

Première Partie : BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE

Introduction générale

Chaque type d'être vivant donne naissance à des êtres vivants identiques : les chats engendrent les chats, une graine de maïs redonnera un plant de maïs.

Il est facile de montrer que cette continuité à travers les générations, des caractères spécifiques d'une espèce, est régie par un centre d'information cellulaire. Celui-ci existe au sein de chaque cellule de chaque organisme et il est transmis aux cellules lorsque celles-ci se divisent.

La génétique est la science qui étudie la nature, le fonctionnement et la transmission de l'information génétique à l'échelle des cellules, des individus ou des populations.

En quelques années, la génétique a changé, elle est devenue de la **biologie moléculaire** à partir du moment où on a pu comprendre ce qui se passe au niveau des molécules responsables de l'hérédité (transmission des caractères d'un être à ses descendants).

Quelle est la nature de l'information génétique ? Où est localisée l'information génétique ? Comment s'exprime-t-elle ? Comment se transmet-elle de génération en génération ? Voilà tant de questions auxquelles nous tenterons de répondre dans ce présent cours, réparti en deux (2) thèmes :

1- Information génétique et synthèse des protéines

2- Transmission de l'information génétique

I- Nature de l'information génétique

Ressembler à ses parents ou à ses grands-parents s'expliquent par la transmission de génération en génération des caractères héréditaires. L'information pour ces caractères est présente dans la cellule œuf qui donnera naissance aux cellules filles d'un nouvel individu.

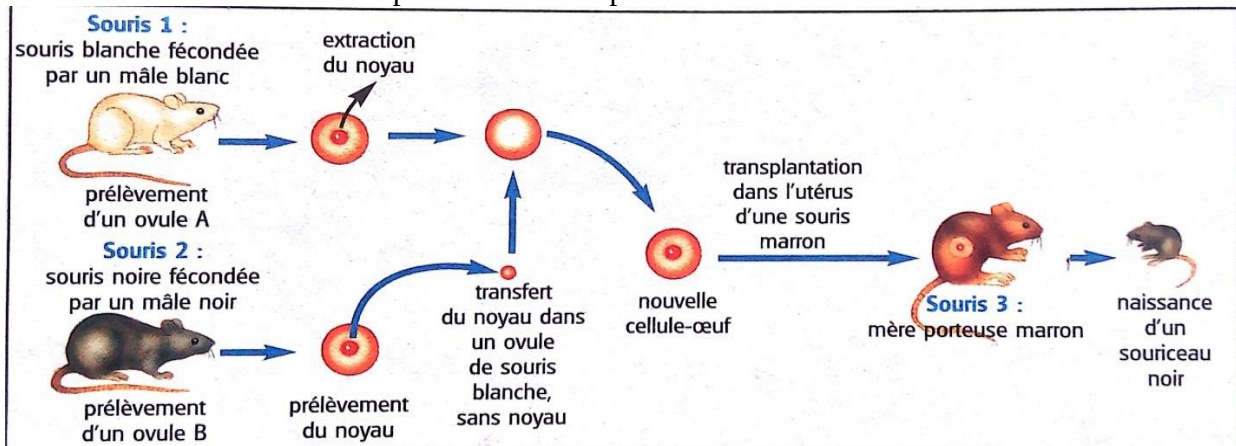
1- Qu'est-ce que l'information génétique ?

L'information génétique est l'ensemble des informations qui déterminent les caractères héréditaires. Un individu provient d'une cellule œuf contenant pour chaque caractère un déterminant transmissible appelé « **gène** ». L'ensemble des gènes constituent le **génome** ou l'information génétique de l'individu.

2- Où est localisée l'information génétique d'une cellule ?

Expérience :

Le document suivant montre une expérience de transplantation chez la souris.



Quelle conclusion peut-on tirer de cette expérience ?

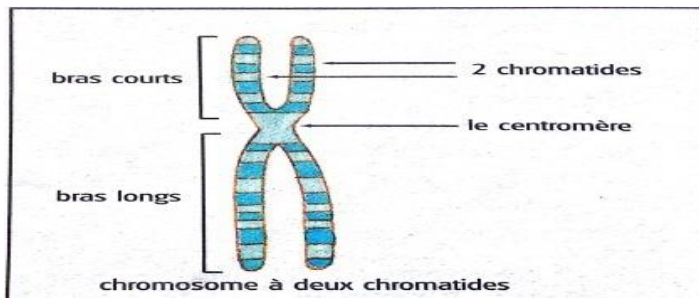
Cette expérience de transplantation de noyau comme d'autres ont prouvé que la totalité de l'information génétique d'une cellule eucaryote est localisée dans son noyau qui commande à distance l'activité du cytoplasme.

3- Support et nature de l'information génétique d'une cellule

La totalité de l'information génétique est dans le noyau cellulaire, précisément sur les chromosomes dont l'ADN (constituant essentiel ou substance universelle) est le support exclusif.

Les chromosomes sont toujours présents dans les cellules mais ne sont visibles que lorsque celles-ci sont en division, précisément à la métaphase.

Structure d'un chromosome métaphasique



Un chromosome métaphasique est formé de deux chromatides reliées en une zone rétrécie appelée **le centromère**. Chaque chromatide comprend deux bras de longueur égale ou inégale sur lesquelles se trouvent des bandes transversales qui indiquent l'emplacement des gènes.

Le nombre de chromosomes varie d'une espèce à l'autre mais toutes les cellules d'une même espèce possèdent exactement le même nombre de chromosomes. Les chromosomes sont identiques deux à deux.

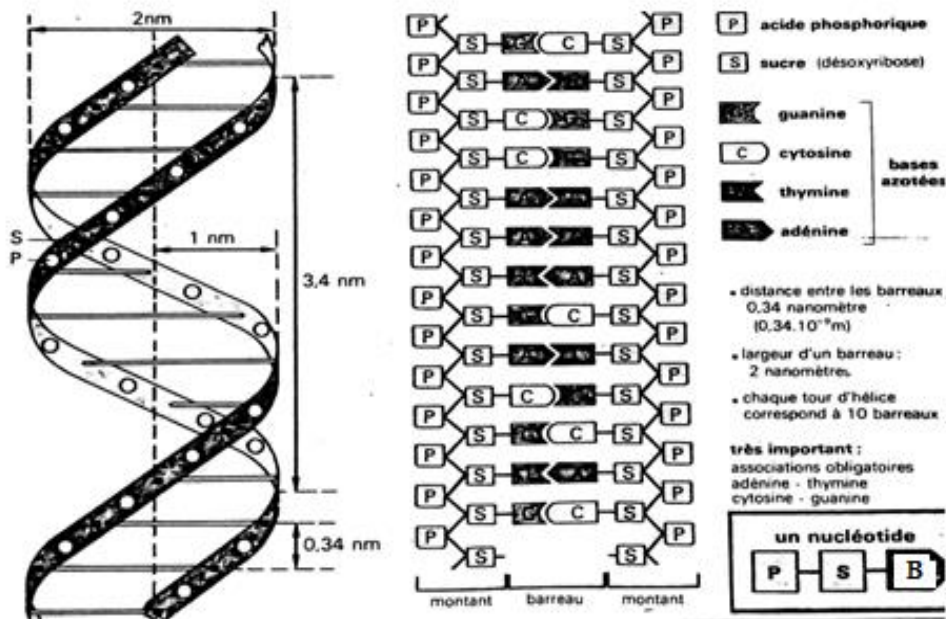
Exemple : Homme $2n = 46$; Drosophile $2n = 8$; Maïs $2n = 20$; Pois $2n = 14$; Poule $2n = 32$.

La présentation de l'équipement chromosomique d'une cellule se fait en rangeant par ordre de taille décroissante et par paire (chromosomes homologues).

Le nombre et la disposition des chromosomes d'une cellule est appelé **le caryotype**.

En conséquence l'information génétique est de **nature moléculaire**.

4- Quelle est la structure de l'ADN ?

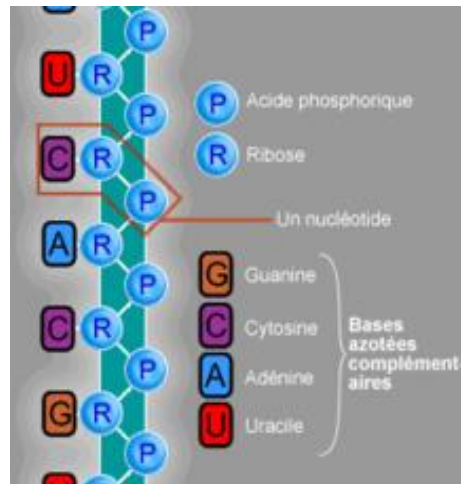


L'ADN est une grosse molécule formée de deux (2) chaînes enroulées en hélice. Chaque chaîne est constituée d'une succession de nucléotides formés chacun :

- d'acide phosphorique ;
- d'un sucre, le désoxyribose ;
- d'une base azotée (Adénine, Guanine, Cytosine ou thymine).

Les deux (2) chaînes de la molécule d'ADN sont reliées entre elles par des liaisons hydrogènes "fragiles" qui s'établissent entre les bases des deux nucléotides placés face à face tout en respectant la complémentarité (A se lie à T, G se lie à C et inversement). Ces liaisons hydrogènes sont doubles (entre A et T) et triple (entre G et C). Des liaisons covalentes "solides" relient l'acide phosphorique de chaque nucléotide au sucre du nucléotide suivant.

En plus de l'ADN, il existe un second acide nucléique appelé ARN (Acide Ribonucléique).



On distingue trois types d'ARN selon leurs fonctions :

ARN messager (ARNm) apporte aux ribosomes des instructions codées provenant de l'ADN.

ARN de transfert (ARNt) fixe les acides aminés et les transporte aux ribosomes.

ARN ribosomal (ARNr) qui constitue, avec les protéines, les sous unités des ribosomes participant à la traduction.

Comparaison ADN-ARN

Acides Nucléiques	ADN	ARN
critères		
Nombre de brin	2 ou bi caténaire	1 ou mono caténaire
Sucre	Désoxyribose	Ribose
Longueur	Considérable	Courte
Bases azotées	A, G, C et T	A, G, C et U
Localisation	Noyau	Noyau et cytoplasme
Rôle	Détenteur de l'information génétique	Réalisateur de l'information génétique
Durée de vie	Très longue (liée à la durée de vie de la cellule)	Courte (renouvellement important des ARN)

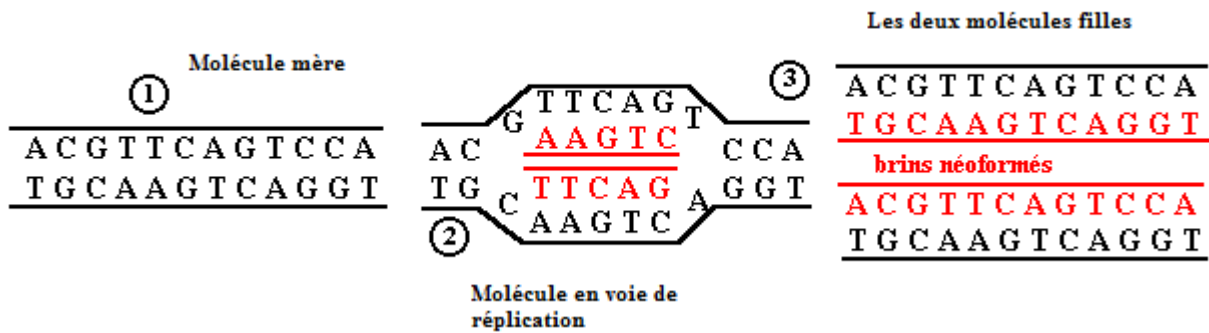
5- Quelles sont les propriétés de l'ADN ?

L'ADN possède deux propriétés (fonctions) fondamentales :

Il est doué du pouvoir de réplication c'est à dire, il est capable de donner naissance à deux molécules filles rigoureusement identiques à la molécule mère (rôle auto-catalytique) ;

Il est capable de déclencher, par l'intermédiaire de l'ARN, la synthèse des protéines spécifiques (rôle hétéro-catalytique).

Comment se fait la réplication de l'ADN ?



La répllication se fait par le mode semi- conservatif de la manière suivante :

- L'ouverture des deux brins d'ADN par la rupture des liaisons hydrogènes au niveau des points appelés **yeux ou fourches de répllication** par l'ADNase et l'hélicase ;
- Face à chacun des deux brins un nouveau brin se forme suite à l'incorporation par l'ADN polymérase des nucléotides libres dans le noyau suivant la complémentarité des bases : A se lie à T, G se lie à C et inversement. Chaque brin est la copie fidèle du brin qui lui a servi de matrice ou modèle de sorte que les deux (2) molécules filles d'ADN soient rigoureusement identiques entre elles.

D'autres facteurs peuvent y intervenir comme les ions Mg^{2+} et ATP.

NB : La répllication de l'ADN a lieu au cours de la phase S de l'interphase.

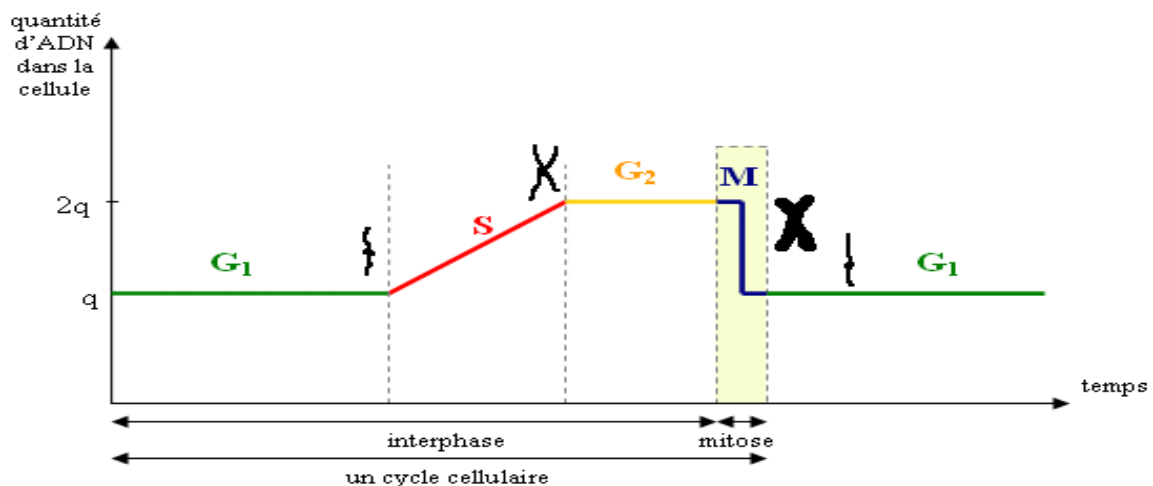
On appelle interphase, la période comprise entre deux divisions cellulaires successives.

Chaque interphase est caractérisée par :

- Une phase de croissance cellulaire initiale ou phase G_1 où on a des chromosomes simples (à une seule chromatide chacun) avec une quantité d'ADN stable à Q.
- Une phase de synthèse ou duplication de l'ADN (ou phase S) avec des chromosomes ayant des yeux de répllication au début et des chromosomes doubles (2 chromatides) à la fin et une quantité d'ADN qui passe progressivement de Q à 2Q.
- Une nouvelle phase de croissance cellulaire ou phase G_2 , avec des chromosomes doubles et une quantité d'ADN stable à 2Q.

L'ensemble formé d'une interphase et d'une mitose est appelé **cycle cellulaire**.

Graphique traduisant l'évolution du taux d'ADN au cours d'un cycle cellulaire



Chaque individu présente un ensemble de caractères qui correspondent à son phénotype. Ces caractères sont le produit de l'expression du matériel génétique puisqu'ils sont transmissibles à travers les générations. L'expression des caractères revient à la présence des protéines spécifiques (c'est-à-dire un arrangement des acides aminés).

Par définition, une protéine est une molécule formée de plusieurs acides aminés unis par des liaisons peptidiques.

NB : La fonction d'une protéine est en étroite relation avec son organisation spatiale et cette dernière dépend de l'ordre d'agencement de ses acides aminés dont ils existent vingt (20) dans la matière vivante.

Tableau des 20 acides aminés

Noms	Symboles	Noms	Symboles
Phénylalanine	Phé	Asparagine	Asn
Isoleucine	Ile	Lysine	Lys
Thréonine	Thr	Acide aspartique	Asp
Méthionine	Met	Acide glutamique	Glu
Valine	Val	Arginine	Arg
Serine	Ser	Tryptophane	Try
Proline	Pro	Glutamine	Gln
Alanine	Ala	Glycine	Gly
Leucine	Leu	Tyrosine	Tyr
Histidine	His	Cystéine	Cys

L'ordre d'enchaînement des acides aminés au sein d'une protéine est déterminé par un segment d'ADN correspondant appelé **gène** qui est donc défini comme la plus petite fraction d'ADN capable de diriger la synthèse d'une protéine.

Cette synthèse comprend deux (2) étapes successives : la transcription et la traduction.

1- La transcription : elle correspond à la synthèse de l'*ARN_m* à partir de l'ADN. Elle se déroule dans le noyau en faisant intervenir le complexe enzymatique, l'*ARN polymérase*.

Lors de la transcription d'un gène, la molécule d'ADN « s'ouvre » au niveau de ce gène, par rupture des liaisons hydrogènes.

La synthèse d'une molécule d'ARN_m s'effectue au contact d'un des deux brins d'ADN appelé « **brin transcrit** » par assemblage des nucléotides libres dans le noyau suivant un ordre précis imposé par la complémentarité des bases entre ARN_m et le brin d'ADN transcrit (G se place en face de C, C en face de G, A en face de T et U en face de A). La molécule d'ARN_m est identique à celui du brin non transcrit d'ADN (à la différence du nucléotide U qui, sur l'ARN, occupe la place du nucléotide T de l'ADN).

2- La traduction : est un processus qui a lieu dans le cytoplasme plus précisément dans les ribosomes qui correspond au passage du langage nucléotidique (*séquence des codons*) en langage peptidique (*séquence des acides aminés*).

Avant d'aborder le mécanisme de la traduction, essayons de voir la notion du code génétique.

Notion du code génétique

Le code génétique a été mis en place à la suite d'un raisonnement mathématique qui a été confirmé par l'expérimentation.

La séquence des vingt (20) acides aminés qui peut constituer une protéine est programmée dans l'ADN et donc dans sa partie transcrite : **ARN_m**. Il existe un système de correspondance entre la séquence des 4 nucléotides (U, C, A, G) et la séquence des 20 acides aminés : c'est **le code génétique**.

En effet, si on fait correspondre à un nucléotide un acide aminé ($4^1 = 4$), on n'obtiendrait pas un arrangement satisfaisant puisqu'une protéine ne renfermera au maximum que 4 acides aminés différents, ce n'est pas le cas dans la nature. De même, un arrangement qui correspond à deux nucléotides à un acide aminé n'est également pas satisfaisant ($4^2 = 16$). Seule la combinaison des trois nucléotides (un codon) est largement satisfaisante ($4^3 = 64$) : **64 codons**

61 désignent des acides aminés ;

3 commandent l'arrêt de la synthèse protéique et sont appelés **codons- stop** ou **codons non- sens** (UAA, UAG, UGA), car ceux- ci ne désignent aucun acide aminé.

Le code génétique

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

Il faut remarquer que :

- L'information élémentaire ou codon correspondant à un acide aminé est portée par un triplet de nucléotide ;
- Le code génétique est **redondant**, c'est-à-dire que la plus part des acides aminés sont désignés par plusieurs triplets ;
- Le code génétique est commun à tous les êtres vivants ; il est donc **universel** ;
- Une base ne peut appartenir à la fois à deux codons ; la lecture du code est non **chevauchante**.
L'universalité, le non chevauchement, la redondance, la ponctuation, l'unicité sont les caractéristiques du code génétique.

NB : Certaines modifications de la séquence des nucléotides de l'ADN peuvent avoir des répercussions sur la qualité du polypeptide synthétisé : **c'est la mutation**.

Mécanisme de la traduction

Au cours de la traduction, les acides aminés activés par les ARN_t sont incorporés par ces derniers dans la chaîne polypeptidique conformément à l'ordre d'agencement des nucléotides dans l'ARN_m. La traduction se déroule en trois étapes : l'initiation, l'élongation et la terminaison.

a- L'initiation : correspond à la formation du complexe d'initiation et la fixation du premier acide aminé (la méthionine) devant le codon initiateur AUG.

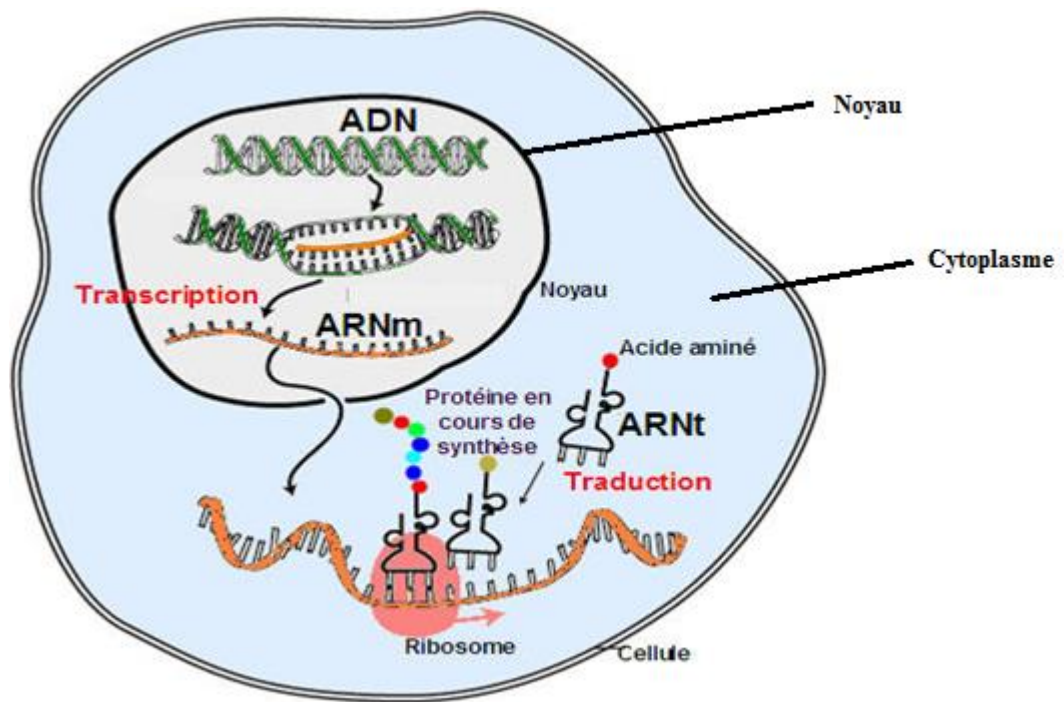
b- Elongation : correspond à l'allongement de la chaîne polypeptidique conformément à la lecture faite par les ribosomes codon après codon.

c- Terminaison : correspond à l'arrêt de la synthèse lorsque les ribosomes seront en face d'un des codons stop. Ainsi, la méthionine est libérée, la molécule d'ARN_m se disloque, les sous unités des ribosomes se séparent.

NB : La traduction nécessite l'intervention d'un certain nombre d'**acteurs** :

- La molécule d'ARN_m ;
- Les ribosomes lisent et traduisent l'information génétique ;
- Les ARN_t ;
- Un stock cellulaire d'acides aminés ;
- L'ATP
- Les systèmes enzymatiques et facteurs protéiques.

Schéma de synthèse de la biosynthèse des protéines



Exercices d'application

Exo.1 : Le tableau suivant donne les proportions relatives de bases azotées de l'ADN de différents êtres vivants.

	A	G	C	T
Homme	10	7	7	10,2
Porc	12	6,1	6	12
Blé	10	8	8	10
Oursin	8	5,4	5,4	8

- 1) Quelle relation simple existe-t-il entre les chiffres de ce tableau ?
- 2) Quelle hypothèse concernant la structure de l'ADN peut-on en déduire de cette relation ?

Exo.2 : a) Construisez un des modèles théoriques possibles d'un fragment d'ADN qui renfermerait 24 bases azotées dont le rapport A+T/G+C serait de 1,4.

b) Ce fragment peut permettre la synthèse d'un ARNm. Ecrivez sa séquence et en vous aidant du tableau du code génétique, donnez la séquence des acides aminés codés par cet ARNm.

c) Expliquez le mode de liaison des acides aminés dans une telle séquence.

Exo.3 : Soit la séquence des nucléotides d'un gène représenté ci-après :

A A C G A C C A C C T C C C A C G G A C.

- 1) Calculez la longueur approximative de cette séquence de nucléotides.
- 2) Ecrivez la molécule d'ADN correspondant à cette séquence, en faisant ressortir les deux (2) types de liaisons. Calculez sa masse moléculaire sachant que la masse molaire moyenne d'un nucléotide est de 300.

Exo.4 : Voici la séquence de nucléotides d'un brin d'ADN.

C G C A C G C G A T T T T A T G T A G C A

- 1) Représentez la séquence correspondante du brin d'ADN complémentaire.
- 2) Représentez la séquence correspondante des acides aminés de la protéine traduite à partir de l'ARNm (utilisez le code génétique).
- 3) Sur ce même brin codant d'ADN, la guanine du 2^{ème} triplet de bases est remplacée par une adénine. La séquence des acides aminés est-elle modifiée ?
- 4) La structure primaire de la protéine est-elle modifiée si la cytosine du 2^{ème} triplet est remplacée par une guanine ? Que peut-on dire du code génétique ?

Exo.5 : Soit TTCCGCAAATAAGCC, une séquence du brin codant d'une molécule d'ADN.



- 1.) Ecrivez cette séquence sous forme d'ARNm.
- 2.) Traduisez le langage nucléique en langage peptidique dans le sens de la flèche.
- 3.) Si on remplace le nucléotide en position 6 par de l'adénine, quelle particularité observera-t-on sur la structure de la protéine synthétisée.

Exo. 6

Chez les mammifères, la post- hypophyse élabore deux (2) hormones de nature polypeptidique :

- L'ocytocine qui favorise la contraction de l'utérus ;
- La vasopressine ou ADH qui provoque la constriction des artères et la réabsorption de l'eau par les reins.

Le document (a) indique la séquence des bases de la portion d'ADN codant pour l'ocytocine. Des deux (2) brins de cette portion d'ADN seul le brin non codant a été représenté.

Le document (b) donne le même type d'information dans le cas de l'ADH.

TGCTAC A TCCAGAACTGCCCC TGGGC

Document (a)

TGCTACTTCCAGAACTGCCCAAGAGGA

Document (b)

- 1) Trouvez, à partir de ces documents et en utilisant le code génétique, la séquence des acides aminés de chacune de ces deux (2) hormones.
- 2) Quelles sont les différences observées au niveau des deux (2) fragments d'ADN codant pour l'ocytocine et la vasopressine ? Ces différences se traduisent- elles ou non dans la structure des deux (2) polypeptides élaborés ? Pourquoi ?

Exo.7

Soit une séquence de bases d'acide nucléique suivant :

T A C A C G G C G A T G T T T

- 1- S'agit-il d'ADN ou ARN ? Justifier.
- 2- Cette séquence représente le brin transcrit.
 - a- Représenter la séquence des bases d'ARN_m correspondante formée à partir de ce brin d'ADN.
 - b- Préciser par quel phénomène biologique et dans quelle partie de la cellule a-t-elle lieu cette synthèse d'ARN_m.
- 3-
 - a. A l'aide de ce code génétique, représenter la séquence des acides aminés du polypeptide à partir de l'ARN_m.
 - b. Dire, par quel phénomène biologique et dans quelle partie de la cellule a-t-elle lieu cette formation de polypeptide ?
 - c. Quelles sont les différentes phases de ce phénomène biologique ?

Chapitre 2 : La transmission de l'information génétique

Peu après sa formation, la cellule œuf subit une succession de divisions. Les cellules filles, comme toutes autres cellules de l'organisme (excepté les gamètes) possèdent 46 chromosomes. Lors de la division cellulaire, il y a donc conservation du nombre de chromosomes (mitose) et réduction de moitié du nombre de chromosomes (méiose).

Comment se fait cette transmission ? Quelles sont les lois qui la régissent ?

I- Les Divisions Cellulaires

Chez l'Homme, on distingue principalement deux (2) types de divisions cellulaires :

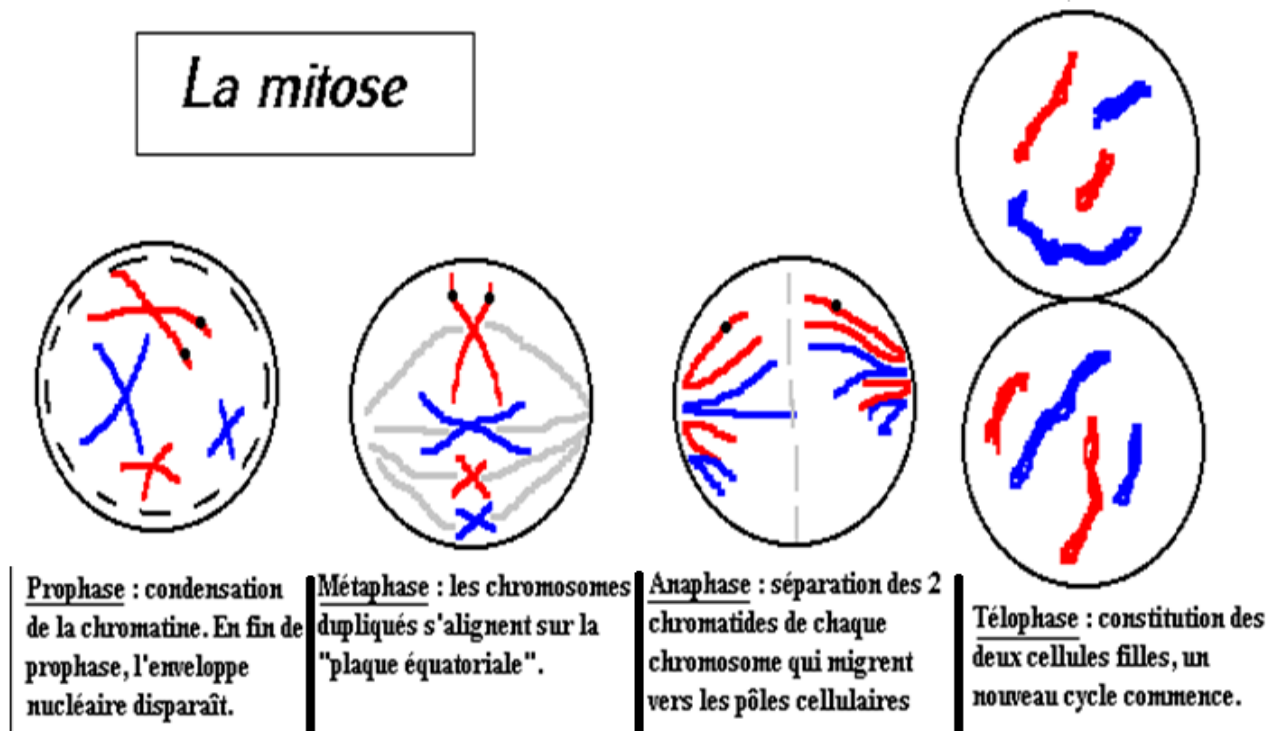
-La mitose, se rencontrant dans tous les organes du corps, est une division équationnelle qui multiplie la cellule sans modifier le nombre de ses chromosomes. Elle joue un rôle important dans la croissance, la réparation des tissus usés, le remplacement des cellules mortes ;

-La méiose, se rencontrant que dans les organes sexuels, est une division réductionnelle qui multiplie la cellule en réduisant de moitié le nombre de ses chromosomes. Elle joue un important rôle dans la formation des gamètes et la formation d'individus originaux par le brassage chromosomique.

a- La Mitose ou reproduction conforme

Comment se déroule la mitose ?

Bien que la mitose soit un phénomène continu, le comportement des chromosomes permet de distinguer quatre phases, comme le montre le document ci- dessous :



b- La Méiose ou reproduction non conforme

Comment se déroule la méiose ?

La méiose est un ensemble de deux mitoses successives qui, à partir d'une cellule diploïde donne naissance à quatre cellules haploïdes (à n chromosomes). Les deux divisions méiotiques comportent, comme toute division indirecte, quatre (4) phases (prophase, métaphase, anaphase, télophase).

Cependant, la première division méiotique présente des particularités remarquables par rapport à une mitose ordinaire.

b-1)- La première division méiotique ou mitose réductionnelle.

En prophase1, les chromosomes homologues s'apparient pour former des **tétrades**. Vers la fin de la prophase, des échanges de segments homologues peuvent se produire entre les chromatides de deux chromosomes appariés (**brassage intrachromosomique**). Ces échanges, appelés **Crossing-over** se réalisent au niveau des **chiasmata** qui sont des chevauchements entre chromatides non sœurs.

En métaphase 1, les tétrades se disposent à l'équateur du fuseau achromatique, centromères de part et d'autre de la ligne médiane.

En anaphase 1, les deux chromosomes de chaque tétrade se séparent sans division du centromère, puis se repoussent vers les pôles, de telle sorte qu'à chaque pôle de la cellule on a (n) chromosomes fissurés. Vers chaque pôle de la cellule, migrent des chromosomes d'origine paternelle et maternelle : c'est le **brassage interchromosomique**.

En télophase 1, souvent écourtée par rapport à une télophase de mitose ordinaire, ne présente aucune particularité notable. Elle est seulement confondue avec la prophase 2 (prophase de la 2^{ème} division méiotique).

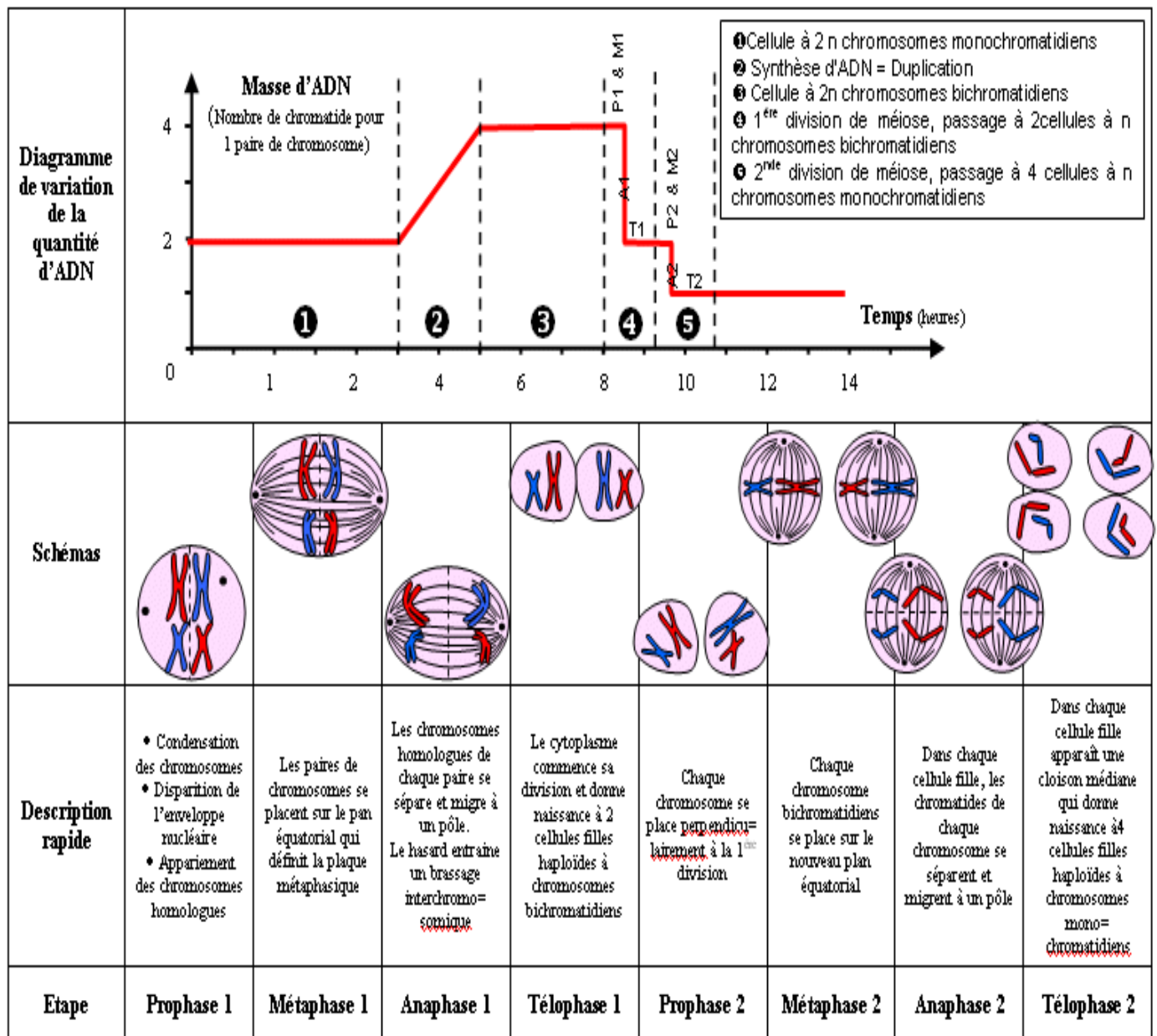
b-2)- La deuxième division méiotique ou mitose équationnelle.

Elle est tout à fait comparable à la mitose ordinaire, à la seule différence qu'elle porte sur (n) chromosomes. Elle assure la séparation des deux chromatides de chaque chromosome, de telle sorte que chaque cellule fille reçoit (n) chromosomes non fissurés.

NB : la méiose exige également au préalable, le dédoublement de la molécule d'ADN. Cette duplication se fait une fois, pendant l'interphase qui précède la division réductionnelle ou mitose1.

Le tableau ci- dessous résume les phénomènes observés au moment de la méiose.

Tableau récapitulatif des événements cytologiques de la méiose.



La Théorie chromosomique de l'hérédité

Les lois de la transmission héréditaire des caractères ont été découvertes par Juan **Gregor Mendel (1822-1884)** à travers les expériences d'hybridation des pois. Mais, elles n'ont suscité de l'intérêt qu'à leur redécouverte **35 ans** après, en **1900** par d'autres chercheurs (**Hugo De vries, Correns, Tchermak**) depuis elles restent valables.

Les bases scientifiques de ces lois ont été déterminées par **Thomas Hunt Morgan** en **1933** à travers les études de l'hérédité chez la drosophile, énoncé dans sa théorie chromosomique de l'hérédité : les chromosomes sont les supports des gènes qui sont disposés de façon linéaire, chacun à un emplacement précis dénommé **locus**. Le **gène**, unité de l'hérédité existe sous deux aspects, les **allèles**, l'un d'origine paternelle et l'autre d'origine maternelle. Les deux allèles d'un gène occupent le même locus sur deux chromosomes homologues. Deux allèles de gène différents, situés sur le même chromosome sont liés, c'est le **linkage**. La liaison peut être rompue par le **crossing-over**.

L'ensemble des allèles d'un individu constitue son **génotype** alors que son **phénotype** en est la traduction apparente, dépendant du génotype et de l'action du milieu.

Les deux allèles d'un individu peuvent être identiques : leurs manifestations donnent un seul aspect du caractère, on dit que le sujet est **homozygote** (race pure pour ce caractère). Son phénotype correspond à son génotype.

Par contre, les allèles peuvent être différents, mais gouvernent le même caractère sous deux aspects différents : le sujet est **hétérozygote**, son phénotype présente toujours un seul aspect qui est :

- Soit l'intermédiaire de deux aspects du caractère dû à la manifestation simultanée des deux allèles dits **codominants** ;
- Soit l'un des deux aspects du caractère, correspondant à la manifestation d'un seul allèle dit **dominant**, qui impose son expression au détriment de l'autre allèle qualifié de **récessif**.

Abréviations et conventions d'écriture

P : Parent

G : gamète

X : Croisement

F₁ : 1^{ère} filiale ou 1^{ère} génération

F₂ : 2^{ème} filiale ou 2^{nde} génération

Le phénotype le plus couramment observé dans la nature est appelé type « sauvage » ou « normal ».

Un allèle peut être symbolisé par une lettre (initiale correspondant au phénotype déterminé par cet allèle).

Le phénotype d'un individu hétérozygote permet de déterminer la dominance simple et la récessivité ou la codominance :

- L'allèle qui détermine le phénotype, qualifié de dominant, est alors symbolisé par une lettre majuscule ;
- L'allèle qui, bien que présent, ne se trouve pas exprimé dans le phénotype est qualifié de récessif et noté par une lettre minuscule.
- Dans la codominance les deux allèles sont symbolisés tous par des lettres majuscules.

Une autre façon d'écriture consiste à symboliser les deux allèles d'un gène par la même lettre ou abréviation, en général fondée sur le phénotype produit par la mutation de l'allèle. L'allèle non muté est alors désigné par l'ajout du signe + en exposant.

• Comment résoudre un problème en génétique ?

Toute résolution correcte des exercices de génétique repose sur une bonne connaissance et compréhension de la constitution du matériel génétique (notions de gène, d'allèles, localisation sur les chromosomes) et de la façon dont il se transmet au cours de la reproduction sexuée, c'est à dire au cours de la méiose et de la fécondation.

Pour résoudre un exercice de génétique classique, il faut effectuer les opérations suivantes :

- ✓ Noter les phénotypes parentaux ;
- ✓ Noter les phénotypes des descendants ;
- ✓ Dire selon le cas s'il s'agit d'un monohybridisme ou d'un dihybridisme ;
- ✓ En justifiant, retrouver la dominance ou la codominance allélique pour chaque gène ;

A partir des pourcentages des hybrides issus des divers croisements, raisonner pour retrouver s'il s'agit :

- ✓ d'une hérédité autosomale ou hétérosomale ;
- ✓ d'un croisement simple ou d'un test-cross ;
- ✓ d'un dihybridisme avec gènes liés tout en vérifiant si la liaison est complète ou partielle (avec crossing-over) ;

Quel que soit le cas, grâce à un raisonnement toujours argumenté :

- ✓ établir le génotype parental ;
- ✓ déterminer les types de gamètes parentaux et leurs proportions ;

- ✓ établir l'échiquier de croisement qui permet de retrouver les différents phénotypes observés et leur pourcentage correspondant ;
- ✓ établir les génotypes des descendants ;
- ✓ Recommencer le raisonnement en cas de nouveau croisement.

II- Transmission d'un caractère héréditaire : Le Monohybridisme

Activité 1 (à faire)

On croise deux variétés de pois, l'une à graine lisse et l'autre à graine ridée. On obtient à la première génération des pois tous à graines lisses.

1- Déterminez :

- a- Le nombre de caractère transmis ;
- b- Le type de dominance (dominance simple ou codominance)
- c- La nature de la F₁ (homogène ou hétérogène).

2- Ecrivez :

- a- Le génotype de chaque parent et celui des individus de la première génération.
 - b- Les proportions phénotypiques des individus de la 1^{ère} génération.
- 3- Qu'obtient-on en croisant deux individus F₁ entre eux.
- 4- Un autre croisement entre un individu F₁ et la variété à graine ridée a donné une descendance composée d'autant de lisses que de ridées.
- a- Nommez ce croisement.
 - b- Faites l'interprétation chromosomique.

Retenons :

Dans un cas de monohybridisme avec dominance et gène autosomal, le brassage inter chromosomique donne les proportions phénotypiques suivantes :

- A la F₁, 100% d'hybrides de même phénotype que le parent initial dominant ;
- A la F₂, $\frac{3}{4}$ (ou 75%) d'individus de même phénotype que le parent initial dominant ; $\frac{1}{4}$ (ou 25%) d'individus de même phénotype que le parent initial récessif.

2^{ème} Cas : Dominance intermédiaire

Activité 2 (à faire)

On croise deux « belles de nuit » : l'une à fleur rouge et l'autre à fleur blanche ; on obtient à la F₁, des plantes à fleurs roses.

- a- Interprétez ce résultat.
- b- Qu'obtiendrait-on à la seconde génération ?

Retenons : Dans un cas de monohybridisme avec codominance (inter dominance), à la F₂, les individus apparaissent dans les mêmes proportions ($\frac{1}{4}$; $\frac{2}{4}$; $\frac{1}{4}$) phénotypiquement et génotypiquement.

3^{ème} Cas : Gène Létal

Activité 3 (à faire)

On croise un canari huppé avec un normal, on obtient autant de huppé que de normal ; quand on croise un couple huppé, on obtient en moyenne 2 huppés pour 1 normal. Le croisement normal avec normal donne toujours des individus normaux.

Interprétez ces résultats.

Retenons :

Le gène létal est un gène qui tue le sujet qui le porte à l'état homozygote.

- Avec le gène létal, les proportions à la F₂ du monohybridisme ($\frac{3}{4}$ et $\frac{1}{4}$) sont transformées en ($\frac{2}{3}$ et $\frac{1}{3}$).
- La somme des gènes létaux est appelé « **le fardeau génétique** ».

III- Transmission de deux (2) caractères héréditaires : Le Dihybridisme

Activité (à faire)

On croise deux variétés de pois, l'une à graine jaune et lisse, l'autre à graine verte et ridée. On obtient à la F₁ des pois tous à graines jaunes et lisses.

- 1- a- Quel est le nombre de caractères étudiés dans cette expérience de croisement ? Lesquels ?
 b- Quels sont les caractères apparus à la descendance ? Comment appelle-t-on ces caractères ?
 c- Comment expliquez- vous l'uniformité de la F₁ ?
- 2- Qu'obtiendrait- on phénotypiquement et génotypiquement à la F₂ ?
- 3- Que donnera le croisement d'un hybride F₁ à la variété à graine verte et ridée conformément aux lois de Mendel ?

Retenons : Dans un cas de dihybridisme, si les gènes sont autosomiques avec des parents homozygotes, le brassage inter chromosomique donne les proportions phénotypiques suivantes :

-A la F₁ ; 100% d'individus hybrides de même phénotype qui peut être celui de l'un des parents si celui- ci possède des allèles dominants ;

-A la F₂, grâce à la ségrégation indépendante des couples d'allèles, il se produit une superposition de deux monohybridismes ($3/4 + 1/4$) ($3/4 + 1/4$) sont :

9/16 ou 56,25% de phénotype appartenant au parent pur dominant du croisement initial ;

3/16 ou 18,75% de phénotype correspondant à une nouvelle combinaison ;

3/16 ou 18,75% d'un autre phénotype nouveau correspondant à une nouvelle combinaison ;

1/16 ou 6,25% de phénotype appartenant au parent récessif du croisement initial.

-Le test-cross (F₁ x P. récessif) donne quatre phénotypes dans les mêmes proportions : 1/4 ; 1/4 ; 1/4 ; 1/4.

Les lois qui définissent le comportement d'un chromosome pendant la transmission de l'information génétique sont les **lois de Mendel**.

Les lois de Mendel

Que disent les lois de Mendel ?

a)- Première loi ou loi de l'uniformité des hybrides de la 1^{ère} génération (F₁).

Le croisement entre deux individus de lignées pures différant par un ou plusieurs caractères, fournit en F₁ des hybrides tous identiques, soit ils rappellent l'un des parents (dominance), soit ils réalisent une forme intermédiaire (codominance).

b)- Deuxième loi ou loi de la disjonction des caractères en F₂ :

Les individus de la F₂ sont différents les uns des autres (hétérogènes ou polymorphes). Cette différence ne s'explique que par une disjonction (séparation) des caractères allèles au moment de la formation des gamètes qui sont donc purs. Elle est aussi appelée Loi de la pureté des gamètes.

c)- Troisième loi ou loi de la disjonction indépendante des caractères.

Lors de la formation des gamètes des poly hybrides, il y a disjonction indépendante et recombinaison libre des différents couples de caractères allèles (ceci s'observe par l'apparition de phénotypes nouveaux dans la génération F₂).

NB : La 3^{ème} loi de Mendel n'est valable qu'à partir du dihybridisme.

IV- Transmission de deux gènes liés : Estimation de la distance entre les gènes

Activité (à faire)

On croise une drosophile au corps gris et soies longues avec une drosophile au corps ébène et soies courtes. On obtient à la F₁ des drosophiles toutes au corps gris et soies longues.

1- Interprétez ce résultat.

2- Le croisement d'une femelle F₁ avec un mâle au corps ébène et soies courtes donne une descendance composée de : 441 [gris-long] ; 58 [gris-courts] ; 62 [ébène-long] ; 439 [ébène-courts].

Ces résultats correspondent- ils aux prévisions conformément à la 3^{ème} loi de Mendel ? Justifiez votre réponse et précisez la localisation des gènes sur le chromosome.

3- On croise un mâle F₁ avec une femelle au corps ébène et soies courtes ; on obtient : 502 [gris-long] ; 498 [ébène-courts]. Que signifie ce résultat ?

Retenons :

Dans le cas de dihybridisme avec des gènes liés (linkage), la 3^{ème} loi de Mendel ne s'applique pas, les gènes se transmettent en bloc.

On reconnaît le linkage par le fait qu'un dihybride donne :

- Deux types de gamètes au lieu de quatre, avec les proportions 3/4 ; 1/4 en F₂ (F₁x F₁) et 1/2 ; 1/2 en test-cross, dans le cas du linkage total ;

- Quatre types de gamètes avec des proportions inégales mais associées 2 à 2 en test-cross dans le cas du linkage partiel dû au **crossing-over** (les proportions des gamètes parentaux sont supérieures à celles des gamètes recombinés).

NB : Le taux de recombinaison permet de déterminer en Centimorgan (cg) la distance entre les gènes.

V- Transmission d'un gène lié au sexe

Activité (à faire)

Le croisement d'une drosophile femelle de race pure aux yeux rouges avec une drosophile mâle également de race pure aux yeux blancs donne à la F₁ des drosophiles toutes aux yeux rouges.

Le croisement d'une drosophile femelle aux yeux blancs avec un mâle également de race pure aux yeux rouges donne à la F₁ des drosophiles dont les mâles ont des yeux blancs et les femelles ont des yeux rouges. Interprétez ces résultats.

Retenons : La 1^{ère} loi de Mendel ne s'applique pas dans certains cas d'hérédité liée au sexe.

Une hérédité est dite liée au sexe lorsque le gène responsable du caractère transmis est situé sur l'un des chromosomes sexuels X ou Y.

On reconnaît le mode de transmission d'une hérédité liée au sexe par les faits suivants :

- * Des parents de race pure donne par croisement une F₁ hétérogame ;
- * Le croisement réciproque donne des résultats différents ;
- * Dans la descendance, le phénotype varie en fonction du sexe de l'individu (généralement du père aux filles, de la mère aux fils).

VI- Mutations et Somations

A- Mutations.

1)- Qu'est-ce qu'une mutation ?

Ce terme créé en 1900 par Hugo De Vries, désigne des variations fortuites, brusques et héréditaires, affectant le matériel génétique des individus dits mutants.

2)- Quels sont les différents types de mutations ?

On a coutume de distinguer plusieurs types de mutations selon le niveau auquel intervient le changement dans le matériel génétique.

a)- Mutations géniques : les mutations géniques affectent la structure du matériel génétique au sein d'un gène. Elles se situent donc à l'échelle moléculaire.

Une mutation qui n'affecte qu'un seul triplet de nucléotide du gène est qualifiée de ponctuelle.

Plusieurs types de mutations ponctuelles peuvent intervenir : la substitution, la délétion, l'insertion, l'inversion.

Exemple : la drépanocytose est un cas de mutation ponctuelle.

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

Principaux types de mutations géniques ponctuelles, c'est-à-dire affectant un seul triplet de nucléotides de l'ADN. Quelques exemples sont présentés dans ce tableau.

b)- Anomalies chromosomiques

Lorsque la modification du matériel génétique est beaucoup plus étendue, les anomalies deviennent visibles sur le caryotype (alors que les mutations géniques ne sont pas visibles), on parle dans ce cas «d'aberrations chromosomiques».

On distingue deux grands groupes d'aberrations chromosomiques :

b-1)- Des aberrations concernant la structure des chromosomes ou mutations chromosomiques.

La délétion : la délétion est la perte d'un fragment plus au moins important du chromosome. La plus fréquente des délétions est celle du bras court du chromosome 5 qui entraîne une maladie appelée maladie « du cri du chat ».

La translocation : la translocation est un remaniement structural qui résulte du transfert d'un segment de chromosome (translocation simple et réciproque) ou d'un chromosome entier sur un autre chromosome.

L'inversion : il y a inversion lorsque la partie chromosomique cassée subit une rotation suivie d'un récolement.

b-2)- Des aberrations sur le nombre de chromosomes ou mutation du génome

Chez l'homme le caryotype comporte 46 chromosomes. Si ce caryotype est inférieur ou supérieur à 46, on parle d'une aberration de nombre. Cette anomalie peut se produire au niveau des autosomes ou au niveau des chromosomes sexuels.

Le tableau ci-dessous résume les conséquences de quelques anomalies chromosomiques au niveau de l'organisme :

Anomalies chromosomiques	Conséquences au niveau de l'organisme
Trisomie 21 ou Mongolisme ou syndrome de Down (47 !)	Yeux en amande, repli vertical de la paupière près du nez, visage large, nez aplati, un seul pli dans la paume de la main. Présente un Handicap mental plus ou moins important.
Trisomie 18 (47 !)	Affecte l'ensemble des organes. Les enfants n'atteignent pas l'âge de 1 an.
Trisomie 13 (47 !)	Malformation des yeux, du cerveau, du système circulatoire... Espérance de vie 130 jours en moyenne.
Syndrome de Turner : 44aut.+X	Femme de petite taille et stérile (pas de caractères sexuels secondaires, pas de règles). Intelligence normale.
Syndrome de Klinefelter 44aut. + XXY	Homme stérile (organes génitaux atrophiés). Intelligence inférieure à la normale.

Origine des mutations : mutagenèse.

Les mutations sont dues aux agents mutagènes. On connaît de nombreux agents mutagènes.

Il peut s'agir :

d'agents physiques, tels que les radiations ionisantes (rayons X, rayons β) ;

d'agents chimiques (acide nitreux, uranium, les acridines, le 5- bromo- uracile...).

Dans tous les cas la conséquence de l'action de ces agents est une modification structurale de l'A.D.N.

Quelle est l'importance biologique des mutations ?

En provoquant l'apparition de nouveaux génotypes, les mutations augmentent la diversité génétique au sein des espèces et favorisent ainsi le polymorphisme des populations.

Une mutation peut se relever bénéfique ou néfaste selon les conditions du milieu. Triées par la sélection naturelle, les mutations constituent un facteur essentiel de l'évolution génétique des populations.

B- Somations

C'est l'ensemble de toutes les modifications acquises par le phénotype d'un organisme au cours de sa vie, modification résultant des conditions du milieu (facteurs biotiques et abiotiques) et qui ne sont pas héréditaires. Il n'y a aucune modification du génotype (gènes, chromosomes ou d'un groupe de chromosomes) des gamètes.

Différence entre Mutation et Somation

Mutations	Somations
Variation héréditaire ;	Variation non héréditaire ;
Variation discontinue ;	Variation continue ;
Variation due à l'action des gènes, des chromosomes ou du milieu ;	Variation due à l'action du milieu ;
Variation affectant le génome.	Variation affectant le soma.

VII- Génétique Humaine

Longtemps centrée sur l'étude de la transmission des caractères morphologiques (couleur des yeux, des cheveux ; forme du nez, du menton,), la génétique humaine a aujourd'hui pour principal objet l'étude des maladies héréditaires et des anomalies chromosomiques. Elle obéit aux mêmes lois que celles déterminées par la génétique chez les plantes et les animaux.

Comment reconnaît-on qu'un « caractère » ou une maladie est héréditaire ? Qu'appelle-t-on anomalie chromosomique ? Comment détermine-t-on le sexe chromosomique ? Comment recherche-t-on la paternité ?

1)- Hérité du sexe

a) Caryotype humain :

Chaque cellule de chaque être humain contient un même ensemble de 46 chromosomes ($2n = 46$) qui constitue le caryotype de l'espèce humaine.

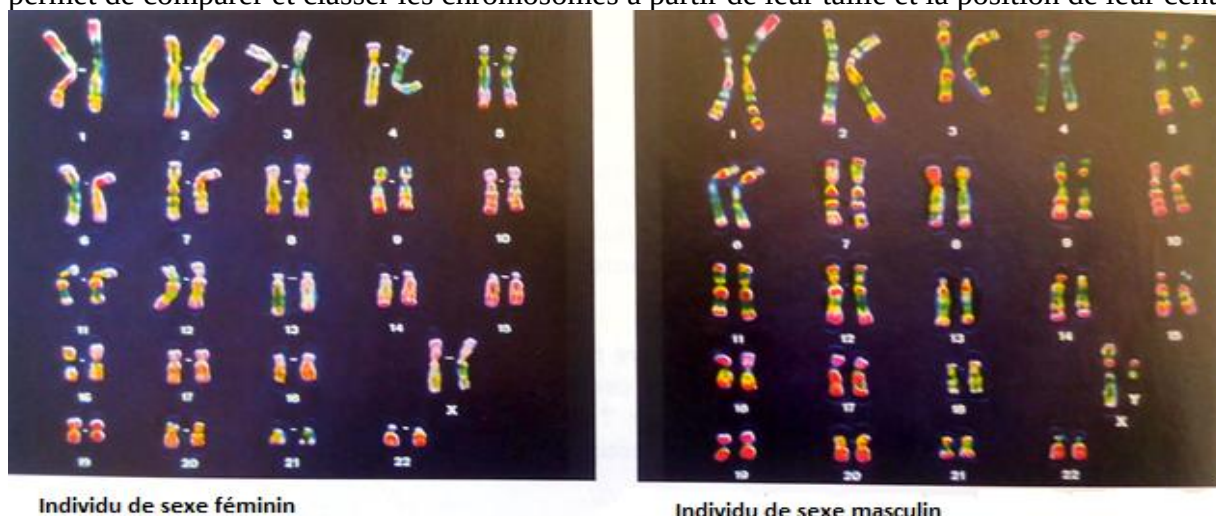
Dans l'espèce humaine la formule chromosomique est :

➤ 44 autosomes + XX, chez la femme ;

- 44 autosomes + XY, chez l'homme où X et Y sont des chromosomes sexuels (gonosomes).

La réalisation du caryotype humain

Le caryotype humain est établi sur les globules blancs en division, bloqués en métaphase par la colchicine. Après coloration, les chromosomes d'une cellule sont photographiés. Le cliché obtenu permet de comparer et classer les chromosomes à partir de leur taille et la position de leur centromère.



b)- Détermination chromosomique du sexe dans l'espèce humaine

Chez l'homme, l'existence de deux chromosomes sexuels (gonosomes) différents (X et Y) conduit, en raison de la méiose, à la production de deux catégories de spermatozoïdes équiprobables : les uns contenant le chromosome X, les autres le chromosome Y.

L'ovule, en revanche, possède obligatoirement un chromosome X. Au moment de la fécondation c'est donc le spermatozoïde qui détermine le sexe du futur enfant. L'union se fait au hasard, ce qui explique l'égale probabilité des deux sexes dans la population.

Gamète \ Gamète	X	Y
X	XX fille	XY garçon
Y	XY garçon	YY garçon

Remarque : Des travaux récents montrent que c'est seulement un tout petit gène appelé gène **SRY** (Sex Determining Region of Y chromosome) responsable de la synthèse d'une protéine nommée **TDF** (Testis Determining Factor), situé sur le chromosome **Y** qui est responsable de la détermination du sexe. Sa présence sur un chromosome détermine la fabrication d'un garçon et son absence détermine la fabrication d'une fille.

2)- L'hérédité des groupes sanguins.

Un groupe sanguin est un caractère héréditaire normal à transmission autosomique, caractérisé par la présence ou non des antigènes de surface sur les hématies.

a)- Les groupes sanguins du système A B O

Pour le système **ABO**, il existe deux antigènes de surface (**A et B**) auxquels correspondent deux anticorps naturels (**α et β**). Selon les individus, les antigènes A et B peuvent être présents séparément, simultanément ou absents, ce qui détermine l'existence de quatre groupes sanguins.

Groupes sanguins	Antigènes sur les hématies	Anticorps dans le sérum
A	A	β
B	B	α
AB	A et B	Néant
O	Néant	α et β

Ces quatre groupes sanguins A, B, AB et O sont déterminés par un gène autosomique existant sous trois formes d'allèles (A, B, O) et occupant un locus déterminé de la 9^{ème} paire de chromosomes. Un individu donné ne peut posséder que deux allèles seulement. Ce qui donne les génotypes possibles suivants :

Groupes sanguins	Génotypes possibles
A	AA ou AO
B	BB ou BO
AB	AB
OO	OO

NB. Fréquence en Guinée : statistique du CNTS 1991. A= 24%, B= 24%, AB= 4%, O= 48%.

b)- Le facteur Rhésus.

Pour le facteur rhésus, il existe plusieurs antigènes dont le plus important est l'antigène D, pour lequel il n'existe pas d'anticorps naturel mais un anticorps immun. L'antigène D est une substance chimique contenue dans le sang de nombreux individus (85% des cas) qui sont dits de facteur rhésus positif (Rh⁺) et manque chez d'autres individus (15%) dits de facteur rhésus négatif (Rh⁻).

Génétiquement le facteur rhésus est déterminé par un gène autosomique se trouvant sous deux formes d'allèles (Rh⁺) et (Rh⁻) où (Rh⁺) domine (Rh⁻), ce qui donne les génotypes possibles suivants :

Groupes sanguins	Génotypes possibles
Rhésus positif	Rh ⁺ Rh ⁺ ou Rh ⁺ Rh ⁻
Rhésus négatif	Rh ⁻ Rh ⁻

3)- Maladies héréditaires.

a)- Maladies héréditaires autosomales.

a-1)- Albinisme: est une maladie héréditaire autosomale à caractère récessif due à la synthèse défectueuse par les mélanocytes de la peau, d'un pigment noir, la mélanine.

L'albinisme est génétiquement commandé par un gène récessif qui empêche la synthèse d'une enzyme (la tyrosinase). Un sujet albinos est donc d'emblée homozygote : il a reçu de chacun de ses parents l'allèle récessif responsable de l'anomalie.

Chez l'homme, le sujet atteint est totalement dépigmenté, sa peau est d'un blanc laiteux ainsi que ses cheveux, ses cils et sourcils. Son iris est clair, parfois rose, la pupille apparaît rouge où elle laisse voir des vaisseaux sanguins du fond de l'œil.

a-2)- La Drépanocytose : encore appelée anémie à hématie falciforme ou Sicklémie (Sickle signifie faucille en anglais), est une maladie héréditaire autosomale à caractère codominant, due à un gène muté responsable de la synthèse de l'hémoglobine anormale (HbS) entraînant chez les sujets atteints (drépanocytaires) la formation d'hématies en forme de faucille.

L'hémoglobine S (HbS) diffère de l'hémoglobine normale (HbA) par la substitution d'un acide aminé : l'acide glutamique de l'hémoglobine A est remplacé par la valine de l'hémoglobine S (c'est une mutation génique).

Génétiquement les allèles A et S sont codominants.

Phénotypes		Normal	Drépanocytaire
Génotype	Homozygotes	AA	SS
	Hétérozygotes	néant	AS

NB. Les individus apparemment sains (AS), mais qui transmettent la maladie, bénéficient d'une résistance au paludisme.

b)- Maladies héréditaires gonosomales ou liées au sexe

D'une façon générale, les maladies liées au sexe sont plus fréquentes chez les garçons que chez les filles et même certaines sont exclusivement masculines.

b-1)- l'Hémophilie : c'est une maladie héréditaire caractérisée par une coagulation très lente du sang, voire la non coagulation du sang. Elle est due à l'absence d'un facteur (protéine) de coagulation sanguine. Génétiquement l'hémophilie est une hérédité récessive liée au chromosome sexuel (X). L'allèle de l'hémophilie (h) est récessif par rapport à l'allèle normal dominant (H).

Phénotypes		Sain	Porteur	Malade
Génotypes	Filles	$X^H X^H$	$X^H X^h$	$X^h X^h$ non viables
	Garçons	$X^H Y$	-	$X^h Y$

NB : Les individus ayant le génotype $X^h X^h$ (homozygotes récessifs) ne sont pas viables car le gène de l'hémophilie à l'état homozygote est létal (incompatible à la vie). C'est pour cela qu'il n'y a pas de filles hémophiles.

b-2)- Le Daltonisme.

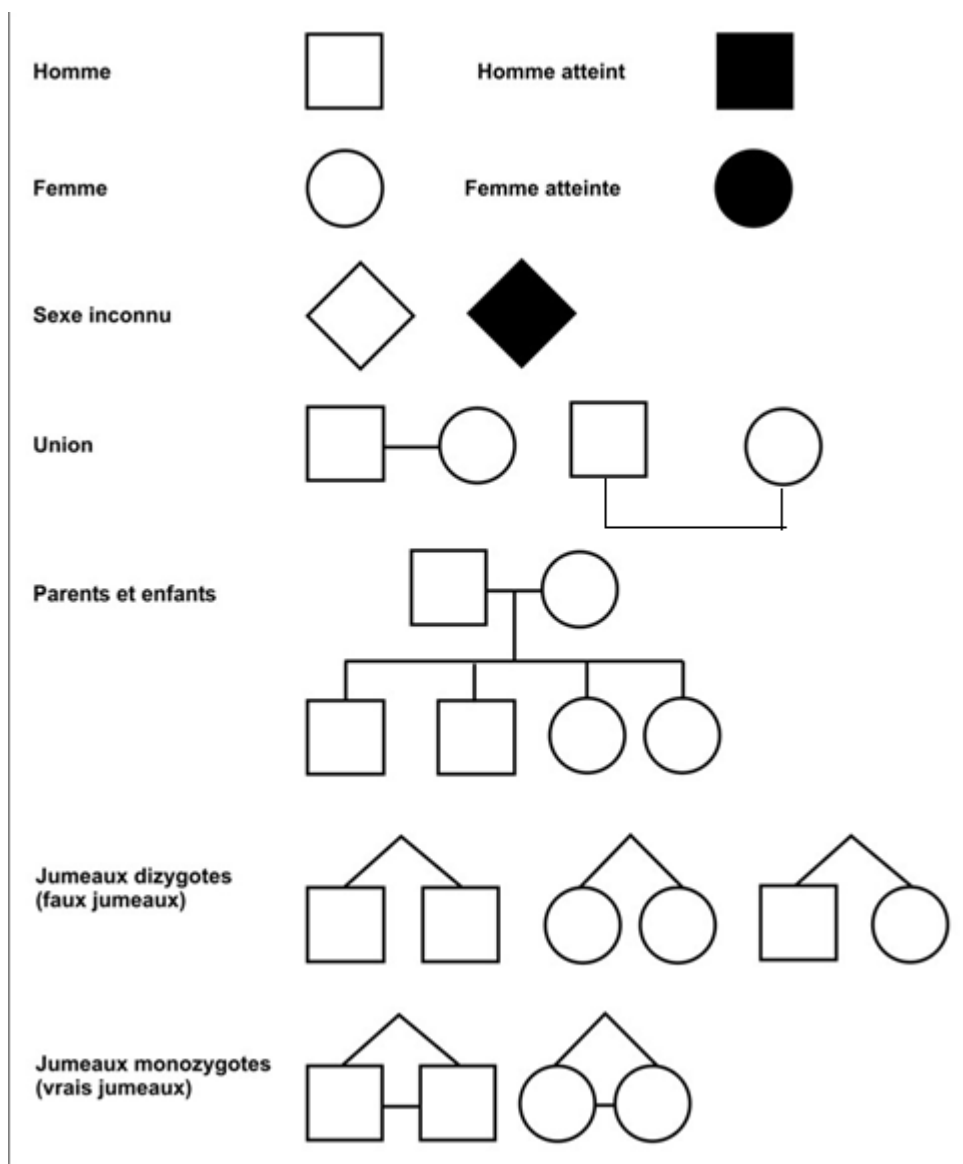
Le daltonisme est une anomalie de la vision qui se traduit par une confusion de couleurs (en particulier le rouge et le vert). Il affecte 5% des hommes et 0,25% des femmes.

Génétiquement le daltonisme est un cas d'hérédité récessive liée au sexe et dont le gène responsable est porté par le chromosome sexuel (X). L'allèle du daltonisme (d) est récessif par rapport à l'allèle normal (D) qui est dominant.

Phénotypes		Sains	Porteur sain	Daltonien
Génotypes	Filles	$X^D X^D$	$X^D X^d$	$X^d X^d$
	Garçons	$X^D Y$	-	$X^d Y$

NB : Le daltonisme se transmet de la même manière que l'hémophilie, mais contrairement à cette dernière les individus ayant le génotype $X^d X^d$ (homozygotes récessifs) sont viables.

Résolution d'un problème de génétique à partir d'un arbre généalogique
Quelques Symboles et convention d'écriture



Problème : Un homme daltonien A épouse une femme normale B. Ils ont trois enfants, un garçon normal, une fille et un garçon daltoniens. La femme B a deux frères daltoniens et une sœur normale. Cette sœur ayant épousé un homme non daltonien à deux fils daltoniens et une fille normale.

- 1- Reconstituez l'arbre généalogique de cette famille.
- 2- Sachant que le daltonisme est récessif et lié au sexe (X, Y), dites par lequel de ces chromosomes le caractère est-il porté. Justifiez votre réponse.
- 3- Quel est le génotype de l'homme A et celui de la femme B ?
- 4- Donnez une interprétation chromosomique de la naissance de leurs trois (3) enfants.

Exercices d'application

Exo.1 :

A la 60^{ème} heures de sa vie, un embryon humain possède 16 cellules et mesure environ 250 micromètres de diamètre. Depuis la cellule œuf initiale jusqu'à ce stade, combien de mitoses aurait-on pu observer ? Quelle est la durée approximative d'un cycle cellulaire ? Combien de chromosomes trouve-t-on dans chacune de ces cellules ?

Exo.2

Une cellule animale possède $2n = 2$ chromosomes et un taux d'ADN égal à $0,4 \cdot 10^{-12}$ g. Représentez cette cellule en métaphase et en anaphase d'une mitose. Donnez le graphique de l'évolution du taux d'ADN au cours de 2 cycles cellulaires successifs.

On donne : $G_1 = 4h$; $G_2 = 6h$; $S = 6h$; $M = 1h$

Exo.3

Comparez mitose et méiose en envisageant les points suivants (chez un animal) :

Quels sont les organes où se déroulent la mitose et la méiose ? Existe-il des organes où se déroulent les deux processus ? Quelles différences existe-t-il entre la prophase et l'anaphase d'une mitose et celles dans la 1^{ère} division de méiose ? Quel est le nombre de cellules produites au terme d'une mitose et d'une méiose ? Quel serait le taux d'ADN dans chacune des cellules filles ? On donne $C =$ taux d'ADN dans la cellule mère.

Exo.4

Une cellule végétale a pour garniture chromosomique $2n = 4$ chromosomes et un taux d'ADN = $0,6 \cdot 10^{-12}$ g.

- a)- Représentez-la en Anaphase d'une mitose ordinaire et en Anaphase I d'une méiose. Quelles différences constatez-vous ?
- b)- Dans quels organes peut-on rencontrer ces 2 divisions ?
- c)- Quelle est l'importance de chacune d'elles pour un organisme pluricellulaire ?
- d)- Faites la représentation graphique de la variation du taux d'ADN au cours de la méiose. On donne $G_1 = 4h$, $S = 6h$, $G_2 = 3h$, $M = 1$ heure.

Monohybridisme

Exo.5

Deux lignées pures de drosophiles diffèrent par un seul caractère : l'une aux ailes normales, l'autre aux ailes courtes. Le croisement de ces 2 souches a donné en première génération des drosophiles uniquement à ailes normales.

- a- Que signifie ce résultat ? Ecrivez le génotype des parents et celui des sujets de la F₁.
- b- Déterminez en appliquant les lois de l'hérédité, la composition prévisible de la 2^{ème} génération F₂.
- c- Un autre croisement entre drosophile à ailes normales et drosophile à ailes courtes à donner en F₁ 50 % de sujets à ailes normales et 50 % de sujets à ailes courtes.
- d- Que signifie ce nouveau résultat ?

Exo.6

Chez la belle de nuit, le croisement entre une plante à fleur rouge et une plante à fleur blanche donne, en F₁ des plantes toutes à fleur rose. Expliquez ce résultat. Dans quelles proportions apparaissent les individus à la F₂ ?

Exo.7

On croise un chien à queue longue de race pure avec une chienne de race pure sans queue. On obtient en F₁ des chiens sans queue et des chiennes à queues courtes. On croise une chienne à queue longue de race pure avec un chien sans queue de race pure. On obtient en F₁ des chiens à queues longues et des chiennes à queues courtes.

- a- Interprétez ces résultats.
- b- Indiquez les génotypes des parents et ceux de la F₁ dans chacun des cas.

Exo.8

En croisant un coq blanc avec une femelle noire, on obtient des individus tous à plumage bleuté.

- 1- A quel type de dominance appartiennent les caractères étudiés ?
- 2- On croise entre eux les individus à plumage bleuté. Quelle sera la répartition statistique des caractères étudiés dans la population ainsi obtenue ?
- 3- On croise un coq à plumage bleuté avec une poule à plumage blanc. Quelle sera la répartition statistique des caractères dans la descendance ?

Exo.9

On croise un coq andalou blanc avec une poule andalouse noire, tous les poulets obtenus ont le plumage gris bleuté. Le même résultat est obtenu en réalisant le croisement réciproque (coq noir croisé avec une poule blanche).

- a) Quelle loi de Mendel est-elle illustrée par ce résultat ?
- b) Que peut-on penser de la dominance des caractères blanc et noir ?
- c) Quel est le génotype des hybrides obtenus ?

Exo.10

Deux lignées pures de drosophiles diffèrent par un seul caractère. L'une est constituée de drosophiles blanches, l'autre de drosophiles grises.

1-Comment peut-on se rendre compte de la pureté de ces lignées ?

2-Le croisement d'une drosophile grise avec une drosophile blanche, donne en F₁ des drosophiles toutes grises. Expliquez ce résultat.

3-Quels seront les résultats statistiques du croisement des drosophiles de F₁ entre elles ?

4- Doit-on obligatoirement s'assurer de la pureté de la lignée de drosophiles blanches ?

5- Qu'obtiendra-t-on en croisant :

a)- Les drosophiles de F₁ avec les drosophiles grises de la lignée pure ?

b)- Les drosophiles de F₁ avec les drosophiles blanches de la lignée pure ?

5- On trouve dans la salle d'élevage une drosophile grise. Comment peut-on savoir qu'il appartient à une lignée pure ?

Gène léthal**Exo.1**

Chez la souris, le croisement d'un mâle au pelage jaune avec une femelle présentant le même phénotype donne une descendance dans laquelle on remarque environ 2/3 des individus au pelage noir. Par contre, le croisement d'une souris jaune avec une souris noire donne en F₁ une génération où l'on compte autant de souris noires que de jaunes. Expliquez ce résultat.

Exo.2

Le croisement chien mexicain sans poil et chienne mexicaine à poil normal donne une génération composée par moitié de chiots poilus et chiots sans poils

Le croisement chien mexicain sans poil et chienne mexicaine sans poil donne une génération composée de 1/3 de chiots poilus, 2/3 de chiots sans poils.

Expliquez ces résultats.

Dihybridisme**Exo.1**

On croise une drosophile de race pure à antennes longues et ailes droites avec une drosophile de race pure à antennes courtes et ailes arquées. Les descendants de la F₁ ont tous des antennes longues et ailes droites. Interprétez ce résultat. Dans quelles proportions apparaissent les individus de la F₂ conformément aux lois de Mendel ?

Exo.2

On croise une drosophile de race pure à antennes longues et ailes droites avec une drosophile de race pure à antennes courtes et ailes arquées. Les descendants de la F₁ ont tous des antennes longues et ailes droites. On croise entre eux, un mâle et une femelle de cette F₁. On obtient :

2764 mouches à antennes longues et ailes droites ;

920 mouches à antennes longues et ailes arquées ;

931 mouches à antennes courtes et ailes droites ;

301 mouches à antennes courtes et ailes arquées.

Expliquez ces différents résultats et faites un échiquier de croisement.

Exo.3

Chez les tomates, le caractère fruit rouge domine le caractère fruit jaune, le caractère tige grimpante domine le caractère tige naine d'une part. D'autre part ces caractères sont transmis de façon indépendante. Un cultivateur disposant de deux lignées pures :

- l'une rouge et naine
 - l'autre jaune et grimpante, désire obtenir des plantes de tomates rouges et grimpantes. Il croise les deux lignées pures :
- a) Que va-t-il obtenir en F_1 et en F_2 ?
 - b) Quelles proportions de plantes le phénotype recherché aura-t-il en F_2 ?
 - c) Combien de phénotypes trouve-t-on dans l'ensemble en F_2 ?

Génétique humaine

Exo.1

Les gènes A, B et 0 sont trois allèles qui déterminent les groupes sanguins : A, B, AB et 0. Les allèles A et B sont équivalents et dominant 0.

Un médecin rapporte le cas suivant :

- d) M^r (X) pense que son enfant (W) n'est pas de lui et qu'il a été changé en bas âge à la maternité avec l'enfant (Z) attribué à M^r (Y). Un examen des sangs est effectué :
- e) M^r (X) est du groupe B, sa femme du groupe A, l'enfant (W) du groupe 0 M^r (Y) est du groupe B, sa femme du groupe 0, l'enfant (Z) du groupe AB.

Cette expertise biologique éclaire-t-elle le problème posé par M^r (X) ?

Exo.2

Le facteur rhésus est indépendant du système sanguin (AB0) classique. Il n'est pas lié aux chromosomes sexuels. Sa transmission obéit aux lois de Mendel et l'allèle rhésus positif (Rh^+) est dominant sur l'allèle rhésus négatif (Rh^-)

Une incompatibilité sanguine grave peut exister entre une mère Rh^- et le fœtus qu'elle porte si celui-ci est Rh^+ .

Une mère Rh^- a quatre enfants : deux sont Rh^+ et deux Rh^- .

- f)
- 1)- Peut-on déterminer dans ce cas le génotype du père en ce qui concerne le facteur rhésus ? Justifiez votre réponse.
- 2)- Dans quelle mesure le génotype d'un homme intervient-il pour expliquer la fréquence plus ou moins grande des incompatibilités mère fœtus ?

Exo.3

Aly est atteint d'une maladie de vision comme son père et une de ses sœurs Aïcha. La mère d'Aly et son autre sœur Lamarana ont une vision normale.

Aly épouse une femme normale. Ils ont un garçon et deux filles tous normaux. L'une des filles de Aly épouse un homme malade, le couple a trois garçons et deux filles tous normaux. Aïcha, la sœur malade d'Aly épouse un homme normal ; le couple a deux garçons atteints et deux filles de vision normale.

- 1) Représentez l'arbre généalogique. De cette famille.
- 2) Déterminez le mode de transmission de cette maladie (dominant ou récessif, autosomal ou lié au sexe) en vous appuyant sur l'analyse de l'arbre généalogique.
- 3) Déterminez les génotypes des individus suivant en justifiant votre réponse.

- a) La mère d'Aly,
- b) Le père des enfants d'Aïcha,
- c) La femme d'Aly.

Indications :



= garçon sain



= fille normale



= garçon malade



= fille malade

Préface

Notre combat a toujours été celui d'améliorer l'enseignement/ apprentissage des sciences de la vie et de la terre (SVT). C'est dans ce cadre que nous avons conçu ce manuel qui traite entièrement la deuxième partie du programme de Biologie Terminale sciences expérimentales intitulé **PHYSIOLOGIE DE L'ORGANISME HUMAIN**.

En effet, ce manuel est conçu conformément aux objectifs et contenus du programme en vigueur. Il ne comporte principalement que le résumé des COURS. Quant aux activités d'apprentissage et exercices de consolidation, ils seront proposés par l'enseignant en situation de classe qui, en respectant l'état cognitif des apprenants et la transposition didactique, pourra les adapter en tenant compte des réalités de son environnement scolaire.

Tout en rappelant qu'aucune œuvre humaine n'est parfaite, nous pensons néanmoins que ce manuel pourra servir non seulement les apprenants mais aussi et surtout certains collègues professeurs. Sur ce, nous sommes très favorables et sensibles à vos critiques et suggestions afin de le parfaire en tenant compte de vos exigences.

Chers candidats au Bac Unique, profil SE, exploitez ce manuel et exercez-vous de manière progressive avec l'aide de vos Professeurs afin de tirer de lui, les atouts de votre réussite. Car, TRICHEZ NE MENE NULLE PART.

Les Auteurs

Mr. Thierno Amadou SOW- L.L.S. Senghor/ Mr. Mamadou Mouctar BALDE – L. d'Excellence/
Mr. Mohamed 1 BANGOURA – Lycée de jeunes filles/ Koulabiou Barry- H M D/ N''Fansoumane
Keita – Lycée AST

SOMMAIRE

2^{ème} PARTIE : PHYSIOLOGIE DE L'ORGANISME HUMAIN

Chapitre 3 : La communication

I- Les relations de l'organisme avec le milieu extérieur

A- Les réflexes

B- Le tissu nerveux et ses propriétés

II- Etude d'un effecteur moteur : Le muscle strié squelettique

III- Etude d'une fonction sensorielle : La vision

IV- La régulation humorale

A- L'équilibre hydrominéral

C- L'intégration neuro-hormonale : La régulation de l'activité cardiaque et de la pression artérielle

Chapitre 4 : La reproduction

I- La production des gamètes

II- Les cycles sexuels et la régulation de la sécrétion hormonale chez la femme

III- Les principales étapes de la reproduction

IV- La maîtrise de la reproduction : Les méthodes contraceptives

V- Les IST/SIDA

Chapitre 5 : Réponse Immunologique

I- Les réponses immunitaires et leurs mécanismes

II- Les dysfonctionnements du système immunitaire (Allergie, SIDA)

III- Les aides à la réponse immunitaire (Vaccins, Sérums, Greffes)

Bibliographie

Exercices

Deuxième Partie : Physiologie de l'organisme humain

Chapitre 3 : La communication

Il existe dans l'organisme deux (2) grands systèmes de communication entre les organes :

- ❖ La communication nerveuse où les messages qui sont constitués de signaux électriques (influx nerveux) transmis par les fibres nerveuses ou nerfs faisant appel à des médiateurs chimiques (neuromédiateurs ou neurotransmetteurs) ;
- ❖ La communication hormonale qui utilise les messages chimiques appelés hormones, véhiculés par le sang jusqu'aux organes cibles (organes effecteurs).

I- Les Relations de l'organisme avec le milieu extérieur

L'organisme se met en rapport avec le milieu extérieur grâce au système nerveux (centre nerveux, nerf et ganglion) en utilisant les organes de sens (la langue, la peau, le nez, les yeux, les oreilles).

Certains mouvements de l'organisme sont volontaires, d'autres sont automatiques et involontaires commandés par le système sympathique.

A- Les Réflexes

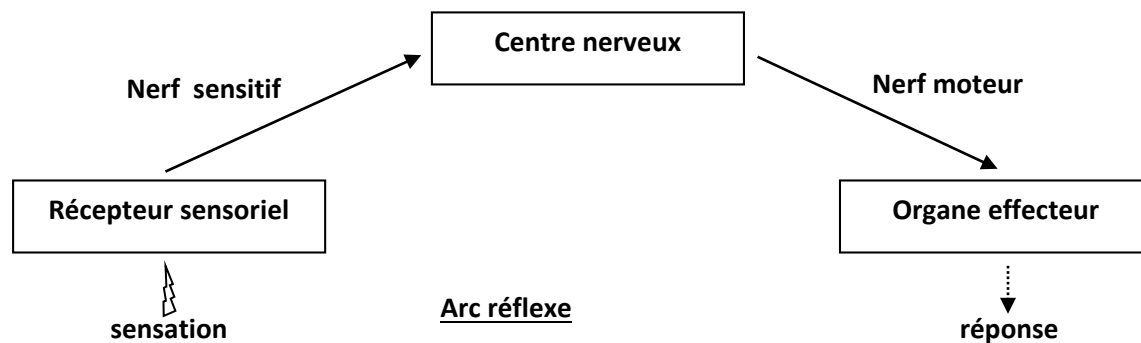
1- Définition d'un réflexe

Le réflexe est tout mouvement automatique et involontaire de l'organisme suite à d'une excitation (ou stimulation).

2- Quels sont les dispositifs anatomiques qui entrent dans l'accomplissement d'un réflexe ?

Dans l'accomplissement d'un réflexe participent cinq éléments :

- *le récepteur sensoriel*, qui reçoit les sensations et fait naître un influx sensitif ;
- *le nerf sensitif*, qui conduit l'influx sensitif du récepteur sensoriel au centre nerveux ;
- *le centre nerveux*, qui transforme l'influx sensitif en influx moteur ;
- *le nerf moteur*, qui transmet l'influx moteur du centre nerveux à l'organe effecteur ;
- *l'organe effecteur*, agent actif de la réaction.



Le trajet suivi par l'influx nerveux du récepteur à l'effecteur en passant par le centre nerveux est *l'arc réflexe*.

3- Quels sont les différents groupes de réflexes ?

On distingue deux grands groupes de réflexes qui sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Groupes	Caractéristiques	Exemples
Innés	Héréditaires, stables, ne nécessitent aucun apprentissage et sont identiques chez tous les individus de la même espèce	-Reflexe palmaire du nouveau-né -Reflexe salivaire
Acquis ou Conditionnés	Instables, non héréditaire, nécessitent un apprentissage sur la base des réflexes innés individuels	Conduite d'automobile

3-1- Réflexes innés.

a)- Quels sont les différents types de réflexes innés ?

Il existe plusieurs critères de classification des réflexes innés, parmi lesquels on peut citer :

* Le lieu de perception du stimulus à l'origine du réflexe : d'après ce critère on distingue :

Les réflexes extéroceptifs, lorsque le stimulus est perçu à la surface du corps. Exemple : réflexes de frissons.

- **Les réflexes intéroceptifs**, lorsque le stimulus est perçu par nos organes internes (viscères).
Exemple : réflexes de miction

- **Les réflexes proprioceptifs**, lorsque le stimulus est perçu par les muscles et leurs dérivés (tendons et ligaments). Exemple : le réflexe achilléen.

* Le type de centre nerveux : d'après ce critère on distingue :

- **Les réflexes cérébelleux**, lorsque le centre nerveux est le cervelet.
- Exemple : le réflexe de posture.
- **Les réflexes médullaires**, lorsque le centre nerveux est la moelle épinière. Exemple : le réflexe achilléen.
- **Les réflexes bulbaires**, lorsque le centre nerveux est le bulbe rachidien.

Exemple : réflexe de miction.

* La nature de l'organe effecteur : d'après ce critère, on distingue :

- **Les réflexes moteurs**, lorsque l'organe effecteur est un muscle.

Exemple : réflexe de flexion.

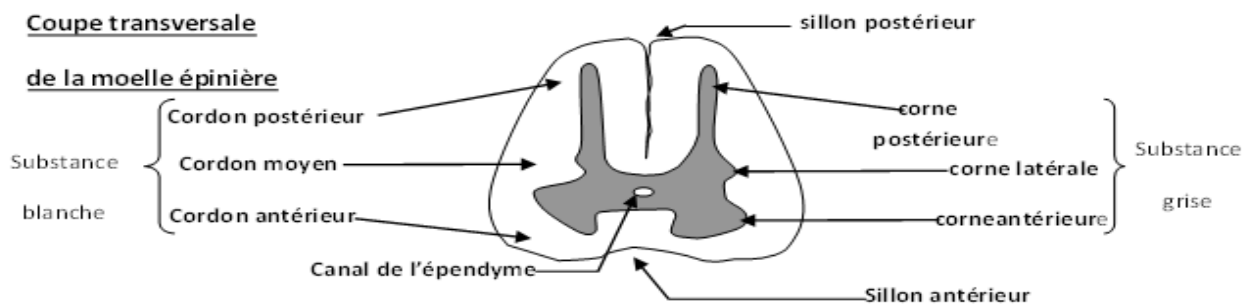
- **Les réflexes glandulaires**, lorsque l'organe effecteur est une glande. **Exemple** : réflexe de salivation.

b)- Réflexes médullaires.

Comment se présente la coupe transversale de la moelle épinière ?

La coupe transversale de la moelle épinière montre deux régions. Au centre, la substance grise à la forme d'un H bosselé avec deux cornes antérieures larges et courtes, deux cornes postérieures longues et effilées et deux cornes latérales.

Sur le pourtour, la substance blanche est divisée en deux moitiés symétriques par deux sillons l'un, antérieur, assez large ; l'autre, postérieur, prolongé en profondeur par une cloison mince. Les lignes d'émergence des nerfs rachidiens divisent chaque moitié en trois cordons : antérieur, latérale et postérieur.



Comment se présente un arc réflexe médullaire ?

Un réflexe médullaire est un réflexe dont le centre nerveux est la moelle épinière. Les récepteurs et les effecteurs qui interviennent sont rattachés à la moelle épinière par les nerfs rachidiens qui sont tous des nerfs mixtes : le récepteur y est rattaché par les fibres sensitives qui empruntent la racine postérieure du nerf rachidien et qui ont leurs corps cellulaires dans le ganglion spinal ; l'effecteur y est rattaché par les fibres motrices qui empruntent la racine antérieure du nerf rachidien et qui ont leurs corps cellulaires dans la substance grise de la moelle épinière.

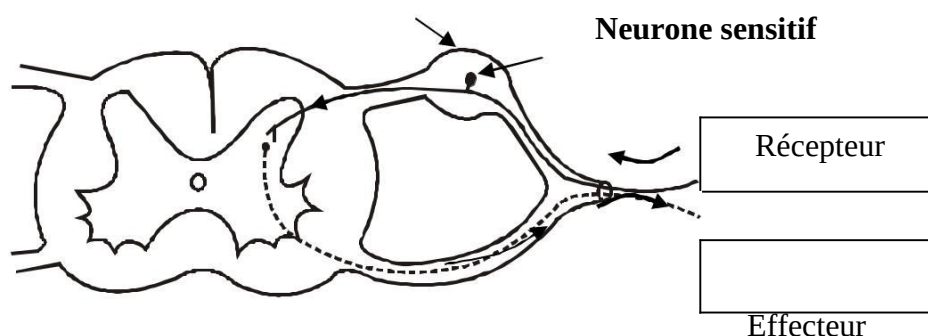
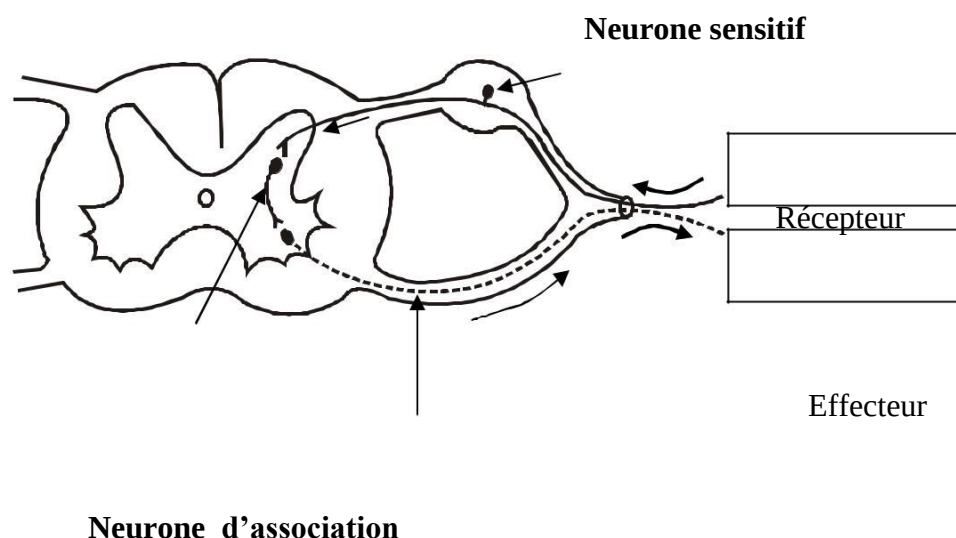
Qu'est-ce qu'un réflexe médullaire monosynaptique ?

Un réflexe médullaire est dit monosynaptique, lorsque l'influx nerveux, sur son trajet, passe par une seule synapse au sein de la moelle épinière. Exemple : presque tous les réflexes proprioceptifs.

Qu'est-ce qu'un réflexe médullaire polysynaptique ?

Un réflexe médullaire est dit poly-synaptique, lorsque l'influx nerveux, sur son trajet, passe par plusieurs synapses au sein de la moelle épinière, faisant intervenir des neurones d'association transversaux et/ou verticaux.

Exemple : Les réflexes de flexion symétriques et radiés.

Ganglion spinal**Arc réflexe médullaire monosynaptique****Arc réflexe médullaire polysynaptique****Neurone moteur**

c)- Quelles sont les lois de réflexes

Etude expérimentale

Une grenouille spinale (dont l'encéphale a été détruit mais la moelle épinière laissée intacte) est suspendue par la mâchoire inférieure à une potence. On porte à l'extrémité du pied droit une stimulation électrique de plus en plus intense (ou d'acide acétique) et on observe les réactions de l'animal.

0	+	++	+++	++++	+++++
					
Repos	Localisation	Unilateralité	Symétrie	Irradiation	Généralisation

Tant que la stimulation est infraliminaire aucune réponse n'est observée. Par contre, dès que la stimulation atteint un certain seuil, on constate une légère flexion du pied droit à l'endroit même où a été portée la stimulation : c'est **la loi de localisation**.

Puis au fur et à mesure que la stimulation augmente, on note :

- Le fléchissement complet de la patte excitée tendant à soustraire l'animal à la stimulation douloureuse (**loi d'unilatéralité**) ;
- Le fléchissement de deux pattes postérieures montrant que le réflexe de retrait s'est étendu au membre contra latéral (**loi de symétrie**) ;
- L'extension du mouvement aux quatre (4) membres indiquant qu'un nombre croissant de circuits neuronaux a été activé (**loi d'irradiation**) ;
- En fin de contorsions du corps entier de l'animal, toujours dans le but de soustraire à la stimulation (**loi de généralisation**).

A partir de cette étude expérimentale, on énonce les lois des réflexes suivantes :

- **La loi du seuil** : pour entraîner une réponse, l'excitation doit avoir une intensité minimum ou intensité seuil au-dessous de l'intensité seuil aucune réponse n'est observée.
- **Les lois de Pflüger** : elles nous enseignent que la réponse motrice est d'autant plus étendue que l'excitation est intense.

3-2-Réflexes conditionnels

a) - Quels sont les différents types de réflexes conditionnels ?

On distingue deux types de réflexes conditionnels :

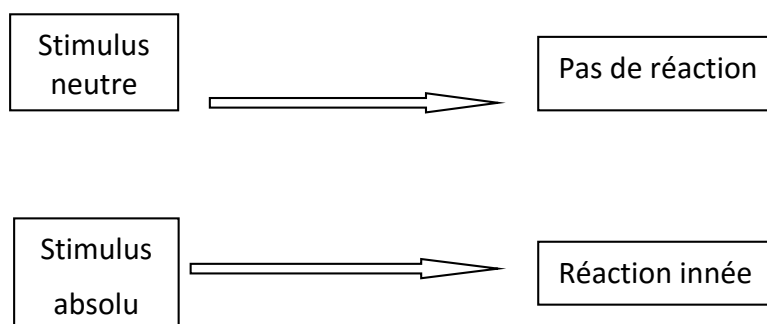
* **Les réflexes conditionnels de type pavlovien ou réflexe répondant** : au cours de l'apprentissage, le sujet subit le milieu, il ne le modifie pas, il s'y adapte ; le sujet répond au stimulus conditionnel fourni par l'expérimentateur ; d'où le nom de réflexe répondant.

* **Les réflexes conditionnels de type Skinnérien ou opérant** : au cours de l'apprentissage, le sujet agit lui-même sur le milieu, accidentellement d'abord, puis de façon automatique. Exemple : conduire

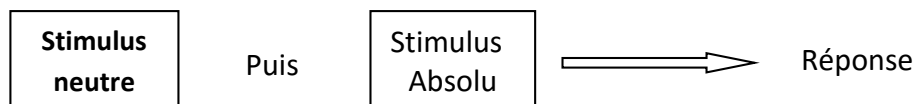
b) - Comment réaliser un réflexe conditionnel ?

Pour réaliser un réflexe conditionnel de type pavlovien, trois (3) étapes sont obligatoires :

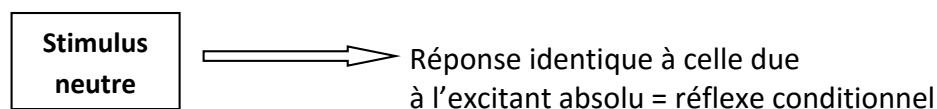
1^{ère} étape : choix de deux stimuli (l'un neutre ; l'autre absolu) et vérification de leurs actions isolement.



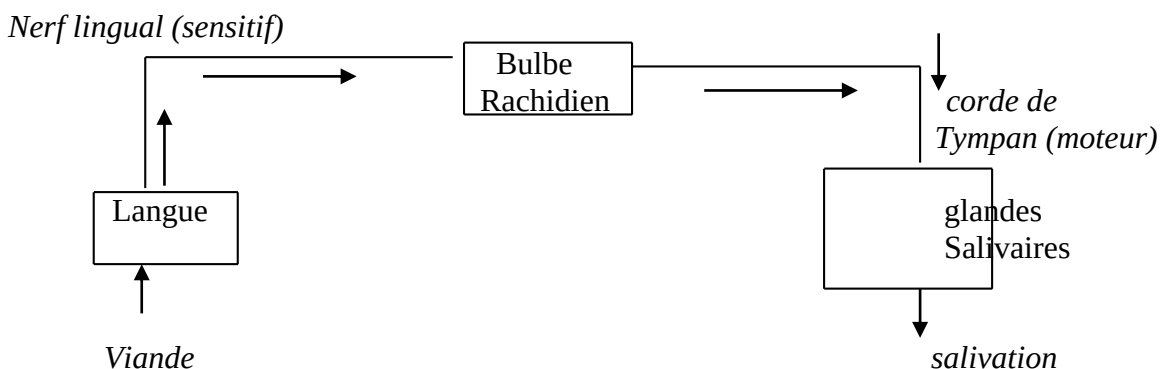
2^{ème} étape : action répétée de l'association des deux stimuli.

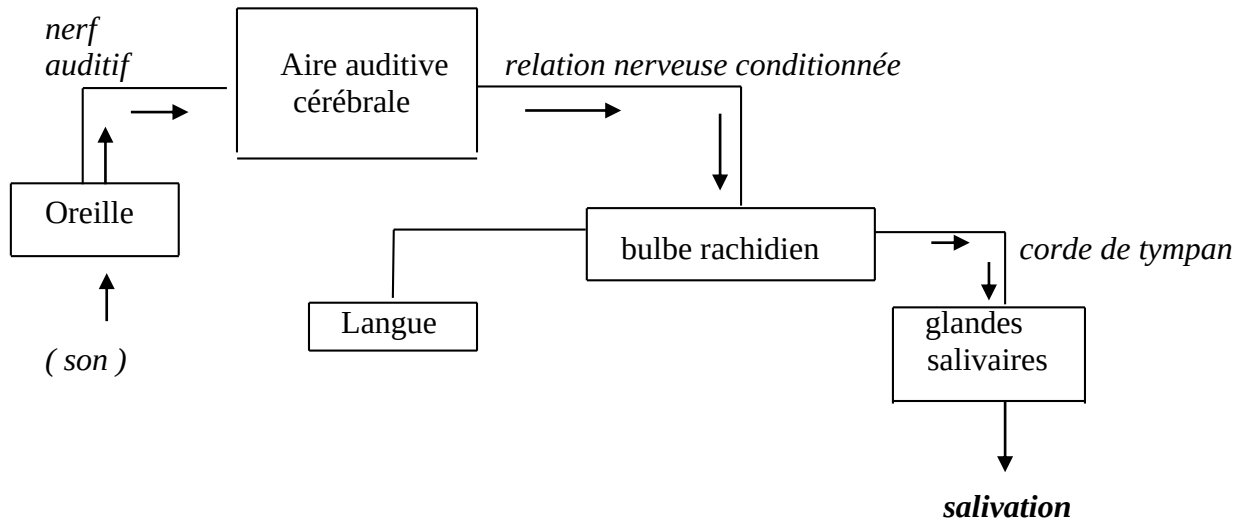


3^{ème} étape : action du seul stimulus neutre



Réflexe inné de salivation



Réflexe conditionné de salivation

NB : réaliser un réflexe conditionnel, c'est créer de nouvelles liaisons nerveuses instables entre deux ou plusieurs centres nerveux.

Importance des réflexes:

Les réflexes sont importants dans la vie de l'Homme et des animaux.

a)- Les réflexes innés, en dépit de leur diversité, ont pour rôles de :

- Protéger l'être vivant contre les dangers extérieurs, grâce aux réflexes extéroceptifs ;
 - Assurer l'activité musculaire en rapport avec l'équilibration et le maintien des attitudes du corps, grâce aux réflexes proprioceptifs ;
 - Régler le fonctionnement de nos organes de nutrition et de reproduction, grâce aux réflexes intéroceptifs.
- **b) - Les réflexes conditionnés** : ils permettent l'acquisition de nouveaux comportements en adaptant l'organisme à son environnement. Chez l'Homme, ils permettent l'éducation, l'acquisition du langage et divers autres apprentissages en créant de nouveaux circuits nerveux, ce qui permet à la mémoire d'emmagasiner des expériences et développer les pensées. Les réflexes conditionnés sont à la base du dressage des animaux (le dressage consiste à faire obéir un animal à des gestes, des mots).

B- Le tissu nerveux et ses propriétésOrganisation générale du système nerveux

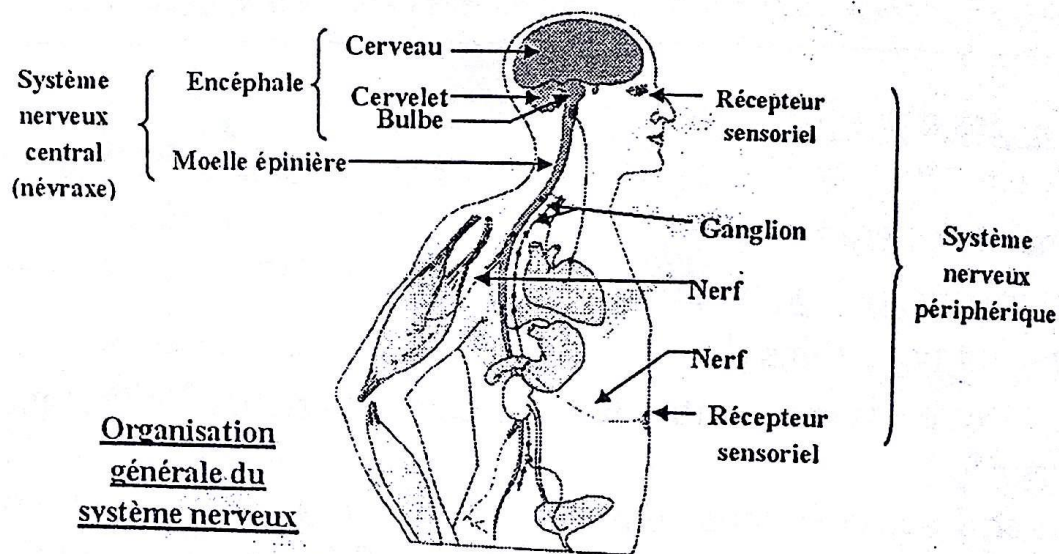
Le système nerveux d'un Mammifère, de l'Homme en particulier, comprend :

Au point de vue anatomie :

- Le système nerveux central ou névraxe (ou axe cérébro-spinal) représenté par l'ensemble des centres nerveux, à savoir : l'encéphale et la moelle épinière ;
- Le système nerveux périphérique, représenté par les nerfs et les ganglions.

Au point de vue physiologie :

- Le système nerveux cérébro-spinal ou système nerveux de la vie de relation, représenté par les centres du névraxe auxquels sont rattachés les nerfs crâniens et les nerfs rachidiens.
- Le système nerveux végétatif, représenté par les centres du névraxe auxquels sont rattachés les nerfs orthosympathiques et les nerfs parasympathiques



Le tissu nerveux est l'ensemble des cellules nerveuses ou **neurones (10%)** à rôle de génération et de propagation de l'influx nerveux. A ces cellules hautement spécialisées sont associées généralement les **cellules gliales (90%)**, dont leur ensemble forme la névroglie, à rôle de soutien, de nutrition, de production de liquide céphalorachidien.

Le tissu nerveux = neurones + cellules gliales

Le Neurone, unité structurale du système nerveux

Quelle est la structure du neurone ?

La cellule nerveuse ou neurone est formée par une partie principale, **le corps cellulaire**, duquel sont issus des **prolongements**.

a)- Le corps cellulaire : encore appelé soma ou péricaryon, de forme variable, est formé d'un cytoplasme qui renferme outre le noyau avec son gros nucléole et les organites cytoplasmiques habituels, des structures particulières, à savoir les corps de Nissl et les neurofibrilles.

b) - Les prolongements : ils sont de deux types :

- Les dendrites : nombreuses ou unique, elles sont minces, courtes et ramifiées ;

Axone : encore appelé cylindraxe ou neurite, est toujours unique, plus long que les dendrites et finit par une arborisation terminale. Il peut être nu ou enveloppé par une gaine de myéline seule ou doublée d'une gaine de Schwann.

NB : Le neurone est une cellule animale qui ne se divise pas car il est dépourvu de centrosome.

2- Quels sont les types de neurones ?

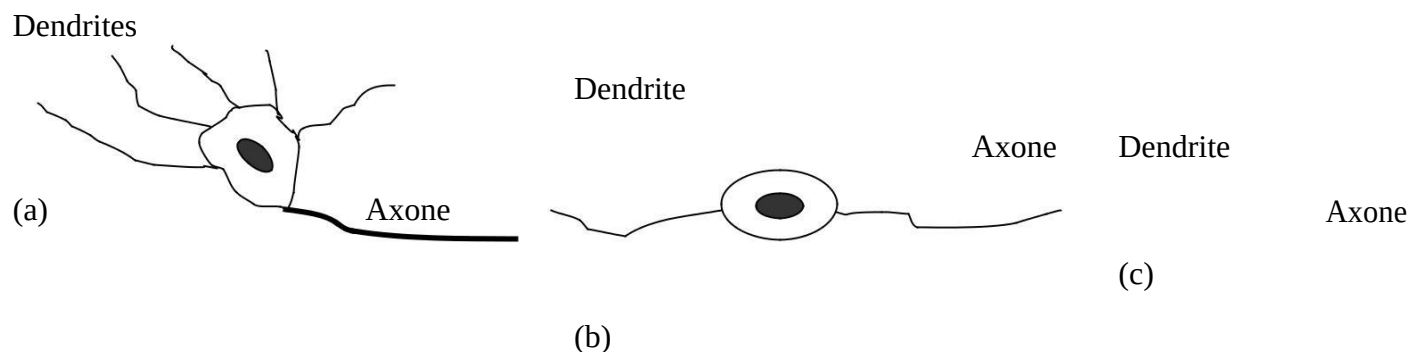
Le nombre et la disposition des prolongements sur le soma, permettent de distinguer trois (3) grands types de neurones :

a) - neurones multipolaires : à plusieurs dendrites et à axone unique partant de pôles différents. Ex : cellules pyramidales du cerveau ;

b)- neurones bipolaires: à dendrite et à axone uniques partant de pôles opposés. Ex : cellules olfactives ;

c)- neurones unipolaires : à dendrite et à axone uniques partant d'un même pôle et confondus au départ sur une courte distance. Ex : neurone en T du ganglion spinal.

les types des neurones

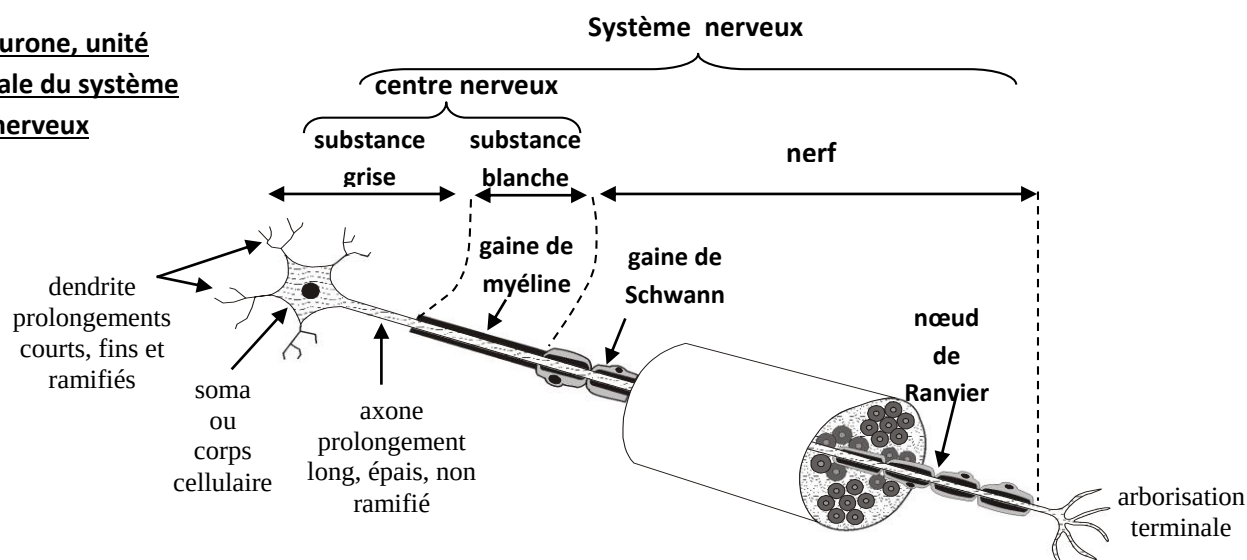


NB : Le neurone est l'unité structurale et fonctionnelle du système nerveux. Les centres nerveux et les nerfs qui forment le système nerveux, sont tous composés d'éléments appartenant aux neurones :

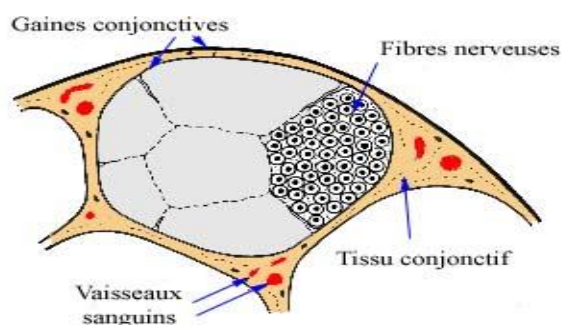
- La substance grise des centres nerveux est formée de dendrites, de corps cellulaires, et de portions d'axones nus ;
 - La substance blanche des centres nerveux est formée de portion d'axones recouverts uniquement de myéline ;
 - Le nerf est formé d'un grand nombre de fibres nerveuses parallèles entre elles et groupées en faisceaux isolés, les uns des autres ;
 - Chaque fibre nerveuse d'un nerf comprend de l'extérieur vers l'intérieur, une gaine de Schwann, une gaine de myéline et un axone.
 - *Les fibres peuvent être grises (faisceau de fibres sans myéline recouvertes uniquement de gaine de Schwann) ou blanches (faisceau de fibres myélinisées doublées d'une gaine de Schwann). Dans ce dernier cas, la gaine de myéline ne recouvre pas de façon continue l'axone ; elle disparaît par endroits où la gaine de Schwann forme des étranglements appelés nœud de Ranvier.*
- Les ganglions ont la même structure que la substance grise des centres nerveux (présence de corps cellulaires).*

- *La cellule nerveuse, hautement spécialisée, ayant perdu le pouvoir de se multiplier.*

**Le Neurone, unité
structurale du système
nerveux**



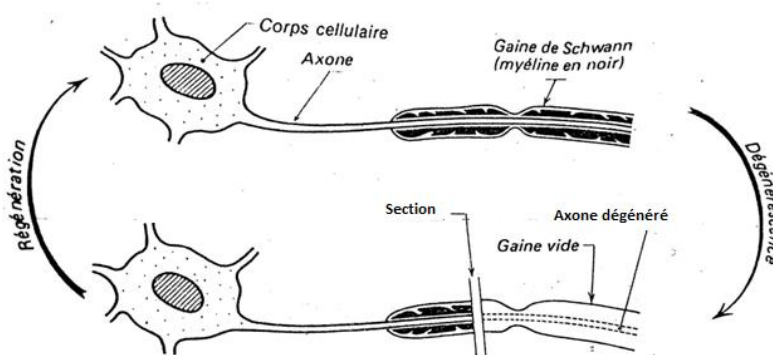
Coupe partielle d'un nerf



3- Expérience de la Dégénérescence Wallérienne :

Lorsqu'on coupe une fibre nerveuse (axone) le segment distal (segment séparé du corps cellulaire) dégénère : c'est la *dégénérescence Wallérienne* ; le segment proximal (segment resté en contact avec le corps cellulaire) reste intact, s'allonge, s'engage dans la gaine de Schwann vide et reconstitue peu à peu la partie détruite : c'est la *régénération*. Le corps cellulaire est donc indispensable à la survie d'une fibre nerveuse.

L'application du principe de la dégénérescence Wallérienne permet de déterminer l'emplacement des corps cellulaires.



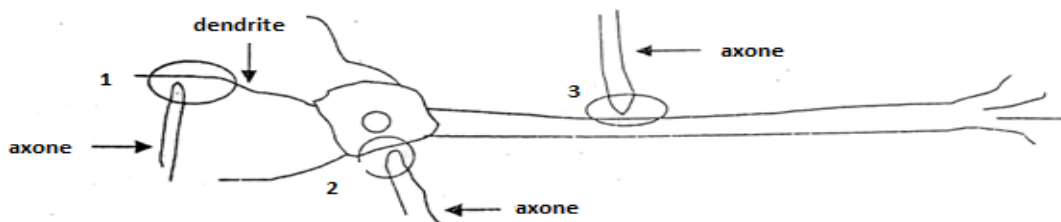
4- Les Synapses

Une synapse est une jonction cellulaire unissant un neurone, soit à une fibre musculaire (plaque motrice), soit à une cellule sensorielle (fuseau neurosensoriel), soit à un autre neurone (synapse interneurone).

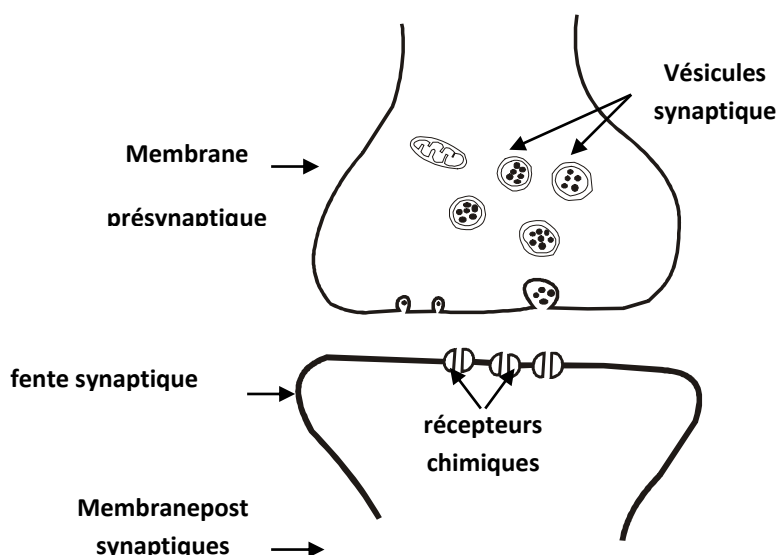
Les synapses interneurones sont de trois (3) types principaux :

- a)- **synapse axo-dendritique**: jonction entre l'axone d'un neurone et les dendrites d'un autre neurone.
- b)- **synapse axo-somatique**: jonction entre l'axone d'un neurone et le soma (ou corps cellulaire) d'un autre neurone.
- c)- **synapse axo-axonique**: jonction entre l'axone d'un neurone et l'axone d'un autre neurone.

Le schéma ci- dessous représente trois (3) types de contacts entre neurones



NB. Une synapse comprend deux membranes, l'une mince, présynaptique, renfermant des vésicules synaptiques, appartenant à l'axone ; l'autre épaisse, postsynaptique, sans vésicule synaptique renfermant des récepteurs spécifiques, appartenant généralement à la dendrite ou au soma.

Structure d'une synapse

B- Propriétés du tissu nerveux :

Le tissu nerveux a pour propriétés principales l'excitabilité et la conductibilité.

a-Excitabilité

Qu'est-ce que l'excitabilité ?

L'excitabilité est une propriété commune à toute cellule vivante de réagir face à une excitation efficace.

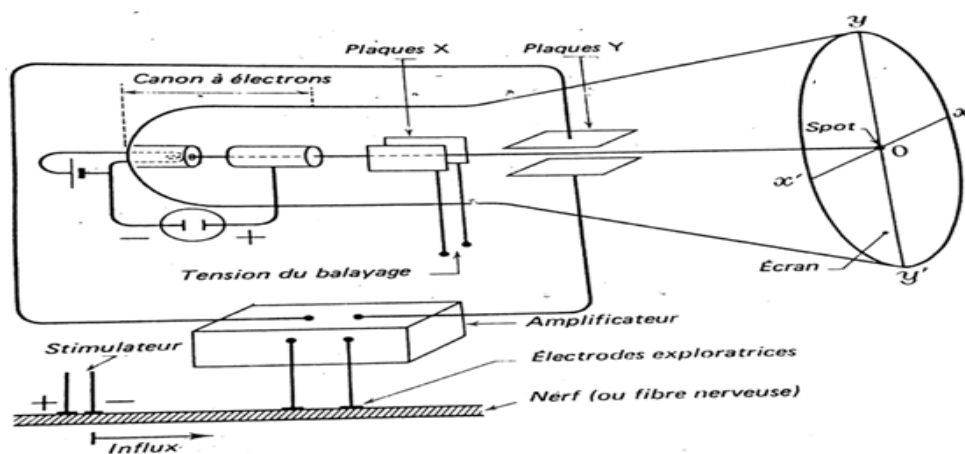
Technique d'étude :

Les excitants expérimentaux sont variés, on distingue :

- des excitants mécaniques (choc, pique, pincement) ;
- des excitants chimiques (acide, base forte) ;
- des excitants thermiques (brusque variation de la température) ;
- des excitants électriques (ce sont les plus utilisés).

Actuellement pour étudier l'excitabilité nerveuse, on travaille sur des nerfs ou des axones géants de calmar par exemple et on utilise l'oscilloscope cathodique qui enregistre la manifestation de l'influx nerveux, on obtient sur l'écran des électroneurogrammes.

- La stimulation du nerf se fait par deux électrodes excitatrices reliées à un dispositif de stimulation qui permet de faire varier l'intensité, la durée et la fréquence des stimuli électriques.
- Les électrodes réceptrices R₁ et R₂ de l'enregistrement sont reliées aux plaques horizontales Y de l'oscilloscope. Une déviation verticale du spot lumineux, c'est-à-dire du faisceau d'électrons correspond à la différence de potentiel (ddp) entre les plaques, donc entre les deux électrodes réceptrices.



L'excitabilité est liée à un certain état électrique de la membrane plasmique appelé **potentiel de repos ou potentiel de membrane**.

Comment mettre en évidence le potentiel de repos et le potentiel d'action ?

1- Le potentiel de repos

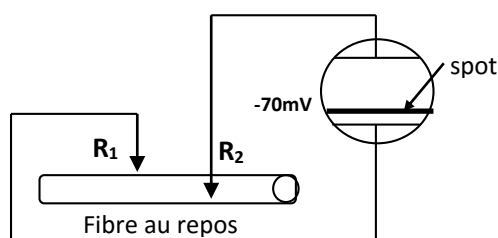
Qu'est-ce que le potentiel de repos ?

Le potentiel de repos ou potentiel de membrane est l'état électrique que présente toute membrane vivante en dehors de toute excitation, qui se traduit par une ddp entre la surface externe chargée positivement et celle interne, chargée négativement.

Comment peut-on mettre en évidence le potentiel de repos ?

On peut facilement mettre en évidence le potentiel de repos à l'aide d'un oscilloscope. Pour cela, on place les électrodes réceptrices (R_1 et R_2) de l'oscilloscope, l'une à la surface d'un axone, l'autre à l'intérieur. En dehors de toute stimulation, le spot lumineux décrit une ligne horizontale au point -70 mV . Cette différence de potentiel entre la surface et l'intérieur de l'axone est **le potentiel de repos**.

Il varie de -55 à -100 mV selon les neurones.



2- Potentiel d'action.

Potentiel de repos

Qu'est-ce que le potentiel d'action ?

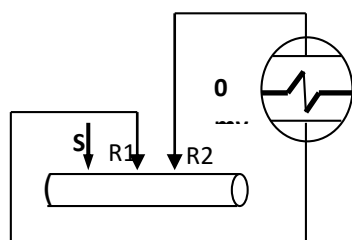
Le potentiel d'action est l'état électrique que présente une membrane plasmique à la suite d'une excitation qui se traduit par une différence de potentiel entre la surface externe devenue négative et la surface interne devenue positive.

Comment peut-on mettre en évidence le potentiel d'action ?

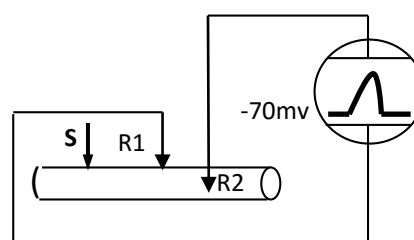
On peut facilement mettre en évidence le potentiel d'action à l'aide d'un oscilloscope. Pour cela deux cas sont à envisager :

1^{er} cas : les deux électrodes réceptrices (R_1 et R_2) sont placées toutes les 2 à la surface de la fibre, ou à l'intérieur. A la suite d'une stimulation efficace portée sur la fibre, on verra sur l'écran de l'oscilloscope une courbe diphasique : **c'est le potentiel d'action diphasique**.

2^{ème} cas : les deux électrodes réceptrices (R_1 et R_2) sont placées, l'une à la surface de la fibre, l'autre à l'intérieur de la fibre. A la suite d'une stimulation efficace portée sur la fibre, on verra sur l'écran de l'oscilloscope une courbe monophasique : **c'est le potentiel d'action monophasique**.



Potentiel d'action diphasique



Potentiel d'action monophasique

NB : L'influx nerveux est le message nerveux qui se manifeste par le déplacement de la zone de dépolarisation (onde de négativité) le long de l'axone.

Interprétation ionique du potentiel de repos et du potentiel d'action

➤ **Le potentiel de repos** est dû à une répartition inégale des ions de part et d'autre de la membrane plasmique :

Les ions Na^+ et Cl^- l'emportent à l'extérieur, alors que les ions K^+ et Pr^- (protéinates) sont prédominants à l'intérieur.

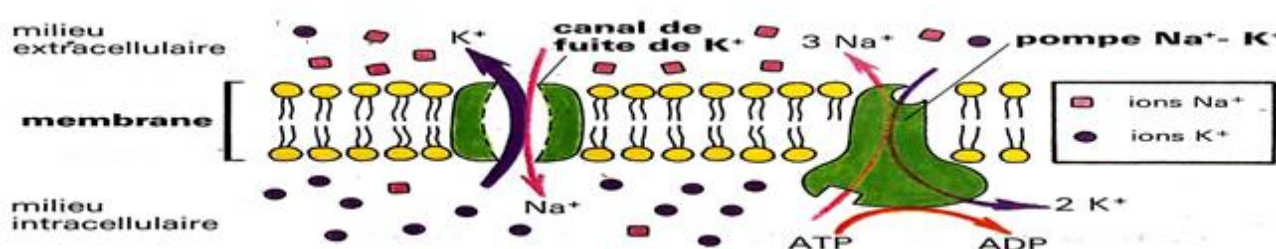
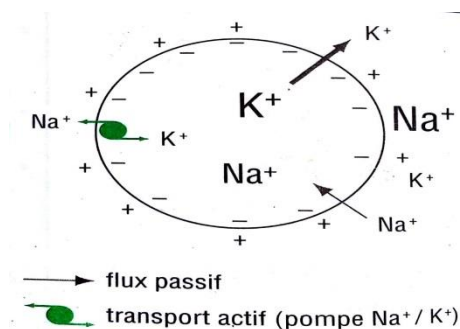
La membrane cellulaire est pourvue de « canaux de fuite » plus perméables au K^+ qu'au Na^+ .

Une fibre nerveuse comme toutes les cellules baigne dans un liquide interstitiel.

Comparaison des milieux intérieur et extérieur montre une inégale répartition des ions entre ces deux milieux, essentiellement Na^+ , K^+ et Cl^- .

Ions	Concentrations en mmol/l
------	--------------------------

	Milieu intracellulaire	Milieu extracellulaire
Na^+	49	460
K^+	410	22
Cl^-	123	560

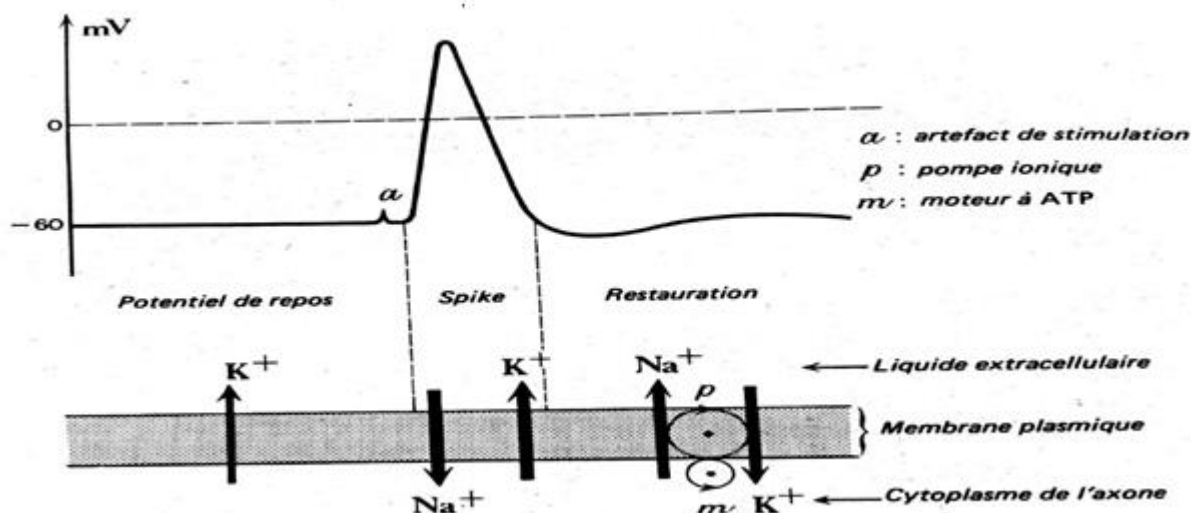


L'existence de ces gradients de concentrations et des différences de perméabilité membranaire, entraînent un flux sortant de K^+ supérieur au flux entrant de Na^+ ; ce qui explique la charge positive constatée sur la face externe de la membrane.

Un système de transport actif appelé pompe Na^+/K^+ maintient en permanence les gradients de concentration en K^+ et en Na^+ et, par suite, le potentiel de repos.

- **Le potentiel d'action** résulte de modifications du nombre de canaux voltage-dépendants ouverts ou fermés :
- ✓ vers -70 mV , l'ouverture des canaux Na^+ voltage-dépendants provoque une entrée massive de Na^+ . Celle-ci entraîne une augmentation de la dépolarisation ;
- ✓ la repolarisation provoque à son tour l'augmentation du nombre de canaux K^+ voltage-dépendants ouverts ; celle-ci est à l'origine d'une sortie K^+ qui limite l'ampleur de la dépolarisation ;

- ✓ vers +40 mV, les canaux Na^+ voltage- dépendants sont inactivés ; la dépolarisation atteint son maximum ;
- ✓ l'entrée de K^+ , liée au maintien de l'ouverture des canaux K^+ , restitue la polarisation initiale de la membrane. Cette repolarisation s'accompagne d'une diminution du nombre de canaux K^+ ouvert : la membrane retourne vers le potentiel de repos et s'hyperpolarise même légèrement ;
- ✓ le retour au potentiel de repos permet aux canaux Na^+ de passer de l'état inactivé à l'état sensible.



Quelles sont les conditions de l'excitabilité ?

Elles sont au nombre de quatre auxquelles correspondent quatre paramètres :

a)- L'intensité d'excitation doit être supérieure ou égale à une valeur liminaire ou seuil (premier paramètre **intensité**) $I \geq I_s$.

On appelle intensité seuil, la plus petite valeur d'intensité, en deçà de laquelle aucune stimulation n'est efficace quel que soit le temps d'application. Avec le courant électrique, I_s est encore appelée rhéobase.

b)- Pour toute valeur de l'intensité supérieure au seuil, la stimulation n'est efficace que si l'excitant est appliqué pendant un temps suffisant, supérieur ou égal au temps liminaire correspondant au voltage.(deuxième paramètre, **la durée**).

c)- L'application de l'excitant doit être brutale, c'est-à-dire que le changement d'intensité doit être effectué en un temps très court (troisième paramètre, **la vitesse**).

d)- A chaque excitation fait suite une période réfractaire pendant laquelle la fibre est inexcitable (période réfractaire absolue), ou retrouve peu à peu son excitabilité (période réfractaire relative). Des excitations répétées à un rythme excessif demeurent sans effet (quatrième paramètre, **la fréquence**).

Louis Lapicque, physiologiste français, définit l'excitabilité d'un nerf ou d'une fibre à partir de deux paramètres (intensité et durée). En comparant l'intensité à la durée d'application, il a introduit la notion de chronaxie.

On appelle **chronaxie**, le temps liminaire correspondant au double de la rhéobase. Autrement dit, c'est le temps minimal d'application que doit avoir un excitant d'intensité double de la rhéobase

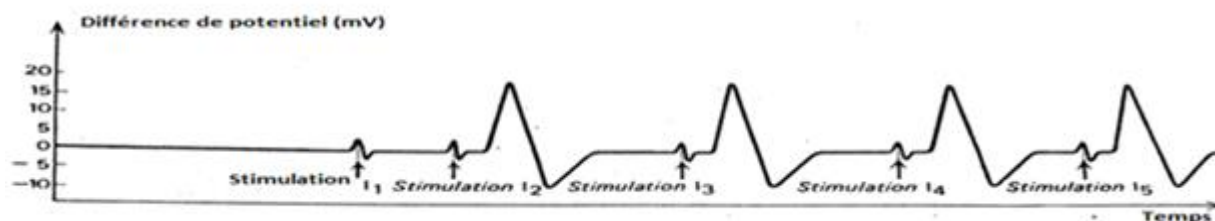
(2. Is), pour pouvoir provoquer une excitation.

Selon Lapicque :

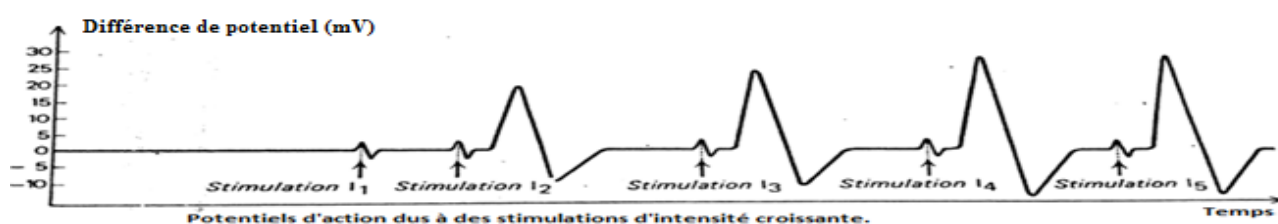
- Lorsque deux nerfs ou deux fibres ont la même chronaxie, mais de rhéobases différentes, le plus excitable est celui qui a la rhéobase la plus faible ;

Lorsque deux nerfs ou deux fibres ont la même rhéobase, mais des chronaxies différentes, le plus excitable est celui qui a la chronaxie la plus courte.

NB : Pour une fibre isolée, lorsque le seuil d'excitation n'est pas atteint il n'y a pas de réponse ; lorsque le seuil est atteint la réponse est d'emblée maximale : c'est **la loi du tout ou rien**.



La réponse d'un nerf est proportionnelle à l'intensité de stimulation ; plus l'intensité d'excitation augmente, plus le nombre de fibres nerveuses qui entrent en activité augmente : c'est **la loi de recrutement**, lorsque toutes les fibres seront atteintes par l'excitation, la réponse reste inchangée : c'est **la loi de saturation**.



b- Conductibilité

Qu'est-ce que la conductibilité ?

La conductibilité est la propriété que possède une fibre nerveuse ou un nerf de conduire l'influx nerveux né d'une excitation.

Quels sont les différents types de conduction ?

Il existe une conduction au niveau de l'axone et une conduction au niveau de la synapse.

- Dans la conduction axonique, il faut distinguer la conduction continue dans les fibres non myélinisées où les charges se déplacent de proche en proche en créant des courants locaux, de la conduction saltatoire dans les fibres myélinisées où les charges n'existent qu'au niveau des nœuds de Ranvier, si bien qu'elles effectuent des sauts d'un nœud à un autre.

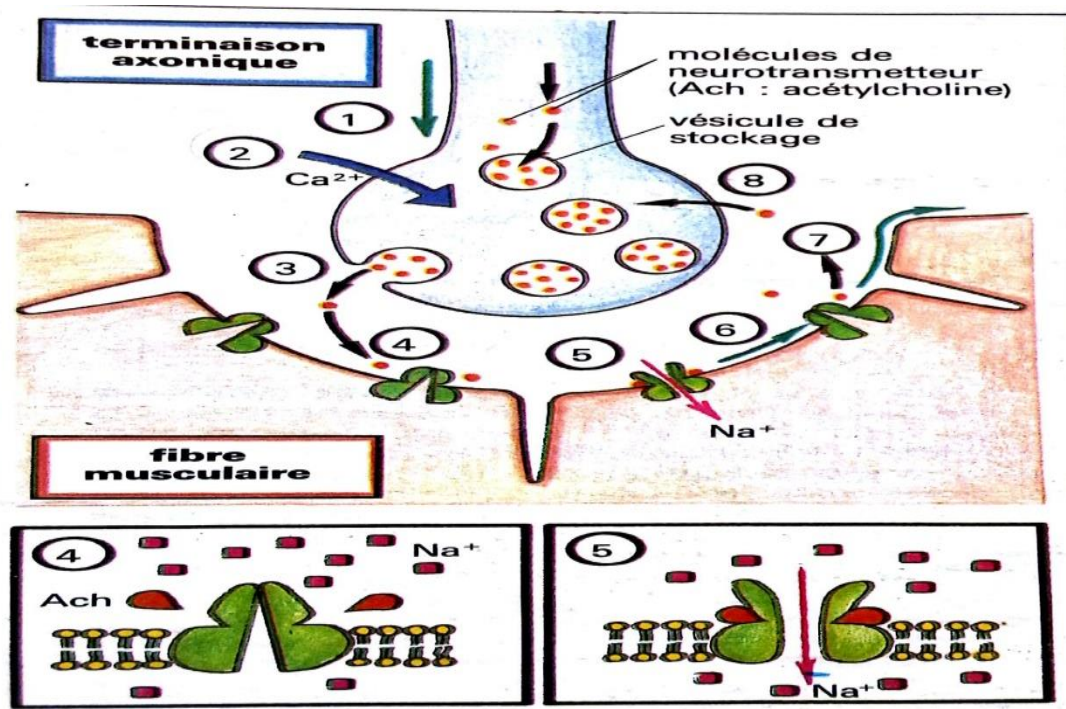
- Dans la conduction synaptique, la transmission de l'influx nerveux se fait par l'intermédiaire des neuromédiateurs ou neurotransmetteurs, substances chimiques libérées par les neurones et agissant sur d'autres neurones ou des cellules effectrices. Ces neuromédiateurs (acétylcholine et noradrénaline), stockés dans les vésicules synaptiques, sont libérés par la membrane présynaptique à l'arrivée de l'influx nerveux. Une fois dans la fente synaptique, ils se fixent sur les récepteurs de la membrane post synaptique en modifiant sa polarité, créant ainsi un nouvel influx nerveux de même nature que le premier.

Quel est le mécanisme de fonctionnement d'une synapse ?

Le franchissement d'une synapse est lent. Ce ralentissement s'explique par les étapes ci-après :

- 1- Arrivée de potentiel d'action dans la terminaison présynaptique ;
- 2- Entrée massive d'ions Ca^{2+} à travers la membrane présynaptique ;
- 3- Fusion de quelques vésicules de neurotransmetteurs avec la membrane présynaptique et libération par exocytose du neurotransmetteur dans la fente synaptique ;
- Fixation du neurotransmetteur sur les récepteurs spécifiques de la membrane postsynaptique ;
- Entrée massive de Na^+ qui déclenche la dépolarisation de la membrane postsynaptique
- Modification de l'état électrique de la membrane postsynaptique qui peut dans certains cas aboutir à la naissance de potentiel d'action dans le neurone postsynaptique ;
- Hydrolyse du Neuromédiateur fixé sur les récepteurs postsynaptique et fermeture des canaux à Na^+ ;
- Recapture du neurotransmetteur ou des produits de dégradation.

Schéma du fonctionnement d'une synapse



Remarques

- * On rencontre deux (2) types de synapses dans l'organisme : la synapse électrique et la synapse chimique.
 - Dans **la synapse électrique**, la grande proximité des membranes des éléments pré et postsynaptiques permet aux mécanismes mis en jeux dans la conduction des potentiels d'action d'assurer la transmission des messages nerveux de l'élément pré à l'élément postsynaptique.
 - Le fonctionnement de **la synapse chimique** repose sur l'intervention d'un médiateur chimique (neurotransmetteur). Ces synapses sont caractérisées par une fente synaptique (20 à 50 nm) qui sépare les membranes pré et postsynaptiques.
- * L'effet postsynaptique du neurotransmetteur peut être :
 - Une hyperpolarisation (PPSI) rendant plus difficile l'apparition de potentiels d'action sur l'élément postsynaptique : on parle alors de **synapse inhibitrice** ;
 - Une dépolarisation (PPSE) facilitant, voire déclenchant l'apparition de potentiel d'action : on parle alors de **synapse excitatrice**.

Quel est le sens de déplacement de l'influx nerveux ?

Au sein d'une fibre nerveuse isolée (ou axone), l'influx nerveux se déplace dans les 2 sens : c'est la loi de la conductibilité indifférente ;

D'un neurone à un autre, l'influx se déplace dans un seul sens, de la membrane présynaptique à la membrane post-synaptique, jamais en sens inverse c'est la loi de la polarisation fonctionnelle.

NB : Au sein d'un vivant, l'influx nerveux est cellulipète dans les dendrites et cellulifuge dans l'axone

Quels sont les facteurs qui influent sur la vitesse de l'influx nerveux ?

Les facteurs qui influent sur la vitesse de l'influx nerveux sont :

- **La nature de la fibre** : à diamètre égal et placée à la même température, une fibre myélinisée (à conduction saltatoire) conduit plus vite l'influx nerveux qu'une fibre amyélinisée (à conduction continue) ;

- **Le diamètre de la fibre** : deux fibres de même nature, placées à la même température, mais de diamètres différents, la vitesse de l'influx croît en fonction du diamètre. Plus le diamètre est grand, plus la vitesse est grande ;

La température : pour une même fibre, placée à des températures différentes, la vitesse de l'influx croît en fonction de la température. Plus la température est grande, plus la vitesse est grande. La vitesse double lorsque la température augmente de 10°C (**loi de Vant'hoff**)

II- ETUDE D'UN EFFECTEUR MOTEUR : LE MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE

1- Aspect morphologique

1-1- Qu'appelle-t-on muscle ?

Le muscle est un organe charnu dont le rôle est, par sa contraction, de mouvoir activement le segment osseux sur lequel il s'insère ou le viscère auquel il est affecté. Il est donc l'organe actif du mouvement.

1-2- Quelles sont les différentes catégories de muscles ?

Suivant le fait que leur contraction obéit ou non à la volonté, les muscles sont classés en :

- **Muscles volontaires** : ils obéissent à la volonté et sont contrôlés par le système nerveux cérébrospinal. Il s'agit généralement des muscles rouges striés squelettiques (s'insèrent sur les os) et peauciers (s'insèrent sur la couche profonde de la peau) : ce sont les muscles de la vie de relation.
- **Muscles involontaires** : ils n'obéissent pas à la volonté et sont généralement blancs (excepté le muscle cardiaque). Ce sont des muscles des viscères (estomac, intestin, vessie, utérus...)

Leur contraction involontaire est assurée par le système nerveux ortho et parasympathique, ce sont les muscles de la vie végétative.

Suivant leur aspect morphologique, on distingue deux variétés de muscles : les muscles striés et les muscles lisses.

a) Les muscles striés

• Qu'appelle t-on muscle strié ?

Les muscles striés sont des muscles rouges dont la contraction est soumise au contrôle de la volonté : ce sont des muscles de la vie de relation. D'une façon générale, chaque muscle strié comporte une partie moyenne, le corps charnu et deux extrémités (tendons) par lesquelles il s'insère.

• Quelles sont les différentes formes de muscles striés ?

La forme du corps charnu permet de distinguer :

- **Des muscles longs** : à corps charnu fusiforme et terminé aux deux extrémités par un ou plusieurs tendons.
Exemple : biceps, triceps.
- **Des muscles plats et larges** : à corps charnu étalé en éventail. Ils sont dépourvus de tendons et sont insérés sur les os par des aponévroses d'insertion.
Exemple : le pectoral ;
- **Des muscles annulaires** : à corps charnu circulaire. Ils sont directement liés à la peau.
Exemple : orbiculaire des paupières, sphincter anal.

b) Les muscles lisses

• Qu'appelle t-on muscle lisse ?

Les muscles lisses sont des muscles blancs dont la contraction échappe au contrôle de la volonté ; ils sont à fonctionnement involontaire : ce sont des muscles de la vie végétative.

• Quelles sont les différentes formes de muscles lisses ?

Habituellement grêles et incolores, les muscles lisses sont disposés en nappes dans la paroi des viscères et se présentent sous une forme rubanée ou sous la forme de muscles creux (utérus).

NB : Les muscles volontaires sont tous des muscles striés tandis que les muscles involontaires sont blancs excepté le muscle cardiaque qui est strié.

2- Histologie des muscles

a- Morphologie des fibres

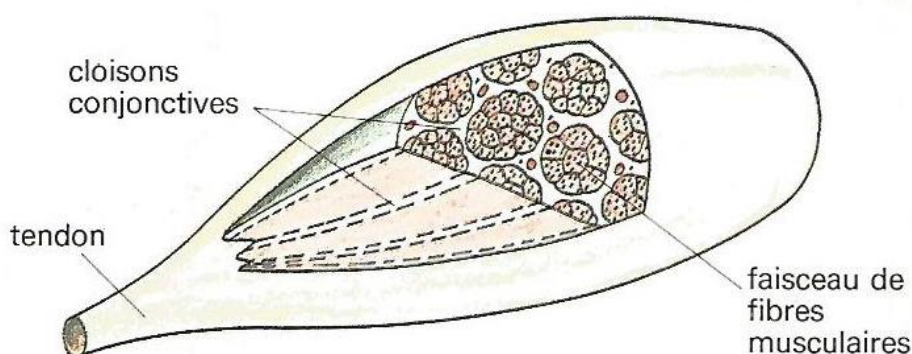
L'examen au microscope du tissu musculaire montre que celui-ci est composé de cellules, qui en raison de leur forme allongée, on nomme fibres musculaires. L'aspect des fibres musculaires est différent pour les fibres : striée, lisse et cardiaque comme l'indique le tableau ci-après.

Types de fibres	Fibre squelettique	Fibre lisse	Fibre cardiaque
Caractéristiques			

Formes	Cylindrique 4 à 5 cm de long, et 10 à 100 μm de diamètre	Fusiforme 15 à 700 μm de long et 2 à 5 μm de diamètre	Cylindrique en forme de Y 100 μm de long et 50 μm de diamètre
Sarcoplasme	Présence de myoglobine et surtout de myofibrilles en position axiale présentant une striation par alternance de disques clairs et de disques sombres	Homogène, dépourvue de myoglobine mais présentant des myofibrilles périphériques sans striation	Présence de myoglobine et de myofibrilles en position périphérique présentant une striation par alternance de disques clairs et de disques sombres
Nombre de noyau et position	Nombreux et périphériques	Unique et central	Unique et central
Nature de la contraction	Soumise au contrôle de la volonté	Echappant au contrôle de la volonté	Echappant au contrôle de la volonté
Couleur	Rouge	Blanc	Rouge
Commande nerveuse	Système nerveux cérébrospinal	Système nerveux intrinsèque influencé par le système nerveux végétatif	Système nerveux intrinsèque (tissu nodal) influencé par le système nerveux végétatif

b-Structure du muscle strié squelettique

Le muscle est formé de fibres musculaires regroupées en faisceaux séparés par des cloisons conjonctives (charpente fibreuse dans laquelle sont logés nerfs et vaisseaux sanguins). Aux extrémités du muscle, les cloisons s'unissent pour former les tendons fixés aux os.



c- Structure d'une fibre striée squelettique

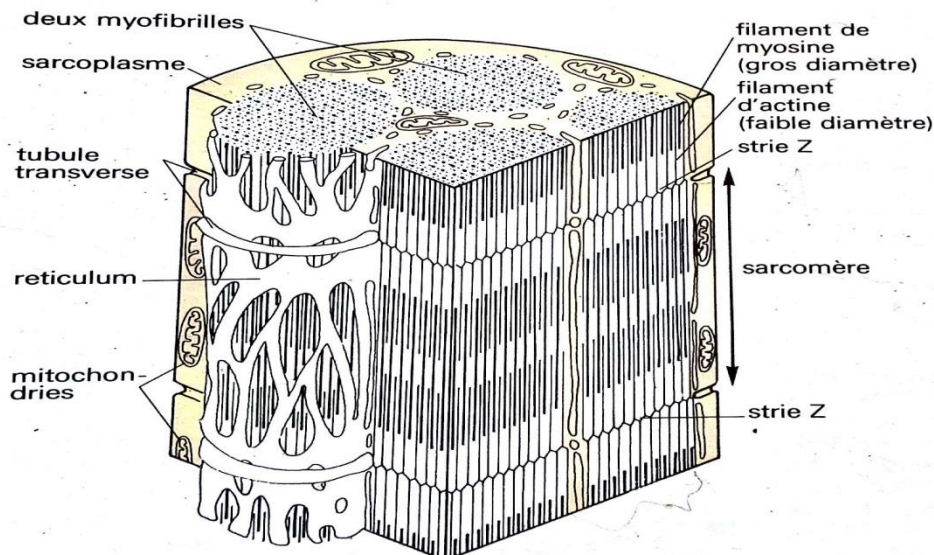
C'est une cellule cylindrique géante résultant de l'union de centaines de cellules embryonnaires.

La membrane plasmique ou **sarcolemme** délimite le **sarcoplasme** (= cytoplasme de la cellule musculaire) qui contient des organites :

- De *nombreux noyaux* situés uniquement en dessous du *sarcolemme*.
- Des **myofibrilles** qui sont parallèles entre elles et parcourent toute la longueur de la cellule.
- De *nombreuses mitochondries*.
- Un **réticulum sarcoplasmique** ou **RS** qui contient des **ions calcium Ca^{2+}** .
- Des **tubules transverses** (= tubules T) ou invaginations intracellulaires du sarcolemme qui sont en *contact* avec le **RS**.

Il contient aussi des molécules spécifiques :

- des réserves importantes de **glycogène** comme source d'énergie.
- de la **myoglobine** qui est un pigment fixant l' O_2 à l'intérieur de la fibre musculaire.



Structure microscopique d'une myofibrille

Que nous montre une microscopie ordinaire ?

Une microscopie ordinaire montre que chaque myofibrille est formée d'une alternance régulière de disques clairs et de disques sombres. Elle montre également que chaque disque clair ou disque **I (isotrope)**, est traversée en son centre par une ligne sombre dite strie Z, et que chaque disque sombre ou disque **A (anisotrope)**, présente en son centre une bande claire, la bande **H**.

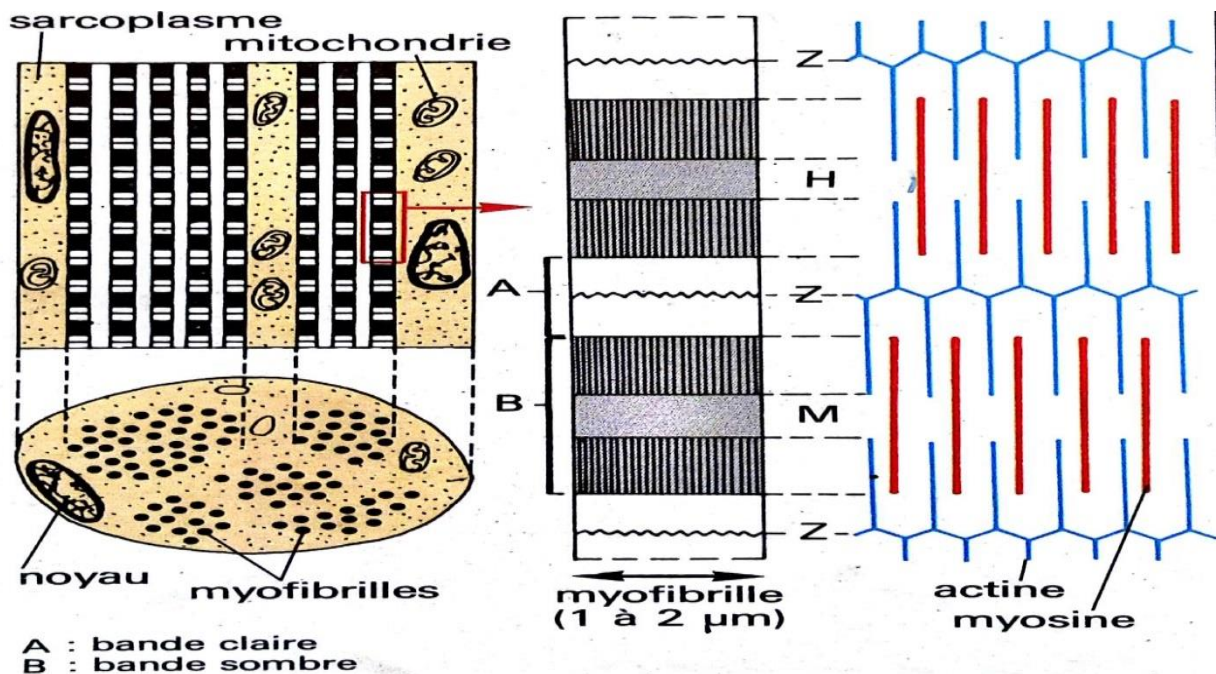
Que nous montre une microscopie électronique d'une myofibrille ?

Une microscopie électronique montre qu'une myofibrille est formée de deux catégories de filaments de diamètres différents, disposés parallèlement : les uns épais sont les filaments de myosine et les autres plus fins sont des filaments d'actine. Elle montre également que chaque disque clair est formé uniquement de filaments d'actine ; chaque disque sombre est formé de filaments de myosine et de filaments d'actine, excepté la bande **H** qui ne renferme que des filaments de myosine.

Le **sarcomère** est la région d'une myofibrille comprise entre 2 lignes successives dites stries Z.

Il est l'**unité fonctionnelle du muscle squelettique** car il est la plus petite unité contractile de la fibre musculaire.

Une myofibrille est donc un enchaînement de **sarcomères** placés bout à bout.



M. Ordinaire

M. Electronique

3- Terminaisons neuromusculaires

L'innervation motrice et sensitive des muscles est assurée par des sortes de synapses parmi lesquelles on distingue : la plaque motrice et le fuseau neuromusculaire.

a- Qu'est-ce que le fuseau neuromusculaire ?

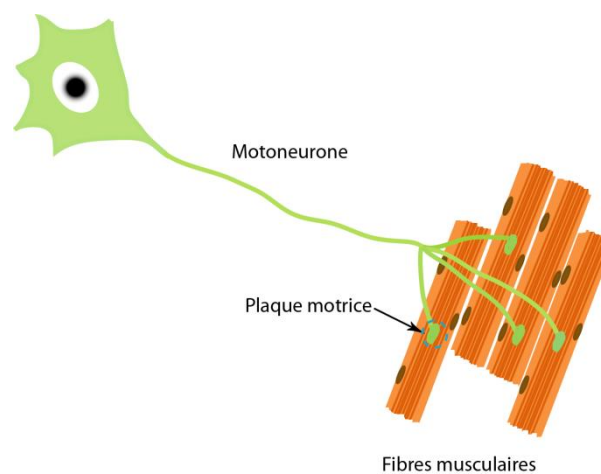
Le fuseau neuromusculaire est la jonction entre des fibres musculaires d'un type spécial et la dendrite d'un neurone sensitif.

b- Qu'est-ce que la plaque motrice ?

La plaque motrice est la jonction entre l'axone d'un neurone moteur et la fibre musculaire qu'il commande.

Chaque fibre musculaire ne reçoit qu'une terminaison axonique. En revanche un même axone peut se diviser en grand nombre de fois et commander la contraction de plusieurs fibres musculaires.

*L'ensemble formé par un neurone moteur et les fibres qu'il commande est appelé **unité motrice**.*



4- Propriétés biologiques du muscle strié

4-1 Quelles sont les propriétés essentielles d'un muscle ?

Les propriétés essentielles du muscle sont : l'excitabilité, la contractilité, l'élasticité et la tonicité.

a- Qu'est-ce que l'excitabilité ?

L'excitabilité pour un muscle, est sa propriété de réagir par la contraction, à toute excitation efficace portée sur lui.

NB : *Pour qu'un excitant soit efficace, il faut que son intensité soit supérieure ou égale à l'intensité seuil ($I \geq I_s$) et qu'il soit appliqué pendant un temps suffisant, égal ou supérieur au temps liminaire correspondant à son intensité.*

b- Qu'est-ce que l'élasticité ?

L'élasticité est la propriété qu'a le muscle de se laisser allonger par traction et de revenir à sa position initiale lorsque cesse la traction.

c- Qu'est-ce que la tonicité ?

La tonicité est la propriété qu'a le muscle vivant, en dehors de tout mouvement actif, de demeurer dans un état de légère contraction permanente et involontaire. Cet état est appelé **tonus musculaire**.

d- Qu'est-ce que la contractilité ?

La contractilité est la propriété que possède le muscle de se raccourcir ou de se durcir, sous l'effet d'un excitant.

4-2 Contraction musculaire

1- Quels sont les différents types de contraction ?

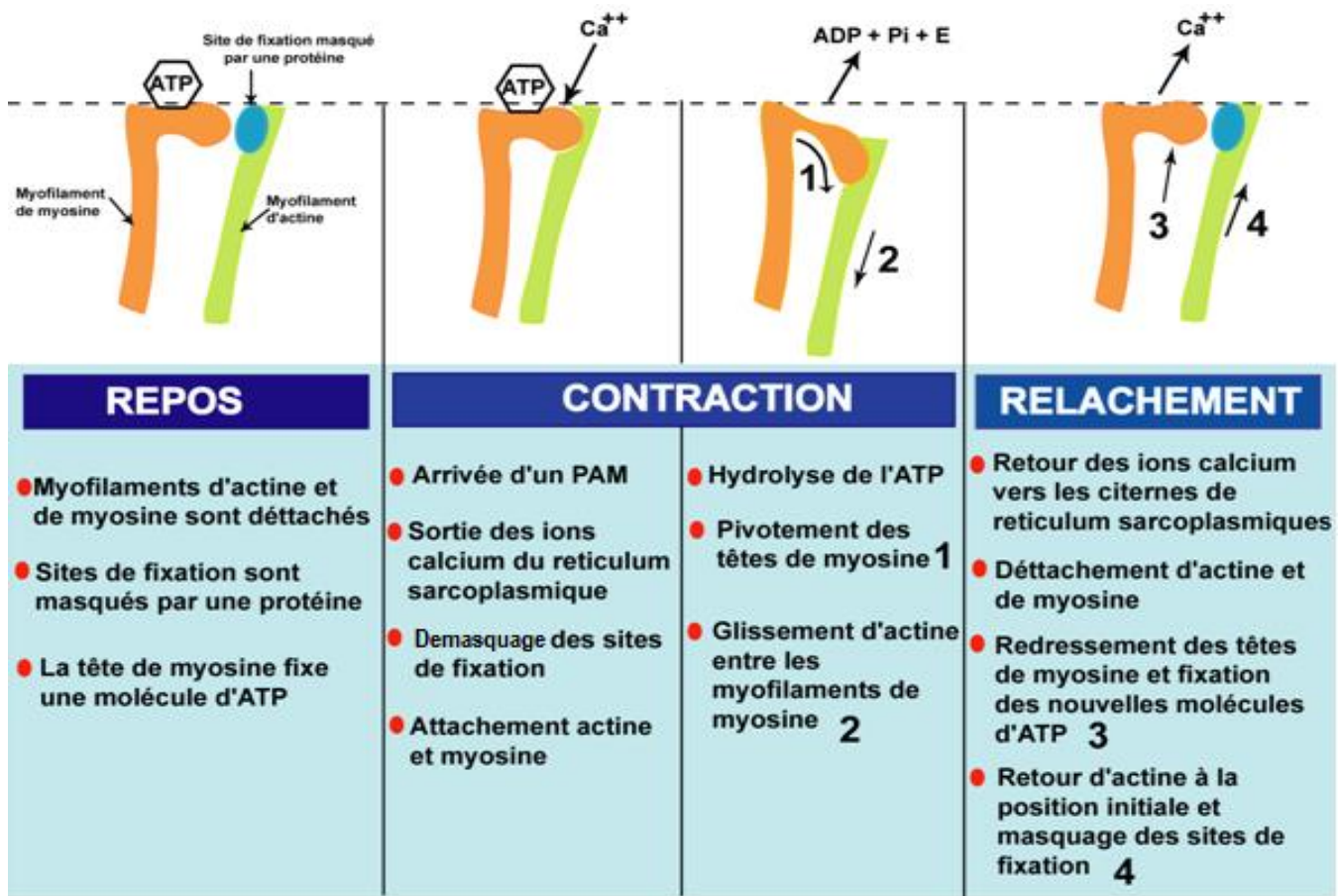
On distingue deux types de contraction :

-La contraction isotonique : contraction à tension constante, mais avec diminution de la longueur du muscle. **Exemple** : la flexion des membres ;

-La contraction isométrique : contraction à longueur constante, mais avec augmentation de la tension interne du muscle. **Exemple** : porter un objet lourd à la main.

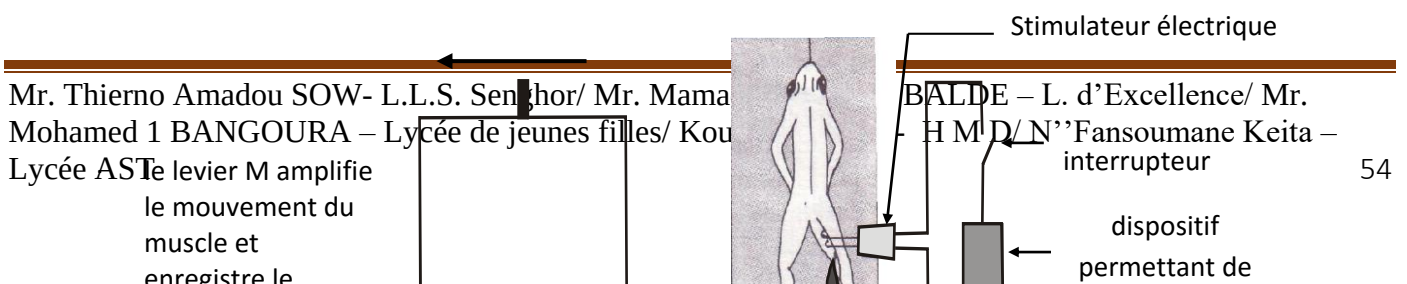
2- Mécanisme de la contraction musculaire

Le mécanisme de la contraction musculaire se déroule comme suit :

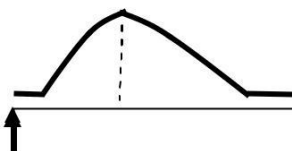
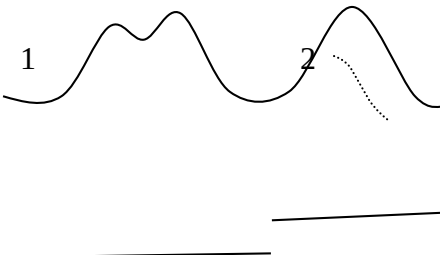


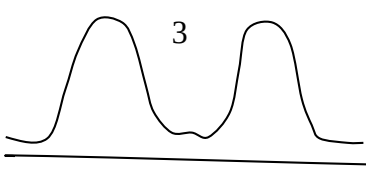
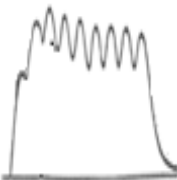
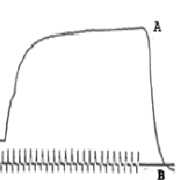
3- Quels sont les différents aspects d'une contraction ?

Qu'elle soit isotonique ou isométrique, la contraction musculaire peut prendre différents aspects selon le nombre et la fréquence des excitations. Ces différents aspects peuvent être facilement interprétés à l'aide d'un appareil imaginé par Marey et appelé **myographe**. Celui-ci permet d'enregistrer une courbe, le myogramme, qui traduit la variation de la longueur ou de la tension du muscle lors d'une contraction.



Le tableau ci-dessous résume les expériences de stimulation sur différents muscles :

Stimulation appliquée	Réponse obtenue	Commentaires
Une seule excitation		On obtient une secousse musculaire brève : AB : temps de latence (10ms) BC : phase de contraction (40ms) CD : phase de relâchement (50ms) CC' : amplitude
Deux excitations successives		1- La deuxième excitation arrive pendant la phase de relâchement : fusion incomplète des deux secousses 2- La deuxième excitation arrive pendant la phase de

		contraction : fusion complète des deux secousses 3- la deuxième excitation arrive après la première réponse : on obtient deux secousses isolées ou deux secousses identiques
Plusieurs excitations successives	1  Tétanos imparfait 2  Tétanos parfait	1-Chaque excitation arrive pendant la phase de relâchement de la réponse précédente = secousses incomplètement fusionnées (ou tétanos imparfait) 2-Chaque excitation arrive pendant la phase de contraction de la réponse précédente = secousses complètement fusionnées (ou tétanos parfait)

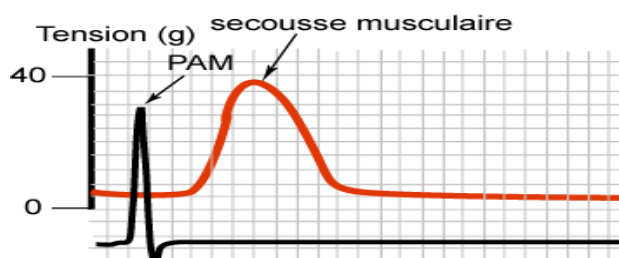
4-3 Quels sont les phénomènes biologiques qui accompagnent une contraction musculaire ?

La contraction musculaire s'accompagne de phénomènes électriques, thermiques, mécaniques et chimiques.

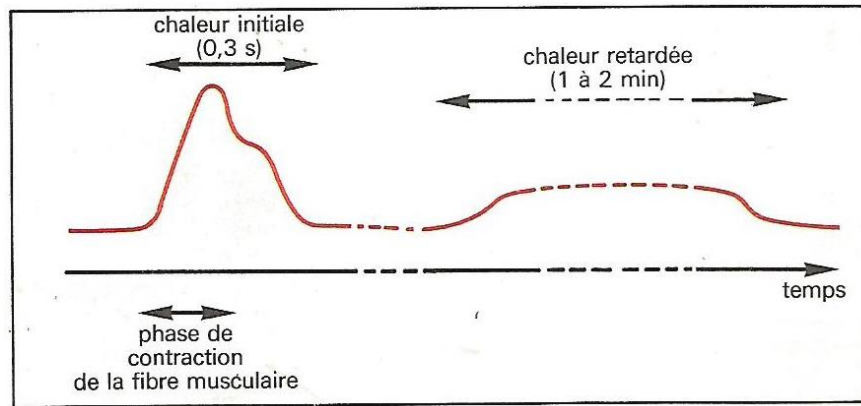
a- Phénomènes électriques : pendant la phase de latence, une perturbation électrique parcourt le muscle : c'est le potentiel d'action, qui fait suite à l'influx nerveux, de même nature que lui.

Relation entre l'électromyogramme et le myogramme

On peut enregistrer l'activité électrique et mécanique d'un muscle. Le potentiel d'action musculaire(PAM) représente l'activité électrique du muscle.



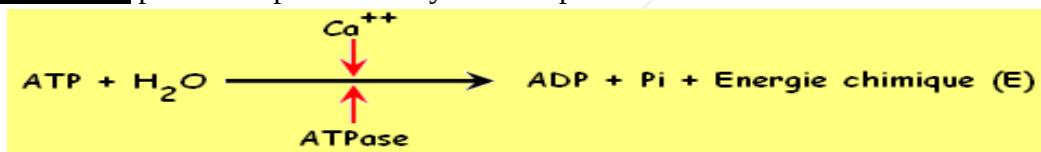
b- Phénomènes thermiques : ils se manifestent par la production de chaleur due aux réactions chimiques qui s'opèrent lors de la contraction. Cette chaleur se dégage en deux temps : pendant la contraction, c'est la chaleur initiale ; après la contraction, c'est la chaleur retardée, témoin des réactions de restauration.



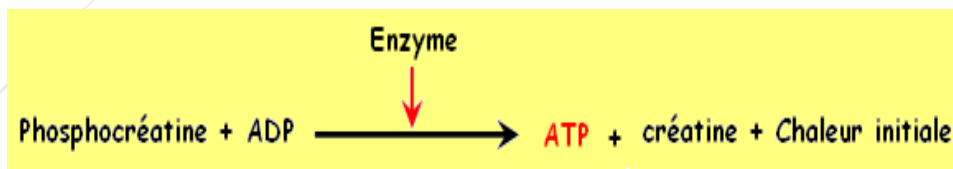
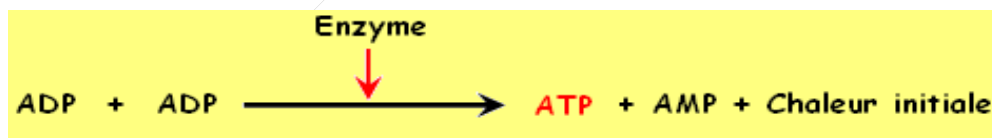
c- Phénomènes chimiques :

Très complexes, peuvent cependant se résumer en deux types de réactions :

- L'hydrolyse de l'ATP par le complexe actomyosine en présence des ions calcium.



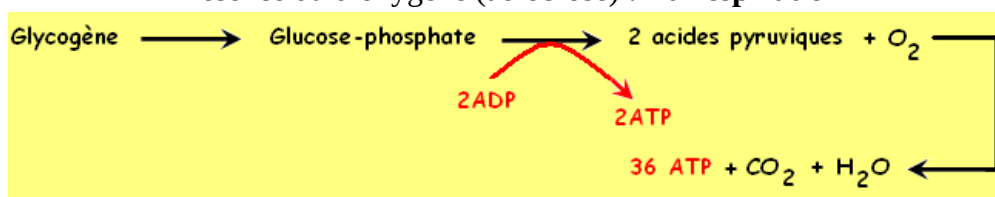
- La régénération de l'ATP :
- Soit par voie métabolique rapide



- Soit par voie métabolique lente

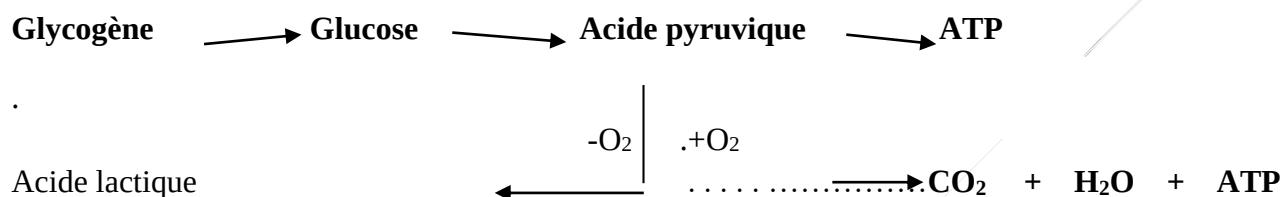
Absence du dioxygène (anaérobiose) : **La fermentation**



Présence du dioxygène (aérobiose) : **La respiration**

Soit le schéma bilan de la voie métabolique lente

Enzyme



d- Phénomènes mécaniques :

Lorsqu'un muscle squelettique se contracte par exemple, il entraîne dans son mouvement, les os sur lesquels il est inséré. Il fournit donc du travail. Ce travail peut être dynamique (contraction isotonique) ou statique (contraction isométrique).

5- La fatigue musculaire : causes et conséquences

La contraction musculaire engendre de déchets (CO₂, acide lactique) d'une part, mais aussi l'épuisement des réserves (glycogène, oxygène, Ca²⁺...) d'autre part.

Si les excitations deviennent intenses, l'épuisement d'énergie et l'accumulation de déchets aboutissent à la diminution des amplitudes (contraction faible) et l'allongement des temps de contraction : c'est *la fatigue musculaire*.

Un repos permet d'apporter l'oxygène et entraîner l'excès de l'acide lactique dont le tiers est oxydé. Le massage active cette réaction. Si le repos n'intervient pas, l'acide lactique maintient le muscle en contracture tétanique : c'est *la crampes*. Si le phénomène se répète très souvent, l'acide et les autres déchets sont entraînés dans la circulation : c'est *la courbature* puis *le surmenage*.

III- L'ETUDE D'UNE FONCTION SENSORIELLE

Tout organisme est constamment sollicité par les stimuli de son environnement : lumière, bruit, contact, odeur...etc. Ces stimuli sont captés par certains territoires du corps appelés récepteurs : les uns

responsables de la sensibilité profonde et les autres, responsables de la sensibilité périphérique et appartenant aux organes de sens qui nous renseignent sur le monde extérieur.

Chaque organe des sens est un système sensoriel qui comprend :

- Un récepteur sensoriel où va naître un message sensoriel nerveux
- Un conducteur nerveux sensitif qui transmet les influx nerveux au centre nerveux.
- Un centre nerveux qui permet d'interpréter le message nerveux.

Mais l'objet du cours est essentiellement axé sur l'œil et la vision.

L'œil et la vision

L'œil est l'organe de la vision. Il nous permet de voir les objets, d'apprécier leurs contours, leurs couleurs et même la distance à laquelle ils sont situés.

A- Quelle est la structure de l'œil ?

Situé dans la cavité osseuse (l'orbite) l'œil est composé de globe oculaire et de divers organes annexes.

1- **Les organes annexes** : paupières, cils, conjonctive, glandes et muscles. Ces organes ont un rôle protecteur ou moteur (mouvement oculaire).

2- **Le globe oculaire** : il est séparé en deux chambres séparées par l'iris et le cristallin : la chambre antérieure et la chambre postérieure. La chambre antérieure est occupée par l'humeur aqueuse. Elle est limitée vers l'avant par la cornée. La chambre postérieure renferme l'humeur vitrée ; elle est limitée vers l'arrière par les trois enveloppes ou membranes : la sclérotique, la choroïde et la rétine.

-**La sclérotique** : membrane externe, dure et protectrice qui se prolonge à la périphérie du nerf optique. Elle constitue le blanc de l'œil sa partie antérieure, transparente, forme *la cornée*.

-**La choroïde** : mince, très richement vascularisée, à rôle nourricier. Vers l'avant, elle s'écarte de la cornée pour former l'iris, percé d'un orifice, *la pupille*.

-**La rétine** : à rôle sensoriel, forme en avant l'axe optique, une légère dépression, la fovéa, à quelques millimètres de laquelle se trouve le point aveugle (point de départ du nerf optique).

Les rayons lumineux traversent, dans l'ordre : la cornée, l'humeur aqueuse, le cristallin et l'humeur vitrée. Ce sont *les milieux transparents*.

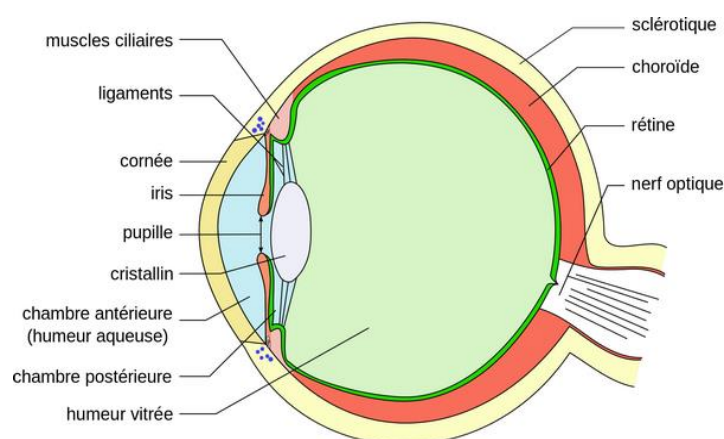
-**L'humeur aqueuse** : liquide incolore qui remplit l'espace entre la cornée et le cristallin.

-**Le cristallin** : corps élastique ayant la forme d'une lentille biconcave. Il constitue l'élément majeur du système optique de l'œil.

-**L'humeur vitrée** : liquide visqueux qui remplit le globe oculaire en arrière du cristallin. Chaque milieu transparent est caractérisé par son indice de réfraction (n), comme l'indique le tableau ci-dessous :

Milieux transparents	Indice de réfraction
----------------------	----------------------

Air	1
Cornée	1,33
Humeur aqueuse	1,33
Cristallin	1,42
Humeur vitrée	1,33



B- Comment fonctionne l'œil ?

Le fonctionnement de l'œil présente deux aspects ou mécanismes : des mécanismes optiques et des mécanismes nerveux.

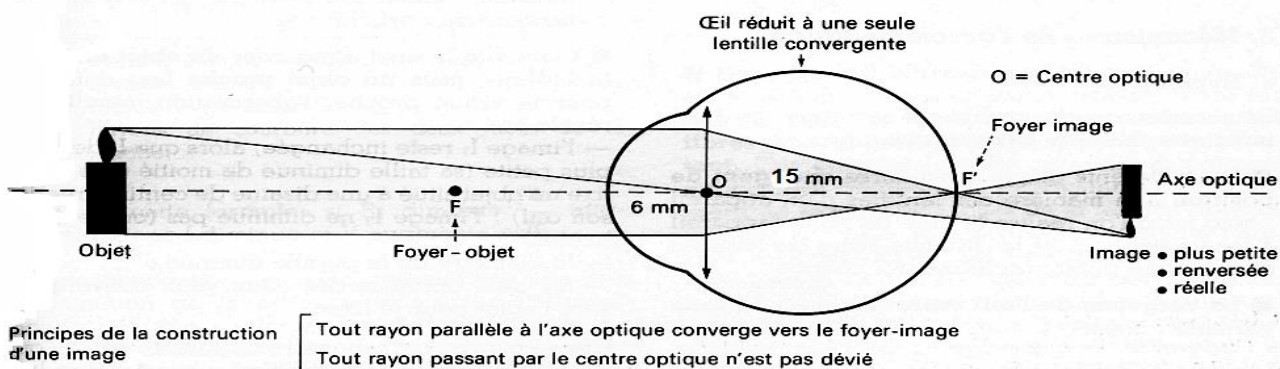
1- Les mécanismes optiques

1-1- Le fonctionnement optique de l'œil

L'œil est une suite de milieux transparents aux limites desquels (dioptries), les rayons lumineux subissent des réfractations. L'ensemble de ces milieux transparents fonctionne comme un système convergent : ces milieux donnent d'un objet lumineux une image réelle, renversée et plus petite que l'objet.

1-2- Comment se forme l'image sur la rétine ?

Tout objet éclairé émet de la lumière en tous sens, mais seulement un faisceau limité par la pupille traverse les milieux transparents de l'œil et donne sur la rétine une image réelle, renversée et plus petite que l'objet. Dans la pratique on travaille sur « l'œil réduit de Listing » dont les caractéristiques sont portées sur la figure ci-dessus.



Quels sont les principes de l'œil réduit ?

- Tout rayon parallèle à l'axe optique converge vers le foyer image ;
 - Tout rayon passant par le centre optique n'est pas dévié.
- F= foyer objet ; F'= foyer image ; f= distance focale (15 mm) ; V= vergence en dioptries

$$v = \frac{1}{f_m} = \frac{1}{0,015m} = 66,6 \text{ Dioptries}$$

Les caractéristiques de l'œil réduit :

- L'œil réduit est un système optique à un seul dioptre à lentille convergente situé à 15mm en avant de la rétine ;
- Il a une convergence telle que pour tout objet situé à l'infini, l'image se forme d'emblée sur la rétine ($f=p'$),
- Il a un axe optique qui correspond à l'axe antéropostérieur du globe oculaire.

a-1) – L'objet situé à l'infini (très éloigné) : lorsque l'objet est situé à l'infini, la convergence de l'œil est telle que l'image se forme d'emblée sur la rétine : la vision est alors nette sans effort.

a-2) – L'objet rapproché : lorsqu'on regarde un objet rapproché, l'image se forme en arrière de la rétine : la vision devient alors floue. Pour que la vision soit nette, il faut que l'image se forme sur la rétine. Pour cela, l'œil est obligé de faire une mise au point sur l'image en réduisant la distance focale par un mécanisme reflexe, appelé accommodation.

❖ Comment se fait la mise au point ?

La mise au point s'effectue par deux mécanismes reflexes : l'accommodation et la diaphragmation.

L'accommodation, est la mise au point des images en vision rapprochée qui se traduit par une diminution de la distance focale, donc une augmentation de la convergence de l'œil, grâce au bombement de la face antérieure du cristallin. Elle s'accompagne d'une diminution du diamètre de la pupille : la **diaphragmation**. Pour une certaine distance (d), appelée distance minimale de vision distincte, la convergence du cristallin atteint sa limite. Si l'objet se rapproche davantage, l'image est nécessairement floue.

Avec l'âge, la plasticité du cristallin diminue, par conséquent la distance (d) augmente, ce qui est à la base de la presbytie.

B-2) Les mécanismes nerveux :

1- Quelle est la structure de la rétine ?

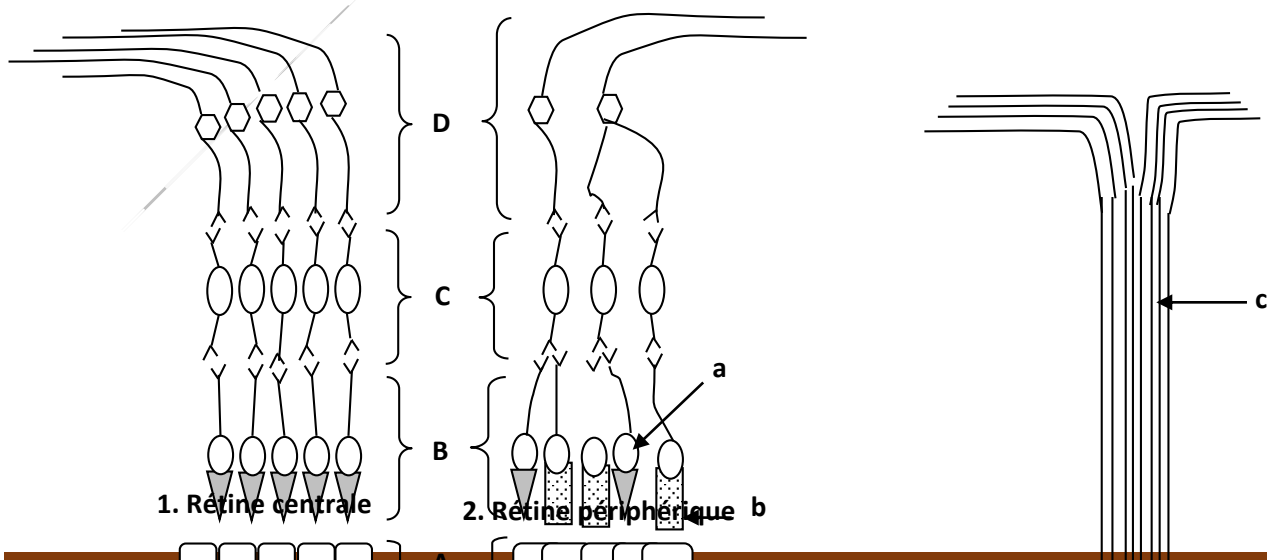
La rétine est un tissu nerveux constitué de trois (3) couches de neurones et d'une couche de cellules pigmentaires, qui sont de l'extérieur vers l'intérieur :

- La couche de cellules pigmentaires, cellules riches en mélanine, jouant un rôle d'écran protecteur ;
- La couche de cellules visuelles, cellules nerveuses modifiées jouant le rôle de récepteurs photosensibles. Elles sont de deux sortes : les cellules à cônes et les cellules à bâtonnets ;
- La couche de cellules bipolaires, cellules nerveuses qui font des synapses par leurs dendrites avec les prolongements axoniques des cellules visuelles et par leurs axones avec les dendrites des cellules multipolaires de la couche profonde ;
- La couche de cellules multipolaires ou ganglionnaires, cellules nerveuses dont les axones se réunissent au niveau du point aveugle pour former les fibres du nerf optique.

D'une zone à une autre, la structure de la rétine n'est pas la même :

- **Au niveau de la rétine centrale (fovéa) :** dans sa couche de cellules visuelles, on rencontre uniquement des cellules à cônes qui sont articulées en chaîne directe avec les cellules des autres couches. L'excitation de chaque cône déclenche donc, à ce niveau, un message nerveux au niveau d'une fibre du nerf optique. Un cône fait synapse avec un neurone bipolaire ; ce neurone fait synapse avec un neurone multipolaire (rapport 1 : 1 : 1). On parle de structure linéaire.
- **Au niveau de la rétine périphérique :** dans sa couche de cellules visuelles, on rencontre les cônes et les bâtonnets. Ces derniers sont d'autant plus nombreux qu'on s'éloigne de la fovéa. Plusieurs cellules visuelles sont reliées à une fibre du nerf optique selon le rapport : 1-2-6. Un seul message nerveux atteindra le cerveau, quel que soit, dans cet ensemble le nombre de cellules excitées. On parle de structure convergente.

-Au niveau du point aveugle : il n'y a pas de cellules visuelles, c'est le point de départ du nerf optique.



MA. THOMAS/ Excellence/ Mr. BANGOURA – Lycée de jeunes filles/ Koulabiou Barry- H M D/ N''Fansoumane Keita – Lycée AST

3. Point aveugle

D. couche de cellules multipolaires ; a. cellule à cône ; b. cellule à bâtonnet ; c. fibres du nerf optique

2) Sensibilité rétinienne :

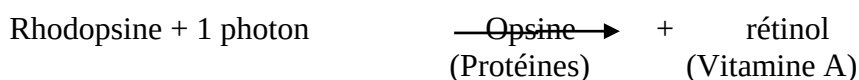
a- Quels sont les récepteurs visuels ?

La rétine présente deux types de récepteurs visuels : les cônes et les bâtonnets. Ces cônes et bâtonnets ont des structures différentes qui leur confèrent des propriétés et des rôles spécifiques. Cette différence de sensibilité nous permet de distinguer deux types de vision :

- une vision à forte intensité lumineuse ou vision diurne dont les cônes sont responsables de la vision des couleurs.
- une vision à faible intensité lumineuse ou vision crépusculaire (nocturne) dont les bâtonnets sont responsables.

b- Comment fonctionne les bâtonnets ?

Les bâtonnets renferment un pigment, le pourpre rétinien ou rhodopsine qui est décomposé par la lumière.



La rhodopsine se reconstitue à l'obscurité (opsine + rétinol) sous l'action d'une enzyme présente dans les bâtonnets.

b) La vision centrale et la vision périphérique.

La vision centrale ou fovéale : quand on fixe un objet, l'image se forme juste sur la fovéa, c'est la vision centrale qui est beaucoup plus précise à fort éclairement que la vision périphérique. la vision centrale assure la vision des détails.

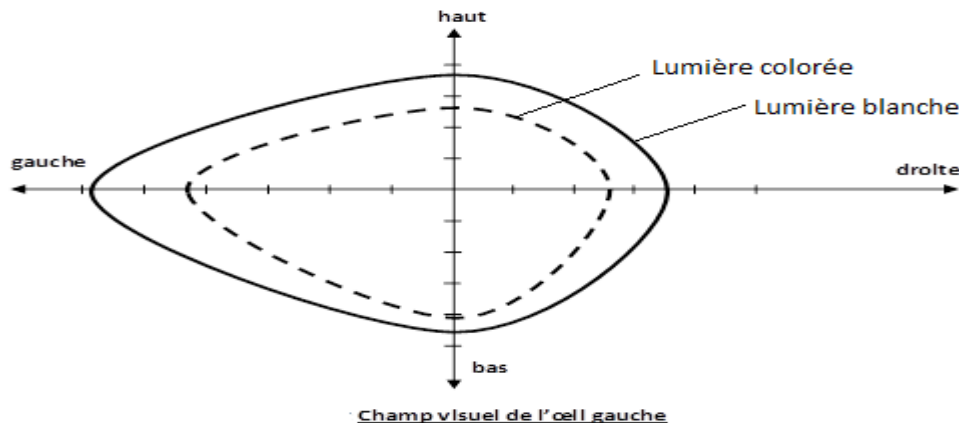
La vision périphérique : quand on regarde latéralement un objet, l'image se forme à la périphérie de la rétine, c'est la vision extra-fovéale qui assure la vision globale, synthétique ; elle donne des images peu précises. Mais pendant la nuit ou à faible éclairement la vision périphérique est meilleure.

-l'acuité visuelle : qui mesure la vision des détails des objets, est plus performante au niveau de la fovéa. Cela n'est pas dû à des propriétés intrinsèques des cônes mais à leur densité et à la structure linéaire de cette partie de la rétine.

Les champs visuels : le champ visuel est la portion de l'espace dans laquelle doit être situé un objet pour être vu par cet œil maintenu immobile.

Etendu du champ visuel : on distingue les champs de vision monoculaire pour chacun des deux yeux et le champ de vision binoculaire pour l'ensemble des deux yeux.

NB : le champ visuel est plus étendu du côté temporal que du côté nasal ; il est plus étendu vers le bas que vers le haut ; il est plus étendu en lumière blanche qu'en lumière colorée.

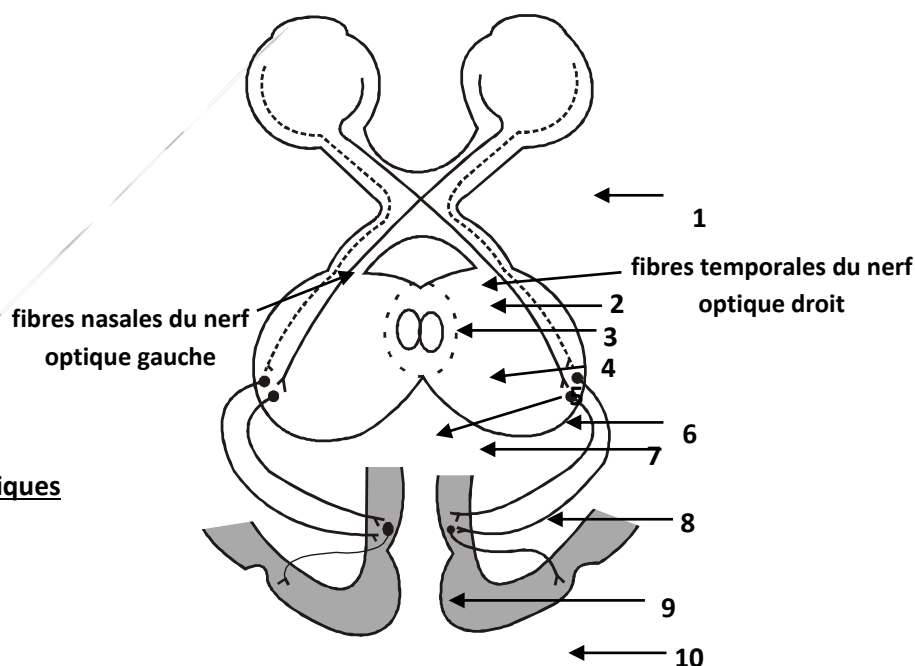


3-b) Quel est le trajet des messages nerveux visuels ? (rôle du nerf optique).

Les messages nerveux sont transportés par les fibres nerveuses du nerf optique jusqu'à un relais cérébral où par l'intermédiaire de synapses, elles transmettent les messages à d'autres neurones qui les véhiculent jusqu'à une aire spécialisée du cortex occipital, l'aire visuelle primaire.

La moitié des fibres nerveuses du nerf optique provenant des neurones ganglionnaires situés dans la demi-rétine temporale sont directes alors que celles provenant de la demi-rétine nasale sont croisées. Il en résulte que notre cerveau gauche reçoit les messages sensitifs correspondant aux objets situés dans la partie droite de notre champ visuel et que le cerveau droit reçoit ceux correspondant à la partie gauche de notre champ visuel.

NB : la section des deux nerfs optiques entraîne une cécité totale et irréversible. Ainsi, le nerf optique est l'intermédiaire indispensable entre l'œil et le cerveau (aire visuelle)



Les voies optiques

- 1 -globe oculaire droit ;
- 2- **nerf optique droit** ;
- 3-**chiasma optique** ;
- 4- **bandelette optique droite** ;
- 5- **tubercules quadrijumeaux**
- 6- **thalamus**
- 7- **formation réticulée**
- 8- **corps genouillé externe**
- 9- **aire visuelle primaire**
- 10- **aire visuelle**

4-Quelles sont les anomalies du fonctionnement optique de l'œil ?

Il existe quatre grands types de défauts de la vision, que l'on retrouve chez de nombreuses personnes à des degrés plus ou moins élevés : la myopie, l'hypermétropie, l'astigmatisme et la presbytie. Les défauts de la vision sont cumulatifs : on peut être à la fois myope et astigmat.

a- La myopie : anomalie optique de l'œil caractérisée par la formation de l'image des objets éloignés en avant de la rétine. Un œil myope est un peu trop long : l'image n'atteint pas la rétine, elle se forme un peu en avant de celle-ci. La myopie peut être due à un cristallin trop convergent.

NB : La myopie est souvent héréditaire. La correction se fait à l'aide de lentilles divergentes.

b- L'hypermétropie : anomalie optique de l'œil par la formation des images des objets derrière la rétine. L'œil hypermétrope est un peu trop court : l'image des objets regardés ne se forme pas sur la rétine (comme lorsque la vision est nette), mais juste derrière. L'hypermétropie peut être due au fait que le cristallin n'est pas assez convergent. La correction se fait à l'aide de lentilles convergentes.

c- L'astigmatisme : est dû à une déformation de la cornée (elle n'est pas tout à fait sphérique) et elle envoie les rayons lumineux dans deux directions différentes. Les images se forment là où il faut sur la rétine, mais en deux endroits différents (les contours se superposent) : Le cerveau perçoit une image déformée ou floue. L'œil astigmat est de taille normale et son cristallin est en bonne santé : c'est la cornée qui est en cause.

d- La presbytie : anomalie optique de l'œil caractérisée par la diminution du pouvoir d'accommodation par perte de l'élasticité du cristallin sous le poids de l'âge.

L'œil presbyte est un œil qui vieillit. On finit par devenir presbyte même si l'on n'avait aucun défaut de l'œil ni de la vision lorsqu'on était plus jeune. En effet, avec l'âge, le cristallin perd naturellement sa souplesse et donc ses capacités d'accommodation. La vision de loin reste bonne, mais dans la vision de près, l'œil ne parvient plus à accommoder suffisamment.

La presbytie apparaît vers l'âge de 40ans environ. Elle se manifeste notamment par des difficultés à lire : le presbyte est obligé d'éloigner son livre ou son journal pour y voir net.

IV- La régulation humorale

Les cellules de l'organisme utilisent deux (2) principales voies de communication entre elles : la communication **nerveuse** et la communication **hormonale** auxquelles on ajoute la communication **neurohormonale**.

Le milieu intérieur est l'ensemble des liquides (lymphe, plasma) qui constituent le milieu de vie des cellules de l'organisme (**Claude Bernard**). Malgré les multiples perturbations, le milieu intérieur reste stable. **L'homéostasie** est l'ensemble des réactions physiologiques qui maintiennent stables les caractéristiques du milieu intérieur (W. B. Cannon)

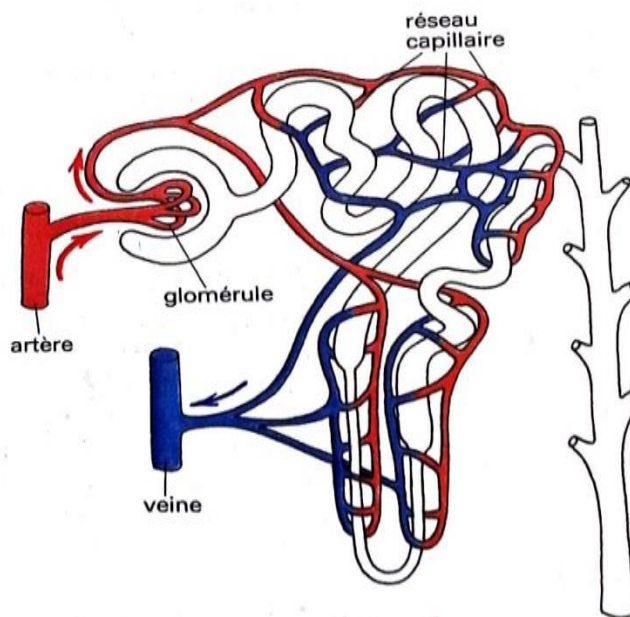
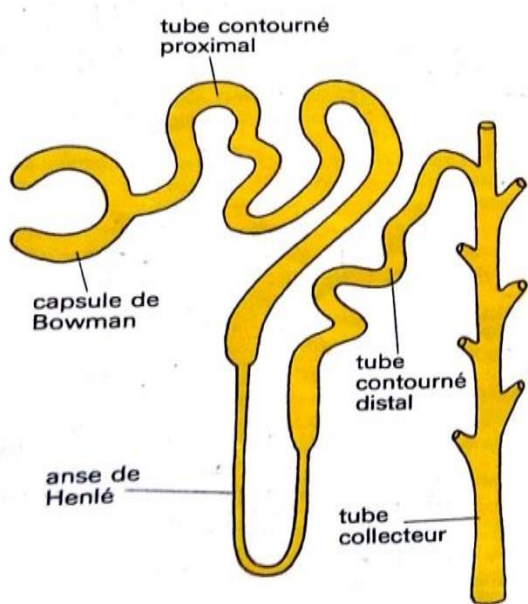
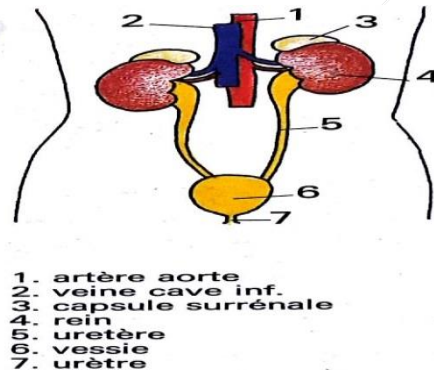
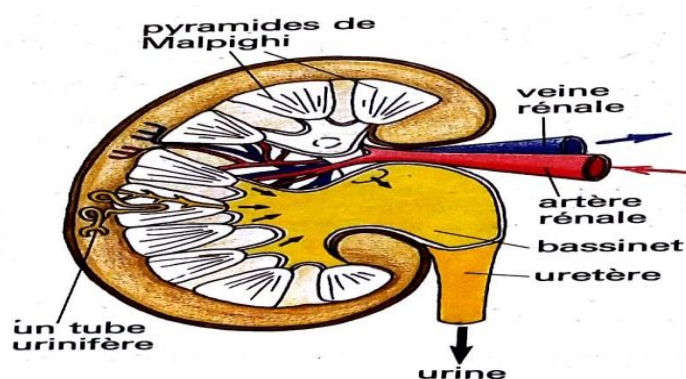
A)-L'équilibre hydrominéral

L'équilibre hydrominéral est un aspect de l'homéostasie. Il a pour objet de maintenir, dans une certaine limite, la teneur en eau et teneur en sels minéraux de l'organisme. Ces teneurs influencent la **pression osmotique** du milieu intérieur. Celle-ci régit les échanges entre les cellules et leur milieu ; elle a donc une action sur le volume du compartiment extracellulaire et donc sur le volume sanguin ou **volémie**.

Reins et équilibre hydrodynamique :

Les reins qui assurent l'élimination de l'eau, les sels minéraux et d'autres substances, maintiennent l'équilibre entre les entrées et les sorties de ces substances. Ce sont des organes effecteurs de la régulation de l'équilibre hydrominéral.

Chaque rein est constitué d'environ un million de tubes urinifères (néphrons) richement irrigués (vascularisés), au niveau desquels se forme l'urine. Donc le néphron est l'unité structurale et fonctionnelle du rein. L'urine s'y forme à partir du plasma sanguin.



a)- Comment se forme l'urine ?

Le tableau ci-dessous indique les principaux constituants de l'urine et du plasma.

Principaux constituants en g/L	Plasma sanguin	Urine
Eau	900	950

Chlorure (Na cl)	7	10
Sulfates de potassium	0,02	2
Phosphates	0,04	2
Protides	80	0
Lipides	50	0
Glucides	1	0
Urée	0,3	20
Acide urique	0,03	0,6
Ammoniaque	0	0,5

En comparant l'urine au plasma sanguin, nous constatons que :

-Les protides, les lipides et le glucose présents dans le plasma sont absents dans l'urine. Vis-à-vis de ces substances, les reins jouent le rôle de barrière ;

-les sels minéraux (chlorures, sulfates et phosphates) ; l'eau, l'urée, l'acide urique présents à la fois dans le plasma et dans l'urine, sont à des concentrations supérieures dans l'urine, les reins jouent le rôle de filtre sélectif ;

-l'ammoniaque, présent dans l'urine absent dans le plasma montre que les reins élaborent certaines substances, ils ont un rôle sécréteur ;

L'urine se forme de façon continue dans les reins à partir du plasma sanguin.

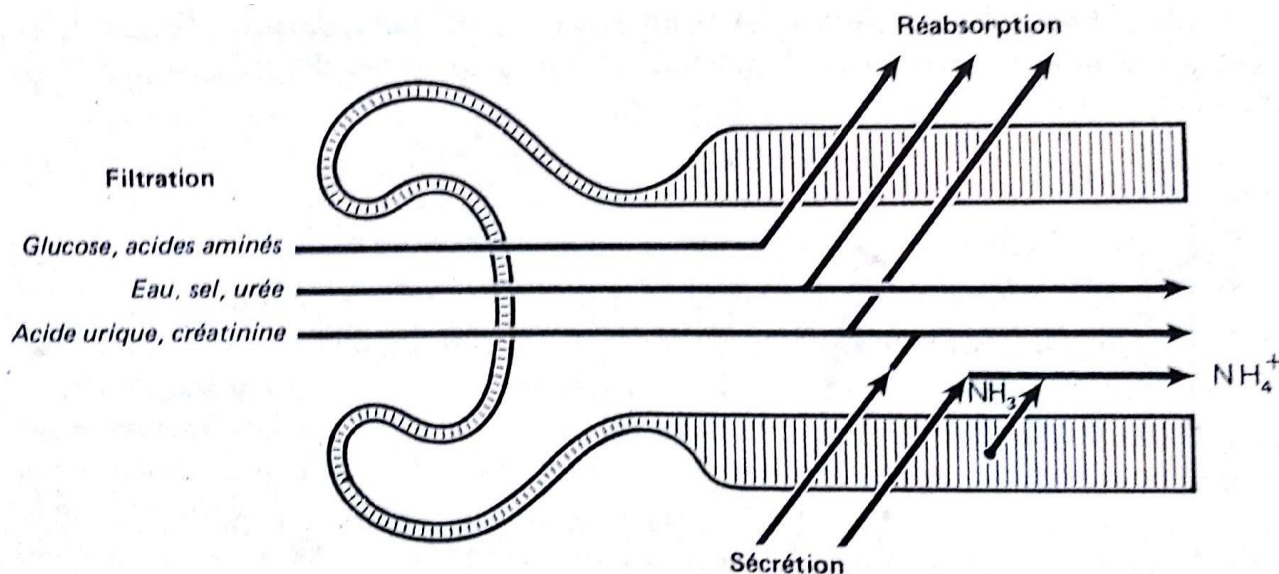
b)- Quel est le mécanisme de la formation de l'urine ?

On distingue trois (3) phases fondamentales.

-Une filtration : au niveau des glomérules de Malpighi, le plasma sanguin traverse la paroi des capillaires et celle du néphron à l'exception des protéines et des lipides.

-Une réabsorption tubulaire : la plus grande partie de l'eau, des sels minéraux et même une certaine quantité, urée, acide urique, créatine, la totalité du glucose sont réabsorbés.

-Une sécrétion tubulaire : certaines substances contenues dans l'urine (acides organiques NH_4^+ , K^+ , H^+ ...) sont sécrétées directement par le tube urinaire à partir de substances présentes dans le plasma.



La régulation de l'équilibre hydrominéral

a)-La régulation de la teneur en eau.

Une modification de la teneur en eau du milieu intérieur peut avoir deux conséquences :

-Une variation dans le même sens de la volémie et une variation en sens contraire de la pression osmotique. Ces variations stimulent des récepteurs spécifiques :

-Les volorécepteurs, situés dans l'oreille gauche et les osmorécepteurs, situés dans les neurones de l'hypothalamus.

-ces signaux sont envoyés sous forme de message nerveux dans l'hypothalamus qui organise la réponse correctrice.

-La réponse est constituée par une baisse ou une augmentation de la sécrétion d'hormone antidiurétique ou ADH. Cette hormone sécrétée par l'hypophyse postérieure agit sur les cellules des tubes collecteurs des reins en augmentant leur perméabilité à l'eau. La réabsorption de l'eau est ainsi accrue et le débit urinaire diminue (effet antidiurétique).

b)- La régulation de la teneur en sodium

Une variation de la teneur en sodium est décelée directement au niveau du néphron par des cellules de la paroi des vaisseaux glomérulaires. Lorsque la teneur en Na^+ baisse, ces cellules mettent en jeu le système rénine-angiotensine, elles produisent une enzyme, la rénine, qui catalyse la formation d'une hormone, l'angiotensine, à partir d'une protéine sécrétée par le foie (Angiotensinogène).

L'angiotensine a deux effets :

- Au niveau des corticosurrénales, elle déclenche la sécrétion d'aldostérone, hormone favorisant la réabsorption tubulaire du sodium (Na^+) par transport actif.

- Au niveau des centres nerveux, elle détermine la sensation de soif, elle a ainsi involontairement une action sur la teneur en eau de l'organisme si la sensation de soif est suivie d'une ingestion d'eau.

c)-La régulation du pH

Le pH du milieu intérieur (7,35-7,45) est remarquablement stable et cette stabilité est une nécessité vitale pour l'organisme.

1-Quelles sont les causes de variation du pH ?

Les causes susceptibles de faire varier le pH du milieu intérieur sont nombreuses. Citons les principales :

-La production du CO₂ par la respiration cellulaire s'accompagne de la libération d'une grande quantité de H⁺

-La libération de l'acide lactique lors d'un exercice musculaire, augmente la concentration de H⁺ par dissociation partielle de cet acide ;

-Le métabolisme des substances riches en soufre et en phosphore conduit à la formation de l'acide sulfurique et d'acide phosphorique fortement dissocié ;

-La consommation de grande quantité de légumes, de feuilles relève le pH qui devient basique.

2-La régulation :

Elle peut être réalisée dans le milieu intérieur lui-même ou au niveau des organes d'élimination, poumons et reins.

a)-Régulation par les systèmes tampons

-La propriété du plasma de s'opposer aux variations brutales du pH est appelée « système tampon ». Elle est due principalement au système acide carbonique-hydrogénocarbonate du plasma, mais aussi aux protéines ou les phosphates capables de fixer des ions H⁺. Toute variation de la teneur en ion H⁺ du milieu intérieur déplace la réaction d'équilibre dans un sens ou dans l'autre entraînant la libération ou la fixation d'ions H⁺ par le système tampon.

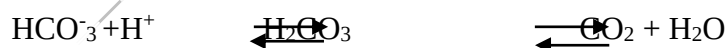
b)- Régulation par les systèmes d'éliminations

L'organisme possède deux séries d'organes d'éliminations des ions H⁺ : Les poumons et les reins.

-Rôle de l'élimination pulmonaire

Une augmentation de la teneur du sang en CO₂ entraîne l'augmentation du rythme respiratoire.

Le rythme respiratoire et l'amplitude de la ventilation pulmonaire sont commandés par un mécanisme réflexe. L'équilibre est ainsi déplacé dans le sens 1 (à droite).



-Rôle de l'élimination rénale

Les reins éliminent dans l'urine les ions H⁺ (40 à 80 mmol/ jour) et cette excrétion qui est modifiée selon les circonstances, participe au maintien de l'équilibre d'acido-basique du milieu intérieur. En cas d'acidose du sang, le rein excrète davantage les ions H⁺.

B-Régulation de la glycémie

Le glucose est la principale source d'énergie de la majorité des cellules. Apporté à l'organisme par l'absorption intestinale qui fait suite à la digestion des aliments, il est ensuite transmis aux cellules par l'intermédiaire du sang.

1- La glycémie, un équilibre dynamique

La glycémie, est le taux de sucre dans le sang c'est-à-dire la concentration du sang en glucose ; c'est un paramètre essentiel du milieu intérieur. Elle est relativement constante et égale environ à **1g/l (ou 5,5mmol/l)**. Chez un individu normal, elle varie entre **0,65 et 1,2g/l**. L'apport alimentaire du glucose est discontinu. Il a lieu à chaque repas et il est alors généralement important. Cependant, la consommation du glucose par les cellules est continue, tout en variant en fonction de l'activité physique. La consommation moyenne du glucose (10 à 15g/h) contraste avec la faible quantité disponible dans le milieu intérieur (20g : 5g dans le sang et 15g dans la lymphe). Le glucose doit donc être renouvelé en permanence à partir d'un stock mis en réserve.

2-Des organes de stockage

- Une partie du glucose absorbé au niveau de l'intestin est stocké au niveau du foie situé juste en aval de l'intestin dans la circulation sanguine. L'autre partie parvient à l'ensemble des autres organes où elle est utilisée par les cellules. L'encéphale et les muscles sont les plus gros consommateurs. Le stockage au niveau du foie se fait sous forme d'une grosse molécule, **le glycogène**.

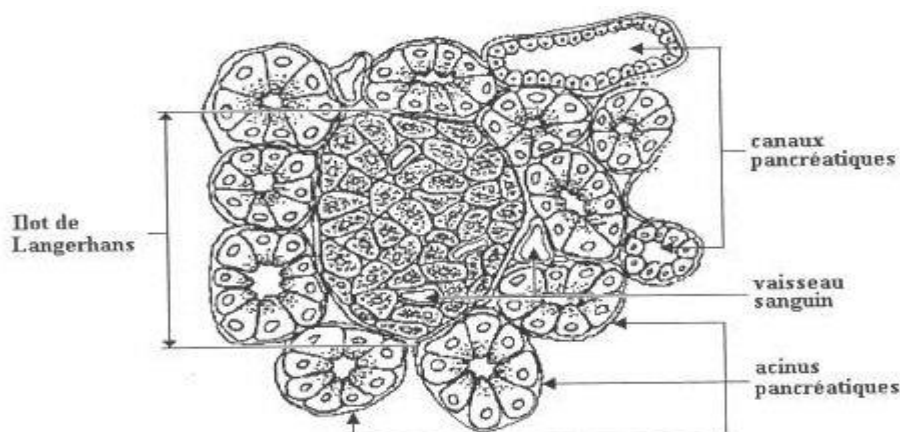
-Les muscles, dans la limite de 1% de leur masse, élaborent du **glycogène** à partir du glucose sanguin.

-Les tissus adipeux peuvent transformer directement du glucose en lipides ; ils représentent 12 à 20% de la masse corporelle et constituent la principale réserve énergétique de l'organisme.

3-Structure histologique du pancréas

La structure du pancréas est comparable à celle des glandes parotides ; mais parmi **les acini** producteurs d'enzymes (suc pancréatique), on observe çà et là des amas cellulaires désordonnés, **les ilots de Langerhans**, producteurs d'hormones (insuline et glucagon).

Par ses enzymes déversées dans le tube digestif, le pancréas est une glande **exocrine** ; par ses hormones déversées dans le sang, le pancréas est une glande **endocrine**. Le pancréas est donc une glande **mixte**.



4-Rôle du pancréas dans la régulation de la glycémie

L'ablation du pancréas provoque chez un chien, une augmentation de sa glycémie qui conduit à la mort. Les expériences d'ablation, de greffe du pancréas et d'injection d'extraits pancréatiques montrent que l'action de celui-ci sur la glycémie se fait par sécrétion dans le sang des molécules polypeptidiques, ***l'insuline et le glucagon***. Ces molécules ont des effets opposés sur l'évolution de la glycémie.

La sécrétion des hormones pancréatiques dépend de la concentration du glucose dans le sang. Une variation de celle-ci entraîne des effets opposés sur les concentrations plasmatiques d'insuline et de glucagon. Cette sécrétion, variable, est le fait des îlots de Langerhans au niveau desquels sont détectées les variations de la glycémie.

L'insuline et le glucagon agissent sur les cellules du foie en facilitant le stockage (insuline) ou la libération (glucagon) du glucose.

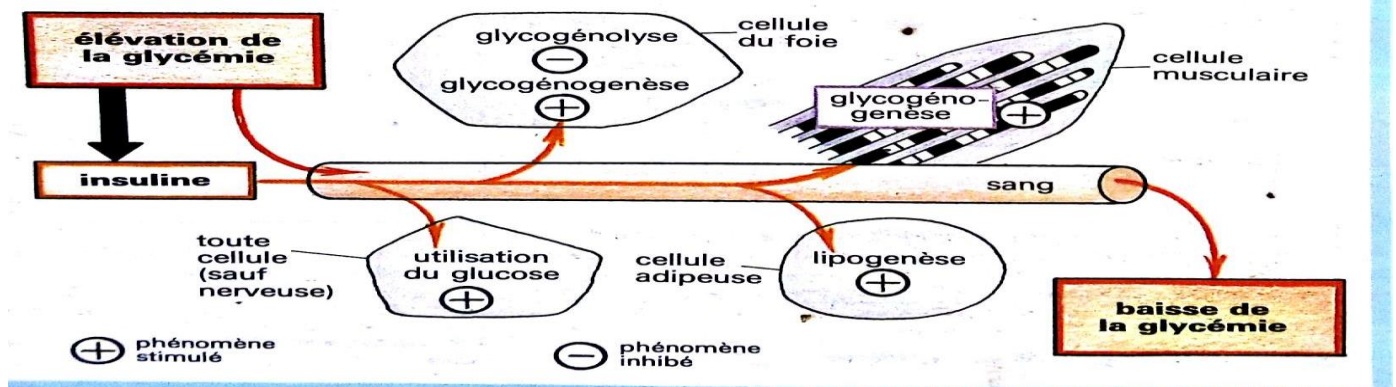
-Le système hypoglycémiant

L'insuline est la seule hormone hypoglycémiante. C'est un polypeptide de 51 acides aminés, synthétisé par **les cellules β des îlots de Langerhans**. La biosynthèse de l'insuline met en jeu les mécanismes habituels de la synthèse des protéines.

L'insuline est l'hormone de « l'utilisation du glucose » :

- *Dans les cellules capables de stocker le glucose (cellules hépatiques et musculaires), elle favorise la formation du glycogène (glycogénogenèse) ou des graisses (tissus adipeux) ;
- *Dans la majorité des cellules (cellules nerveuses, cellules du tube digestif et les reins font exception), elle active la pénétration du glucose ;
- *Dans les cellules utilisatrices du glucose, elle favorise la glycolyse et donc la consommation du glucose.

Les cellules cibles de l'insuline possèdent des membranes spécifiques sur lesquelles se fixe l'hormone. La réaction cellulaire est déjà programmée et se traduit selon les cas par une activation ou une inhibition des enzymes responsables des réactions chimiques induites par l'effet hormonal.

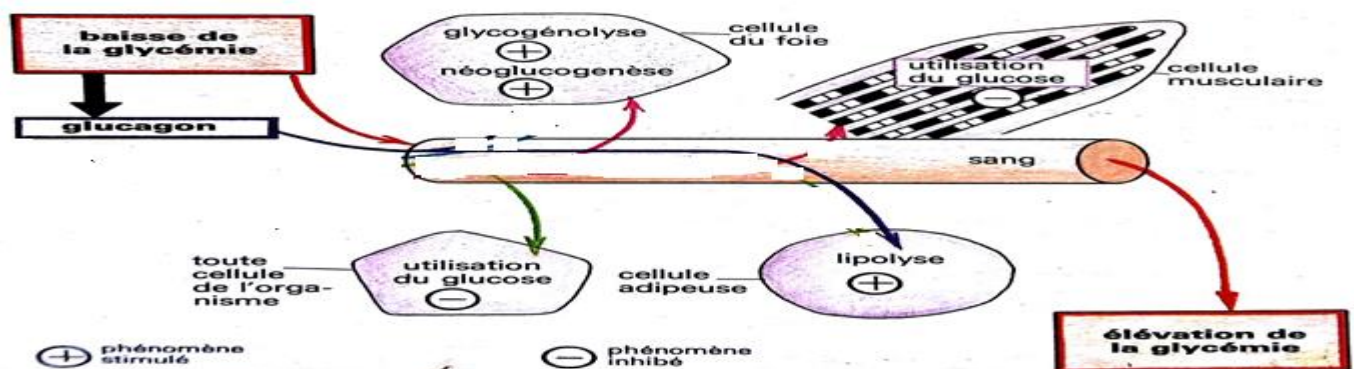


NB : Le diabète sucré peut être dû à l'insuffisance de la production d'insuline ou à l'insuffisance du nombre de récepteurs. Seul le premier cas peut être traité par l'insuline injectable (diabète insulino-dépendant)

-Le système hyperglycémiant

Plusieurs hormones ayant des effets hyperglycémiantes sont sécrétées en cas de besoin de glucose. De nature chimique variée, elles ont des actions diversifiées.

Ici on se limitera au rôle du **glucagon**, hormone peptidique de 29 acides aminés synthétisés par les **cellules α des îlots de Langerhans**. Antagoniste de l'insuline, il agit essentiellement sur le foie où il provoque la glycogénolyse et favorise la néoglucogenèse.



- L'hypoglycémie, déficit en glucose sanguin, peut avoir des graves conséquences : convulsion, coma, mort.
- L'hyperglycémie, excès de glucose sanguin, peut exister de façon transitoire après digestion. Elle s'observe d'une manière constante dans les diabètes ; elle est alors le plus souvent accompagnée d'élimination du glucose dans les urines (glycosurie) une fois que la glycémie devient supérieure à **1,7g/l** (valeur seuil)

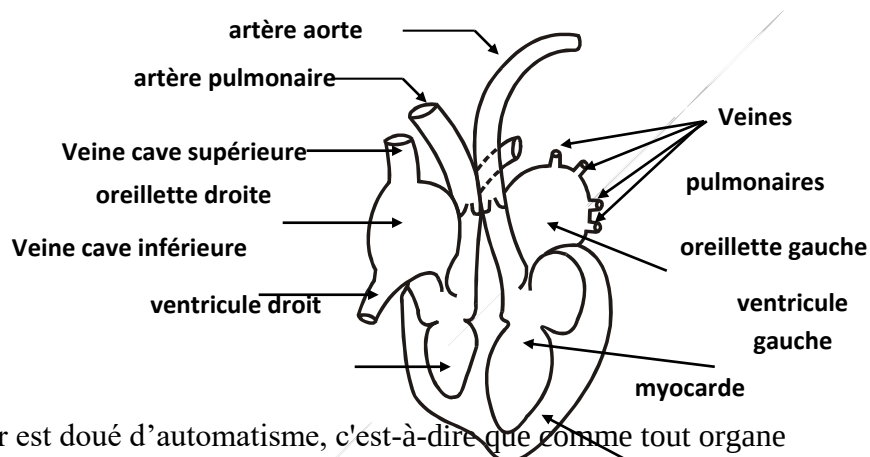
V- L'INTEGRATION NEUROHORMONALE: REGULATION DE L'ACTIVITE CARDIAQUE ET DE LA PRESSION ARTERIELLE

1- **Le cœur** : c'est un organe formé de quatre (4) cavités : 2 oreillettes et 2 ventricules, dont les parois musculaires constamment irriguées forment le **myocarde**.

L'oreillette communique avec le ventricule du même côté par un orifice bordé de replis : **les valvules**. La valvule auriculo-ventriculaire droite est appelée **valvule tricuspide (formée de 3 replis)** ; la valvule gauche se nomme **bicuspide** ou mitrale et enfin **les valvules sigmoïdes** contrôlent l'ouverture de l'artère pulmonaire et de l'artère aorte.

La coupe transversale de la paroi du cœur montre, de l'extérieur vers l'intérieur, le péricarde (ou épicarde), le myocarde et l'endocarde.

La figure ci-contre représentant le schéma d'un cœur humain en coupe longitudinale avec ses vaisseaux afférents et efférents.



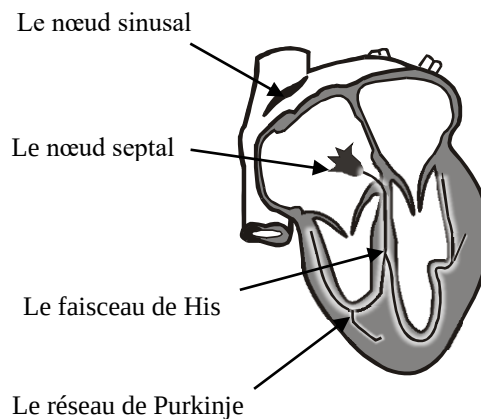
a- Automatisme cardiaque : Le cœur est doué d'automatisme, c'est-à-dire que comme tout organe automatique, il présente un fonctionnement spontané, indépendant de tout autre facteur extracardiaque, caractérisé par la répétition de contractions dont le rythme cardiaque constitue la fréquence cardiaque (70 à 80 battements/min).

Cette activité automatique est sous la dépendance du système nerveux intrinsèque situé dans les parois du même cœur.

Le système nerveux intrinsèque est constitué par un tissu particulier : le **tissu nodal**, qui comprend différents éléments :

- Le nœud sinusal : situé dans la paroi de l'oreillette droite ;
- Le nœud septal : situé dans la cloison inter auriculaire ;
- Le faisceau de His : situé dans la cloison inter ventriculaire ;
- Le réseau de Purkinje : situé dans la paroi des ventricules.

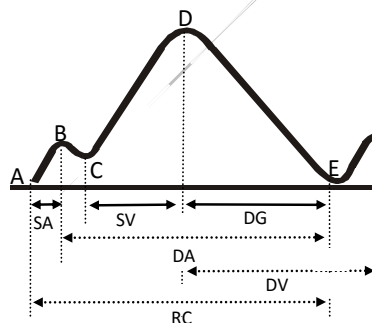
Les potentiels d'action qui sont à l'origine de la contraction du myocarde naissent de façon spontanée et rythmique dans le nœud sinusal, se transmettent dans le myocarde auriculaire (systole auriculaire) puis au nœud septal, ensuite au faisceau de His et enfin au réseau de Purkinje (systole ventriculaire). Ainsi, c'est le nœud sinusal qui impose son rythme à l'ensemble du myocarde (100 à 110 cycles/min chez l'homme) : il est appelé « pacemaker » du cœur.



b- Le cardiogramme : c'est l'enregistrement graphique de l'activité mécanique du cœur à l'aide d'un cardiographe.

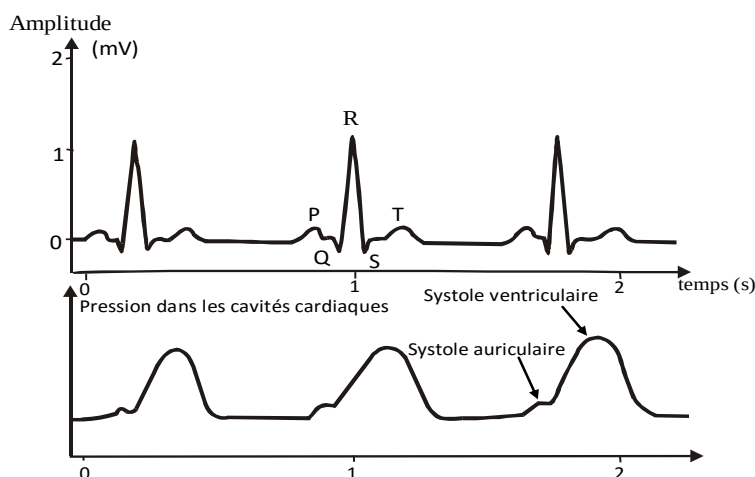
Le cardiogramme comprend trois (3) phases :

- **1^{ère} phase** : traduit la systole auriculaire, les ventricules étant relâchés ;
- **2^{ème} phase** : traduit le relâchement des oreillettes suivi de la systole ventriculaire.
- **3^{ème} phase** : traduit le relâchement total du cœur ou diastole générale.



c- L'électrocardiogramme : c'est l'enregistrement de l'activité électrique du cœur au cours d'un cycle cardiaque. L'enregistrement est constitué de plusieurs ondes appelées ondes P, complexe QRS et onde T.

- L'onde P correspond à la dépolarisation de l'oreillette qui précède et déclenche la systole auriculaire.
- Le complexe QRS correspond à la dépolarisation du ventricule qui précède et déclenche la systole ventriculaire.
- L'onde T correspond à la repolarisation ventriculaire.



2- La pression artérielle : Le sang circule suite à une pression qui permet de distinguer deux (2) systèmes :

- **Le système à haute pression :** comprenant l'ensemble du système artériel.
- **Le système à basse pression :** c'est l'ensemble des systèmes veineux et capillaires.

La pression artérielle est la pression exercée par le sang sur les parois des artères ; la pression artérielle oscille constamment entre deux valeurs directement liées à la contraction cardiaque ; la pression maximum ou systolique (contraction des ventricules) et la pression minimum ou diastolique (relâchement du cœur) : c'est la variation au cours de la révolution cardiaque.

❖ **Variation de la pression artérielle**

La valeur de la pression artérielle dépend de certains paramètres dont les facteurs déterminants et les états physiologiques :

a- Les facteurs : le débit cardiaque, les résistances périphériques, l'élasticité des parois des grosses artères, la volémie et la viscosité du sang.

b- Les états physiologiques : l'âge (de 15 à 45 ans : tension maximale=12 ; minimale=8 ; de 46 à 60 ans : T ma=14 ; T min=9) ; le sexe, la digestion, les émotions, le séjour en altitude.

3- Mécanismes nerveux :

Des récepteurs sensoriels à une élévation de pression sanguine (barorécepteurs) sont localisés dans la paroi des vaisseaux au niveau du sinus carotidien et de la crosse aortique. Leur stimulation donne naissance à des messages nerveux afférents transmis au bulbe rachidien par le **nerf de Herring et Ludwig-Cyon**. Des messages nerveux efférents atteignent le muscle cardiaque par les fibres du **nerf pneumogastrique (X)**. Le cœur répond par un abaissement de son rythme, ce qui entraîne une baisse de la pression artérielle. Les influx provenant des barorécepteurs atteignent aussi les centres hypothalamiques et bulbaires qui contrôlent le diamètre des vaisseaux sanguins. Par des voies nerveuses du système orthosympathique, les influx efférents déclenchent la vasodilatation des vaisseaux et donc une baisse de la pression artérielle.

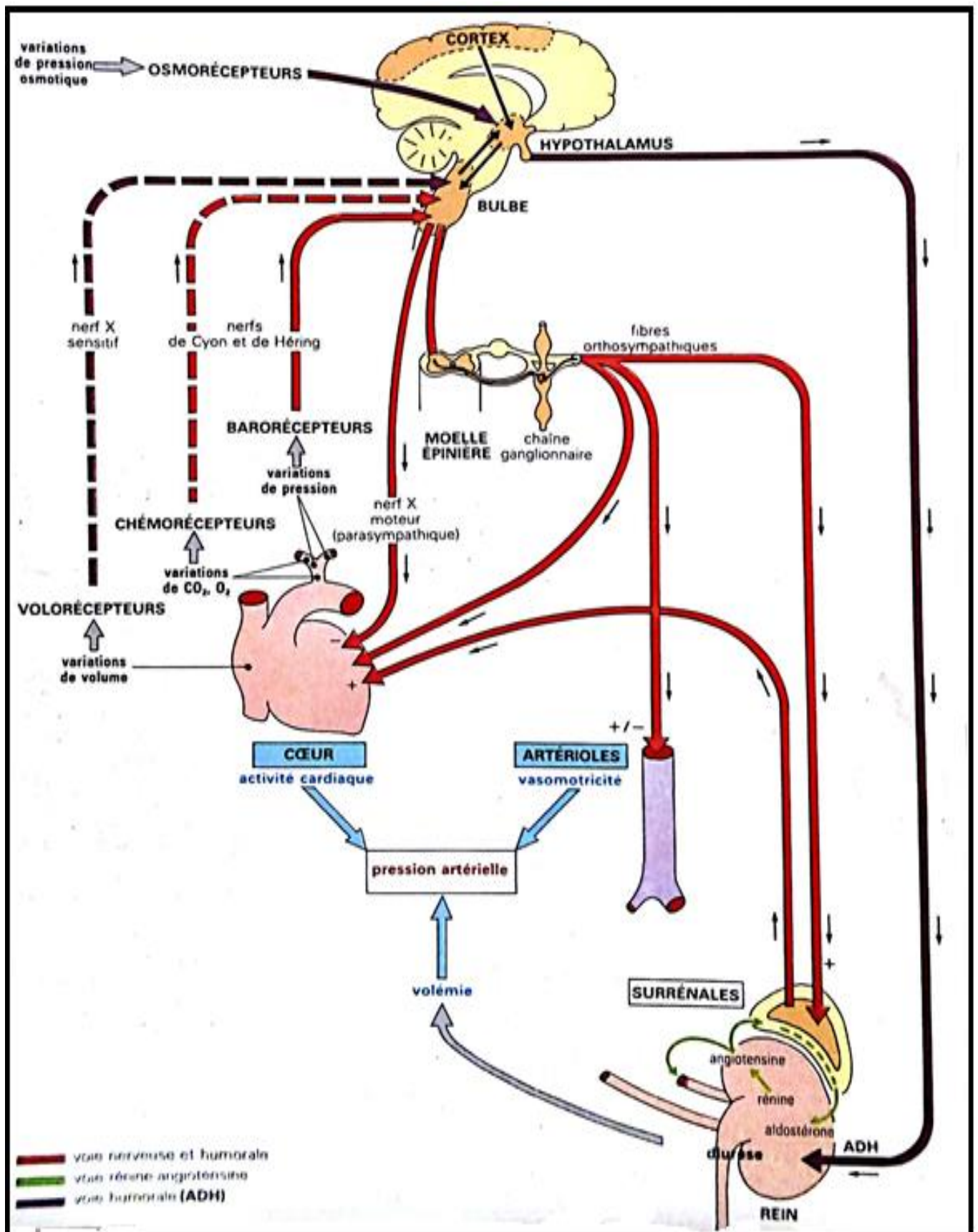
Les barorécepteurs déclenchent donc deux (2) actions synergiques, l'une sur le cœur, l'autre sur la résistance vasculaire. Ils participent ainsi à la régulation de la pression artérielle autour d'une valeur moyenne tout en maintenant la circulation cérébrale à un niveau compatible avec la survie des cellules nerveuses.

4- Mécanismes hormonaux :

- Le système rénine-angiotensine joue un rôle prépondérant dans la régulation de la pression artérielle. En 1^{er} lieu, il agit sur la vasomotricité des vaisseaux entraînant leur vasoconstriction, donc une augmentation de la pression sanguine. De plus, il stimule la sécrétion d'**aldostérone** par les corticosurrénales. Or cette hormone agit au niveau des reins ; elle augmente la réabsorption du Na^+ , par conséquent, un accroissement de la volémie donc une élévation de la pression artérielle.
- Les hormones de la **médullosurrénale** (adrénaline et noradrénaline) agissent également sur la vasomotricité des vaisseaux.
- L'**hypothalamus** par l'intermédiaire de la posthypophyse sécrète l'ADH, hormone antidiurétique ou **vasopressine** qui, en augmentant la réabsorption de l'eau au niveau des reins, accroît la pression artérielle par l'intermédiaire de la volémie.

L'étude des mécanismes hormonaux met en évidence le rôle central joué par les reins dans la régulation de la pression artérielle.

Schéma de la régulation



CHAPITRE 5 : LA REPRODUCTION DANS L'ESPECE HUMAINE

La reproduction est la fonction par laquelle les êtres vivants perpétuent leurs espèces. Dans le monde vivant, il existe deux types de reproduction :

- **La reproduction asexuée** : qui se déroule en l'absence de cellules sexuelles
- **La reproduction sexuée** : qui se réalise par la fusion de deux cellules sexuelles (mâle et femelle).

Dans l'espèce humaine, la reproduction est sexuée. Les cellules sexuelles mâles et femelles sont différentes (anisogamie) et sont produites par les organes génitaux à partir de la puberté.

Qu'est-ce que la puberté ? Quelles sont ses caractéristiques principales ?

La puberté est le passage de l'enfance à l'adolescence, caractérisée par le développement des caractères sexuels primaires, l'apparition des caractères sexuels secondaires et l'acquisition de la faculté de transmettre la vie.

Sexes	Caractéristiques de la puberté		
	Transformations Morphologiques	Transformations Physiologiques	Transformations Psychologique
Masculin	- Développement des organes génitaux (pénis, testicules) - Apparition de caractères sexuels secondaires : pilosité (poils des aisselles, poils pubiens, barbe) - Développement de la musculature	- Premières éjaculations - Accélération à la croissance - Mue de la voix	- Besoin d'autonomie, de tendresse, d'affection et d'indépendance. - Eveil à la vie sexuelle
Féminin	- Apparition de caractères sexuels secondaires : Pilosité (poils pubiens, poils des aisselles) ; - Développement des seins ; - Elargissement du bassin.	- Premières règles - Accélération de la croissance - Mue de la voix	- Besoin d'autonomie, de tendresse, d'affection et d'indépendance. - Eveil à la vie sexuelle

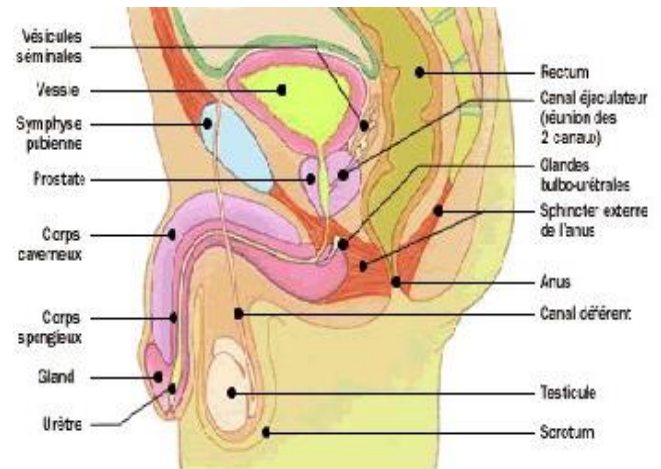
I- Anatomie des appareils génitaux masculin et féminin

A- Appareil génital masculin

1)- Quels sont les organes de l'appareil génital masculin ?

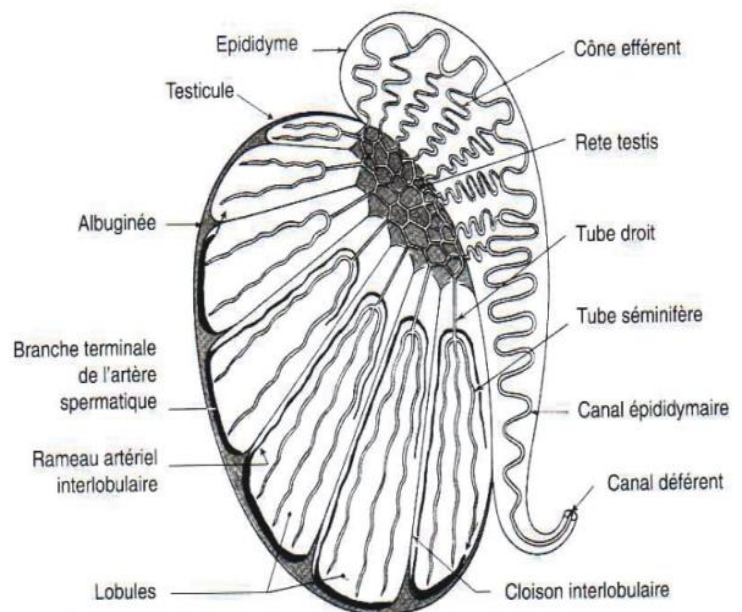
L'appareil génital de l'homme comprend :

- deux (2) testicules, glandes productrices des spermatozoïdes ;
- Les voies génitales, qui conduisent les spermatozoïdes au dehors, ce sont : deux (2) épидидymes, deux (2) canaux différents et l'urètre ;
- Les glandes annexées aux voies génitales, ce sont : les 2 vésicules séminales, la prostate et les deux (2) glandes de Cowper. Leur sécrétion constitue l'essentiel de l'éjaculat.
- Le pénis ou verge est l'organe d'accouplement.



2) Que nous montre la coupe longitudinale du testicule ?

La coupe longitudinale du testicule, montre qu'il est formé d'une enveloppe fibreuse qui entoure un grand nombre de lobules coniques (300 à 500) refermant chacun 3 à 4 tubes séminifères entre lesquels se trouvent des îlots de cellules interstitielles ou cellules de Leydig, productrices d'hormones mâles (testostérone). Chaque tube séminifère est formé d'une enveloppe fibreuse et d'une couche épithéliale formée de cellules de soutien, les cellules de Sertoli qui entourent les cellules de la lignée germinale.



3) Ou'est-ce que la spermatogenèse ?

La spermatogenèse qui a lieu dans les testicules plus précisément dans les tubes séminifères, est le processus de formation des spermatozoïdes (à n !) à partir des cellules souches appelées spermatogonies (à $2n$!).

4)- Quelles sont les différentes phases de la spermatogenèse ?

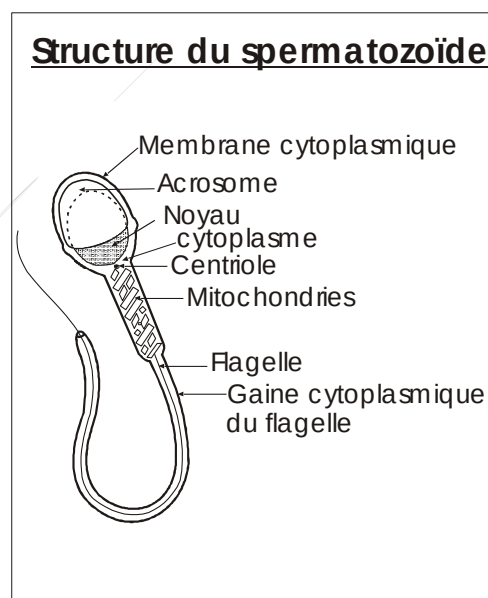
Processus continu de la puberté à la mort, la spermatogenèse se déroule en quatre (4) phases principales :

- **La phase de multiplication** : caractérisée par des divisions mitotiques, conduit à l'augmentation en nombre des spermatogonies ;
- **La phase d'accroissement** : caractérisée par l'augmentation de la taille des spermatogonies par accumulation de substances de réserves donnant naissance ainsi aux spermatocytes I, sans divisions cellulaires.
- **La phase de maturation** : caractérisée par des méioses. Chaque spermatocyte I, subit deux divisions successives avec réduction de moitié du nombre de chromosomes, aboutissant successivement à deux (2) spermatocytes II puis 4 spermatides (haploïdes).
- **La phase de différenciation** : caractérisée par la transformation des spermatides en spermatozoïdes par acquisition de flagelle et d'une pièce intermédiaire.

5)- **Quelle est la structure d'un spermatozoïde humain ?**

Le spermatozoïde est une cellule mobile comprenant 3 parties :

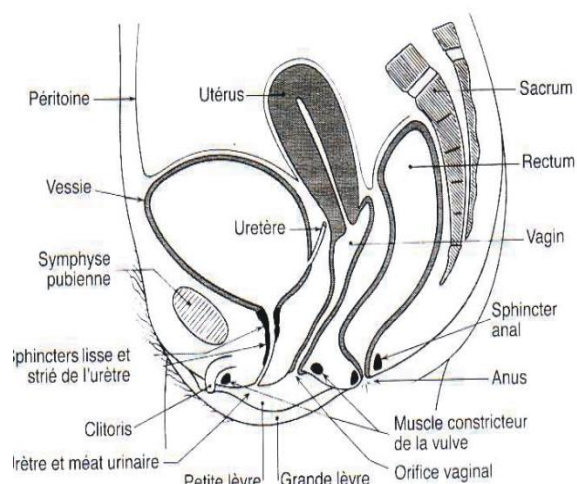
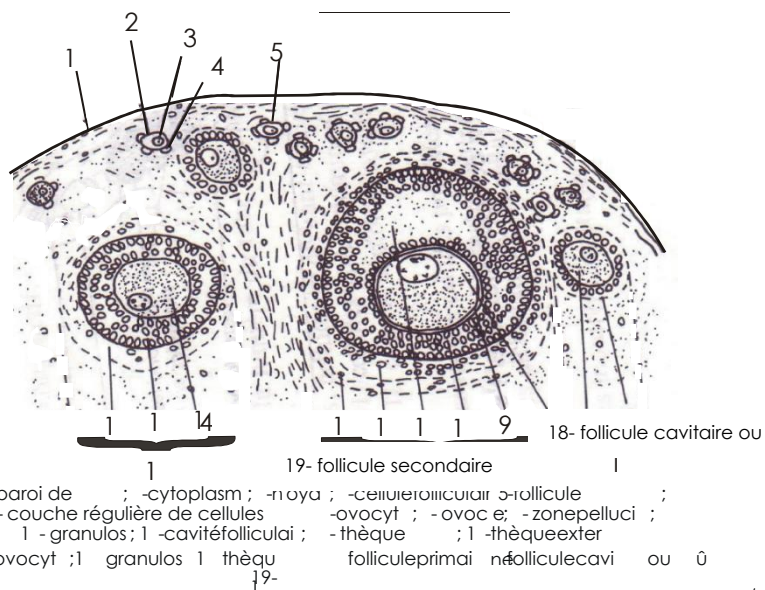
- La tête : globuleuse et coiffée de l'acrosome, contient un noyau à n ! ;
- La pièce intermédiaire : renfermant les centrioles (proximal et distal) et des mitochondries qui forment un manchon hélicoïdal ;
- Le flagelle : fait de protéines contractiles, assure la mobilité du spermatozoïde.



B- Appareil génital féminin**1)- Quels sont les organes de l'appareil génital féminin ?**

L'appareil génital de la femme comprend :

- les deux (2) ovaires, glandes productrices des ovules ;
- les voies génitales qui sont :
 - Les deux (2) trompes, où a lieu la fécondation
 - L'*utérus*, organe de gestation
 - Le *vagin*, organe d'accouplement
- La vulve, ensemble des organes génitaux externes à savoir : *les petites lèvres, les grandes lèvres, le clitoris.*

**2)- Quelle est la structure de l'ovaire ?**

De la forme
l'ovaire

interne qui est stérile et une zone corticale, externe qui est seule fertile où on distingue deux (2) types d'éléments : les follicules et les corps jaunes.

et de la taille d'une amande,
comprend une zone médullaire,

a)- Quels sont les différents types de follicules ?

Les follicules sont de plusieurs types :

- **Follicule primordial** : Ovocyte I entouré d'une couche discontinue de cellules folliculaires.
- **Follicule primaire** : Ovocyte I entouré d'une couche continue de cellules folliculaires.
- **Follicule secondaire** : Ovocyte I entouré de plusieurs couches de cellules folliculaires formant la granulosa, entourée elle-même par les thèques interne et externe.
- **Follicule tertiaire ou cavitaire** : follicule mûr dont la granulosa présente une cavité remplie de liquide folliculaire et où fait saillie une protubérance enveloppant l'ovocyte entouré lui-même d'une zone pellucide.

b)- **Qu'est-ce que le corps jaune ?**

Le corps jaune est un follicule mûr ayant libéré son ovocyte pour acquérir la propriété de glandes par transformation des cellules de la granulosa et des thèques en cellules lutéales, productrices d'hormones femelles (progestérone).

3)- **Qu'est-ce que l'ovogenèse ?**

L'ovogenèse qui a lieu dans les ovaires, est le processus de formation des ovules (gamètes femelles à $n!$) à partir des ovogonies, cellules souches de la lignée germinale (à $2n$!).

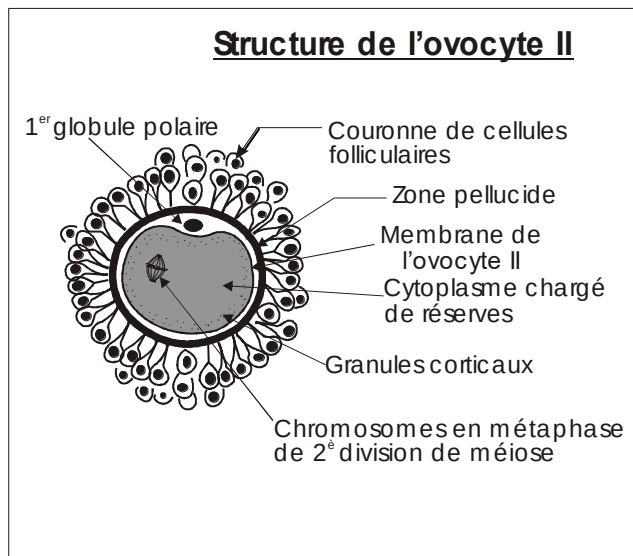
4)- **Quelles sont les différentes phases de l'ovogenèse ? En quoi se distingue-t-elle de la spermatogenèse ?**

L'ovogenèse, processus discontinu, se déroule en 3 phases principales. Elle se distingue de la spermatogenèse par les points suivants :

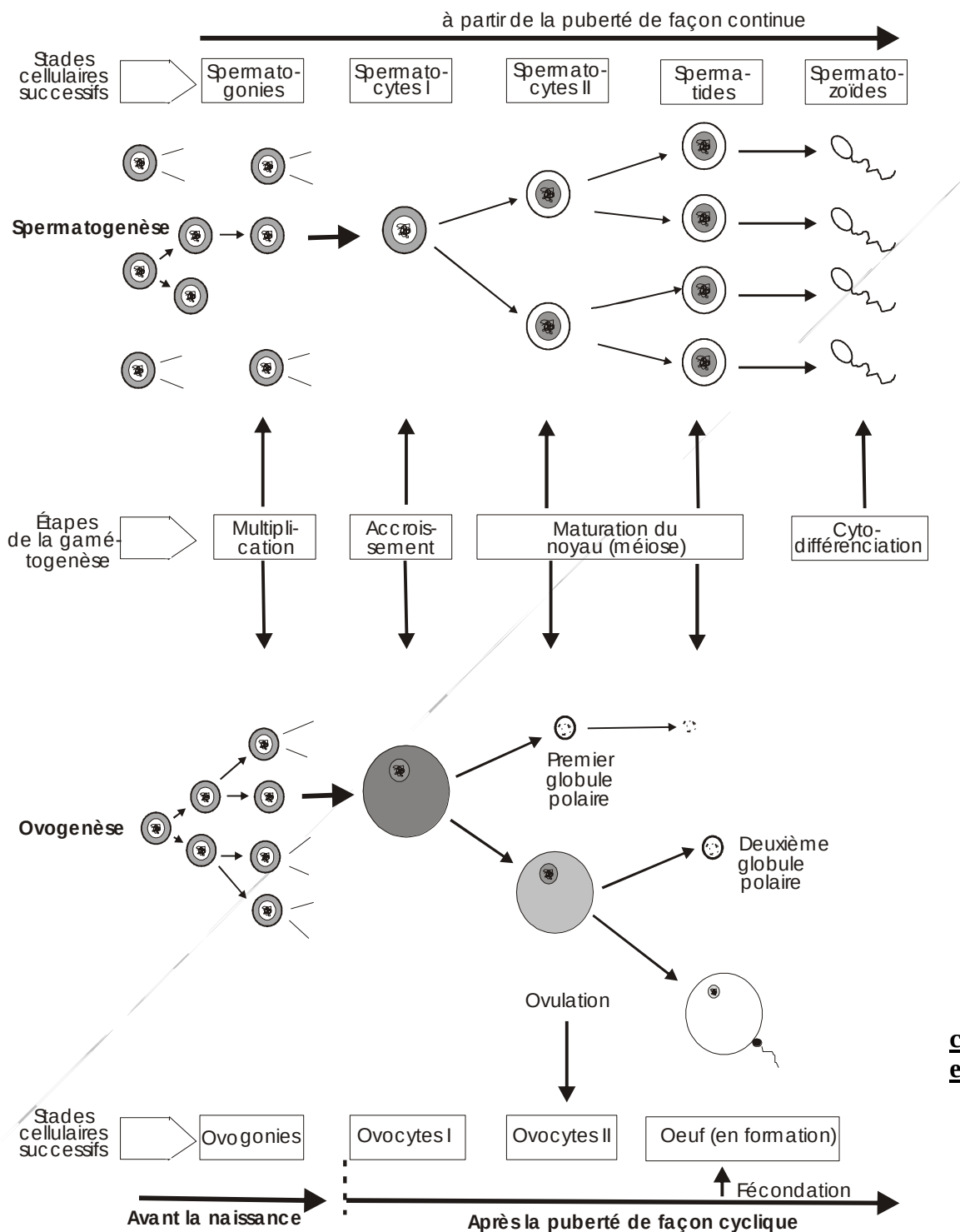
- une phase de multiplication qui commence pendant la vie fœtale et cesse avant la naissance, donnant ainsi un stock limité d'ovogonies, parmi lesquelles beaucoup dégénèrent (c'est l'atrésie) ;
- un accroissement considérable des ovogonies par rapport à celui des spermatogonies ;
- une maturation des cellules sexuelles qui commence avant la naissance, présente deux interruptions et cesse à la fin de la ménopause. Elle conduit de façon cyclique, à la formation d'un seul ovule à partir d'une ovogonie.

5)- **Quelle est la structure d'un ovule ?**

L'ovule ou gamète femelle est une grosse cellule sphérique, immobile, de 150 μm diamètre environ, qui est entourée d'une coque, la zone pellucide, elle-même revêtue de quelques cellules folliculaires. Sa durée de vie dans les voies génitales est estimée à 24 h, voire 48 h.



Principales phases de la gamétogenèse



II- Les sexuels

cycles et leur

régulation

A- Les cycles sexuels

1)- Qu'est-ce que le cycle sexuel chez la femme ?

Le cycle sexuel est l'ensemble des événements cycliques qui affectent plusieurs organes chez la femme, lors de l'émission des gamètes, de la puberté à la ménopause.

2)- Quels sont les organes affectés ?

Au cours du cycle sexuel, d'une durée moyenne de 28 jours, les organes qui subissent d'importantes modifications sont les ovaires, l'utérus, le vagin. Ces modifications sont régulées par la région hypothalamo-hypophysaire.

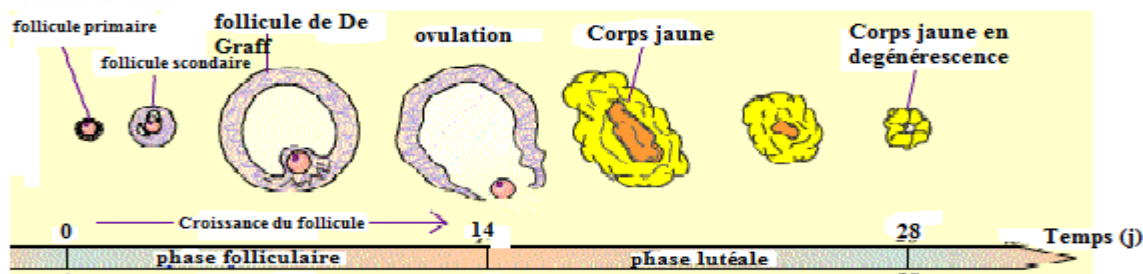
3)- Quelles sont ces modifications ?

3-1 Cycle ovarien : comprend 2 phases séparées par l'ovulation.

- **Phase folliculaire** : d'une durée variable (12 à 18 jours en moyenne), est caractérisée par le développement d'un follicule, qui mûrit l'ovocyte qu'il contient et sécrète par sa thèque interne, une hormone, œstradiol.

- **L'ovulation** : qui a lieu au 14^{ème} jour du cycle (pour un cycle moyen de 28 jours), correspond à la libération de l'ovocyte (futur gamète femelle).

- **Phase lutéale** : de durée relativement fixe (13 à 14 jours), est caractérisée par la formation, le fonctionnement et la régression du corps jaune. Ce dernier, par sa fonction glandulaire, sécrète 2 hormones (l'œstradiol et la progestérone). En cas de fécondation, il persiste jusqu'au milieu de la grossesse (corps jaune gestatif); en l'absence de fécondation, il régresse et un nouveau cycle ovarien peut reprendre.



3-2 Cycle utérin

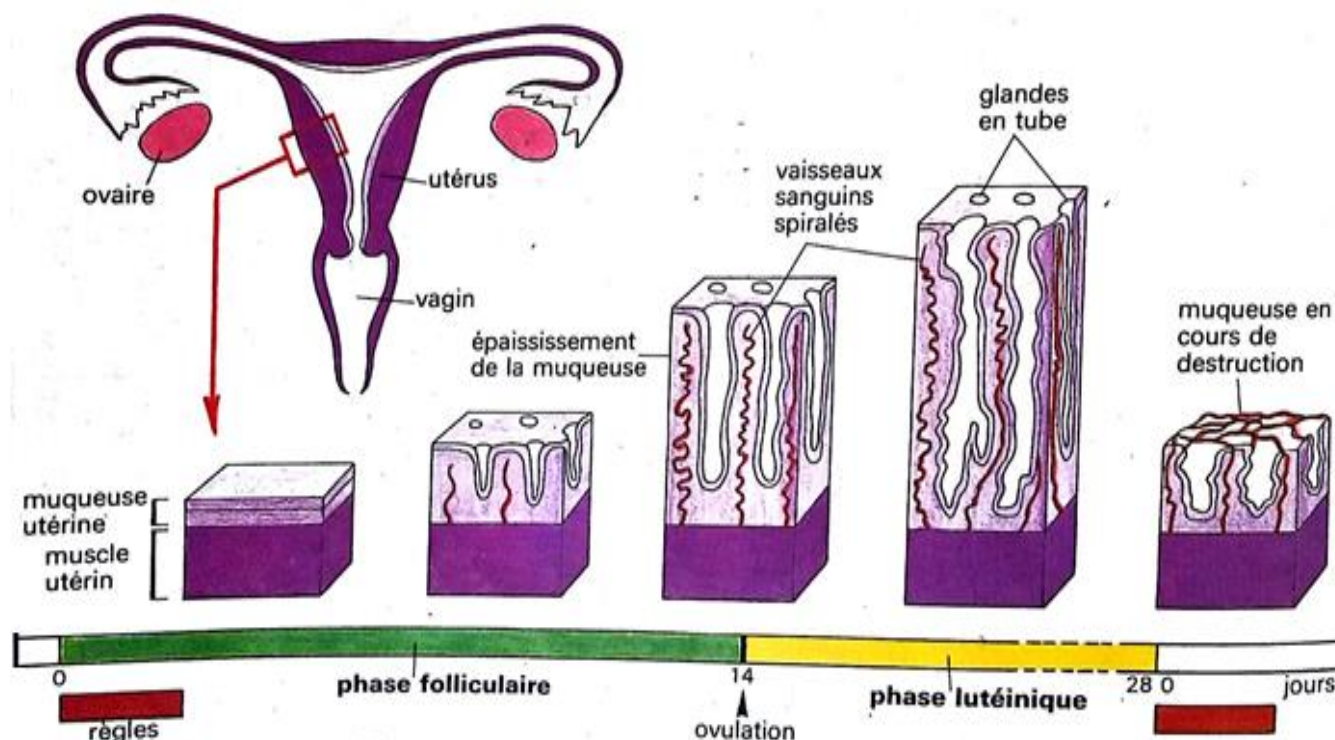
Parallèlement aux modifications présentées par les ovaires, l'utérus subit également des transformations cycliques qui affectent essentiellement l'endomètre.

- Durant **la phase folliculaire**, l'endomètre s'épaissit progressivement et se creuse des glandes en doigts de gant.

- Durant **la phase lutéale**, l'endomètre continue à proliférer et atteint son épaisseur maximum (8 mm chez la femme) : les glandes se développent, se vascularisent abondamment, on parle de « dentelle utérine ». Les contractions utérines qui existaient lors de la phase folliculaire, cessent (silence utérin), l'endomètre devient donc favorable à l'accueil d'un éventuel jeune embryon.

Si aucun embryon n'est venu s'implanter, il se produit à la fin de la phase lutéinique, une régression brutale de l'endomètre, accompagnée d'hémorragie étalée sur les 3 à 5 premiers jours du cycle suivant.

A la fin des règles, la fine couche d'endomètre qui subsiste recommence à proliférer.



Quelques actions des hormones ovariennes

	Œstrogènes	Progestérone
De la période pré pubertaire à la puberté	A la fin de l'enfance, leur taux sanguin augmente considérablement. Il est responsable de nombreuses modifications : croissance des organes génitaux externes ; croissance de l'utérus, du vagin et des trompes ; acquisition de la morphologie féminine : épaules étroites, poitrine, hanches larges ; développement de la pilosité pubienne.	Non sécrétée pendant toute la phase pré pubertaire, elle signale la fin du cycle menstruel caractérisant la période pubertaire

De la puberté à la ménopause	Au niveau de l'endomètre		formation de la dentelle utérine (action n'existant que si l'endomètre a préalablement été préparé par l'action des œstrogènes), stimulation de la sécrétion de glycogène par les glandes en tube
	épaississement de la muqueuse prolifération des glandes en tube, accroissement de l'irrigation sanguine	Au niveau du myomètre	diminution de la motricité
	accroissement de la motricité	sur le plan général	élévation de la température corporelle
	diminution de la température corporelle		

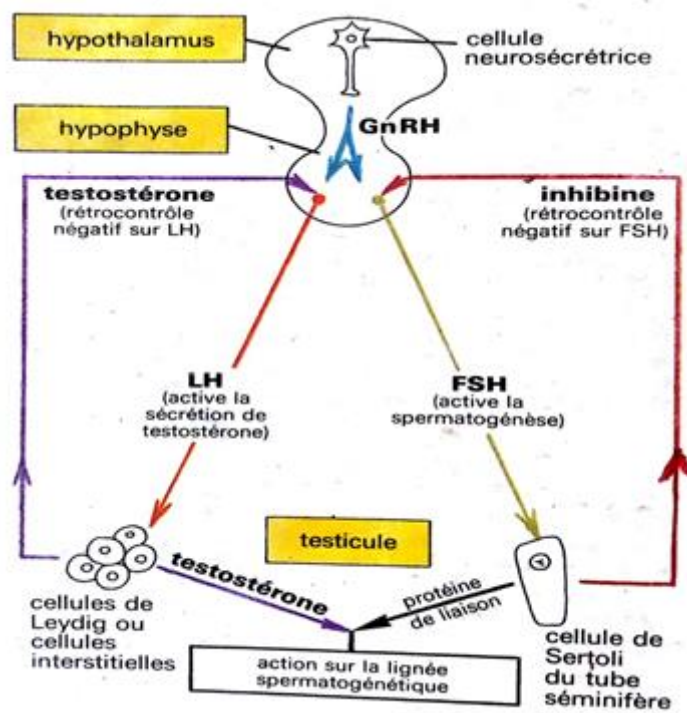
3-3 : Le cycle hypothalamo -hypophysaire

Chez l'homme

Les hormones FSH, LH sont sécrétées de façon continue chez l'homme depuis la puberté.

La LH stimule les cellules interstitielles pour la sécrétion de la testostérone.

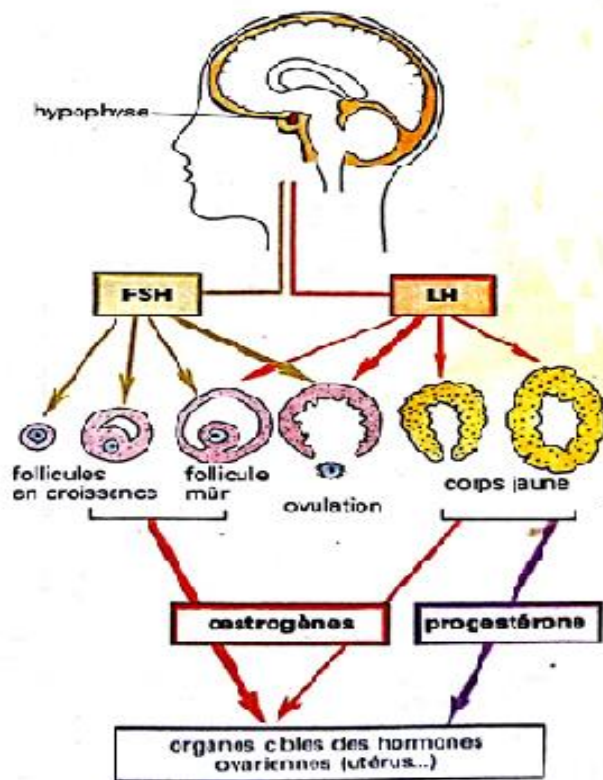
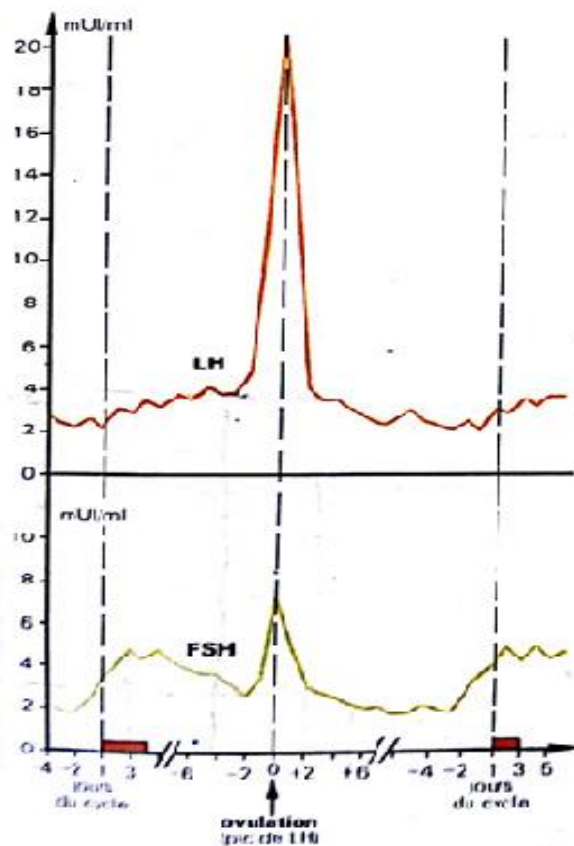
La FSH active directement la production des spermatozoïdes au niveau des tubes séminifères.



Chez la femme

Au cours de la phase folliculaire, l'hypophyse sécrète, sous l'action d'une neurohormone hypothalamique **GnRH**, les gonadotrophines (**FSH et LH**) avec une dominance de FSH, qui va agir sur l'ovaire, en stimulant la maturation des follicules et, indirectement, la production d'œstrogène par ces mêmes follicules. Vers la moitié du cycle, lorsque le taux d'œstrogène est important, l'hypophyse libère de façon massive et brève (Pic) de LH (accompagnée d'un petit pic de FSH). Ce pic de LH déclenche l'ovulation et provoque la transformation du follicule rompu en corps jaune, producteur d'œstrogène et de progestérone.

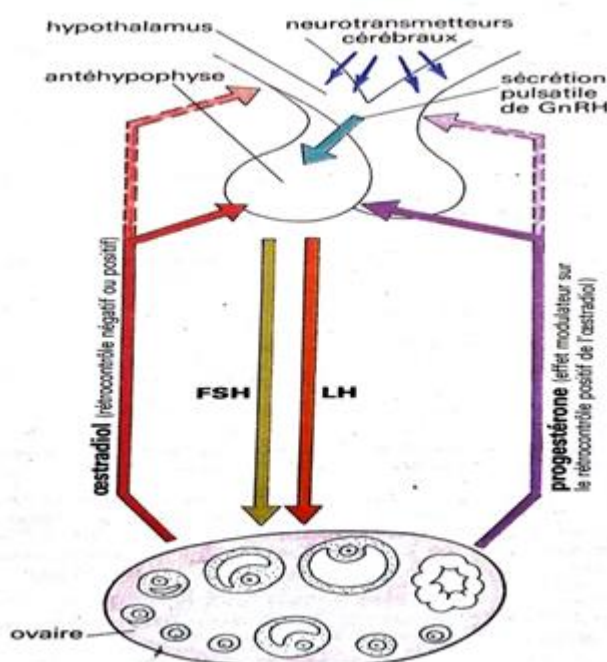
En l'absence de fécondation, le corps jaune s'atrophie, ce qui entraîne une chute des hormones ovariennes. Chute qui a pour conséquence la destruction de l'endomètre (menstruation) et la reprise d'un nouveau cycle sexuel.



Comment les hormones ovariennes modifient l'activité du complexe hypothalamo- hypophysaire par rétroaction ?

Le complexe hypothalamo- hypophysaire détecte à tout moment les variations des taux sanguins d'hormones ovariennes. En fonction de taux détectés, ce complexe modifie son activité. Les hormones ovariennes agissent donc en retour sur leur système de commande : ce phénomène est une rétroaction (ou rétrocontrôle).

- ❖ La rétroaction négative : la détection d'une hausse des taux hormonaux est suivie par la diminution des sécrétions des gonadostimulines dont le taux sanguin s'abaisse. En revanche, la détection d'une chute des taux hormonaux ovariens est suivie par une augmentation des sécrétions des gonadostimulines, leur taux sanguin s'élève. De cette manière, les taux hormonaux ovariens sont maintenus chaque jour du cycle aux alentours de leur valeur repère.
- ❖ La rétroaction positive : quelques jours avant l'ovulation, les œstrogènes sont produits en grande quantité. Plus la quantité d'œstrogènes ovariens augmente, plus les sécrétions de FSH et LH augmentent et ainsi de suite. Cette rétroaction qui tend à amplifier les perturbations est qualifiée de positive.



III- LES ETAPES DE LA REPRODUCTION

A- La fécondation

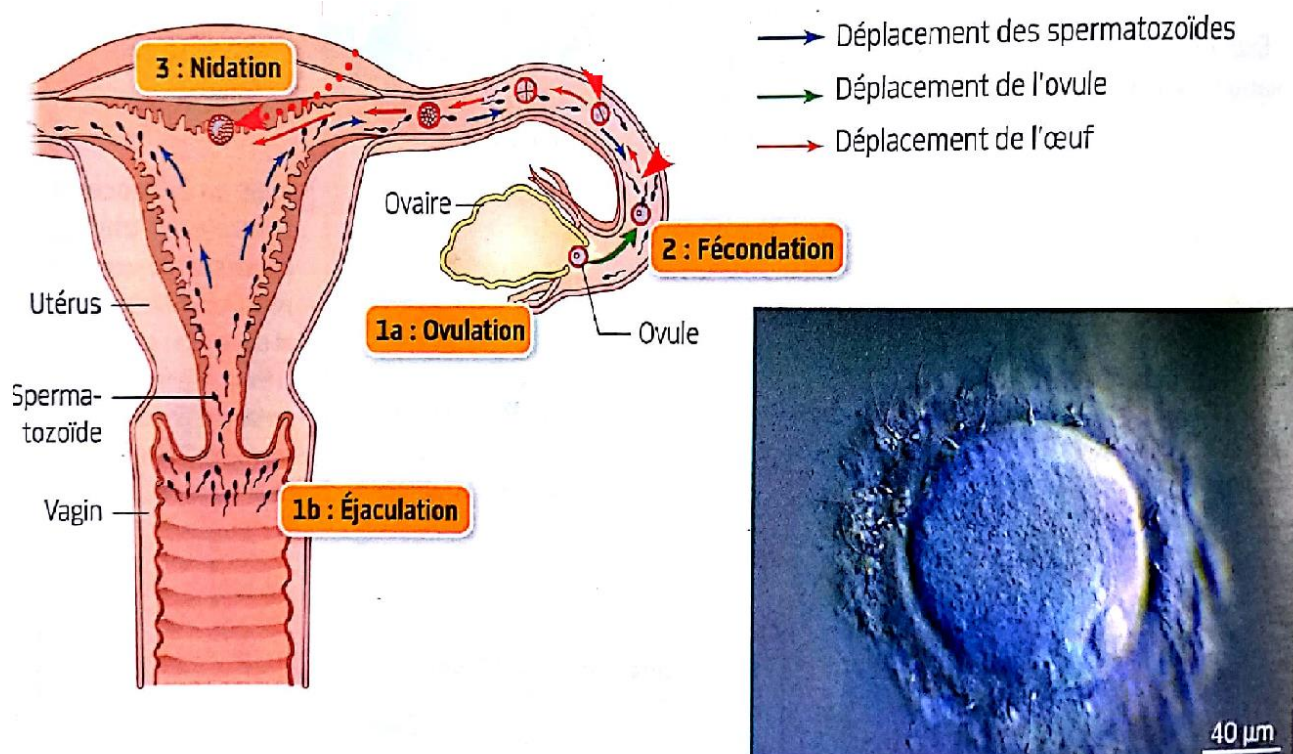
1°)- La migration des gamètes.

- Les spermatozoïdes, déposés au fond du vagin, après un rapport sexuel se déplacent grâce à leur flagelle. Ils traversent le col de l'utérus, remontent le long de la muqueuse utérine et s'engagent dans les trompes (seuls quelques spermatozoïdes vont parvenir à l'ovule dans le tiers supérieur de la trompe).
- L'ovule recueilli par le pavillon de la trompe a un déplacement plus réduit et passif (grâce aux cils du pavillon).

2)- La fusion des deux gamètes

De nombreux spermatozoïdes entourent l'ovule, mais un seul est fécondant.

Dans l'ovule les noyaux de l'ovule et des spermatozoïdes se rencontrent et fusionnent : *c'est à fécondation*. On obtient une cellule œuf qui est le point de départ d'un nouvel être.



B- La grossesse

La grossesse ou gestation est l'état d'une femme qui attend un bébé. Elle dure neuf mois, de la fécondation à la naissance. L'absence des règles à la date prévue peut être l'indication d'une grossesse probable.

Elle comporte plusieurs étapes :

a)- De l'œuf à l'embryon

L'œuf fécondé se divise rapidement en descendant le long de l'oviducte et une semaine plus tard l'embryon ainsi formé s'implante dans la muqueuse utérine : *c'est la nidation*.

L'embryon poursuit son développement et il s'entoure d'**annexes embryonnaires** indispensables à sa vie.

- **L'amnios** dont la cavité contient le liquide amniotique qui met l'embryon à l'abri des chocs.
- **Le cordon ombilical**, relie l'embryon au placenta.
- **Le placenta**, étroitement lié à la paroi de l'utérus, à la fois organes de fixation et d'échanges (au 3^{ème} mois de la grossesse la surface d'échange est de 10 à 14 m²).

A travers le placenta se réalisent de nombreux échanges entre le sang de la mère et celui de l'enfant qui ne se mélangent pas : des substances nutritives (oxygène et nutriments), des substances de déchets (dioxyde de carbone), des substances chimiques diverses (toxines microbiennes, médicaments, alcool).

b)- De l'embryon au fœtus

A trois mois, tous les organes sont mis en place, l'embryon est appelé fœtus.

La vie fœtale dure de trois mois à la naissance. C'est essentiellement une période de croissance. Elle s'accompagne d'une augmentation considérable du volume de l'utérus.

C- L'accouchement

L'accouchement présente trois (3) temps successifs :

a)- La dilatation du col de l'utérus (8 heures environ) accompagnée de la « **perte des eaux** » (rupture de l'amnios, le liquide amniotique s'écoule)

b)- L'expulsion de l'enfant (1 heure environ) provoquée par les contractions des muscles de l'utérus auxquelles s'ajoutent la poussée des muscles abdominaux et du diaphragme.

c)- La délivrance ou expulsion du placenta : Elle se produit dans la demi-heure qui suit la naissance.

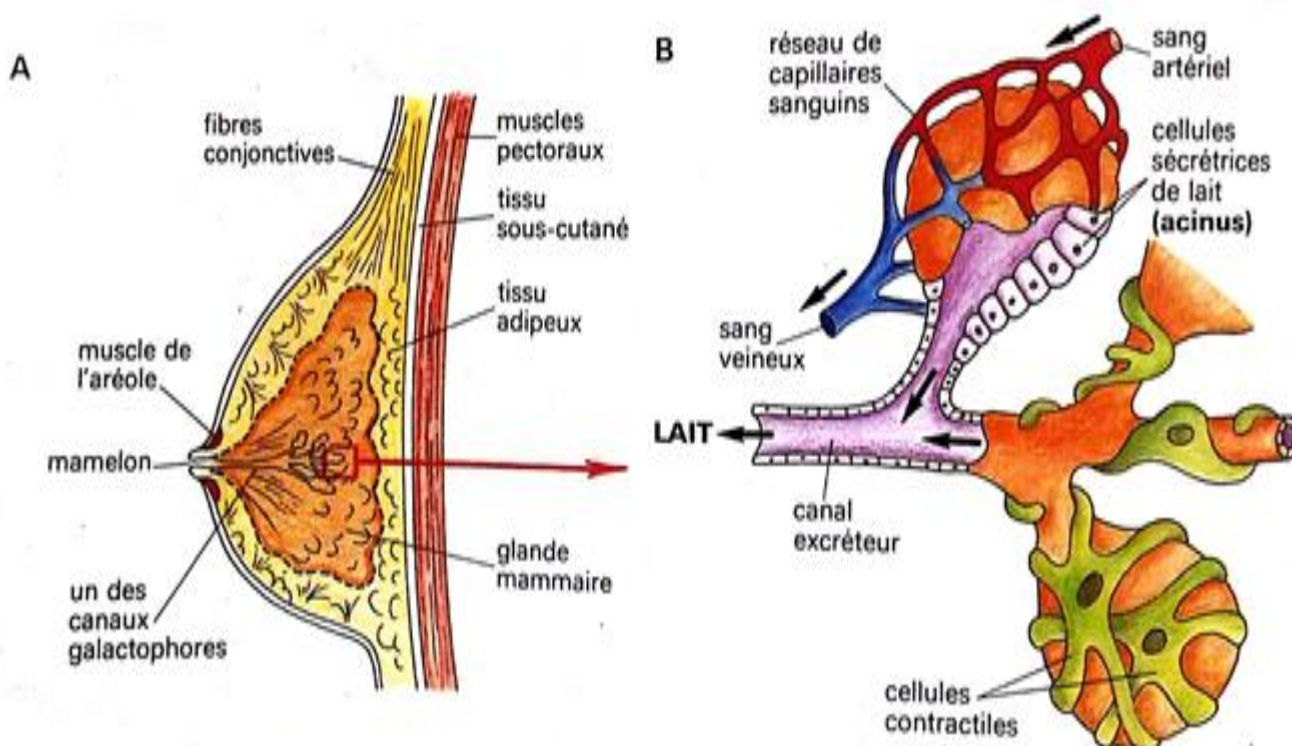
D- L'allaitement

Après l'accouchement, les seins secrètent un lait, aliment adapté aux besoins du nouveau-né : **c'est la lactation**.

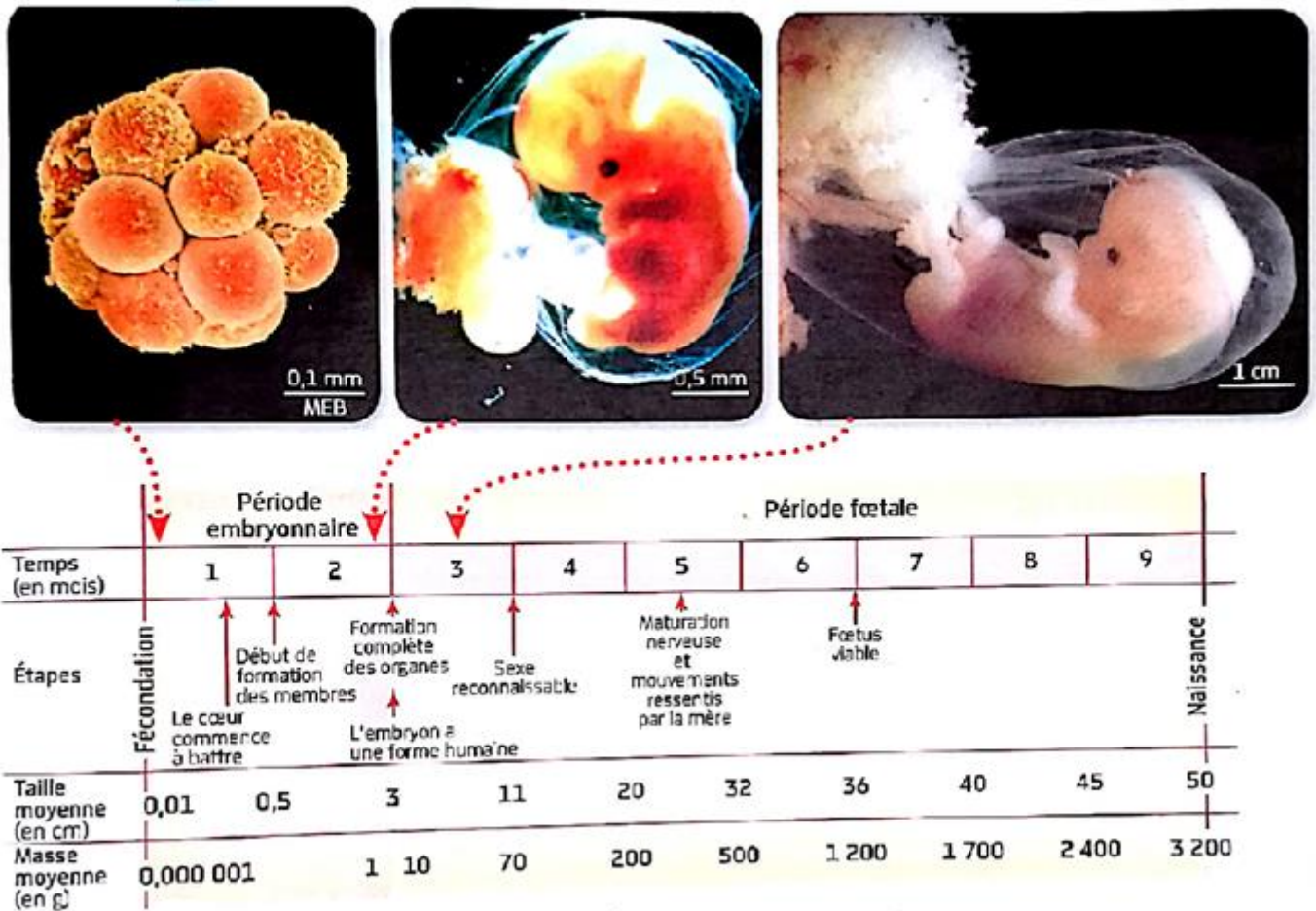
Le lait maternel n'a pas seulement un rôle nutritif mais également une action protectrice contre les maladies microbiennes. De plus la tétée entretient une relation privilégiée, des liens étroits utiles à son développement entre l'enfant et sa mère.

Pour des raisons diverses, le lait maternel est souvent remplacé par du lait de vache "maternisé", c'est-à-dire adapté au nouveau-né, par des procédés industriels.

La structure des glandes mammaires ressemble à celle d'une glande en grappe dont les cellules glandulaires sont regroupées en acinus. Le lait excrété dans la lumière de l'acinus, est évacué par des canaux qui confluent en une quinzaine de canaux galactophores s'ouvrant au sommet du mamelon. Des cellules contractiles moulées autour des acini et des canaux excréteurs permettront l'expulsion du lait à l'extérieur du sein.



Le sein, une glande bien innervée et richement vascularisée. A – Organisation d'ensemble. B – Structure histologique.



IV- Responsabilité humaine et vie sexuelle

A- La régulation des naissances

1)- Les principes de la contraception

La régulation des naissances, possible par la contraception, est pour un couple, le libre choix du nombre de ses enfants et des périodes de grossesse.

La contraception regroupe l'ensemble des procédés qui permettent d'éviter temporairement une grossesse en empêchant :

- soit l'ovulation, c'est à dire la ponte de l'ovule ;
- soit la production des spermatozoïdes ;
- soit la rencontre des gamètes ;
- soit la nidation ;

2)- Les méthodes contraceptives

Très variées, les méthodes contraceptives, agissent soit localement, soit de façon globale en modifiant l'équilibre hormonal.

2-1 Des méthodes locales

Deux objectifs peuvent être visés :

- Empêcher la rencontre des gamètes mâles et femelles et donc interdire la fécondation ;
- Empêcher la nidation et donc s'opposer au déclenchement de la grossesse.
- a- Dans le premier cas, citons trois types de méthodes d'efficacité inégale :
 - Le retrait du pénis, avant l'éjaculation du sperme dans le vagin ;
 - Les rapports sexuels limités à la période de non fécondité (repérée par la méthode des températures) ;
 - Les préservatifs, associés ou non à des substances spermicides.

L'usage du préservatif masculin, outre son efficacité contraceptive, présente l'avantage d'assurer une bonne protection contre les maladies sexuellement transmissibles, dont le SIDA.

b- Dans le deuxième cas, la pose d'un stérilet dans la cavité utérine est une méthode très efficace pour empêcher la nidation.

2-2 Les méthodes hormonales

Ce sont actuellement les méthodes les plus utilisées et les plus efficaces. Elles consistent à absorber, sous forme de « pilules » des hormones stéroïdes de synthèse. La composition seuls, progestatifs seuls ou association des deux types d'hormones. Suivant les cas, le calendrier d'utilisation sera donc différent, l'efficacité de la méthode dépendant du respect de ces modalités.

Le mode d'action, qui dépend évidemment du type de pilule, consiste à perturber ;

- Soit le fonctionnement du complexe hypothalamo-hypophysaire (blocage des sécrétions de FSH et LH et donc de l'ovulation) ;

Soit le fonctionnement de la muqueuse des produits mis sur le marché est très variée : œstrogènes

- Utérine (propriétés de la glaire cervicale, développement de l'endomètre) ;
- Soit l'activité de ces deux effecteurs.

Le choix de la méthode à utiliser, l'évaluation des contre-indications éventuelles sont de la responsabilité du médecin.

Remarque :

Différentes méthodes, qui ne sont pas de méthodes contraceptives, visent à empêcher toute grossesse ou à interrompre un état de grossesse.

. Dans le premier cas, la technique consiste à réaliser une stérilisation de l'homme (section des canaux différents ou vasectomie) ou de la femme (ligature des trompes).

. L'interruption de grossesse, quant à elle, se présente sous plusieurs aspects.

* Il peut s'agir d'une interruption volontaire, à la demande de la femme (IVG) :

- interruption chirurgicale pendant les 10 premières semaines de grossesse ;
- interruption précoce (entre le 10^{ème} et le 20^{ème} jour de retard des règles) par des méthodes chimiques basées sur l'utilisation de substances « anti-progestérone » (comme le **RU486** « pilule abortive »).

* Il peut s'agir aussi d'une interruption thérapeutique rendue souhaitable, voire nécessaire, en cas de grossesse dangereuse pour la mère ou de diagnostic d'un grave handicap du fœtus.

B- Les maladies sexuellement transmissibles : M.S.T

Quels sont les modes de transmission des M.S.T ? Leurs agents infectieux ; les conséquences pour l'individu ? Les moyens de dépistage et de prévention ?

1- Des maladies diversifiées :

Les MST sont très diverses, leur seul point commun est leur mode de transmission par voie sexuelle. La plupart d'entre elles se transmettent aussi par le sang, d'une mère à son enfant.

Les manifestations de ces maladies sont souvent bénignes au début de l'infection (elles peuvent passer inaperçues, surtout chez la femme), d'où l'existence de nombreux "porteurs sains". Les symptômes de

l'infection se situent le plus souvent au niveau génital (plaie, écoulement anormal, irritations locales, sensation de brûlure). Mais la plupart des germes ne restent pas localisés et la maladie peut évoluer :

- Se généraliser à l'ensemble de l'appareil génital et des voies utérines (salpingite, utérine) et entraîné la stérilité.

- Se manifester par des lésions de la peau, des muqueuses (syphilis) des yeux (gonococcie) et présenter des

Maladies	GONOCOCCIE	SYPHILIS	SIDA
Modes de transmission de la maladie	Rapport sexuel	Rapport sexuel contagion mère-fœtus.	Rapport sexuel contagion mère-fœtus. Contact avec un sang contaminé.
Agent infectieux	Bactérie (gonocoque)	Bactérie (tréponème)	Virus (VIH) présent dans le sperme, les sécrétions vaginales, le sang.
Organes touchés : Conséquences pour l'individu	Organes génitaux stérilité	Organes génitaux puis autres organes Dernier stade mortel.	Certains lymphocytes. Maladies opportunistes. Mort.
Dépistage de la maladie	Examen microscopique d'un écoulement de l'urètre	Test sanguin. Dépistage systématique.	Test sanguin (s'il est positif l'individu est séropositif)
Prévention des MST	Informations Utilisation des préservatifs	Informations Utilisation des préservatifs	Informations Utilisation des préservatifs
Traitement	Antibiotiques (pénicilline)	Antibiotiques (pénicilline)	Aucun remède efficace pour le moment.

complications cardio-vasculaires ou nerveuses (syphilis).

Une mention particulière doit être faite pour le SIDA (Syndrome d'Immuno- Déficience Acquise), dont le virus détruit le système de défense de l'organisme. Ce dernier est donc vulnérable à de nombreuses maladies dites "opportunistes".

2- Comment soigner ces maladies :

Toutes les MST traditionnelles (SIDA mis à part) sont traitées grâce aux antibiotiques.

Mais pour obtenir une certitude de guérison il faut :

- Un diagnostic précoce ;
- Un antibiotique adapté au germe pathogène, donc prescrit par un médecin après un examen de laboratoire.
- Un traitement suffisant pour obtenir une guérison totale.

Il n'existe actuellement aucun vaccin pour prévenir les M.S.T, il est donc nécessaire de développer les moyens de prévention.

CHAPITRE 5 : LA REPONSE IMMUNOLOGIQUE

Introduction :

Notre environnement est peuplé d'une multitude de microbes dont certains sont pathogènes. Cependant nous sommes rarement malades. Contre eux l'organisme possède des moyens de défense naturelle ou acquise qui lui confèrent l'immunité.

Pour préserver son intégrité, l'organisme dispose d'un système immunitaire capable de reconnaître tout élément étranger et de déclencher des réactions dites immunitaires tendant à l'éliminer.

L'immunité est la résistance de l'organisme avec succès à un agent infectieux ou toxique.

La science de l'immunité est appelée immunologie.

Quels sont les moyens de défense naturelle de l'organisme ? Comment acquiert-il des moyens de défense spécifiques ?

I- Les réponses immunitaires et leurs mécanismes

L'organisme possède deux (2) sortes de défenses visant des microbes pathogènes : l'une naturelle ou innée, immédiate et non spécifique ; l'autre acquise, non immédiate, spécifique.

Chaque défense confère à l'organisme un type d'immunité.

A- La réponse non spécifique

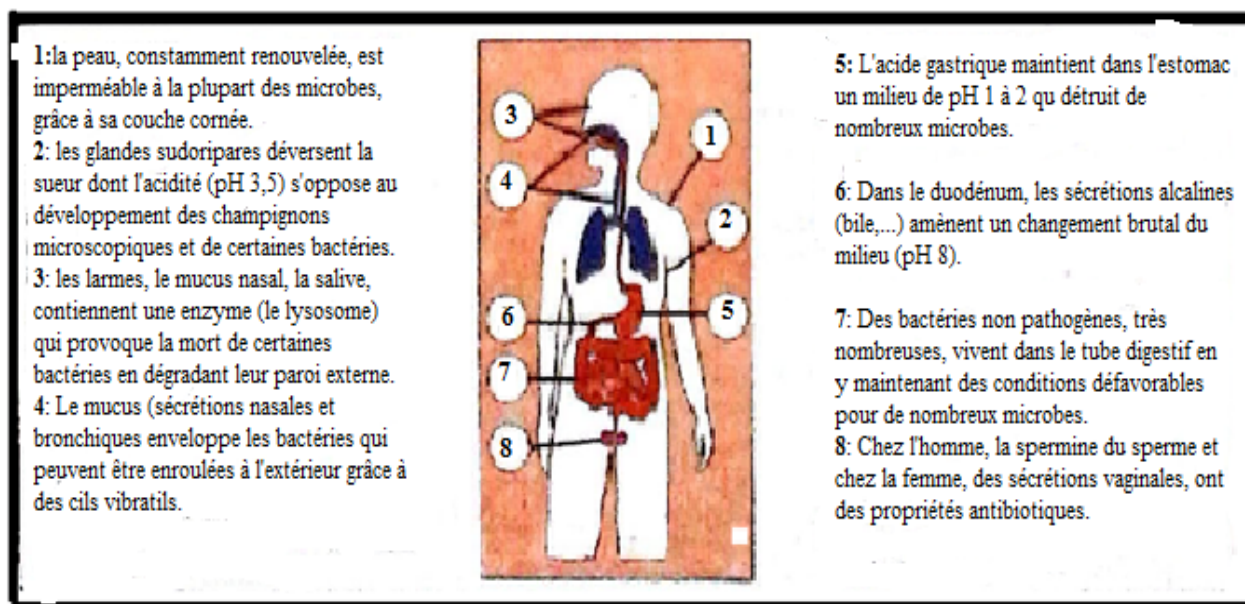
Elle correspond aux moyens de défense spontanée, permettant de neutraliser indifféremment divers agresseurs. C'est une caractéristique de l'espèce et non de l'individu.

1- Défense non spécifique externe : barrières naturelles

Les barrières naturelles de l'organisme l'isolent du milieu extérieur (environnement mais aussi la lumière du tube digestif et des voies respiratoires). Elles s'opposent à la pénétration des microbes pathogènes.

En fonction de leurs modalités d'action, ces barrières sont classées en :

- **Barrières anatomiques** : peau, muqueuses.
- **Barrières chimiques** : sueur, suc gastrique.
- **Barrières biochimiques** : enzymes bactériologiques
- **Barrières écologiques** : bactéries non pathogènes du tube digestif qui entretiennent les conditions défavorables pour l'implantation d'autres microbes.



1: la peau, constamment renouvelée, est imperméable à la plupart des microbes, grâce à sa couche cornée.
 2: les glandes sudoripares déversent la sueur dont l'acidité (pH 3,5) s'oppose au développement des champignons microscopiques et de certaines bactéries.
 3: les larmes, le mucus nasal, la salive, contiennent une enzyme (le lysozyme) qui provoque la mort de certaines bactéries en dégradant leur paroi externe.
 4: Le mucus (sécrétions nasales et bronchiques) enveloppe les bactéries qui peuvent être enroulées à l'extérieur grâce à des cils vibratils.

5: L'acide gastrique maintient dans l'estomac un milieu de pH 1 à 2 qui détruit de nombreux microbes.

6: Dans le duodénum, les sécrétions alcalines (bile,...) amènent un changement brutal du milieu (pH 8).

7: Des bactéries non pathogènes, très nombreuses, vivent dans le tube digestif en y maintenant des conditions défavorables pour de nombreux microbes.

8: Chez l'homme, la spermine du sperme et chez la femme, des sécrétions vaginales, ont des propriétés antibiotiques.

2- Défense non spécifique interne : la phagocytose

Les barrières naturelles de protection de l'organisme peuvent être franchies soit accidentellement (blessure, pique), soit naturellement (au niveau des voies respiratoires et digestives). L'organisme met en jeu des défenses naturelles internes. L'inflammation est généralement le premier signe apparent de l'infection. Les cellules sanguines (phagocytes) vont réaliser la phagocytose.

a- La réaction inflammatoire :

L'inflammation se traduit dans la zone d'invasion par une douleur, rougeur, une chaleur et un gonflement dû à une arrivée massive du plasma. La plaie devient rouge et chaude car les vaisseaux sanguins se dilatent sous l'action des médiateurs d'inflammation (histamines).

La plaie gonfle car du liquide (plasma) s'échappe des vaisseaux ainsi que certains leucocytes (par diapédèse) qui rejoignent le lieu de l'invasion (ou blessure), une douleur survient, due à une irritation locale du nerf.

Au niveau de la plaie le pus se forme. Le pus contient un mélange de microbes et de leucocytes plus ou moins altérés : leurs débris donnent la couleur jaune claire caractéristique.

b- La réaction ganglionnaire

L'inflammation locale est suivie généralement par le gonflement des ganglions qui deviennent aussi douloureux : le foie, la rate, gonflent et durcissent. Dans les ganglions on trouvera des polynucléaires, des microbes, des lymphocytes et les plasmocytes.

La présence des leucocytes polynucléaires et des bactéries signifie que les ganglions sont aussi foyer de phagocytose.

c- La réaction généralisée

Pendant la réaction ganglionnaire ou même après, se produit la fièvre. Des recherches révèlent en plus l'augmentation considérable des protéines du sérum, la présence des substances toxiques ou des microbes dans le sang. La fièvre favorise la mobilité des leucocytes, la phagocytose, c'est-à-dire qu'elle stimule la lutte antimicrobienne.

NB : si les ganglions sont franchis, les microbes envahissent l'organisme (septicémie) ou du lieu d'infection, ils diffusent avec leur toxine dans le sang (toxémie). L'infection ainsi généralisée est très souvent mortelle.

d- La phagocytose

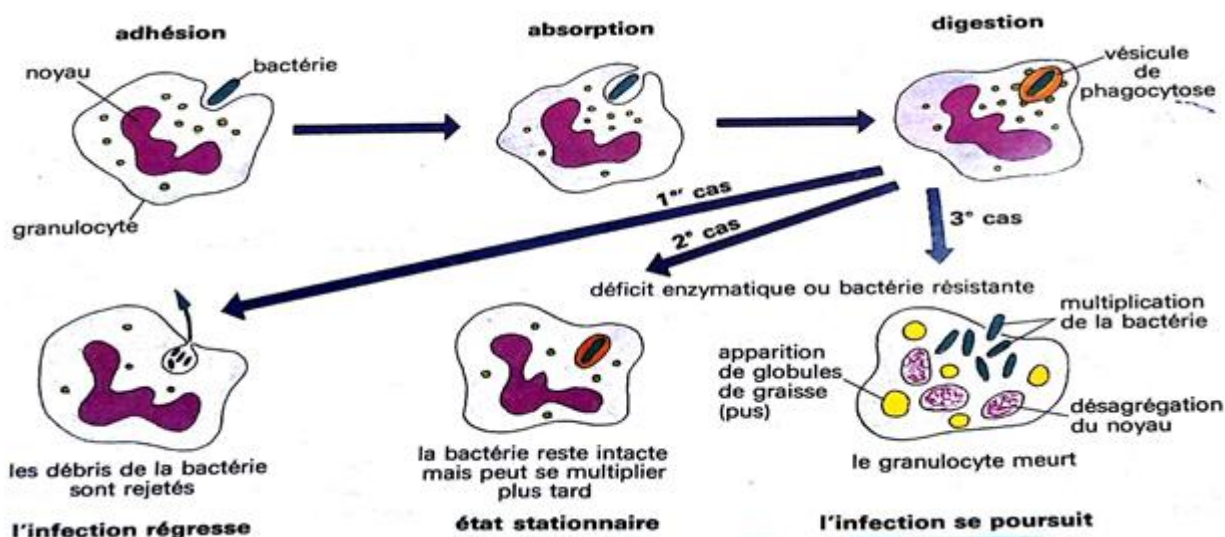
La phagocytose (phagein=manger et cytos=cellule) est un processus qui consiste à englober, absorber puis digérer les microbes par des cellules spécialisées (phagocytes : granulocytes, macrophages).

Comment se déroule la phagocytose ?

La membrane cellulaire du phagocyte enveloppe le corps étranger et forme la vésicule de phagocytose. Puis des granules cytoplasmiques produits par l'appareil de Golgi, les lysosomes s'accrochent à cette vésicule pour y déverser leur contenu (riches en enzymes). La conséquence habituelle est la lyse rapide (1 heure environ) de l'élément étranger. Cependant, d'autres cas peuvent se produire qui conduisent à la persistance de la bactérie (les semaines voire des années), à un abcès (poche de pus) ou à l'extension de l'infection.

Tout ce processus se résume en trois grandes étapes :

- **1^{ère} étape** : accolement et englobement des bactéries ;
- **2^{ème} étape** : digestion des bactéries par les phagocytes ;
- **3^{ème} étape** : expulsion des déchets de la digestion.



B- La défense spécifique

Lorsque les barrières de l'organisme et les méthodes **d'asepsie et d'antisepsie** sont insuffisantes, l'organisme contaminé, déclenche un ensemble de réactions immunitaires pour se protéger contre l'infection. Pour cela, l'organisme fait recours à d'autres moyens plus lents à mettre en œuvre mais dirigés très précisément contre l'élément étranger (antigène), donc plus efficaces.

Un antigène est toute molécule étrangère à l'organisme pouvant déclencher une réaction immunitaire.

Quels sont les acteurs intervenant dans les réactions immunitaires ?

Mise en évidence de réactions immunitaires spécifiques :

1^{er} cas : Injection de toxine et d'anatoxine tétanique

Activité : soit l'expérience suivante

Début de l'expérience	15 jours plus tard	Résultats
Animal témoin A	Injection de toxine tétanique	Mort de A
Injection de l'anatoxine tétanique à un animal B	Injection de toxine tétanique	Survie de B
Injection du sérum d'un animal guéri du tétanos à un animal C	Injection de toxine tétanique	Survie de C
Injection de l'anatoxine tétanique à D	Injection de toxine diphtérique	Mort de D

Consigne : Interprétez ces différents résultats puis précisez le type d'immunité mis en jeu.

Réponses attendues

Interprétation

- ✓ Un animal ayant reçu de l'anatoxine tétanique qui reçoit par la suite de la toxine tétanique survie de la maladie car l'anatoxine lui a conféré une immunité ;
- ✓ L'immunité acquise par un animal contre la toxine tétanique est transférée par le sérum (contenant donc les anticorps ; l'immunité est humorale).
- ✓ Un animal ayant reçu de l'anatoxine tétanique meurt en cas de l'injection de la toxine diphtérique car, il n'est pas immunisé contre cette maladie (la diphtérie) : l'immunité est spécifique.

2^{ème} Cas : l'injection de BK et de BCG

Expérience :

Le bacille de koch (BK) est une bactérie responsable de la tuberculose. Il pénètre par les voies respiratoires et provoque de graves lésions pulmonaires. Le bacille de Calmette et de Guérin (BCG) est

une forme atténuée (non pathogène) du bacille tuberculeux bovin. BCG et BK libèrent une toxine : la tuberculine.

- 1- Le cobaye A reçoit une injection de BK, il contracte la tuberculose et meurt ;
- 2- Le cobaye B reçoit une injection de BCG, puis 15 jours après une injection de BK, il survit.
- 3- Le cobaye C reçoit une injection de BCG, puis 15 jours après on prélève son sérum et une partie de ses lymphocytes.
 - a- Le cobaye D reçoit une injection de sérum de cobaye C puis une injection de BK, il meurt ;
 - b- Le cobaye E reçoit une injection de lymphocytes de cobaye C puis une injection de BK, il survit. Mais E meurt si on lui injecte seulement de BK.

Consigne : Interpréter chaque cas, expliquer pourquoi le BCG est un vaccin et dire quel type d'immunité, il met en jeu ?

Réponses attendues

Interprétation

- 1- Le cobaye A n'a pas d'immunité naturelle contre le BK ;
- 2- Le cobaye B a acquis une immunité vis-à-vis du BK grâce à l'injection préalable du BCG.
- 3- L'immunité acquise n'est pas transférée par le sérum qui ne contient donc pas d'anticorps (cobaye D). Cette immunité est transférable par les lymphocytes (cobaye E).

Le BCG est un vaccin car ce bacille a perdu son pouvoir pathogène mais a conservé son pouvoir antigénique permettant la mise en place d'une immunité.

Le type d'immunité mis en jeu nécessite l'action de lymphocytes T (cellules tueuses) capables de détruire spécifiquement des cellules infectées : c'est une immunité cellulaire.

L'existence du "SOI et du "NON SOI"

L'organisme lutte contre tout ce qui est reconnu comme étranger ("NON SOI"), pour le neutraliser sans détruire ses propres constituants ("SOI"), portée par des cellules ou des molécules. Ces marqueurs d'identités constituent des antigènes.

Les cellules et des substances (anticorps) qui ont la charge de défendre l'organisme doivent pouvoir faire la différence entre le "SOI" et le "NON SOI".

Le "SOI" est un ensemble de molécules propres à l'individu déterminé génétiquement.

Les molécules du "SOI"

Toutes les cellules nucléées expriment sur leur membrane de protéines constituant le complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) appelé encore chez l'Homme le système HLA (Human Leucocyte Antigen). Ces protéines codées sont des gènes liés, constituant l'empreinte moléculaire de chaque individu ou marqueur du "SOI". En cas de greffe, ces molécules sont la cible du système immunitaire du receveur d'où leur nom d'antigène du "SOI".

Les hématies expriment d'autres antigènes (glycoprotéines caractérisant le système ABO, protéines du système rhésus...) qui déterminent les groupes sanguins.

Les protéines du CMH sont codées par des gènes situés dans une zone précise du chromosome 6 ; cette zone comprend quatre (4) gènes (A, C, B, D dans cet ordre). Ces gènes comportent de nombreux allèles, ils sont codominants, liés, donc transmis en bloc.

La combinaison des protéines codées par les gènes du CMH est caractéristique de chaque individu : elle constitue une sorte de « carte d'identité cellulaire ».

Exemple : $\frac{A23B18DRW6}{AW19B8DR3}$ où C est souvent négligé et la lettre W désigne une protéine définie de manière insuffisante.

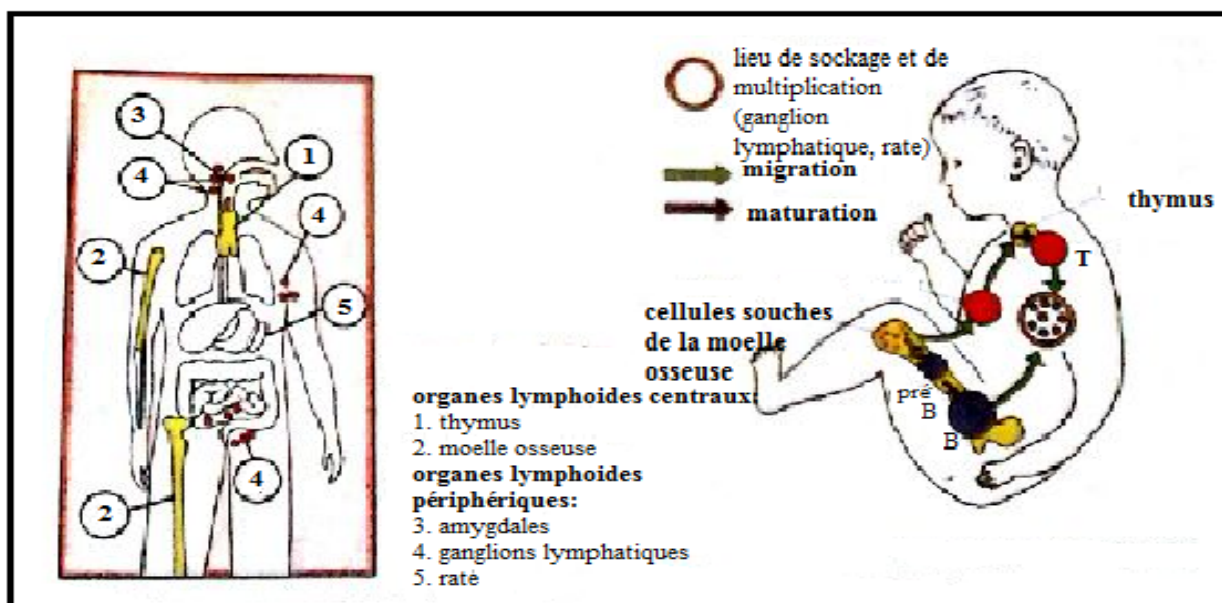
La tolérance aux antigènes du "SOI" et la réactivité aux antigènes étrangers sont les bases d'une réponse immunitaire adaptée.

2- Le "NON SOI"

Le "NON SOI" est l'ensemble des molécules étrangères à l'organisme.

Le mécanisme de réaction immunitaire à médiation humorale et cellulaire

Toutes les cellules du système immunitaire prennent naissance dans la moelle rouge des os. Les lymphocytes subissent leur maturation dans les organes lymphoïdes centraux : Thymus pour les lymphocytes T et la moelle osseuse pour les lymphocytes B.



Les réponses humorales et cellulaires se réalisent selon des processus comportant dans les deux cas, trois phases successives :

1^{ère} phase : une induction par reconnaissance de l'antigène ;

2^{ème} phase : une amplification par multiplication clonale d'une population de lymphocytes spécifiques.

3^{ème} phase : une phase effectrice

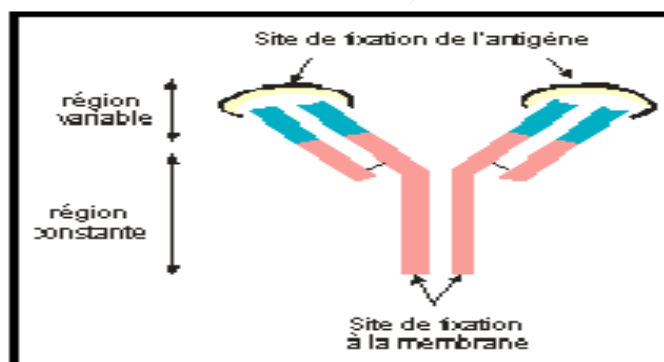
Selon la nature de l'antigène, il y a prédominance de l'une ou l'autre des réponses : un antigène soluble (toxine) engendre une réponse humorale ; les virus et les parasites intracellulaires entraînent l'ensemble des réponses.

a- **La réponse à médiation humorale** :

La réponse immunitaire à médiation humorale a pour point de départ les lymphocytes B et pour effecteur les anticorps. Les lymphocytes B que l'antigène active, par contact ou après présentation par une cellule spécialisée, se multiplient et se différencient en plasmocytes qui sécrètent dans le milieu intérieur des anticorps spécifiques de l'antigène.

Structure des anticorps

Les anticorps sont des protéines en forme d'un Y comportant quatre (4) chaînes polypeptidiques identiques deux à deux : deux (2) chaînes lourdes (ou H) et deux (2) légères (ou L). Chaque chaîne comporte une partie variable vers l'extrémité des bras du Y servant de site de fixation de l'antigène et partie constante (identique pour tous les anticorps).



Mode d'action des anticorps

L'introduction d'un antigène dans l'organisme déclenche la sécrétion d'anticorps dirigés contre l'antigène introduit et lui seul (spécificité).

La liaison se fait par reconnaissance entre la structure de l'antigène et des sites complémentaires spécifiques de l'anticorps. Le complexe moléculaire résultant de cette liaison est appelé « complexe immun ».

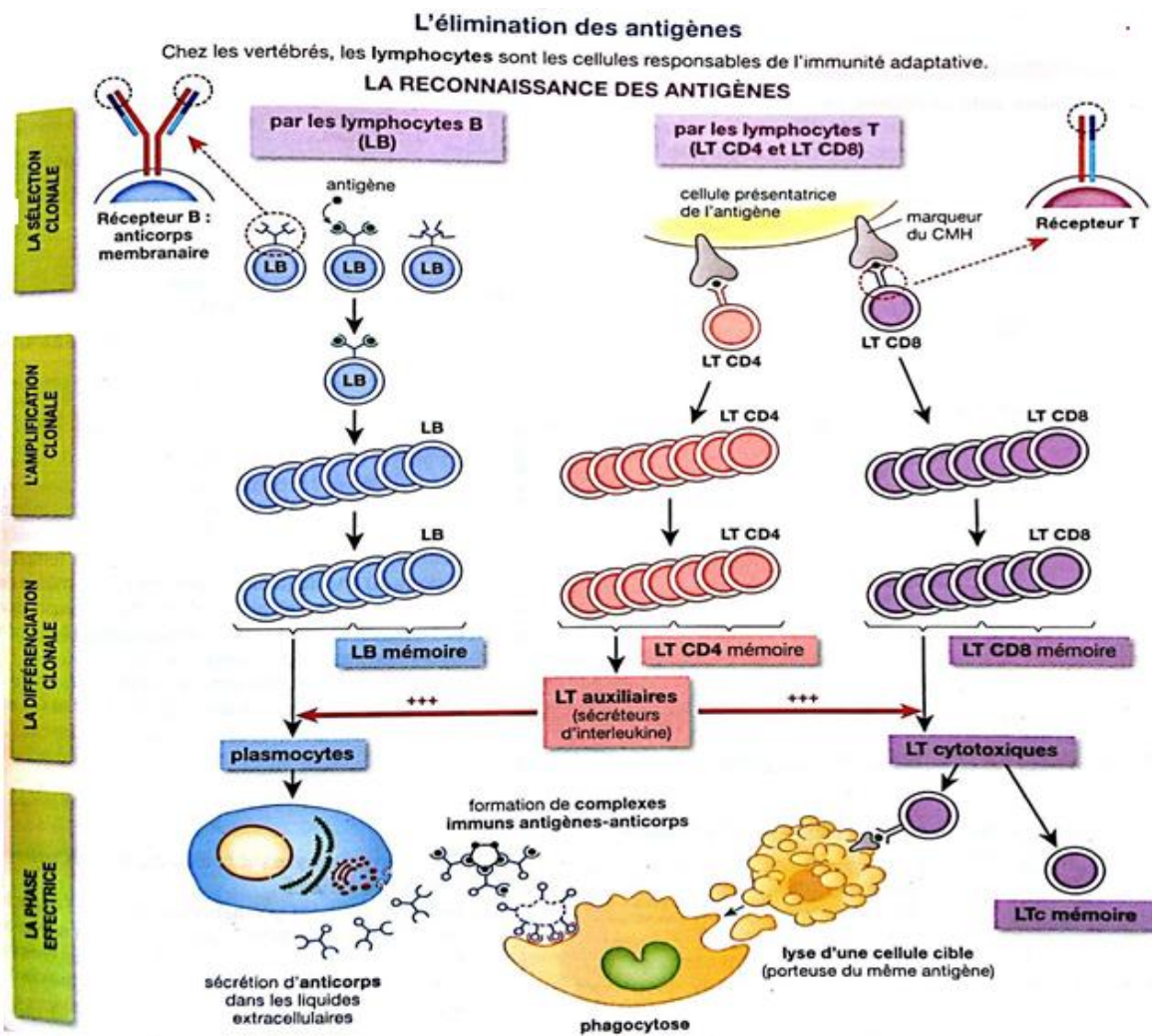
La liaison antigène-anticorps peut être comparée au modèle « Clé-serrure » : d'où la neutralisation de l'antigène. Elle est aussi de même type que celle qui associe une enzyme et son substrat.

NB : Les anticorps sont des protéines, appelés immunoglobulines (Ig). Il existe cinq (5) familles ou classes d'anticorps : IgG, IgM, IgE ; IgA et IgD. Lorsque les anticorps sont mis en présence des

antigènes qui leurs correspondent, ils s'associent à la manière de deux (2) pièces d'un puzzle et forment le complexe immun.

b- **La réponse à médiation cellulaire :**

Elle a pour point de départ les lymphocytes T et pour effecteur les lymphocytes cytotoxiques. Les lymphocytes T ayant reconnu l'antigène sont stimulés par des lymphokines produites par des lymphocytes T auxiliaires. Il s'en suit une multiplication clonale au terme de laquelle les lymphocytes devenus cytotoxiques lysent les cellules porteuses de l'antigène.

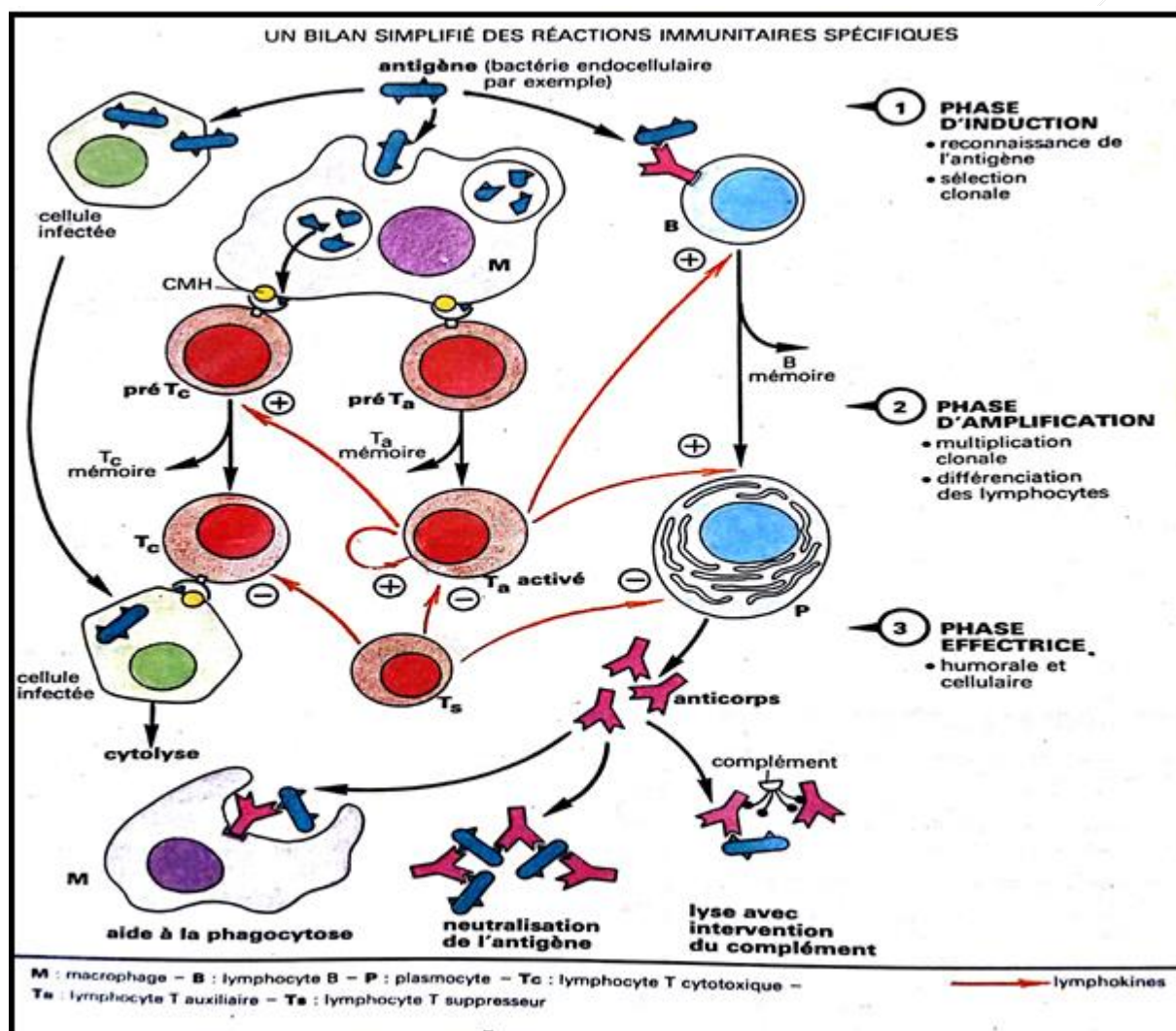


c- **Notion de coopération cellulaire**

Le déroulement de la réponse immunitaire nécessite une coopération entre les cellules immunitaires. Celle-ci se manifeste par des contacts cellulaires (entre macrophages et lymphocytes ou entre lymphocytes) et par des sécrétions des médiateurs chimiques (lymphokines, interleukines...).

Une régulation des réponses immunitaires est assurée par les lymphocytes T régulateurs : les lymphocytes T auxiliaires ont un effet stimulant, les lymphocytes T suppresseurs freinent ou arrêtent les réactions immunitaires.

NB : la réponse immunitaire est mémorisée. Elle s'acquiert au cours de la **réponse primaire**. Lors de la multiplication clonale, certains lymphocytes (T ou B) deviennent des **lymphocytes à mémoire** capables de répondre immédiatement lors d'un second contact avec l'antigène. La **réponse secondaire** est donc plus rapide, plus intense et plus efficace. La mise en mémoire confère ainsi à l'organisme une immunité spécifique durable.



II- Les Dysfonctionnements du système immunitaire

Dans certains cas, le système immunitaire ne remplit pas son rôle ou l'organisme est incapable de se défendre contre les microorganismes.

Cette incapacité résulte d'une déficience du système immunitaire : on parle d'immuno- déficience ; plus rien ne s'oppose alors au développement d'infections diverses.

Les conséquences sont très graves pour l'organisme. Certains dysfonctionnements existent dès la naissance (innés), d'autres sont acquis au cours de la vie, notamment lorsque le système immunitaire lui-même est la cible de microbes : c'est le cas du SIDA.

A. Les Allergies

Ce sont des réactions excessives de l'organisme face à des antigènes normalement non pathogènes.

Toute allergie comporte :

- ✓ une phase de sensibilisation ou premier contact avec l'allergène mettant en jeu une réponse immunitaire classique, activation de certains lymphocytes B et transformation de ceux-ci en plasmocytes sécréteurs d'anticorps spécifiques (IgE).
- ✓ une phase de déclenchement de la réaction immune qui peut prendre deux formes :
 - **Hypersensibilité immédiate**: due à la libération brutale de médiateur de l'inflammation (histamine) ce qui entraîne le gonflement (œdème), sécrétion du mucus.
 - **Hypersensibilité retardée**: elle se manifeste par des formes d'allergies qui se limitent à des réactions cutanées. L'allergène dans ce cas se combine à des protéines de l'organisme pour provoquer une réaction immunitaire.

Cette hypersensibilité se différencie de la première par :

- Le rôle prédominant des lymphocytes T dans l'initiation de la réponse immunitaire ;
- La réaction inflammatoire retardée (24 à 48 heures après le contact) et localisée à la zone de pénétration.

On distingue donc deux (2) types d'allergies dont les mécanismes sont : l'une à médiation humorale (hypersensibilité immédiate), l'autre à médiation cellulaire (hypersensibilité retardée).

B. Le SIDA (syndrome de l'Immunodéficience Acquise)

L'agent infectieux est le VIH (immunodéficience humaine) isolé en 1983.

Ce virus infecte les LTa (T auxiliaire), des macrophages et même des cellules du tissu nerveux, après s'être fixé à une molécule spécifique de la membrane de ces cellules (cette molécule est appelée T4 ou CD4).

Le VIH est un rétrovirus : son matériel génétique constitué d'ARN porte l'information nécessaire à sa reproduction. Une enzyme contenue dans le virus, **la transcriptase inverse**, utilise cet ARN pour synthétiser **l'ADN « proviral »** qui porte la même information et qui peut s'intégrer à l'ADN de la cellule hôte.

Plusieurs cas peuvent se présenter :

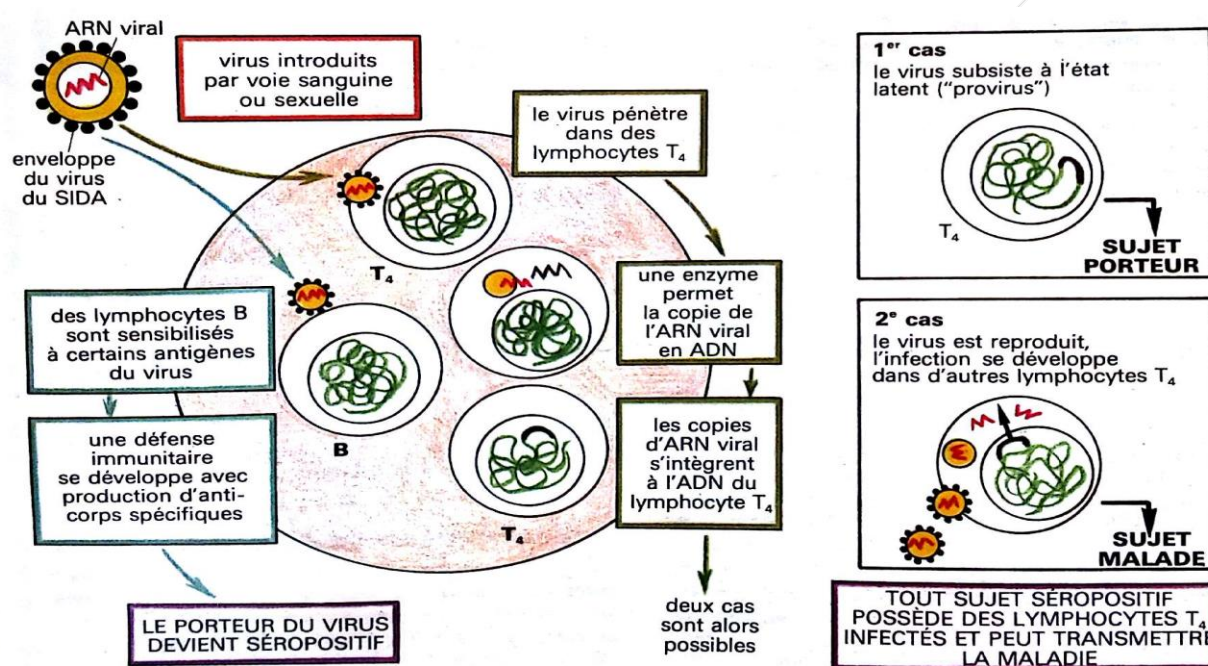
- Le virus subsiste dans les lymphocytes à l'état latent ; l'individu ignore qu'il est contaminé car il ne présente aucun symptôme, il est dit, « **porteur asymptomatique** ».
- Le virus est reproduit dans les cellules infectées, l'individu présente alors un déficit immunitaire et devient sensible à toutes sortes de maladies.
- Le SIDA maladie est marqué par l'apparition des « **maladies opportunistes** ».

Le système immunitaire lutte contre le virus notamment par la formation d'anticorps anti- VIH qui apparaissent tardivement (quelques semaines à plusieurs mois après la contamination). Une personne qui présente ces anticorps est dite **séropositive** (sous-entendu pour le SIDA) ;

Elle a donc contracté le virus, mais ne manifestera pas obligatoirement les symptômes de la maladie.

La transmission peut se faire de trois façons :

- Par des relations sexuelles non protégées (le préservatif masculin évite la contamination) ;
- Par voies sanguines (notamment par échange d'aiguilles entre toxicomanes) ;
- Et de la mère contaminée à son fœtus.



III- Les Aides à la réponse immunitaire

La connaissance de plus en plus poussée des mécanismes immunitaires a permis de pallier à certaines défaillances de la réponse immunitaire et de la renforcer à des moments décisifs.

Ces « aides à la réponse immunitaire » se sont développées à partir de progrès des connaissances fondamentales (en microbiologie, immunologie...) d'une part et des développements des techniques de la recherche d'autre part.

Ainsi le principe de la vaccination a été établi par **Louis Pasteur** après la découverte des microbes en tant qu'agent infectieux. La sérothérapie a ensuite exploité la découverte des antigènes. Puis récemment la greffe de la moelle osseuse a tiré parti de nouvelles connaissances sur **le système HLA** et sur les différentes populations lymphocytaires.

A- La vaccination

La vaccination a pour but de créer chez le sujet un état d'immunité contre un agent pathogène déterminé. Pour cela, on introduit dans son organisme l'agent en question ou un produit dérivé sous une forme non virulente.

La vaccination confère une immunité active et spécifique, car elle met en jeu un processus actif qui repose sur les mécanismes naturels de l'immunité. Le mécanisme le plus fréquent est celui de l'immunité humorale avec apparition d'anticorps spécifiques. L'immunité peut être aussi cellulaire (cas de BCG) lorsqu'il y a sensibilisation des LT_c.

L'acquisition de l'immunité n'est pas **immédiate**. L'immunité est **durable** (plusieurs années en générale). Cependant, des rappels sont nécessaires pour maintenir à un niveau suffisant, le taux des anticorps protecteurs et le nombre des cellules à mémoire.

Le principe de la vaccination repose sur le vaccin.

Le vaccin : est une substance contenant des microbes ou un produit dérivé sous une forme non pathogène qui, inoculé à un individu lui confère une immunité contre le germe correspond.

B- **La sérothérapie**

Elle consiste à l'injection d'un sérum contenant des anticorps prêts à jouer un rôle anti infectieux dans l'organisme receveur. L'immunité est acquise de manière **passive**, la protection est **immédiate** et de **courte durée** (15 à 30 jours).

Le principe de la sérothérapie repose sur le sérum.

Le sérum : est une substance extraite du plasma, soit d'un animal ayant fabriqué des anticorps par suite d'une vaccination, soit d'un sujet convalescent ou d'un donneur immunisé.

Comparaison entre sérum et vaccin

Vaccin	Sérum
Action spécifique	Action spécifique
Immunité acquise et active	Immunité transférée et passive
Immunité lente à s'établir	Immunité immédiate
Action durable	Action passagère
Emploi préventif	Emploi curatif

C- **La greffe de la moelle osseuse**

C'est la transplantation de cellules de moelle osseuse d'un donneur sain chez un sujet immuno-déficient en raison d'une production insuffisante ou absence de production (les bébés bulles) de cellules immunitaires.

On restaure ainsi les réactions immunitaires du receveur : cette greffe est une « **Reconstitution immunologique** ».

Les indications concernent certains cas de déficit immunitaire congénital, ainsi que les malades atteints de leucémie ou d'arrêt du fonctionnement des tissus de la moelle.

Les principales complications à éviter sont :

- **La réaction de rejet du greffon par l'hôte (comme pour toute greffe d'organe ou de tissu) :**

Les cellules greffées peuvent être reconnues comme étrangères par les cellules immunocompétentes du receveur. Dans ce cas, les marqueurs du donneur sont reconnus par ceux du receveur comme des cellules du "NON SOI".

- **La réaction du greffon contre l'hôte**

Les cellules greffées, comportant des lymphocytes B et les lymphocytes T matures, sont susceptibles d'entraîner une réaction immunitaire contre les antigènes du receveur ;

- **Les risques d'infection pendant les mois qui suivent la transplantation ;**

NB : Le donneur doit appartenir au même groupe tissulaire que le receveur pour éliminer le risque de rejet et réduire celui de la réaction du greffon sur l'hôte.

Avant la transplantation, on élimine dans le greffon les lymphocytes T matures responsables de la réaction contre l'hôte.

Après la transplantation, un traitement immunosuppresseur et une sérothérapie préventive sont nécessaires.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- A. Decevrier, L. Girard, J. Martin, P. Noars, F. Teyssier, R. Thomas, *Biologie Terminale D*, 1980, Editions Nathan.
- 2- Pierre Vincent, *Le corps humain*, 1983, Editions Vuibert.
- 3- Shirley Debaca . Ingrid Fanchon, *Biologie humaine*, 1998, Editions Nathan.
- 4- Collection Tavernier, *Biologie Terminale D*, 1989, Editions Bordas.
- 5- Collection J. Escalier, *Biologie humaine 3^e*, 1989, Editions Bordas.
- 6- Eric Perrilleux, *Biologie 3^e*, 1989, Editions Nathan.
- 7- Collection Claude Lizeaux. Denis Baude, *SVT Terminale S*, 2012, Editions Bordas.
- 8- Collection 1^{ère} S, 2012, Editions Bordas.
- 9- Olivier Gorenflot. Michèle Quenardel. Dominique Veuille, *Sciences de la vie et de la terre*, 1995, Editions Hachette.
- 10- SVT 2^{nde}, Nouvelle édition, 2014, Editions Belin.
- 11- P. Vincent, *Biologie Terminale D*, 1980, Editions Vuibert.
- 12- Collection J. Escalier, *Biologie 1^{ère} B*, 1982, Editions Nathan.
- 13- Collection Claude Lizeaux. Denis Baude, 3^e, 2012, Editions Bordas.
- 14- Annabac, *Sciences 1^{ère} ES, L*, 2015, Editions Hatier.
- 15- APROBIG, *cours de Biologie* 2009.

Exercices

Exercice 1

Un réflexe médullaire monosynaptique extéroceptif aboutit à des muscles squelettiques :

a-Faites le schéma de cet arc réflexe.

b-Où se situe(nt) sur votre schéma la, (les) synapse(s) ? Nommez- la (les).

Exercice 2

On réalise les deux séries d'expériences ci-après où l'on utilise comme stimulus des éclairs d'une durée d'une seconde.

-Expérience: 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	10
14h45	Lumière blanche	0
15h00	Lumière rouge	0

Tableau 2

- 1-a-Analysez les résultats de l'expérience 1. b-Analysez les résultats de l'expérience 2.
 c-Définissez les notions de stimulus conditionnel et de réflexe conditionnel.
 2-Formulez une hypothèse quant à la qualité de la vision des animaux utilisés.
 3-Représentez par un schéma le trajet du réflexe conditionnel mis en jeu dans ces expériences.

Exercice 3

- 1-Quelle est la structure d'un neurone ?
 2-Comment obtient-on un réflexe conditionné ?
 3- On conditionne un chien à saliver par association d'un agent primitivement indifférent (éclairage de lumière blanche) suivi d'un agent gustatif efficace (viande). Au bout d'un certain nombre d'association la vue de la lumière provoque la salivation. Analyser méthodiquement les étapes de ce conditionnement en précisant à chaque fois le trajet de l'influx nerveux.

Exercice 4

Une grenouille spinale (encéphale détruit) est suspendue à une potence par la mâchoire inférieure. On trempe l'extrémité de la patte postérieure droite dans un récipient contenant des solutions de plus en plus concentrées d'acide acétique.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant:

Concentration de l'acide acétique	Effets observés
1/300	Néant
1/200	Néant
1/100	Néant
1/50	Contraction des orteils
1/30	Contraction de l'ensemble de la patte excitée
1/20	Contraction des 2 pattes postérieures

1/10	Contraction des 4 pattes
Solution non diluée	Contraction de l'ensemble des muscles de la grenouille

1-A quels types de réactions ces résultats correspondent-ils ? Justifiez votre réponse.

2-Quelles lois peut-on tirer de cette série d'expérience ?

Exercice 5

Le tableau ci-dessous dans lequel le temps est exprimé en milliseconde et l'intensité en voltes, permet de tracer la courbe d'excitabilité d'un nerf.

Temps (ms)	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	0,9	1,0
Intensité (en volt)	2	1	0,8	0,6	0,5	0,3	0,2	0,2

1-Tracer la courbe d'excitabilité de ce nerf.

2-Déterminer graphiquement la valeur du seuil et la valeur de la chronaxie.

3-A quoi correspond la valeur $t = 0,9$ ms ? Donnez une définition de cette valeur.

4-La courbe d'excitabilité d'un autre nerf montre que sa rhéobase est de 0,2V et sa chronaxie 0,7 ms. Dire parmi ces deux nerfs quel est le plus excitable ?

Exercice 6

L'étude expérimentale de l'excitabilité d'un nerf nous a permis de déterminer pour chaque intensité d'excitation, le temps minimum nécessaire pour qu'elle soit efficace. Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous:

Intensité (mV)	3,3	2	1,5	1,2	1,1	1	1
Temps (ms)	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1

1) -Tracez la courbe d'excitabilité de ce nerf en plaçant en ordonnées les intensités et en abscisses les temps correspondants.

Vous obtiendrez ainsi deux zones : zone d'excitation efficace dans la concavité de la courbe ; zone d'excitation inefficace en dehors de la courbe.

2)- Répondez aux questions suivantes :

a- La plus petite valeur de l'intensité encore capable de provoquer une excitation appelée rhéobase. Quelle est cette valeur dans notre cas ?

b- Le plus petit temps d'application qu'il faut pour qu'une intensité égale à la double rhéobase soit efficace, est la chronaxie. Quelle est cette valeur dans votre cas ?

c- Le temps liminaire d'application de la rhéobase est appelé temps utile.

Quelle est cette valeur pour ce nerf ?

d- Pour les tensions et les temps d'application suivants, dites si la stimulation est efficace ou non pour le nerf étudié: $I_1 = 0,5 \text{ mV}$; $T_1 = 2,1 \text{ ms}$; $I_2 = 3 \text{ mV}$; $T_2 = 1,2 \text{ ms}$; $I_3 = 2 \text{ mV}$; $T_3 = 0,3 \text{ ms}$.

e- Dégagez par conséquent les deux conditions fondamentales d'excitabilité d'un nerf.

Exercice 7

Un muscle de grenouille est soumis à des stimulations électriques intenses, à une fréquence élevée. La durée des excitations est la même d'une excitation à l'autre. Trois expériences sont réalisées :

A-muscle n'ayant subi aucun traitement ;

B) -muscle traité par une substance bloquant la glycolyse ;

C)- muscle traité de façon à bloquer l'utilisation de la phosphocréatine. Le tableau ci-dessous résume les observations et les dosages réalisés au cours des trois expériences:

Constituants musculaires		Avant la contraction	Exp A Exp B Exp C		
			Après la contraction		
G /kg de muscle frais	Glycogène	1,08	0,8	1,08	1,08
	Acide lactique	1	1,30	1	1
m.mole / kg	ATP	4 à 6	4 à 6	4 à 6	0
	Phosphocréatine	15 à 17	15 à 17	3 à 4	15 17

Analysez et interprétez les résultats obtenus dans chaque expérience.

Exercice 8

Le tableau ci-dessous indique la consommation d'oxygène d'un adulte entraîné au cours de marche à des vitesses différentes :

Vitesse en Km/h	Consommation de l'O ₂ en ml/min
-----------------	--

0	200
2	400
4	700
6	1000
8	1600
10	1900

1- Représentez graphiquement le tableau.

2- Faites une phrase exprimant l'idée la plus importante à tirer de ce tableau

3- On constate qu'un acide lié à la contraction du muscle s'y accumulait et provoque sa fatigue. Expliquez les phénomènes chimiques qui ont abouti à la formation de cet acide.

Exercice 9

Un patient est devenu aveugle car il souffre d'une cataracte bilatérale (opacification du cristallin). On l'opère en lui retirant l'un des cristallins. L'œil opéré récupère immédiatement la vision de la lumière mais pas celle des formes. Il ne les voit qu'avec des lunettes convergentes.

1- Quel rôle du cristallin déduisez-vous de cette observation ?

2- Le patient a des verres à double foyer lui permettant de voir parfaitement bien à 25m et loin. Pourquoi voit-il moins bien à 1m, contrairement à un patient dont l'œil a un cristallin intact ?

3- Le patient, avant sa cataracte, avait une acuité visuelle de 10 dixièmes. Il la retrouve après l'opération. Quelle est la structure de l'œil responsable de l'acuité visuelle ?

Exercice 10

Au fur et mesure que l'individu vieillit, sa puissance d'accommodation est égale à la différence entre la convergence de l'œil au punctum proximum et celle de l'œil au repos.

1- Construisez avec précision la courbe de variation de la puissance d'accommodation en fonction de l'âge d'après les données du tableau et tirez une conclusion.

Age	8	16	24	37	40	48	56	64 ans
Puissance d'accommodation	13	10	8,5	7	4,5	2	1	1 dioptrie

2-Soient deux jeunes de 16 ans, Aly et de Bouba dont le punctum proximum se situe respectivement à 10cm et 8cm.

a-Calculer la convergence de l'œil de Aly et de Bouba lorsqu'ils regardent un objet au punctum proximum.

b-Sachant que la puissance d'accommodation de l'œil d'un jeune de 16 ans est de 10 dioptries, calculez la convergence de repos de l'œil de Aly et de Bouba. Quelles conclusions peut-on tirer des résultats obtenus ?

Exercice 11

- 1- Nommer l'unité fonctionnelle du rein ;
- 2- Indiquer dans quelle partie de l'unité fonctionnelle rénale se déroule la filtration du glucose ;
- 3- Donner la signification de (glucose réabsorbé);
- 4- Indiquer le mécanisme permettant la réabsorption du glucose et préciser les conditions nécessaires à cette réabsorption.

Exercice 12

Le tableau ci-dessous donne quelques concentrations de molécules dans l'urine primitive, l'urine définitive et le plasma sanguin.

Constituants en g/l	Na ⁺	Cl ⁻	Protéines	Urée	Glucose	NH ₄
Liquides analysés						
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

Tirez des renseignements à partir de l'analyse du tableau.

Exercice 13

On fait une injection du sang veineux pancréatique d'un donneur dans la veine jugulaire d'un receveur diabétique. A partir de l'injection au temps to, on note les résultats suivants :

Temps (en heure)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	4,5	5	5,5	6
Glycémie (g/l)	3	2,5	2	1,5	1,2	1	1,5	2	2,3	2,4	3	3,5

1)-Tracez la courbe de variation de la glycémie en fonction du temps;

2)-Interprétez à partir du graphe, les résultats de l'expérience.

Exercice 14

- a- A l'aide de vos connaissances sur la structure des appareils génitaux de l'homme et la femme, reproduisez et complétez le tableau ci-dessous.

	Organes producteurs de gamètes	Conduits génitaux	Glandes annexes
Homme			
femme			

- b- Décrivez les étapes de la fécondation chez l'Homme.

Exercice 15

Des « bébés éprouvettes » sont nés en France, pour la première fois en 1992. L'ovule, prélevé dans l'ovaire d'une femme par cœlioscopie, est fécondé en éprouvette, avec le sperme du conjoint. L'œuf ainsi formé est réimplanté 3 jours plus tard dans l'utérus maternel.

La grossesse se poursuit ensuite normalement pendant 9 mois.

1-Au niveau de quel organe féminin a lieu normalement, l'étape réalisée en éprouvette?

2-Afin de recueillir ovule, la maturation des follicules est produite par un traitement hormonal et l'ovulation est induite par l'injection d'hormone gonadotrophine chorionique (HCG), qui stimule la décharge ovulante.

a) -Précisez les hormones ovariennes et hypophysaires sécrétées pendant cette phase de maturation folliculaire. Quelle est l'hormone qui déclenche normalement une ovulation ?

b) - A quel moment l'hormone gonadotrophine chorionique est-elle sécrétée?

Quelle est la signification biologique et l'intérêt d'un dosage sérique de cette hormone ?

Exercice 16

Lorsqu'on greffe à un animal, un organe prélevé sur un autre animal de même espèce, ses ganglions lymphatiques proches de la zone traitée passent de l'état A à l'état B.

Au bout de deux semaines, l'organe greffé est rejeté.

Pour comprendre ce rejet, des cellules issues du greffon sont cultivées avec certains lymphocytes T prélevés au niveau du ganglion à l'état B.

1-Nommez le type de greffe réalisé en justifiant votre réponse.

2-Relevez les modifications apparues au niveau du ganglion à l'état B.

3-Précisez le type de lymphocyte T qui interviennent.