que les bouts périphériques de quatre nerfs cardio-régulateurs : P₁, P₂, P₃, P₄. La partie I représente la moelle épinière et le bulbe rachidien du chien ainsi que les centres cardio-régulateurs A, B, C et les bouts centraux C₁, C₂, C₃, C₄ des nerfs précités.



- 1) Nommez les centres cardio-régulateurs A, B, C.
- 2) Déterminez le bout périphérique de chacun des bouts centraux C₁, C₂, C₃, C₄.
- 3) Nommez alors chaque nerf.

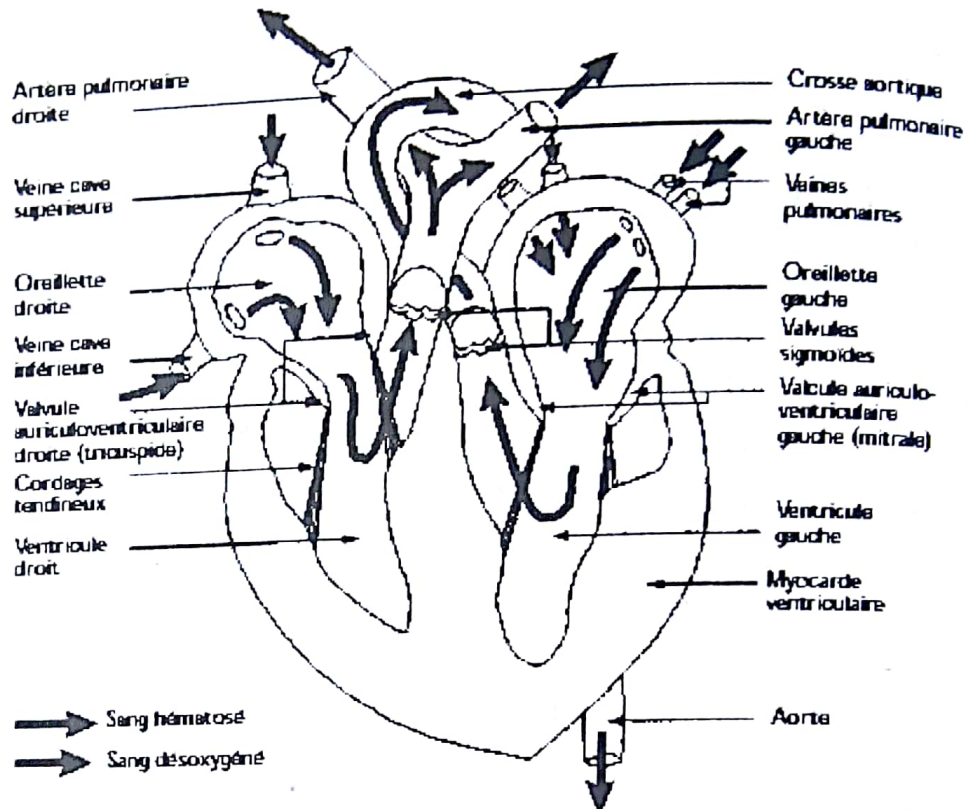
On considère que le cœur continue de battre et que toute son innervation est sectionnée. On excite alors chacun du bout périphérique. Les résultats sont consignés dans le tableau du ci-dessous :

EXCITATIONS	RESULTATS
P ₁	Légère tachycardie
P ₂	Pas de variation du rythme cardiaque
P ₃	Pas de variation du rythme cardiaque
P ₄	Bradycardie

- 4) a) Déduisez après avoir justifié la caractéristique de chaque nerf dans son action sur le rythme cardiaque.
- b) Déterminez les nerfs sensitifs justifiez votre réponse.

Exercice 1

1- Annotons le document 1.

Document 1. Coupe frontale du cœur

2- Précisons les limites d'un cycle puis définissons et calculons la fréquence cardiaque.

Un cycle cardiaque correspond à l'intervalle a - e. La fréquence cardiaque est le nombre de cycles cardiaques par minute. Comme ici un cycle cardiaque dure 8/10 s, la fréquence est : $60/0,8 = 75$ cycles par minute.

3- Précisons les événements se déroulant aux repères b, c, d et e

Au repère b, c'est le début de la systole ventriculaire et la fermeture des valvules auriculo-ventriculaires. Au repère c, c'est l'ouverture des valvules sigmoïdes et le début de l'éjection ventriculaire. Au repère d, c'est le début de la relaxation ventriculaire et la fermeture des valvules sigmoïdes. Au repère e, c'est l'ouverture des valvules auriculo-ventriculaires.

4- Analysons le tracé de la courbe C du document 2.

Le tracé C montre l'électrocardiogramme (ECG), enregistrement de l'activité électrique globale du cœur. L'ECG présente une succession rythmique d'ondes. L'onde P correspond à la dépolarisation auriculaire à l'origine de la contraction du myocarde auriculaire. Le complexe QRS correspond à la dépolarisation ventriculaire à l'origine de la systole ventriculaire. L'onde T correspond à la repolarisation ventriculaire qui accompagne la relaxation du myocarde ventriculaire.

5- a/ Analysons l'expérience

Lorsque le cœur est dénervé, sa fréquence de contractions passe de 80-90 battements par minute à 135-150 battements minutes. On en déduit que le système nerveux cardiaque a un rôle globalement cardiomodérateur en temps normal.

b/ Précisons la caractéristique du fonctionnement cardiaque mise en évidence.

La caractéristique mise en évidence est l'automatisme cardiaque. Même lorsqu'il n'est pas innervé, le cœur bat spontanément. Sa fréquence normale de contraction chez le chien est 130-150 battements par minute.

6- Nommons le tissu responsable de cette caractéristique.

Le tissu responsable de l'automatisme cardiaque est le tissu nodal.

7- Indiquons, les noms des parties repérées par les numéros 1 à 4 sur le document 3

1 : Nœud sinusal (nœud de Keith et Flack). 2 : Nœud septal (nœud d'Aschoff Tawara).

3 : Faisceau de His.

4 : Réseau de Purkinje.

8- Analysons et interprétons l'expérience présentée

L'arrêt des contractions à la suite de la destruction du nœud sinusal montre que ce dernier est à l'origine des contractions physiologiques (pace maker). Cependant, la reprise des contractions montre que le reste du tissu nodal est encore capable d'une activité spontanée permettant la contraction des quatre cavités. Toutefois, si le rythme est ralenti c'est que le nœud septal qui va entraîner les contractions du myocarde à la place du nœud sinusal a une activité spontanée de fréquence plus faible que celle de ce dernier. Dans les conditions physiologiques, la fréquence de décharge plus élevée du nœud sinusal impose son rythme à l'ensemble du myocarde.

Exercice 2

1) Analysons les résultats du document 2

L'augmentation de la pression dans le sinus provoque une augmentation de la fréquence des potentiels d'action.

2) Précisons la cause de la variation de l'activité cardiaque.

L'élévation de la pression dans le sinus stimule les barorécepteurs d'où la naissance de potentiels d'action qui cheminent par le nerf de Hering et créent au niveau bulbaire une stimulation du centre cardio-modérateur et une inhibition du centre cardio-accélérateur. Ainsi, par l'intermédiaire du nerf parasympathique (nerf X), le cœur est ainsi freiné. Une baisse de la pression artérielle dans le sinus diminue l'activité électrique du Hering ; ce qui inhibe le centre parasympathique et libère le centre orthosympathique d'où une accélération du cœur.

3) Précisons en justifiant notre réponse, la nature du nerf de Hering.

Le nerf de Hering est un nerf afférent car conduisant l'influx vers le centre nerveux.

Exercice 3

I.

1. Nom de la particularité physiologique du cœur mise en évidence.

C'est l'automatisme cardiaque.

2. Les éléments du cœur qui assurent les phénomènes électriques et mécaniques.

- Phénomènes électriques : le Tissu nodal ;
- Phénomènes mécaniques: le Myocarde (Muscle cardiaque).

3. Annotation du document en considérant les chiffres portés sur le schéma.

- 1- nœud sinusal 2- nœud septal
 3- faisceau de His 4- branche du faisceau de His
 5- réseau de Purkinge

4. Légende du schéma.

COUPE LONGITUDINALE DU CŒUR DE MAMMIFERE MONTRANT LE TISSU NODAL

II.

5. Analyse des réactions du cœur lors des différentes opérations a, b, c, d et e.

- a. Lorsqu'on perfuse le cœur avec la solution de Ringer, on ne constate aucun effet sur le rythme cardiaque (rythme cardiaque normal).
- b. L'excitation du pneumogastrique provoque une diminution immédiate de l'amplitude des contractions cardiaques et un arrêt du cœur en diastole.
- c. Après le recueil du liquide de Ringer (après l'arrêt de l'excitation), la perfusion avec un nouveau liquide de Ringer provoque la reprise lente des contractions cardiaques.
- d. Après lavages répétés de la canule et du ventricule avec du liquide de Ringer, on constate la reprise normale de l'activité cardiaque.
- e. La perfusion du cœur avec le liquide recueilli en c entraîne une bradycardie suivie de l'arrêt du cœur en diastole.

6. Explication du résultat obtenu en e.

La bradycardie observée s'explique par le fait que le liquide prélevé en c contient de l'Ach. En effet, la stimulation du nerf pneumogastrique a sécrété de l'Ach qui libéré, retarde la dépolarisation spontanée du nœud sino-auriculaire d'où la bradycardie observée.

Exercice 4

1) Les éléments du cœur qui assurent les phénomènes électriques et mécaniques.

- Phénomènes électriques : le Tissu nodal ;
- Phénomènes mécaniques: le Myocarde (Muscle cardiaque).

2) Reportons les annotations correspondantes aux chiffres.

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1- veine cave supérieure | 5- veine cave inférieure | 9- veines pulmonaires |
| 2- valvules sigmoïdes | 6- artère aortique | 10- oreillette gauche |
| 3- oreillette droite | 7- crosse aortique | 11- valvules tricuspides |
| 4- ventricule droit | 8- artère pulmonaire | 12- ventricule gauche |
| 13- branche du faisceau de His | | |

3) a) Analyse et interprétation des cardiogrammes 1 et 2

➤ **Analyse**

• **Cardiogramme 1**

AB – systole auriculaire BC – diastole auriculaire

• **Cardiogramme 2**

DE – début de la systole ventriculaire

EF – plateau systolique FG – diastole ventriculaire

➤ **Interprétation**

- Systole : indique la contraction
- Diastole : indique le relâchement.
- Le plateau systolique : indique que les ventricules restent contractés pendant un certain temps.

b) b-1. Trouvons respectivement la durée de la diastole auriculaire et ventriculaire.

• **Durée de la diastole ventriculaire**

Durée de la diastole ventriculaire = durée de la diastole générale soit $4/10^{\text{ème}}$ s

• **Durée de la diastole auriculaire**

Durée de la diastole auriculaire = durée du cardiogramme – (durée de la systole auriculaire + durée de la systole ventriculaire + durée de la diastole ventriculaire)

Durée de la diastole = $8,5/10 - (1/10 + 3/10 + 4/10) = 0,5/10^{\text{ème}}$ de seconde.

b-2. Remarque à partir de ces résultats.

- Durée des systoles = $1/10 + 3/10 = 4/10^{\text{ème}}$ de seconde
 - Durée des diastoles = $0,5/10 + 4/10 = 4,5/10^{\text{ème}}$ de seconde
- ⇒ La durée des diastoles (repos) est supérieure à la durée des systoles (activité).

Donc le cœur se repose plus qu'il ne travaille.

GEOLOGIE



Georg Bauer

né le 24 mars 1494 à Glauchau (Allemagne),
mort le 21 novembre 1555 à Chemnitz.

(Georgius Agricola est la forme latine de son nom)

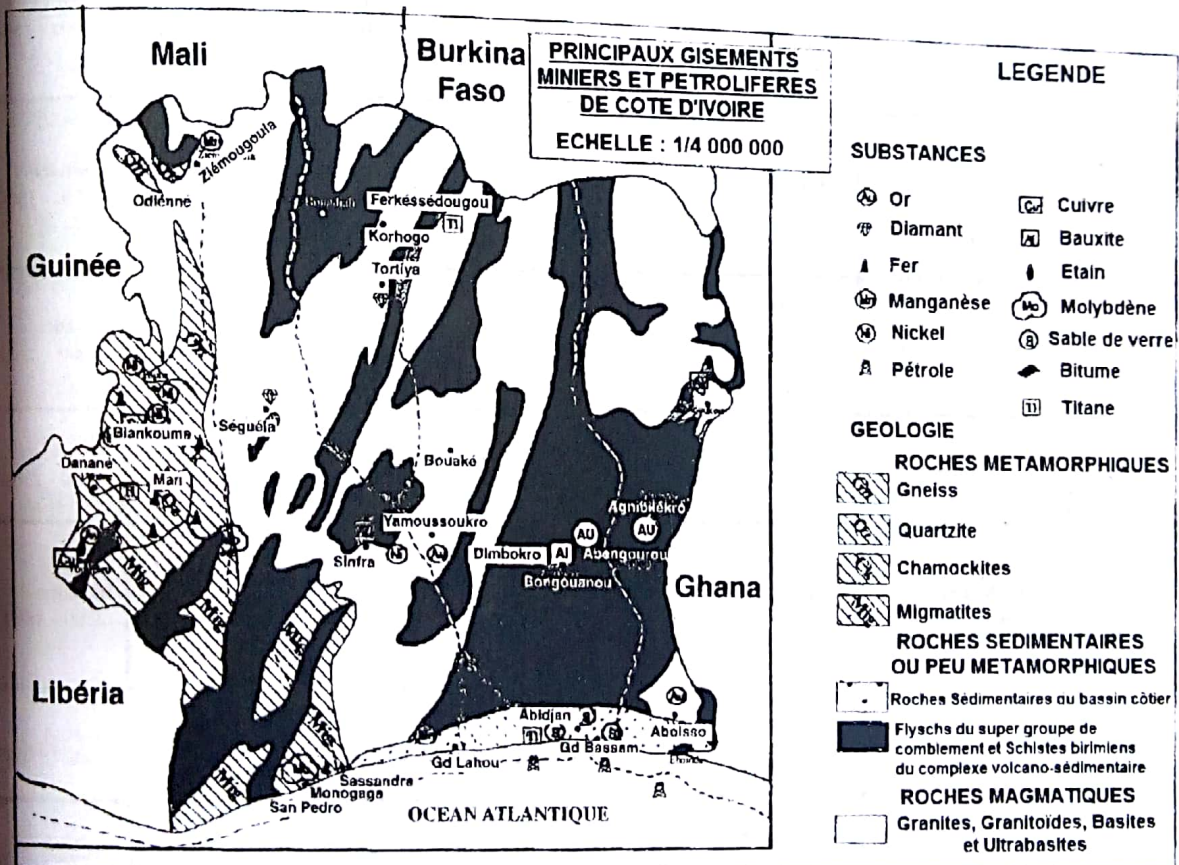
Savant allemand, considéré comme le fondateur de la minéralogie. Il écrit le premier exposé scientifique sur les mines et les minéraux. Agricola étudie la médecine en Italie. En 1527, il devient le médecin de ville du centre minier de Joachimsthal. Il passe cependant la majeure partie de sa vie à étudier la minéralogie et la géologie.

Agricola est l'un des premiers savants à fonder ses théories sur l'observation plutôt que sur la spéculation. Son œuvre la plus importante : **De ReMetallica**, publiée après sa mort en 1556, constitue le premier ouvrage de référence sur les techniques minières et le travail du métal, et servira de manuel scolaire et de guide pour les ingénieurs des mines pendant presque deux siècles. Il faut aussi citer : **De naturafossilium** publiée en 1546.

COMMENT LES PRINCIPALES RESSOURCES MINIERES DE LA COTE D'IVOIRE SONT-ELLES REPARTIES ET LEUR MODE DE FORMATION ?

RAPPEL DE COURS

I. LES DIFFERENTES RESSOURCES MINIERES SE TROUVENT-ELLES INDIFFERENMENT PARTOUT EN COTE D'IVOIRE?



LOCALISATION DES GISEMENTS MINIERES DE LA COTE D'IVOIRE

Les ressources minières de la côte d'ivoire sont énormes et sont réparties sur toute l'étendue du territoire.

II. LES DIFFÉRENTES RESSOURCES MINÉRIERES SE REPARTISSENT-ELLES DANS LES RÉGIONS SELON LA NATURE GÉOLOGIQUE DANS CES RÉGIONS ?

Éléments Symboles	Minerais	Localisation	Forme du gîte	Roche Encaissante	Age Formation de
Or (Au)	- Or natif	- Danané (Ity) - Aboisso (Afema) - Foumodi (Kokoumbo, Angovia) - Abengourou (Pandiégna)	- Placers - Filons	- Roches magmatiques (filons de quartz). - Roches sédimentaires (alluvions, graviers, sables, conglomérats, sulfures métalliques)	Birimien (2500 - 1800 Ma)
Diamant (C)	- Carbone pur (Indice de dureté : 10)	- Seguéla (Boli) - Korhogo (Tortiya) - Agmbilekro (Agoriakro)	- Placers - Filons ou inclusions	- Roches magmatiques basiques (Kimberlites) - Roches sédimentaires (alluvions)	Crétacé (135 - 65 Ma)
Fer (Fe)	- Magnétite (Fe ₃ O ₄) - Hématite (Fe ₂ O ₃) - Limonite (FeO (OH), nH ₂ O)	- Man (Monts Klahoyo, Tia Nimba, Gao, Toto, Segave) - San Pedro (Monogaga)	- Stratiforme (lits successifs de quartzite et de magnétite)	- Roches métamorphiques (quartzites à magnétite, itabirites) - Roches sédimentaires (latérales, grès ferrugineux)	Archéen (4000 - 2500 Ma)
Manganèse (Mn)	- Pyrolusite (MnO ₃) - Manganite (MnOOH)	- Odienné (Ziémougoula) - Grand Lahou (Mokta)	- Nodules polymétalliques - Oolites	- Roches magmatiques (granitoïdes, filons hydrothermaux) - Roches sédimentaires (gangue calcaire, dolomitique, siliceuse)	Birimien (2500 - 1800 Ma)
Nickel (Ni)	- Pentlandite (Ni Fe) ₉ S ₈	- Biankouma (Sipilou, Samapleu) - Touba - Sinfra	- Filons ou Inclusions	- Roches magmatiques mafiques et ultramafiques (péridotites, dunités) - Roches sédimentaires (sulfures métalliques)	Archéen (4000 - 2500 Ma)
Cuivre (Cu)	- Cuprite (Cu ₂ O) - Chalcopryrite CuFeS ₂	- Biankouman (Samapleu) - Toulepleu	- Lentilles ou inclusions	- Roches magmatiques mafiques et ultramafiques (péridotites, pyroxénolites)	Archéen (4000 - 2500 Ma)
Aluminium (Al)	- Bauxite : minerai d'aluminium (40% au moins Al ₂ O ₃)	- Bongouanou (Benene, Elinzue) - Bondoukou - Sinfra	- Plateaux bauxitiques - Couches stratifiées lenticulaires	- Roches magmatiques (volcanites) - Roches sédimentaires (grauwackes, arénites) - Roches métamorphiques (schistes)	Birimien (2500 - 1800 Ma)
Étain (Sn)	- Cassitérite (SnO ₂)	- Man - Toulepleu	- Filon - Placers	- Roches magmatiques (Granites) - Roches sédimentaires (alluvions)	Archéen (4000 - 2500 Ma)
Molybdène (Mo)	- Molybdène (MoS ₂)	- Duekoue (Guehieby) - San Pedro (Monogaga)	- Filons ou inclusions	- Roches magmatiques (granites porphyroïdes) - Roches métamorphiques (migmatites)	Archéen (4000 - 2500 Ma)
Titane (Ti)	- Ilménite - Titano-magnetite	- Ferkéssédougou (Bave) - Jacquville - Man (Sangouiné)	- Inclusions - Placers (alluvions)	- Roches magmatiques basiques - Roches sédimentaires (sables)	Archéen Birmien
Sable de verrerie	- Quartz : Silice (Si O ₂)	- Anyama - Bassam - Port Bouet	- Alluvions fluviales	- Roches sédimentaires (sables)	Quaternaire (1,65 - 0,01 Ma)

TABLEAU DES PRINCIPAUX GÎTES MINÉRIERS ET LEUR LOCALISATION

Les gisements ou gîtes miniers de la côte d'ivoire se trouvent dans toutes les familles de roches.

On appelle gisement le lieu où l'on rencontre une substance ou des objets déterminés.

Un gîte est synonyme de gisement. C'est quand l'importance de la masse minérale permet une exploitation économiquement intéressante, qu'on parle de gîte.

La roche dans laquelle s'est mise en place le gisement est appelée roche encaissante.

III. LES DIFFERENTES RESSOURCES MINIERES SE FORMENT-ELLES SELON UN MECANISME ?

1) Mécanisme de formation des gisements primaires.

Le magma en remontant peut engendrer des vapeurs (fluides pneumatolytiques) qui s'infiltrent dans les cavités des roches préexistantes (fissures, failles, diaclase).

Les ions métalliques contenus dans ces vapeurs vont s'associer progressivement par affinité chimique et précipiter en fonction des propriétés chimiques, c'est la **concentration**.

On aboutit à la formation de **gîtes filoniens**, de **gîtes de failles** ou de **veines**.

La partie liquide du magma (solution hydrothermale) en remontant subit un refroidissement progressif. Il se produit une séparation précoce de certains minéraux qui se cristallisent en fonction du gradient de pression et de température. Ils se concentrent ou se déposent dans la même zone et forment un gisement stable.

Ce mode de cristallisation est appelé **cristallisation fractionnée** et aboutit à la formation de **gîtes granitiques** ou **gîtes de ségrégation**.

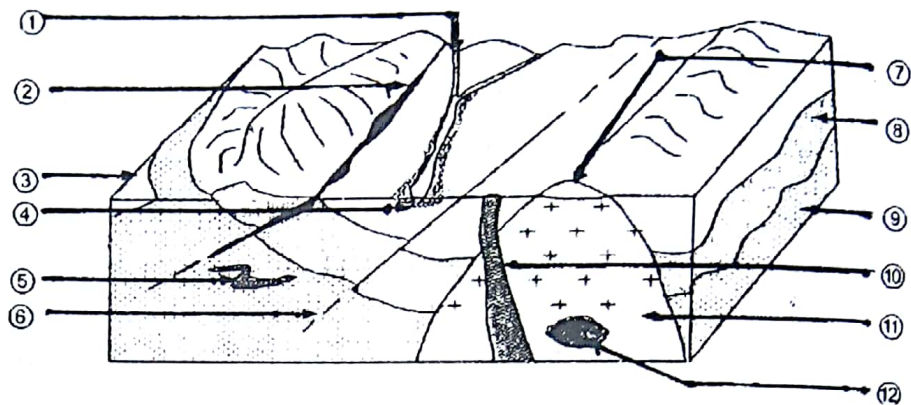
2) Le mécanisme de mise en place des gisements secondaires

a) Les gisements secondaires résiduels

Les gisements aurifères affleurant, s'altèrent et les produits de l'altération météoriques (dus aux éléments de l'atmosphère) restent en place pour former un gisement secondaire résiduel.

b) Les gisements secondaires alluvionnaires

Les gisements aurifères préexistants subissent une altération physique pour donner des particules d'or natifs qui seront transportés par les eaux superficielles puis déposés dans les alluvions ou sédiments des cours d'eaux, les particules se concentrent pour former des gîtes alluvionnaires ou placers.



DIFFERENTS TYPES DE GISEMENTS D'OR

- ① rivière ; ② veine quartzo-aurifère (gîte de faille) ; ③ alluvions résiduelles ;
 ④ gîte alluvionnaire (placer) ; ⑤ paléoplacer ; ⑥ contact anormal ; ⑦ protérozoïque ;
 ⑧ gisement d'altération ; ⑨ archéen ; ⑩ gîte filonien ;
 ⑪ roches magmatiques (minéralisation disséminée) ;
 ⑫ gisement primaire (ou gîte magmatique de ségrégation).

Remarque :

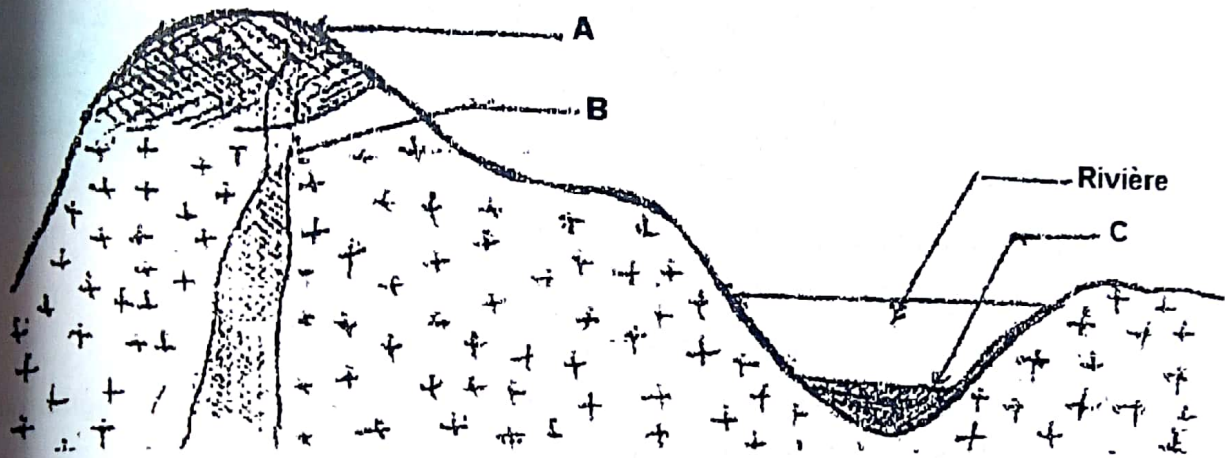
Une roche ou un ensemble de roches contenant des substances ou minéraux utiles en pourcentage suffisant pour justifier son exploitation est appelé minéral.

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1**

En côte d'ivoire, les nombreux placers aurifères sont exploités traditionnellement depuis le début du siècle à Bouaflé, Toumodi et Aboisso par la technique de la batée.

1. Nommez le principe physique de la technique de la batée.
2. Expliquez cette technique.

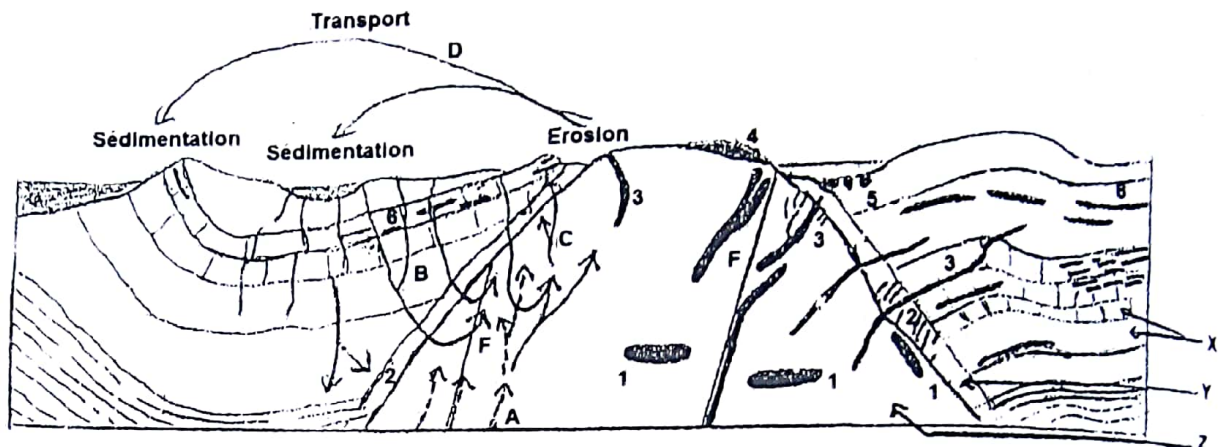
Le document ci-dessous représente une formation géologique renfermant trois formes de gisements aurifères notées A, B, C.



3. Nommez chaque gisement en reportant la lettre correspondant sur votre feuille de copie.
4. Précisez l'origine de chaque gisement.
5. Expliquez succinctement le processus de formation du gisement C.

Exercice 2

La coupe du document ci-dessous représente différents gisements d'uranium et leur mode de formation. Les gisements sont indiqués sur le document par les chiffres 1, 2, 3, 4, 5, 6 et les modes de formation par les lettres A, B, C et D.



1. Identifiez les structures géologiques X, Y, Z et F.
2. Retrouvez les noms des gisements en utilisant les chiffres.
3. Les différents modes de formation de gisements sont définis comme suit :
 - A = précipitation des minéraux contenus dans des vapeurs venues du magma dites « pneumatolytiques » ou encore « minéralisantes ».
 - B = précipitation et accumulation au sein de la roche ou dans une fissure de minéraux provenant d'une circulation hydrothermale = eau chaude circulante.
 - C = accumulation de minéraux transportés puis déposés dans des plaines alluvionnaires.

Faites correspondre à chaque lettre, le (ou les) gisement(s) qui convient (nent).

4. Comparez les gisements 1 et 4.
5. Expliquez la formation du gisement 3.
6. Expliquez la formation du gisement 4.
7. Expliquez la formation du gisement 6.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1**

- A. Les dépôts résultant de la cristallisation du magma sont en étroite relation avec la température. Les ions métalliques qui participent à la formation des minéraux métalliques peuvent être disséminés dans les roches ; ils peuvent aussi migrer dans la roche encaissante ou se déposer dans les fissures.
- B. Le magma peut générer des fluides minéralisateurs renfermant certains métaux qui précipitent soit dans les fissures soit dans les pores et cavités de certaines roches. Ces processus se déroulent dans les couches profondes de la terre.
- C. Les fortes contraintes tectoniques et l'élévation de la température peuvent augmenter des concentrations minérales magmatiques ou sédimentaires préexistantes. Elles peuvent également modifier la structure du minéral lui-même.
- 1) Nommez les différents types de gisements relatifs aux paragraphes A, B, C.
 - 2) Indiquez les caractéristiques des « fluides minéralisateurs ».
 - 3) A l'aide de tes connaissances, localisez trois (3) gisements aurifères en Côte d'Ivoire en indiquant les processus de mise en place.

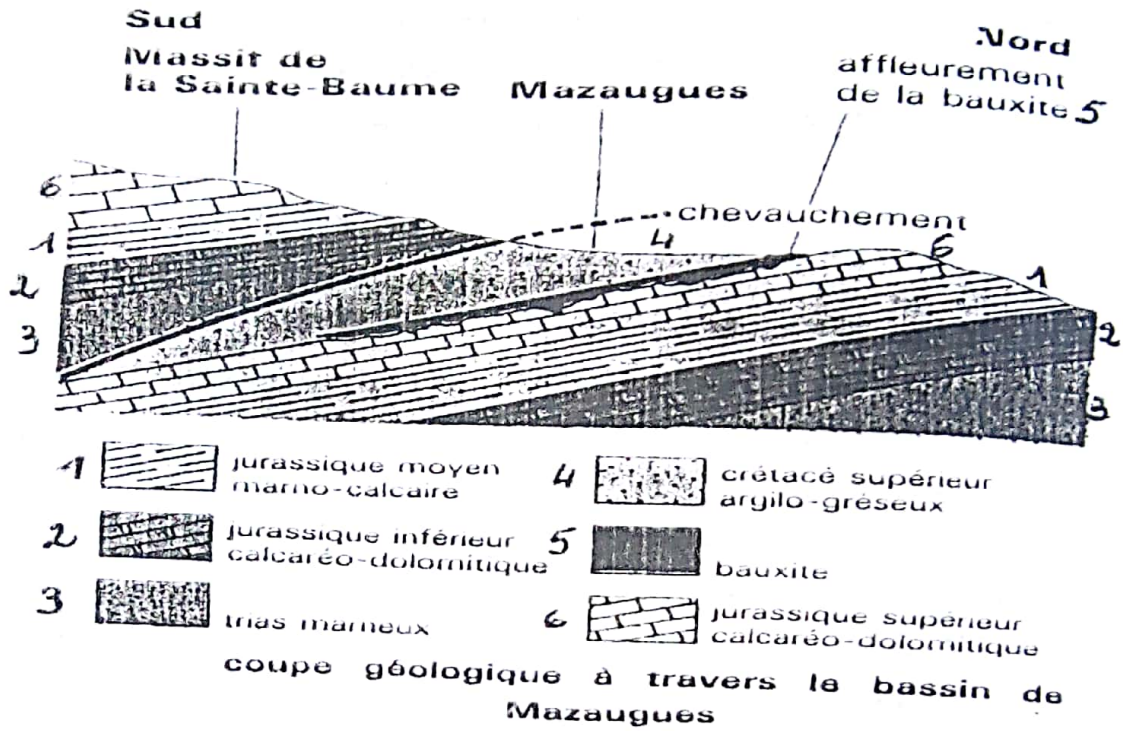
Exercice 2

Sous un climat chaud et humide, la décomposition par l'eau (hydrolyse) de très nombreuses roches peut aboutir, à l'accumulation de bauxites, minerais d'aluminium. Ce sont des roches cohérentes assez dures, déterminant des gisements métallifères importants. Elles sont formées de silicates d'alumine, d'oxyde de fer et surtout d'hydrates d'alumine (gibbsite, diaspore et bohémiste) et d'oxyde de fer. Ainsi peut-on dire que la bauxite est composée principalement de silice (SiO_2), d'alumine (Al_2O_3) et d'oxyde de fer (Fe_2O_3).

- 1) Citez trois localités où l'on trouve des gisements de bauxites en Côte d'Ivoire.
- 2) Déterminez l'origine de ces oxydes de fer et hydroxydes d'aluminium.
- 3) Identifiez quels minerais contenant de l'aluminium sont susceptibles de fournir cet élément.

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

Le document ci-dessous représente une coupe géologique à travers le bassin de Mazargues en France.



- 4) A l'aide de ce document, expliquez le mécanisme de formation de la bauxite en précisant la source, le piège et le vecteur du métal.
- 5) A l'issue du processus de formation de la bauxite, déterminez quel type de gisement on obtiendra. Justifiez votre réponse.

Exercice 1**1. Nom du principe physique de la technique de la batée**

Le principe physique de la technique de la batée est la prospection alluvionnaire.

2. Explication de la technique de la batée

Elle consiste à rechercher les minéraux dans les sédiments des cours d'eau (marigots) : à l'aide d'un récipient (calebasse) on lave les limons, les sables et graviers. La loi hydrodynamique permet une séparation densimétrique des minéraux.

3. Nom de chaque gisement

A= gîte d'altération ; B= gîte filonien ; C= gîte alluvionnaire (ou placer).

4. Origine de chaque gisement

Le gisement A (gisement d'altération) est résiduel. Le gisement B (gisement filonien) est d'origine magmatique. Le gisement C (gisement alluvionnaire) est d'origine sédimentaire.

5. Explication du processus de formation du gisement C

Après l'altération de la roche encaissante, les minéraux aurifères sont transportés par les eaux superficielles, déposés et accumulés dans les plaines alluvionnaires.

Exercice 2**1) Identification des structures géologiques X, Y, Z et F**

X = roche sédimentaire ; Y = roche métamorphique ;

Z = roche magmatique ; F = faille

2) Noms des gisements

1 = gîte en amas ; 2 = gîte métamorphique ; 3 = gîte filonien ;

4 = gîte d'altération ; 5 = gîte sédimentaire ; 6 = gîte alluvionnaire.

3) Correspondance entre les lettres et les gisements

A ⇒ 1

B ⇒ 3

C ⇒ 6

4) Comparaison des gisements 1 et 4

- Gisement 1 est un gisement primaire qui se forme en profondeur.
- Gisement 4 est un gisement secondaire qui se forme à la surface.

5) Explication de la formation du gisement 3

Le magma en remontant peut engendrer des vapeurs (fluides pneumatolytiques) qui s'infiltreront dans les cavités des roches préexistantes (fissures, failles, diaclase). Les ions métalliques contenus dans ces vapeurs vont s'associer progressivement par affinité chimique et précipiter en fonction des propriétés chimiques, c'est la concentration.

6) Explication de la formation du gisement 4

Les gisements aurifères affleurant, s'altèrent et les produits de l'altération météoriques (dus aux éléments de l'atmosphère) restent en place pour former un gisement secondaire résiduel.

7) Explication de la formation du gisement 6

Les gisements aurifères préexistants subissent une altération physique pour donner des particules d'or natifs qui seront transportés par les eaux superficielles puis déposés dans les alluvions ou sédiments des cours d'eaux, les particules se concentrent pour former des gîtes alluvionnaires ou placers.

COMMENT LES RESSOURCES MINIERES SONT-ELLES MISES A LA DISPOSITION DE L'UTILISATEUR ET LEUR IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ET SA VIE ?

RAPPEL DE COURS

I. LES RESSOURCES MINIERES SONT-ELLES MISES A LA DISPOSITION DE L'UTILISATEUR PAR UNE PROSPECTION ?

La prospection minière désigne l'ensemble des opérations effectuées depuis la recherche du premier indice jusqu'à l'évaluation du gisement. Il existe deux méthodes de prospection minière : la prospection directe et la prospection indirecte.

1) Les méthodes directes

a) La prospection alluvionnaire

Elles consistent à rechercher les minéraux dans les sédiments ou alluvions des cours d'eau par la technique de la "batée".

b) La prospection géologique

Elle consiste à :

- examiner d'éventuelles minéralisations observables sur les roches affleurant au cours des levés géologiques ;
- prélever des échantillons, à les analyser et à identifier les propriétés ;
- déterminer le type de roche encaissante.

c) La prospection géochimique

Cette prospection consiste à circonscrire le gisement en déterminant la concentration des minéraux, elle présente trois parties :

- la phase des prélèvements des échantillons : on prélève des sols ou des alluvions ou des roches saines sur les terrains ;
- la préparation des échantillons : les échantillons sont désagrégés puis séchés, passés au tamis fin, seul le sous tamis est conservé ;
- l'analyse des échantillons : elle se fait par des techniques de dosage par la rhodamine.

2) Les méthodes indirectes :

Il existe plusieurs méthodes indirectes qui sont toutes des prospections géophysiques

a) La méthode électrique

Elle consiste à déterminer la conductivité et la résistivité de chaque corps chimique à l'aide de certains appareils de mesure.

b) La méthode magnétique

Elle est utilisée pour établir des cartes. Elle agit sur l'aiguille aimantée.

c) La méthode radiométrique

Elle est utilisée pour la recherche de substances radioactives telles que l'uranium, le prospecteur utilise un scintillomètre ou compteur Geiger.

II. LES RESSOURCES MINIERES SONT-ELLES MISES A LA DISPOSITION DE L'UTILISATEUR PAR UNE EXPLOITATION ?

La méthode d'exploitation minière dépend de la morphologie du gisement.

1) L'exploitation à ciel ouvert

Elle consiste à mettre à nu la zone minéralisée (à l'aide d'un bulldozer) en enlevant la couche de terrain qui la recouvre appelée « mort terrain ». Ce procédé utilisé est appelé **découverte**, il est utilisé dans le cas des gisements affleurant à surface ou à faible profondeur.

2) L'exploitation souterraine

Elle est utilisée pour l'extraction des minerais en profondeur. Dans ces conditions, on creuse des galeries (des passages à partir de la surface) pour atteindre la zone minéralisée.

III. L'EXPLOITATION DES RESSOURCES MINIERES A-T-ELLE UN IMPACT POSITIF ET NEGATIF SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA VIE ?

1) L'impact positif sur l'économie

- l'exploitation minière est rentable (entrée de devises) ;
- la création d'emploi ;
- améliorer la qualité de vie.

2) L'impact négatif sur l'environnement

L'exploitation minière conduit à :

- la déforestation et la désertification ;
- la dégradation des sols ;
- la pollution de l'air et des eaux (émission de gaz toxiques) ;
- la destruction de la couche d'ozone ;
- l'effet de serre (réchauffement de la planète).

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1**

Depuis quelques années, la Côte d'Ivoire s'est engagée dans la recherche minière en particulier dans la recherche aurifère. Les efforts consentis par l'état ivoirien depuis plusieurs décennies ont permis de mettre en évidence dans le socle précambrien, de nombreux indices de minerais et d'important gisements miniers et de matériaux industriels (Or, diamant, fer, nickel, bauxite, cuivre, faluns) dont certains tels que le manganèse, le diamant, l'or ont déjà fait ou font l'objet d'exploitation industrielles et artisanales.

- 1) Définissez l'exploitation minière.
- 2) Donnez un indice permettant d'identifier l'or.
- 3) Localisez ses trois matériaux industriels : or, diamant et fer en Côte d'Ivoire.
- 4) Retrouvez les différentes étapes conduisant à une exploitation industrielle.
- 5) Donnez la ou les différence(s) entre l'exploitation industrielle et l'exploitation artisanale.

Exercice 2

L'économie ivoirienne, en plus de ses atouts agricoles, lutte depuis des décennies pour asseoir une expansion sur les ressources minières, minéralières et pétrolifères. Ainsi les gouvernants se sont enlisés dans la mise en valeur du socle ivoirien pour déshabiller les gisements miniers dans leur contexte géologique et structural. Dans l'optique de cette politique, ils alimentent des cellules de recherche en pétrologie et en minéralogie qui vivent les beaux jours pour des investigations sur les formations métallo génique suivantes : Fe, Cu, Mn, Ti, Au, Sn, Ni, C, Al.

- 1) Après avoir dressé leur nom et les noms de minerais, attribuez à des villes ivoiriennes ces principaux gisements miniers.
- 2) a) Ces gisements dans leur genèse se trouvaient contenus dans des foyers rigides dénommés « roches encaissantes » dont les découvertes ont exigé de sublimes efforts. Définissez une roche encaissante.
b) Comment se présente généralement leur prospection ?
- 3) Pour se renflouer les caisses et parer au déficit budgétaire, l'Etat ivoirien court chaque année, après l'aide, des bailleurs de fond, dans l'exploitation de ces minerais : dont le processus de découverte s'affirme d'une complexité exorbitante.
a) Identifiez la méthode d'exploitation de chacun des gisements de la question 1.
b) Expliquez cette méthode d'exploitation.
c) Après avoir défini l'expression « taux de découverte », illustrez les répercussions économiques de ses variations.

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1**

- 1) A la suite de l'altération de gisement affleurant, des particules d'or libérées subissent un transport par l'eau de ruissellement jusque dans des plaines alluvionnaires. C'est dans celles-ci que s'effectuent le dépôt et l'accumulation des particules aboutissant à la formation des gisements.
- Nommez le type de gisement ainsi mis en place.
 - Relevez la différence de mise en place de ce gisement avec un gisement filonien.
- 2) Pour ce gisement déterminé plus haut, son exploitation exige que l'on sache la concentration du minerai pour une question de rentabilité.
- Précisez l'activité à mener avant d'entreprendre cette éventuelle exploitation.
 - Pour mener à bien cette activité, on dispose de plusieurs méthodes. Certaines, dites directes et d'autres dites indirectes. Citez les méthodes dont il est question ici.

Exercice 2

Voici une liste de minerais retrouvés dans le sous-soi ivoirien : sable de verrerie(s), nickel (Ni), or (Au), cuivre (Cu), manganèse (Mn).

- Attribuez à ces villes, les minerais sus cités à l'aide de leur formule chimique.
- Citez les roches dans lesquelles l'on trouve le manganèse le sable de verrerie et l'or.
- Un paysan dans la région d'Abengourou a, au cours d'une activité de labours découverte des fragments de roches magmatiques tendant à renfermer de l'or. Il en informe la direction régionale des mines d'Abengourou qui dépêche une équipe sur les lieux. Arrivée, l'équipe déploie un ensemble d'opération lui permettant de constater l'existence ou l'absence d'or dans la région.
N.B. : avant les travaux le paysan a signalé qu'il n'y avait aucun cours dans les environs.

 - Qualifiez la roche magmatique retrouvée dans la région au cours des travaux du paysan.
 - Nommez l'ensemble des techniques permettant à l'équipe d'évaluer le gisement.
 - Définissez cette notion.
 - Définissez la méthode utilisée pendant ces travaux.
 - Justifiez votre réponse.
 - Proposez une méthode permettant d'extraire ce métal.
 - Justifiez votre réponse.

- Expliquez le mécanisme de formation d'un gisement d'or primaire.

Exercice 1**1) Définition de l'exploitation minière**

Exploitation minière = extraction de ressources minières.

2) Un indice permettant d'identifier l'or

Attaque à l'eau chlorée + dosage par la rhodamine

3) Localisation des trois matériaux industriels : or, diamant et fer en Côte d'Ivoire

Or → Korhogo ; Daoukro ; Aboisso ; Toumodi ; Bouaflé ; Danané

Diamant → Séguéla ; Katiola

Fer → Man ; Biankouman ; Odiénne ; Sassandra

4) Les différentes étapes conduisant à une exploitation industrielle

- Prospection minière ;
- Exploitation.

5) Différence(s) entre une exploitation industrielle et une exploitation artisanale.

- L'exploitation industrielle est réalisée à l'aide de matériels sophistiqués permettant d'obtenir un meilleur rendement.
- L'exploitation artisanale se fait par des individus à l'aide de matériels rudimentaires permettant d'obtenir un faible rendement.

Exercice 2**1) Attribution de ces principaux gisements miniers minerais à des villes ivoiriennes.**

Formules	Nom du minerai	Villes
Fe	Fer	Man ; Biankouman ; Odienné
Cu	Cuivre	Toulépleu
Mn	Manganèse	Odienné ; Grand-Lahou
Ti	Titane	Ferkessédougou ; Man
Sn	Etain	Man ; Toulépleu
Ni	Nickel	Biankouman ; Touba
C	Diamant	Séguéla ; Katiola
Al	Aluminium (Bauxite)	Bongouanou ; Toumodi ; Divo ; Bouaflé ; Sinfra

2) a) **Définition d'une roche encaissante**

Une roche encaissante est une roche dans laquelle s'est mise en place un gisement (ou un massif intrusif ou filon).

b) **Présentation générale de leur prospection.**

Leur prospection se fait généralement grâce aux méthodes directes.

3) a) **Identification de la méthode d'exploitation des gisements de la question 1**

En Côte d'Ivoire, les gisements sont à la surface ou à faible profondeur donc il s'agit d'une exploitation à ciel ouvert.

b) **Explication de cette méthode d'exploitation.**

Cette méthode consiste à mettre à nu la zone minéralisée (à l'aide d'un bulldozer) en enlevant la couche de terrain qui la recouvre appelée « mort terrain ». Ce procédé utilisé est appelé la découverte, il est utilisé dans le cas des gisements affleurant à surface ou à faible profondeur.

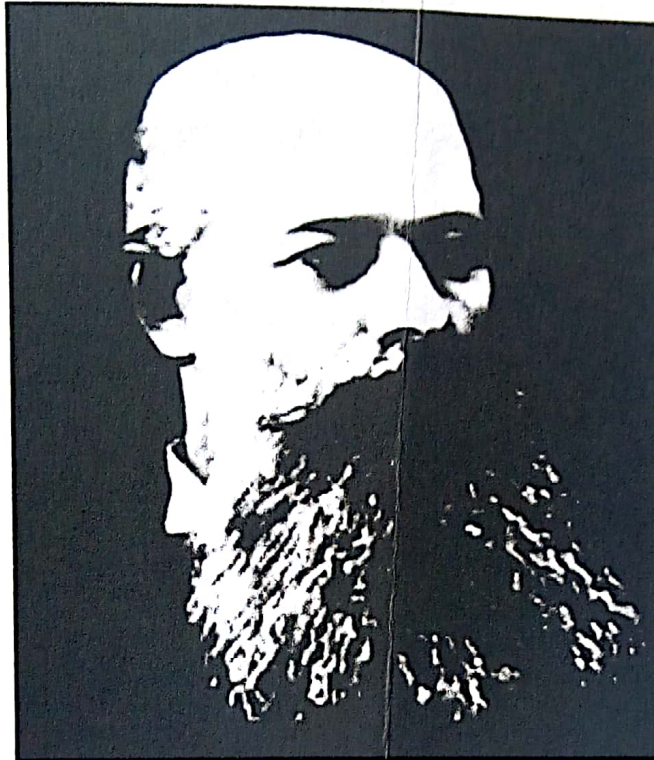
c) **Illustration des répercussions économiques de ses variations.**

« Taux de découverte » = le rapport entre le volume de minerais de terre à enlever (V_T) et le volume de minerais (V_M).

$$T = \frac{V_T}{V_m}$$

« Le taux de découverte » influence le prix de revient de l'extrait.

PEDOLOGIE



Vassili Vassilievitch Dokoutchaïev

(en russe : Василий Васильевич Докучаев, 1846– 1903)

Il est un géographe russe. Il est considéré comme le père de la science des sols ou pédologie et à ce titre comme le premier pédologue. Il est peut-être un des premiers scientifiques à avoir réalisé une vaste étude des types de sols.

COMMENT PEUT-ON AMELIORER LA FERTILITE DES SOLS ?

RAPPEL DE COURS

I. PEUT-ON AMELIORER LA FERTILITE DES SOLS PAR APPORT D'ENGRAIS ?

A- COMMENT DISTINGUE-T-ON UN SOL FERTILE D'UN SOL INFERTILE ?

1) Un sol fertile

Un sol fertile est un sol propice à l'agriculture, il regroupe les caractéristiques suivantes :

- De bonnes propriétés physiques ; il a une texture équilibrée et une structure organisée (une structure grumeleuse) permettant la bonne circulation de l'air et de l'eau.
- De bonnes propriétés chimiques ; sol riche en sels minéraux et en humus, a un pH neutre permettant le bon fonctionnement des mécanismes de fixation et d'échanges d'ions entre ce sol et les plantes.
- De bonnes propriétés biologiques : activité intense des bactéries et des microorganismes.

2) Un sol infertile

Un sol infertile est un sol impropre à l'agriculture et présente les caractéristiques suivantes :

- un mauvais état physique ;
- une mauvaise propriété chimique ;
- un mauvais état biologique.

B- APPORT D'ENGRAIS AU SOL INFERTILE

Il existe deux types d'engrais : les engrais chimiques ou minéraux et les engrais organiques.

1) Les engrais chimiques ou minéraux

Ce sont des produits fabriqués industriellement et qui sont capables d'apporter des **éléments minéraux directement assimilables par les plantes**

Exemples :

- engrais chimiques simples N ou P ou K ;
- engrais chimiques composés NPK.

2) Les engrais organiques**a) Les engrais d'origine végétale tels que les engrais verts.**

Un engrais vert est une culture de végétation rapide sur un sol pour en améliorer la fertilité, il protège et améliore la structure des sols car, il recouvre rapidement le sol, le protège, ainsi contre la battance des pluies et l'érosion des eaux de ruissellement. Il favorise la nutrition des plantes car leur décomposition libère rapidement les éléments minéraux. Les légumineuses cultivées en engrais verts enrichissent le sol en azote organique synthétisé par les rhizobiums de leurs nodosités.

b) Les engrais mixtes

- Le fumier (mélange fermenté de déjection des animaux et de la litière).
- Les composts (mélange de matières organiques et minérales destinés à fertiliser le sol).

3) Conclusion

On peut améliorer la fertilité en apportant des engrais.

Un engrais est une substance de nature minérale ou organique qu'on apporte au sol et qui est destinée à fournir à la plante tous les éléments minéraux jugés insuffisants pour son développement optimal.

II. PEUT-ON AMELIORER LA FERTILITE D'UN SOL EN LUI APPORTANT CERTAINES SUBSTANCES ?**A) APPORT DE CALCIUM**

L'apport de calcium au sol est appelé **amendement calcaire**.

1) Les effets sur les propriétés physiques

En absence d'ions Ca^{2+} dans le sol, l'argile et l'humus sont mal floclés et se dispersent en période pluvieuse. Le sol prend alors une structure compacte, imperméable à l'eau et à l'air, donc difficile à cultiver. Les ions calciums apportés par l'amendement calcaire au sol floclent l'argile et l'humus d'une manière plus énergique, la structure du sol devient alors grumeleuse, perméable à l'eau et à l'air, plus stable c'est-à-dire résistante à la dispersion par l'eau.

2) Les effets sur les propriétés chimiques

Les amendements calcaires tels que le chaulage (apport de chaux de vive) permettant de lutter contre l'acidité des sols.

Remarque :

Si le sol est trop calcaire, on peut procéder à une action de décalcification en apportant des engrais potassiques (amendement potassique).

3) Les effets sur les propriétés biologiques

La présence du calcium entraîne la stimulation des micro-organismes qui se traduit par :

- une décomposition importante de la matière organique ;
- une humification importante et une minéralisation importante.

B) APPORT D'HUMUS

L'apport d'humus est appelé amendement humifère.

1) Les effets sur les propriétés physiques du sol

L'humus est un élément de cimentation, par conséquent, il contribue à la formation d'agrégats au niveau du sol permettant d'obtenir la structure grumeleuse (sol perméable à l'eau et à l'air et plus stable).

2) Les effets sur les propriétés chimiques du sol

L'humus favorise la nutrition minérale de la plante car, sa minéralisation fournit des éléments minéraux qui contribuent donc à l'enrichissement minéral du sol. L'humus augmente aussi le pouvoir adsorbant du sol en fixant les ions échangeables apportés par les fertilisants.

3) Les effets sur propriétés biologiques du sol

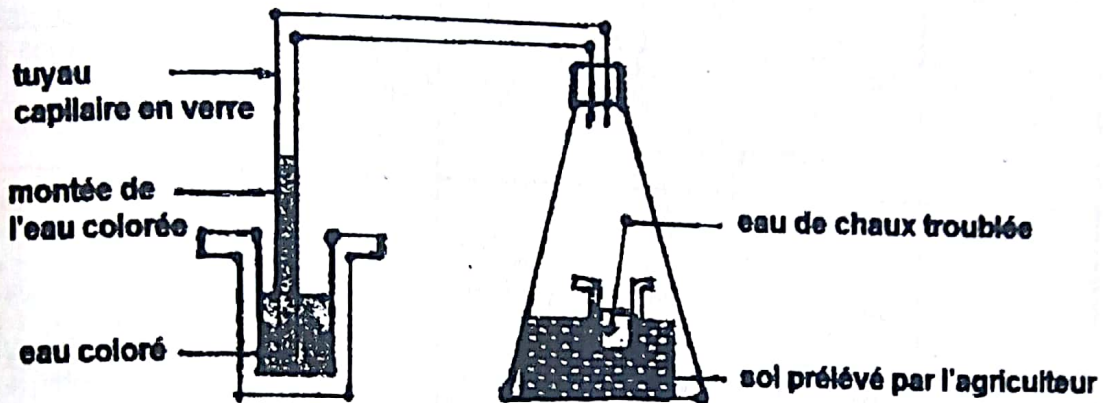
L'humus et les matières organiques servent de support et d'aliment à l'activité biologique, elles apportent les sucres et les matières azotées, nécessaires aux microbes et aux vers de terre dont le rôle sur la stabilité et l'aération du sol est capitale.

C) CONCLUSION

Les amendements sont des substances apportées au sol pour améliorer à la fois ses propriétés physiques, chimiques et biologiques.

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1**

En vue de déterminer les caractéristiques du sol sur lequel il veut semer du soja, un agriculteur réalise l'expérience représentée par le document ci-dessous.



1. Indiquez la montée de l'eau colorée dans le tube capillaire.
2. Expliquez le fait que l'eau de chaux se trouble.
3.
 - a) Identifiez le phénomène qui se déroule dans le sol et que cette expérience met en évidence.
 - b) Que peut-on alors en déduire ?

Exercice 2

Dans un institut de recherche sur le cacao, les estimations faites sur le rendement de cette plante en fonction du rapport Azote-Phosphore (N/P) sont exprimés dans le tableau ci-dessous.

Pourcentage N Total du sol	Pourcentage P Total du sol	Rendement (kg/ha)
1,1	0,275	755
1,00	0,297	783
1,00	0,386	1181
1,00	0,525	1354
2,40	1,120	1785

- 1- Calculez dans chaque cas le rapport N/P.
- 2- a) Construisez la courbe de rendement en fonction du rapport N/P.
b) Analysez cette courbe ?
c) Concluez après l'analyse.
- 3- Un agronome analyse le sol d'un champ de cacao et trouve un rapport N/P de 4.
Quel type d'engrais doit-il conseiller au planteur et pourquoi ?

Exercice 3 (Extrait du Bac C 2004)

Pour expliquer les différents aspects du développement d'une plante cultivée dans le même champ, un agronome fait l'analyse du sol de deux parcelles de ce champ.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

	Parcelle 1	Parcelle 2
Aspect des plants	Plants anormaux feuilles en <<oreille de lapins>> et racines réduites à un pivot	Plants normaux feuilles larges et racines développées
pH	<p>Profondeur du sol (en cm)</p>	<p>Profondeur du sol (en cm)</p>
Etat physico-chimique du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Accumulation N ammoniacal • Beaucoup Al^{+++} • Peu de Ca^{++} • Mauvaise aération du sol 	<ul style="list-style-type: none"> • N nitrique • Peu de Al^{+++} • Ca^{++} normal • aération du sol
Modification de l'état biologique du sol	Nombreux champignons parasites sur les racines	Pas de champignons parasites

- 1) Faites une analyse comparée des courbes de l'évolution du pH du sol des deux parcelles.
- 2) Expliquez :
 - a) l'origine de l'acidité de la parcelle 1.
 - b) l'aspect des plants de la parcelle 1 ;
 - c) les techniques permettant d'améliorer le développement de cette plante dans la parcelle 1.

Exercice 4 (Extrait du Bac D 2003 Deuxième session)

Le maïs est une plante cultivée dans nos régions. Afin d'améliorer sa production, un agronome décide d'entreprendre des recherches. Il cultive deux variétés de maïs sur deux parcelles identiques de sol :

- l'une, dont le sol a une profondeur artificiellement limitée à 1 mètre
- l'autre dont la profondeur du sol n'est pas limitée.

Elles reçoivent de l'eau en quantité variable. Le rendement a été apprécié en poids de grains par plante. Le tableau ci-dessous résume les résultats d'un essai de culture.

Quantité d'eau apportée(en ml)	Rendement : poids des grains/plante	
	Parcelle de sol à profondeur Limitée	Parcelle de sol à profondeur non limitée
290	560	530
226	370	470
70	190	420

1. Faites une analyse comparative des résultats des deux parcelles.
2. Expliquez les résultats obtenus.
3. a) Précisez la technique la plus appropriée pour améliorer le rendement de la parcelle la moins productive.
b) Justifiez votre choix.

Exercice 5

Des essais réalisés dans une région du Nord par un agronome sur une parcelle de cotonnier ont donné les résultats suivants :

Niveau de la fumure		0	1	2	3
Éléments apportés dans la fumure (kg/ha)	N	0	31	62	93
	P	0	27	54	81
	K	0	27	54	81
Rendement moyen en coton graine obtenu (kg/ha)		500	1100	1080	980

Tableau 1 : Essais réalisés avant amendement

Rappel de cours et énoncés d'exercices - Rappel de cours et énoncés d'exercices

		0	1	2	3
Niveau de la fumure					
Éléments apportés dans la fumure (Kg/ha)	N	0	31	62	93
	P	0	27	54	81
	K	0	27	54	81
	Ca	0	36	72	108
	Mg	0	24	48	73
Rendement moyen en coton graine obtenu (Kg/ha)		400	1100	1750	2140

Tableau 2 : Essais réalisés après amendement

- 1- Définissez les termes de fumure et d'amendement.
- 2- Nommez l'amendement réalisé dans ces essais.
- 3- Représentez dans le même repère les courbes des rendements moyens des essais avant et après amendement en fonction du niveau de la fumure.
Echelle : 3 cm pour 1 niveau et 3 cm pour 500 kg/ha.
- 4- Analysez le graphe obtenu.
- 5- Expliquez l'action de l'amendement sur le rendement.

Exercice 6

Les plantes de la famille des légumineuses (haricot, soja, ...) portant sur leurs racines des nodosités contenant de nombreuses bactéries appelées rhizobium.

Les résultats expérimentaux suivants permettent de comprendre leur rôle.

	LOT 1 : Graines semées avec un broyat de nodosités		LOT 2 : Graines semées seules	
	Début	fin	Début	fin
Azote du (mg)	4,3	15,1	4,3	8,3
Azote contenu dans les plantes (mg)	28,3 (graine)	58,1 (plante)	28,3 (graine)	24,8 (plante)
Azote de l'air (mg)	3363	3326,5	3363	3363

- L'aspect des plantes diffère : les plantes obtenues avec le lot 1 portent des nodosités sur leurs racines et sont vigoureuses.
- Les plantes obtenues avec le lot 2 ne portent pas de nodosités et elles sont chétives et jaunâtres.

- 1- Analyser les résultats expérimentaux obtenus pour les deux lots.
- 2- Des analyses précédentes, déduire la fonction des bactéries contenues dans les nodosités.

On considère les légumineuses comme un engrais vert car lorsqu'on cultive une autre plante après elles sur la même parcelle, on peut se passer d'engrais azotés.

- 3- Justifier cette pratique par les résultats expérimentaux

EXERCICES DE PERFECTIONNEMENT**Exercice 1**

Dans le but de déterminer les caractéristiques d'un sol, il a été prélevé un échantillon de sol dans cinq (5) parcelles élémentaires avant et après chaulage. L'analyse des échantillons donne les résultats suivants :

Avant chaulage

Parcelles	P1	P2	P3	P4	P5
Somme des cations échangeables (méq/100g)	1,21	1,3	1,21	1,1	1,1
pH	4,84	4,94	4,88	4,79	4,84
Aluminium (méq/100g)	0,62	0,51	0,43	0,67	0,68

Après chaulage

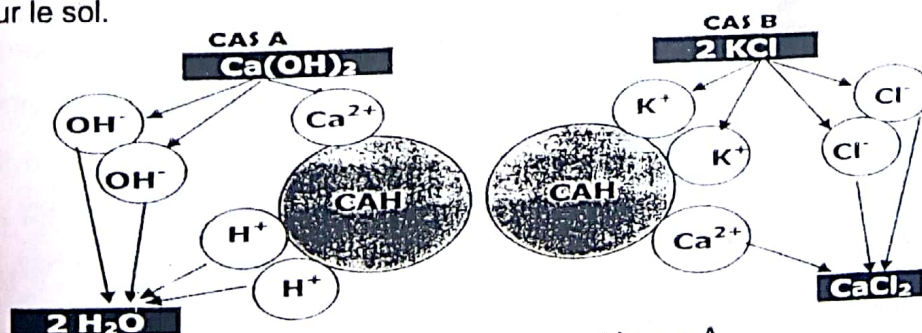
Parcelles	P1	P2	P3	P4	P5
Somme des cations échangeables (méq/100g)	1,06	1,5	1,75	2,04	2,27
pH	4,7	4,99	5,04	5,14	5,21
Aluminium (méq/100g)	0,66	0,26	0,22	0,17	0,03

- 1- Définir le chaulage.
- 2- Tracer dans un même repère les histogrammes représentant la somme des cations échangeables avant et après le chaulage. et analyser les histogrammes
- 3- Déterminer la relation entre l'évolution du pH et des cations échangeables.
- 4- Dans un sol très acide (pH = 3,3 à 4,5), l'aluminium apparaît être responsable de l'échec quasi-total de la culture du maïs.

Expliquez que le chaulage peut être une solution à ce problème

Exercice 2

Une technique culturale consiste à épandre de la chaux ou du potassium sur certains types de sol pour les améliorer. Le document ci-dessous montre le mode d'action de ces éléments chimiques sur le sol.



- 1- a-Nommez cette pratique. b- Nommer spécifiquement le cas A.
- 2- Indiquer le type de sol concerné par le cas A. Justifiez.
- 3- Expliquer le mode d'action de chaque cas.
- 4- Dédurre la conséquence du cas B et proposer une technique pour les corriger.

Exercice 1

1. Indication de la montée de l'eau colorée dans le tube capillaire.

La montée de l'eau colorée indique que le volume d'air a baissé dans le tube capillaire.

2. Explication du fait que l'eau de chaux se trouble

Le fait que l'eau de chaux se trouble indique qu'il y a dégagement de dioxyde de carbone (CO₂).

3.

a) Identification du phénomène qui se déroule dans le sol

C'est le phénomène de la respiration.

b) Déduction

On peut alors en déduire qu'il y a des êtres vivants dans le sol.

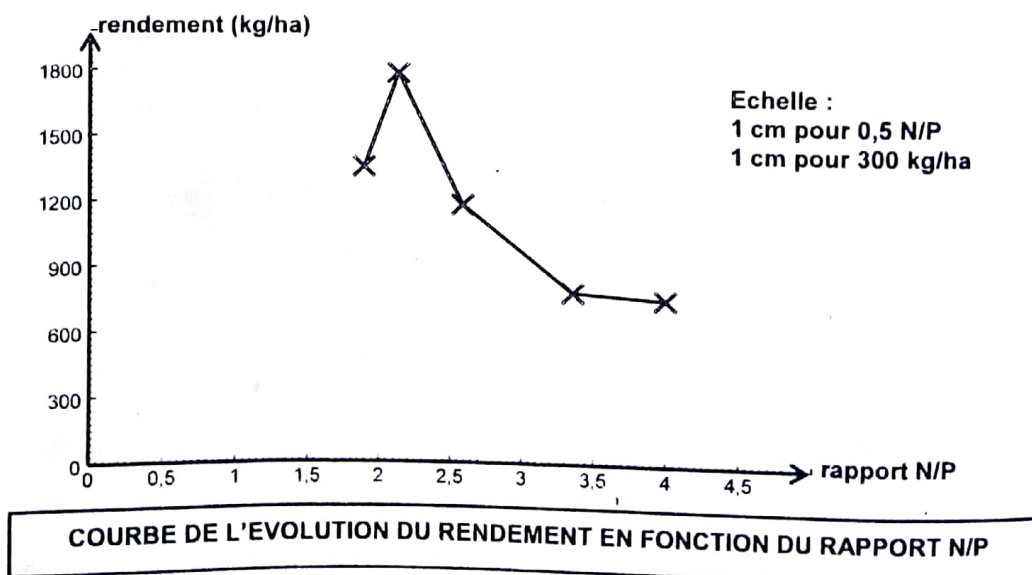
C'est l'activité biologique.

Exercice 2

1- Calcul dans chaque cas du rapport N/P.

Pourcentage N Total du sol	Pourcentage P Total du sol	Rapport $\frac{N}{P}$	Rendement (kg/ha)
1,1	0,275	4	755
1,00	0,297	3,36	783
1,00	0,386	2,59	1181
1,00	0,525	1,90	1354
2,40	1,120	2,14	1785

2- a) Construction de la courbe de rendement en fonction du rapport N/P.



Analyse de cette courbe

- Pour un rapport de N/P de 1,9 à 2,14, le rendement augmente de 1354 kg/ha à 1785 kg/ha.
- Pour un rapport de N/P de 2,14 à 4, le rendement baisse de 1354 kg/ha à 755 kg/ha.

b) Conclusion après l'analyse.

Le rapport N/P = 2,14 permet d'obtenir le meilleur rendement (rendement optimal).

3- Le type d'engrais à conseiller au planteur

Il doit lui conseiller le phosphore (P).

Justification : pour un rapport NP = 4, si le dénominateur (P) augmente ce rapport diminue pour tendre vers 2,14.

Exercice 3**1) Analyse comparée des courbes**

Le pH de la parcelle 1 est très acide alors que celui de la parcelle 2 est basique.

Il varie peu quelque soit la profondeur du sol des deux parcelles.

2) Explication :**a) de l'origine de l'acidité de la parcelle 1**

On sait que Ca^{2+} fixe les ions acides alors que l'aluminium favorise leur libération.

Donc, dans la parcelle 1 pauvre en Ca^{2+} et riche en Al^{3+} , les ions acides seront libérés dans le milieu ce qui explique l'acidité de la parcelle.

b) de l'aspect des plants de la parcelle 1

La parcelle 1 comporte des plants anormaux ce qui s'explique par l'acidité du sol, l'absence de Ca^{2+} , la mauvaise aération avec de nombreux champignons sur les racines.

c) des techniques permettant d'améliorer le développement de cette plante

Pour améliorer le développement de cette plante au niveau de la parcelle 1, il faut améliorer la qualité du sol de cette parcelle par amendement calcaire et/ou humifère qui favorise l'élimination de l'acidité et les champignons parasites, la diminution de la quantité de Al^{3+} , l'augmentation de celle de Ca^{2+} et l'aération du sol.

Exercice 4

1) Analyse comparée des résultats

Lorsqu'on fournit une quantité d'eau importante aux deux sols, le rendement est élevé, mais celui du sol à profondeur limitée est meilleur de plus de 30/plante. Au fur et à mesure que l'on diminue la quantité d'eau apportée, le rendement baisse progressivement dans les deux cas. Cependant celui du sol à profondeur non limitée reste supérieur à celui du sol à profondeur limitée.

2) Explication des résultats

Le sol à profondeur limitée est superficiel, ainsi la quantité d'eau apportée reste en surface et est exposée à une importante évaporation. Cependant, au 1er apport, l'eau disponible est plus importante, ce qui explique le meilleur rendement.

Alors que dans le sol à profondeur non limitée, l'eau a tendance à s'infiltrer en profondeur. Ce qui réduit la quantité d'eau disponible à la plante d'où le rendement inférieur à celui de la parcelle à la profondeur limitée. Cette profondeur limite l'évaporation d'eau par conséquent les plantes disposent en permanence d'eau pour leur développement.

C'est ce qui explique les rendements plus élevés malgré la diminution des apports d'eau. Précisons la technique la plus appropriée pour améliorer le rendement de la parcelle la moins productive.

a) Précision de la technique la plus appropriée

Pour améliorer le rendement de la parcelle la moins productive c'est le **pallage** qui est la technique la plus appropriée.

b) Justification du choix

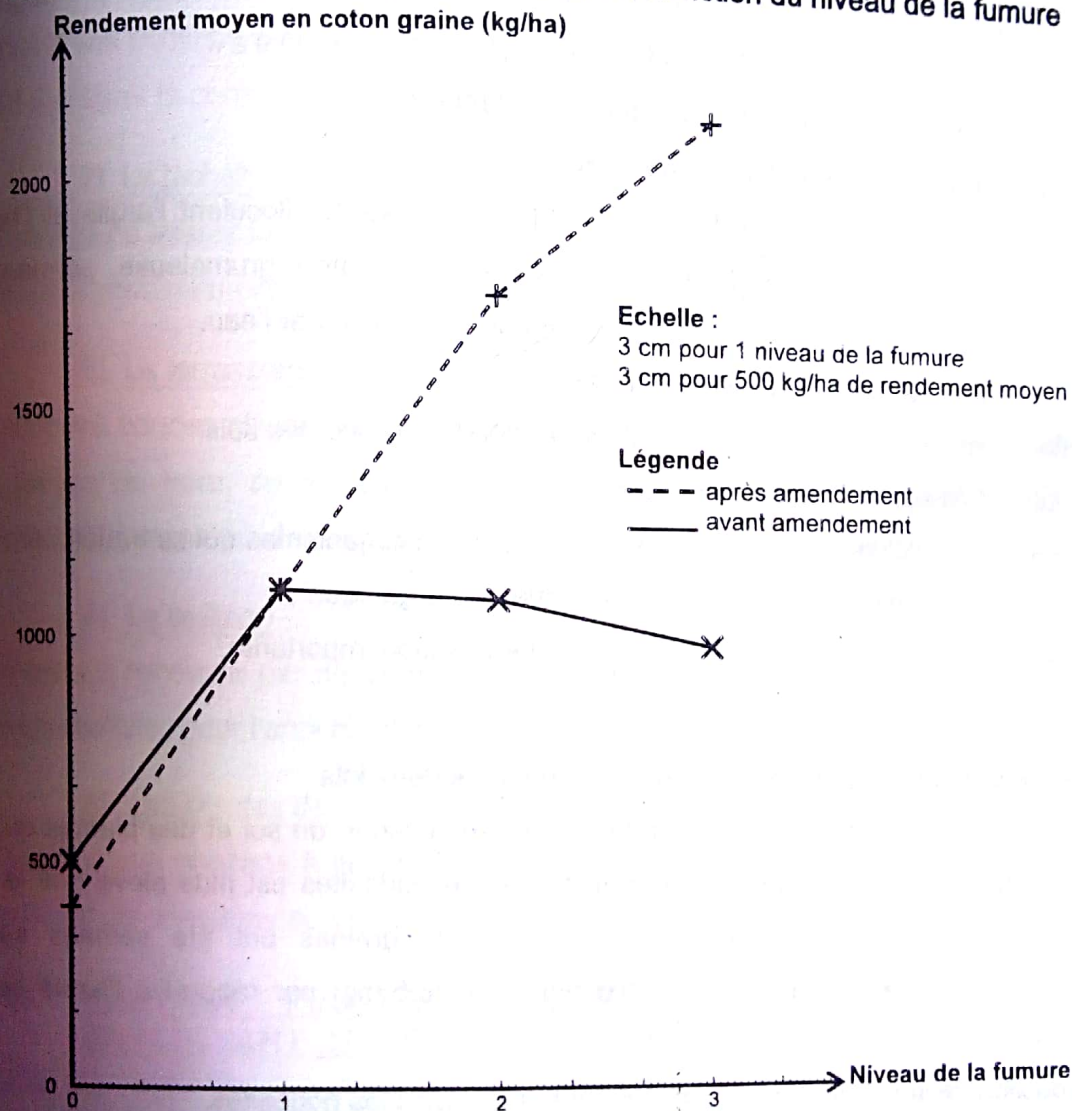
La paille retient l'eau et réduit l'évaporation.

Exercice 5**1. Définition des termes**

- **Fumure** : apport d'engrais à un sol pour le fertiliser
- **Amendement** : incorporation au sol des substances en vue d'améliorer ses propriétés physiques, chimiques ou biologiques.

2. Nom de l'amendement réalisé dans ces essais

C'est l'amendement calcaire.

3. Courbes des rendements moyens des essais en fonction du niveau de la fumure

COURBES DES RENDEMENTS MOYENS DES ESSAIS AVANT ET APRES AMENDEMENTS EN FONCTION DU NIVEAU DE LA FUMURE

4. Analyse du graphe obtenu

➤ Avant amendement

- Pour un niveau de la fumure de 0 à 1, le rendement qui était de 500 kg/ha augmente pour atteindre 1100 kg/ha.
- Pour un niveau de la fumure de 1 à 3, le rendement baisse légèrement de 1100 kg/ha pour atteindre 980 kg/ha.

➤ Après amendement

- Au fur et à mesure que le niveau de la fumure augmente, le rendement augmente de 400 kg/ha à 2140 kg/ha pour un niveau de fumure égal à 3.

5. Explication de l'action de l'amendement sur le rendement

➤ Les effets sur les propriétés physiques

Les ions calciums apportés par l'amendement calcaire au sol flocculent l'argile et l'humus d'une manière plus énergique, la structure du sol devient alors grumeleuse, perméable à l'eau et à l'air, plus stable c'est-à-dire résistante à la dispersion par l'eau.

➤ Les effets sur les propriétés chimiques

Les amendements calcaires permettent de lutter contre l'acidité des sols.

➤ Les effets sur les propriétés biologiques

La présence du calcium entraîne la stimulation des micro-organismes qui se traduit par :

- une décomposition importante de la matière organique ;
- une humification importante et une minéralisation importante.

Exercice 6

Analyse des résultats expérimentaux obtenus pour les deux lots

A la fin des expériences, on remarque que le taux d'azote du sol et des plantes du lot 1 où les graines ont été semées avec un broyat de nodosités est plus élevé que le taux d'azote du sol et des plantes du lot 2 où les graines ont été semées seules. Par contre l'azote de l'air du lot 1 a diminué (3326,5 mg) par rapport à l'azote de l'air du lot 2 (3363 mg) qui est resté le même.

1. Déduction de la fonction des bactéries contenues dans les nodosités.

Les rhizobium contenus dans les nodosités des légumineuses fixent l'azote de l'air et le mettent à la disposition des plantes sous forme de nitrate.

2. Justification de cette pratique par les résultats expérimentaux

Après la culture des légumineuses, on peut se passer d'engrais azotés car comme le présente les résultats expérimentaux les légumineuses enrichissent le sol en azote assimilable par les plantes.

COMMENT PEUT-ON PROTEGER LA FERTILITE DES SOLS ?

RAPPEL DE COURS

I. PEUT-ON PROTEGER LA FERTILITE DES SOLS EN UTILISANT CERTAINES TECHNIQUES ?

1) L'assolement

L'assolement consiste à alterner sur un sol, des cultures aux besoins nutritifs différents dans le but d'assurer la conservation de la fertilité du sol.

2) La jachère

Elle consiste à laisser les terrains déjà cultivés au repos pendant un certain temps afin qu'ils se reconstituent naturellement avant d'y pratiquer à nouveau des cultures.

3) Le terrassement ou culture en terrasse

Ce sont des bandes planes ou peu inclinées établies au travers de la pente et soutenues par des levées de terre, ce qui empêche l'écoulement de l'eau le long de la pente tout en permettant l'évacuation de l'excès d'eau.

4) Le paillage

Il consiste à recouvrir par de la matière végétale morte (paille) le sol à cultiver, ou portant déjà une culture, pour l'enrichir et le protéger contre l'insolation et l'érosion.

5) Les plantes de couverture

Cette technique consiste à cultiver une plante de couverture afin de protéger le sol contre l'érosion et de conserver son humidité.

II. PEUT-ON PROTEGER LA FERTILITE DES SOLS EN LES EXPLOITANT RATIONNELLEMENT ?

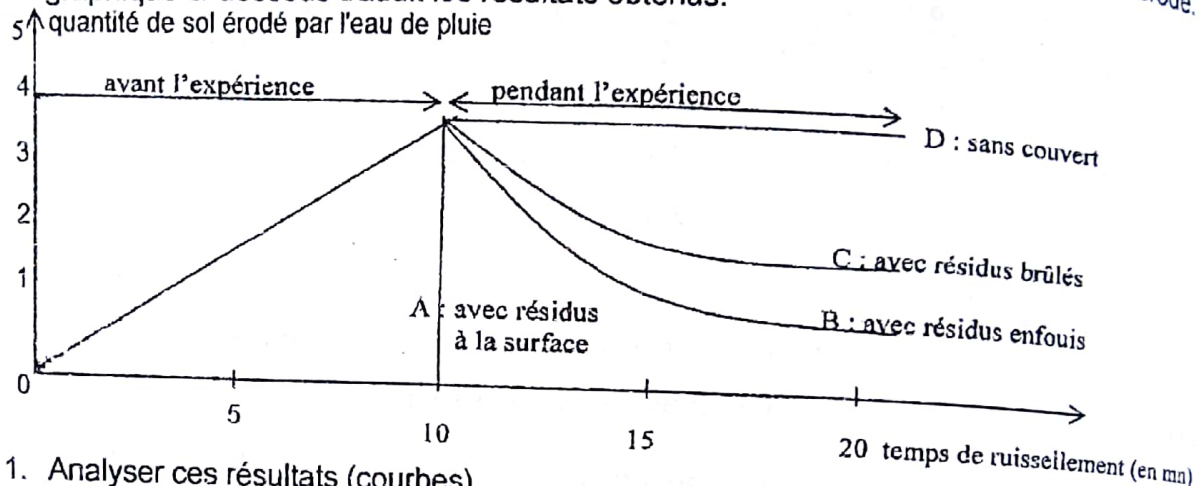
Toutes les techniques culturales étudiées offrent d'énormes avantages quant à la préservation de l'environnement.

- Le paillage permet de lutter contre l'érosion.
- Les plantes de couverture et la jachère permettent la reconstitution de la flore et la faune et par conséquent le maintien de l'équilibre de l'écosystème.
- La pratique de la culture intensive (cultures de variétés améliorées sur des parcelles à superficie réduite) permet une gestion rationnelle des terres cultivables.

EXERCICES RESOLUS**Exercice 1**

Afin de mettre en place une technique efficace de protection des sols, une étude a été réalisée sur un sol de 20% de pente, sous une hauteur de 3336 mm de pluie. Lors de l'expérience on fait varier la nature de la couverture du sol (sans couvert, résidus brûlés, résidus végétaux enfouis, résidus à la surface du sol) et on mesure la quantité de sol érodé.

Le graphique ci-dessous traduit les résultats obtenus.



1. Analyser ces résultats (courbes).
2. Identifier la meilleure technique de protection du sol.
3. Nommer cette technique.
4. Citer trois autres techniques de protection des sols.

Exercice 2

Un champ est divisé en quatre portions numérotées de 1 à 4. Sur chaque portion, on effectue des cultures comme l'indique le tableau ci-dessous :

Maïs	1	Arachide	2
Jachère	4	Igname	3

- 1- Sachant que la rotation s'effectue dans l'ordre normal des numéros des portions (sens 1 à 4) ;
 - a) Etablissez dans un tableau le programme de culture des quatre premières années de chaque portion.
 - b) Que remarquez-vous en ce qui concerne la culture qui précède celle du maïs ? Sachant que le maïs est une plante exigeante en azote, expliquez le choix de cette culture qui précède le maïs.
 - c) Déterminez en combien d'année la même culture revient sur la même portion.
- 2- Désignez :
 - a) cette pratique culturale.
 - b) chaque portion de champ.
- 3- Indiquez le but recherché par cette pratique culturale.
- 4- Définissez la jachère et indiquez son but.

EXERCICE DE PERFECTIONNEMENT

Exercice 1

Sur plusieurs parcelles d'érosion réparties sur trois (3) pentes (4%, 7%, 20%), on a mesuré l'influence combinée du travail du sol et de l'utilisation des résidus de l'ananas dans une large vallée du septentrion du mont « DENGUELE » dans la belle cité d'Odienné. Dans le tableau ci-dessous sont consignés les résultats des mesures. Les nombres dans les cases représentent les quantités de sol érodé.

Pour une hauteur de pluie en 16 mois de 3336 mm		Sol nu labouré	Sol labouré + ananas		
			Résidus brûlés	Résidus enfouis	Résidus à la surface
Pentes	4%	45	1,2	0,5	0,1
	7%	130	3,8	0,8	0
	20%	410	60	30,2	1

Erosion en tonne/hectare (t/ha) sur sol sous ananas en fonction de la pente en % et des techniques d'utilisation des résidus de culture.

- 1- Pour chacune des quatre (4) situations présentées, déterminez les facteurs d'érosions.
- 2- Déterminez la quantité moyenne de sol érodé pour chaque traitement et pour chaque pente ?
- 3- Déterminez l'évolution de l'érosion des sols :
 - a) pour une pente donnée, en fonction des techniques culturales.
 - b) pour une technique culturale, en fonction de la pente.
 - c) Identifiez quelle caractéristique des pluies (taille ou force des gouttes) est testée.
- 4- Donnez, en tant que technicien supérieur en agronomie, à ces paysans des conseils.
- 5- Il est fréquent de voir de vastes plantations d'ananas dont le sol, fraîchement remanié, est recouvert de toile (forme moustiquaire). Déterminez
 - a) L'intérêt présenté par cette pratique ou la toile.
 - b) Dans ces conditions, la présentation des chiffres du tableau ci-dessus.

Exercice 1

1) Analyse des résultats :

- Avant l'expérience, pour tous les sols la quantité de sol érodé augmente avec le temps de ruissellement.
 - Pendant l'expérience :
 - sol sans couvert (D) : la quantité de sol érodé est constante et maximale (valeur avant l'expérience).
 - sol avec résidus à la surface (A) : l'érosion du sol s'annule immédiatement.
 - sol avec résidus enfouis (B) ou avec résidus brûlés (C) : la quantité de sol érodé chute puis devient constante avec cependant une plus forte proportion pour C.
- 2) La meilleure technique de protection du sol : recouvrir le sol avec des résidus végétaux.
- 3) Nom de cette technique : le paillage.
- 4) Trois autres techniques de protection des sols : la jachère, le terrassement, l'assolement.

Exercice 2

1.

a) Programme de cultures de 4 premières années

	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	4 ^{ème} année
Portion 1	Maïs	Jachère	Igname	Arachide
Portion 2	Arachide	Maïs	Jachère	Igname
Portion 3	Igname	Arachide	Maïs	Jachère
Portion 4	Jachère	Igname	Arachide	Maïs

b) Remarque en ce qui concerne la culture qui précède celle du maïs

On remarque que le maïs est toujours précédé de la culture d'arachide.

c) Le nombre d'année pendant laquelle la même culture revient sur la même portion

La même culture revient sur la même portion tous les quatre ans.

2. Désignation de :

a) la pratique culturale

Cette pratique culturale est l'assolement.

b) la portion de champ

Chaque portion de champ est une sole.

3. But recherché par cette pratique culturale

Le but de cette pratique est d'assurer la conservation et la fertilité du sol en évitant que la même culture épuise rapidement le sol.

4. Signification et but de la jachère

- La jachère signifie la mise au repos temporaire d'une terre cultivée.
- Son but est de permettre au sol de se reconstituer naturellement.