

PROGRAMME DE BIOLOGIE TERMINALE SCIENCES EXPERIMENTALES :

Ce programme présente deux parties distinctes :

- Une première partie de **Biologie cellulaire et moléculaire** permet de compléter les aspects de la biologie cellulaire vus en 12^{ème} ; et d'approfondir la transmission de l'information génétique.
- Une deuxième partie de **Physiologie humaine** dans laquelle est incluse la réponse immunologique de l'organisme.

PREMIERE PARTIE : BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE

CHAPITRE I : INFORMATION GENETIQUE ET SYNTHÈSE DES PROTEINES (12H)

- I. Nature de l'information génétique
- II. Expression de l'information génétique (synthèse des protéines)

CHAPITRE II : TRANSMISSION DE L'INFORMATION GENETIQUE (22H)

- I. Les divisions cellulaires.
- II. La transmission d'un caractère héréditaire : Le Monohybridisme.
- III. La transmission de deux caractères héréditaires : Le Dihybridisme à Ségrégation Indépendante
- IV. La transmission de deux gènes liés : Linkage.
- V. La transmission d'un gène lié au sexe.
- VI. Mutation et Somation
- VII. Génétique humaine

DEUXIEME PARTIE : PHYSIOLOGIE DE L'ORGANISME HUMAIN.

CHAPITRE III : LA COMMUNICATION (28H)

- I. Les relations de l'organisme avec le milieu extérieur
Introduction au système nerveux
A- Les réflexes.
B- Les propriétés du tissu nerveux
- 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
B- La régulation de la glycémie
v. L'intégration neuro-hormonale.
A- La régulation de l'activité cardiaque
C- La régulation de la pression artérielle.

CHAPITRE IV : LA REPRODUCTION (24H)

Introduction à la reproduction dans l'espèce humaine.

- I. Reproduction des gamètes.
- II. Les cycles sexuels de la femme et la régulation de la sécrétion des hormones sexuelles.
- III. Principales étapes de la reproduction
- IV. La responsabilité humaine et vie sexuelle.
A- La maîtrise de la reproduction : Les méthodes contraceptives.
B- Les infections sexuellement transmissibles et SIDA.

CHAPITRE V : LA REPONSE IMMUNOLOGIQUE (18H)

- I. Les réponses immunologiques et leurs mécanismes.
- II. Les dysfonctionnements du système immunitaire (Allergie, VIH/SIDA)
- III. Les aides à la réponse immunitaire (Vaccins, Sérum, Greffes)

PREMIERE PARTIE : BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE.

CHAPITRE I : INFORMATION GENETIQUE ET SYNTHÈSE DES PROTEINES.

THEME I : NATURE DE L'INFORMATION GENETIQUE

INTRODUCTION A LA GENETIQUE :

Les manifestations des phénomènes génétiques ont retenu l'attention de l'humanité depuis l'antiquité. Une science naîtra pour en élucider le phénomène, la **génétique** avec la contribution de nombreux scientifiques.

Définition : La génétique est la science de l'hérédité et de la variabilité des êtres vivants.

-L'hérédité : Du latin hereditas= héritage, est la capacité qu'ont les êtres vivants de se reproduire en transmettant les caractères héréditaires à leurs descendants. **Exemples :** La taille, la forme, le groupe sanguin, la couleur,...

-La variabilité : Est l'aptitude qu'ont les organismes vivants de se modifier, se différencier des parents au cours de leur évolution.

Donc la génétique est la science qui étudie la transmission des caractères héréditaires et la modification des êtres vivants au cours de leur évolution.

Historique : La génétique a connu trois phases d'évolution en se basant sur MENDEL comme repère :

- **La période pré-mendélienne :** Marquée par de nombreux travaux d'observation et de recherche en biologie, entrepris par d'éminents savants de l'époque parmi lesquels il faut citer le Russe Joseph Kolreuter qui, en 1763, a effectué les premières recherches sur l'hybridation des plantes.
- **La période Mendélienne :** Elle est marquée par la formation de la théorie des facteurs héréditaires sur la base des travaux scientifiquement menés par le naturaliste et mathématicien Autrichien Johan Gregor MENDEL qui, expérimentant sur les pois, énonce les lois de la transmission héréditaire (1865).
- **La période post-mendélienne :** Elle se situe dans les premières décennies du 20^{ème} siècle par une nouvelle vague de généticiens.

Les découvertes de Mendel en 1865 tombèrent dans l'oubli, il a fallu attendre 1900 pour qu'elles soient redécouvertes par trois botanistes : Un Hollandais, Hugo Devries, un Allemand, Correns, un Britannique William Bateson et un Autrichien, Tschermak.

Cette redécouverte suscita alors une foule de travaux qui vinrent préciser les lois de la transmission héréditaire.

Après 1910, le généticien Américain Thomas Hunt MORGAN et ses élèves travaillent sur la drosophile et établissent les véritables bases de la génétique moderne en élaborant la théorie chromosomique de l'hérédité.

A partir de 1950, les généticiens abordent l'étude des microorganismes et montrent que l'ADN constituant essentiel des chromosomes, est le support chimique de l'hérédité.

QUELQUES MOTS USUELS EN GENETIQUE.

Comme toute science, la Génétique a son propre vocabulaire :

- **Caractère** : est une particularité morphologique ou physiologique d'un individu le distinguant des autres individus.
- **Caractère héréditaire** : est une particularité morphologique ou physiologique transmissible des parents aux descendants.
- **Chromosome** : est un élément biogénétique porteur des unités héréditaires ou gènes.
- **Chromatide** : est le bras ou segment d'un chromosome.
- **Chromatine** : est le nucléo filament se trouvant dans le noyau.
- **Crossing-over** : est l'échange de fragment de chromatide entre deux chromosomes homologues.
- **Caryotype** : est un ensemble des chromosomes ordonnés et photographiés de la cellule d'une espèce.
- **Gène** : est une portion de la molécule d'ADN qui gouverne la synthèse d'une protéine.
- **Allèles** : est l'une des formes d'expression d'un gène.
- **Locus** : est l'emplacement d'un gène sur un chromosome.
- **Espèce** : est un groupe d'individus présentant des ressemblances morphologique, physiologique biochimique, se couplant librement en donnant une descendance viable et féconde.
- **Hybridation** : est l'accouplement entre des êtres d'espèces différentes.
- **Croissement** : est l'accouplement des individus différents, mais de la même espèce.
- **Homozygote** : est le génotype d'un individu formé par les mêmes allèles.
- **Hétérozygote** : est le génotype d'un individu formé par les allèles différents.
- **Race pure** : est un ensemble d'individus ayant les mêmes caractères héréditaires.
- **Hybride** : est le résultat du croisement de deux individus.
- **Back-cross** : est le croisement d'un hybride de la première génération avec l'un des parents.
- **Test-cross** : est le croisement d'un individu à phénotype dominant avec un individu à phénotype récessif.
- **Zygote** : est la cellule-œuf résultant de la fusion d'un gamète mâle et d'un gamète femelle.
- **Gamète** : est une cellule reproductrice mâle ou femelle.
- **Caractère dominant** : est un caractère qui s'exprime chez les hybrides de la première génération et masque l'expression d'un autre caractère dit récessif.
- **Caractère codominant** : est un caractère qui ne domine pas l'autre caractère.
- **Génotype** : est l'ensemble des caractères héréditaires affectés à un individu (visibles ou non visibles).
- **Génome** : est l'ensemble des gènes d'un individu.
- **Matériel génétique** : est l'ensemble des informations génétiques localisées dans le noyau cellulaire.
- **Nucléotide** : est un monomère composé d'une base azotée, d'un sucre, de l'acide phosphorique entrant dans la constitution des acides nucléiques.
- **Codon** : est un triplet de nucléotides porté par l'ARNm spécifique à un acide aminé.
- **Anticodon** : est un triplet de nucléotides porté par l'ARNt, complémentaire au codon porté.
- **Exsanguinotransfusion** : est le remplacement total du sang d'un individu par un autre sang convenable.
- **FIVETE** : est la Fécondation In vitro et Transfert de l'Embryon.

STRUCTURE DES DISPOSITIONS HEREDITAIRES.

Qu'appelle-t-on information génétique ?

L'information génétique est la totalité du matériel génétique localisé dans le noyau cellulaire assurant la construction d'un organisme. Elle est transmissible de génération en génération.

L'information génétique est de nature moléculaire.

Où est localisée l'information génétique ?

De nombreuses expériences de transplantation de noyau ont permis de conclure que le noyau des cellules contient l'information génétique qui détermine les caractères de chaque être vivant (le caractère albinos, le caractère sexuel, le caractère taille...).

Que contient le noyau ?

Chez les eucaryotes (organisme ayant un noyau parfait), des chromosomes sont des constituants essentiels du noyau.

Qu'appelle-t-on chromosome ?

Les chromosomes sont des structures filamenteuses intranucléaires portant les unités génétiques (ADN).

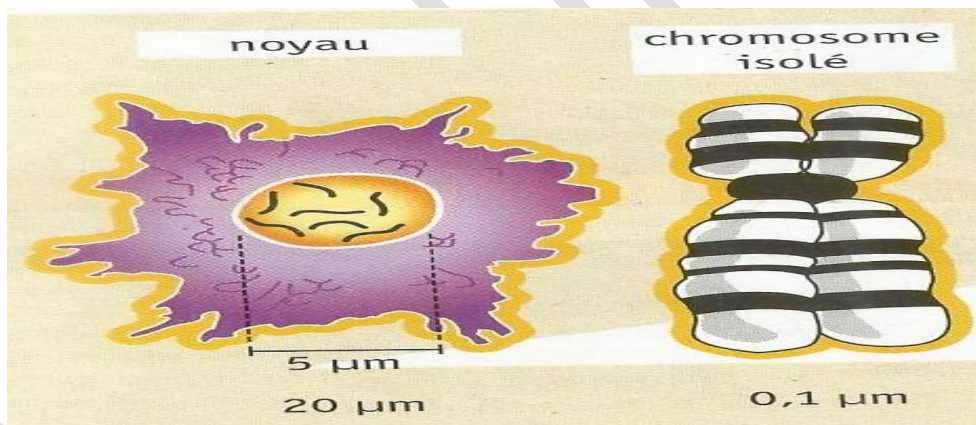
Un chromosome est formé de deux chromatides reliés par le centromère. Les deux chromatides sont morphologiquement et génétiquement identiques.

Chimiquement, les chromosomes sont formés de protéines (**histones**) et d'acide nucléique **ADN** (acide désoxyribonucléique).

Le **caryotype** est l'ensemble des chromosomes se trouvant dans le noyau d'une cellule somatique, photographiés, classés selon leur taille et leur forme.

Une cellule somatique humaine contient 46 chromosomes réparties en 23 paires dont 22 paires sont identiques chez les deux sexes (chromosomes homologues=autosomes) et la 23^{ème} paire **XX** chez la femme et **XY** chez l'homme est la paire de chromosomes sexuels ou gonosomes.

Les chromosomes sont le support cellulaire de l'hérédité.



Quels sont les types de chromosomes ?

En tenant compte de la position du centromère sur le chromosome, on distingue :

-**Les chromosomes métacentriques** : le centromère se situe au centre du chromosome.

- **Les chromosomes submetacentriques** : le centromère se situe beaucoup plus vers une extrémité du chromosome.

-**Les chromosomes telocentriques** : le centromère se situe au sommet du chromosome.

En tenant compte de leur nature, on distingue : les autosomes (chromosomes non sexuels) et les gonosomes (chromosomes sexuels).

Quel est le support de l'information génétique ?

Les chromosomes sont le support cellulaire de l'information génétique portant les molécules d'**ADN**.

De nombreuses expériences ont prouvé que l'**ADN** est le support chimique de l'information génétique de tous les êtres vivants.

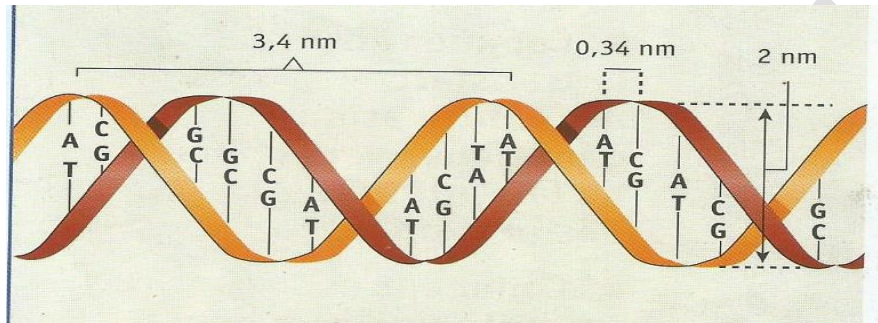
Qu'appelle-t-on ADN ?

L'**ADN**, poly nucléotides est une macromolécule codée, porteuse de l'information génétique. La molécule d'**ADN** est un acide nucléique indispensable à la constitution de la matière vivante. Généralement l'**ADN** est contenu dans le noyau cellulaire, il peut également se rencontrer dans les organites cytoplasmiques (mitochondrie, plaste...).

Quelle est la structure de l'ADN ?

La molécule d'**ADN** est formée par deux chaînes de nucléotides enroulées en hélice. Chaque nucléotide est constitué par :

- une molécule d'acide phosphorique : H_3PO_4
 - un sucre : le désoxyribose : $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_4$
 - une base organique azotée (Adénine, Guanine, Thymine, Cytosine).
- Selon la nature de la base, il existe donc quatre nucléotides différents.



NB : P=acide phosphorique ; S=sucre en C_5 ; A=adénine ; G=guanine ; T=thymine ; C=cytosine.

- Nucléotide = **B+S+P**
- Nucléoside = **B+S**
- Masse d'un nucléotide = 300
- Distance entre 2 nucléotides = **0,34 nanomètre (nm)** : $1\text{\AA} = 0,1\text{nm}$.
- On calcule la masse moléculaire de l'ADN par la relation suivante : $M_{\text{ADN}} = n \cdot M_n$ où **n**=nombre total de nucléotides dans la molécule ; **M_n**=masse d'un nucléotide.
- On calcule la longueur de l'ADN par la relation suivante : $L_{\text{ADN}} = (x-1)d$ où **x**=nombre de nucléotides sur un brin ; **d**=distance entre 2 nucléotides.

Remarques : (notions de l'Américano-autrichien Erwin Chargaff)

- Dans la chaîne de nucléotides, les liaisons chimiques « solides » (**liaisons covalentes**) réunissent l'acide phosphorique d'un nucléotide et le désoxyribose du nucléotide suivant les deux chaînes de la molécule d'ADN sont reliées entre elles par des liaisons transversales plus fragiles (**liaison d'hydrogène**) établies entre les bases.
- La liaison entre les bases ne s'effectue de manière quelconque car celle-ci sont complémentaires deux à deux :

- L'adénine (A) ne peut se lier qu'avec la thymine (T) et inversement avec une double liaison.

- La guanine (G) ne peut se lier qu'avec la Cytosine (C) et inversement avec une triple liaison.

Ainsi dans la molécule d'ADN : $\%A = \%T$ et $\%G = \%C$;

Le rapport $A/T = 1$ et $G/C = 1$

L'échelle que constitue la molécule d'ADN comporte seulement quatre types de

« barreaux » : A-T ; T-A ; C-G ; G-C.

Dans l'espace, l'échelle s'enroule en double hélice : c'est le modèle de l'Américain James Dewey Watson ; des Britanniques Francis Crick et Maurice Wilkinson (1955).

Ces chercheurs ont le prix Nobel sur la découverte de la structure de l'ADN (1962). Cette attribution de prix Nobel aux trois chercheurs pousse **Chargaff** à quitter son laboratoire et se plaint auprès de la communauté scientifique d'avoir été écarté de cette reconnaissance.

L'ARN :

Qu'appelle-t-on ARN ?

L'ARN (acide ribonucléique) est acide nucléique simplex assurant l'expression de l'information génétique. Il entre également dans la constitution de la matière vivante.

Contrairement à l'ADN, l'ARN est à la fois nucléique et cytoplasmique.

Quelle est la structure de l'ARN ?

La structure de l'ARN, contrairement à celle de l'ADN est simple. Elle est faite d'un seul brin et formé également de séquence de nucléotides dans lesquels la **Thymine** est remplacé par l'**Uracile**.

L'hydrolyse d'un nucléotide d'ARN montre qu'il est constitué d'éléments chimiques :

- Un acide phosphorique (H₃PO₄) ;
- Un sucre, le ribose (C₅H₁₀O₅) ;
- Une base azotée (Adénine, Guanine, Cytosine et Uracile).

Quels sont les types d'ARN ?

On distingue trois types d'ARN selon leurs fonctions :

-**L'ARN messager (ARN_m)** : apporte aux ribosomes des instructions codées provenant de l'ADN.

-**L'ARN de transfert (ARN_t)** : fixe les acides aminés et les transporte aux ribosomes.

-**L'ARN ribosomale (ARN_r)** : assure un système de lecture (contrôle) lors de la traduction dans les ribosomes.

ETUDE COMPAREE DES ACIDES NUCLEIQUES

Acides Nucléiques Critères	ADN	ARN
Bases azotées	A, G, C, T	A, G, C, U
Sucre	désoxyribose	Ribose
Structure	2 brins (duplex)	1 brin (simplex)
Taille	Longue chaîne	Courte chaîne
Localisation	Noyau	Noyau et cytoplasme
Types	1	3
Barreau	1	½
Montant	2	1
Rôle	Porte l'information génétique et commande sa transmission	Transmet l'information génétique et assure son expression
Enzyme	ADN polymérase, Hélicase	ARN polymérase

LES FONCTIONS DE L'ADN.

La molécule d'ADN, dans une cellule vivante assure deux principales fonctions qui correspondent à ces principales propriétés :

- La fonction auto catalytique (duplication où réplication) ;
- La fonction hétéro catalytique (biosynthèse des protéines).

Mais à présent nous nous accentuerons sur la fonction auto catalytique, la fonction hétérocatalytique serait défendue dans le cours de la biosynthèse des protéines.

Qu'appelle-t-on duplication de l'ADN ?

La duplication (où réplication) de l'ADN est une propriété auto catalytique par laquelle la molécule d'ADN donne deux molécules filles d'ADN rigoureusement identiques entre elles et à la molécule mère. C'est le phénomène d'autoreproduction de la molécule d'ADN qui se fait selon un mode semi-conservatif.

Comment se fait la duplication de l'ADN ?

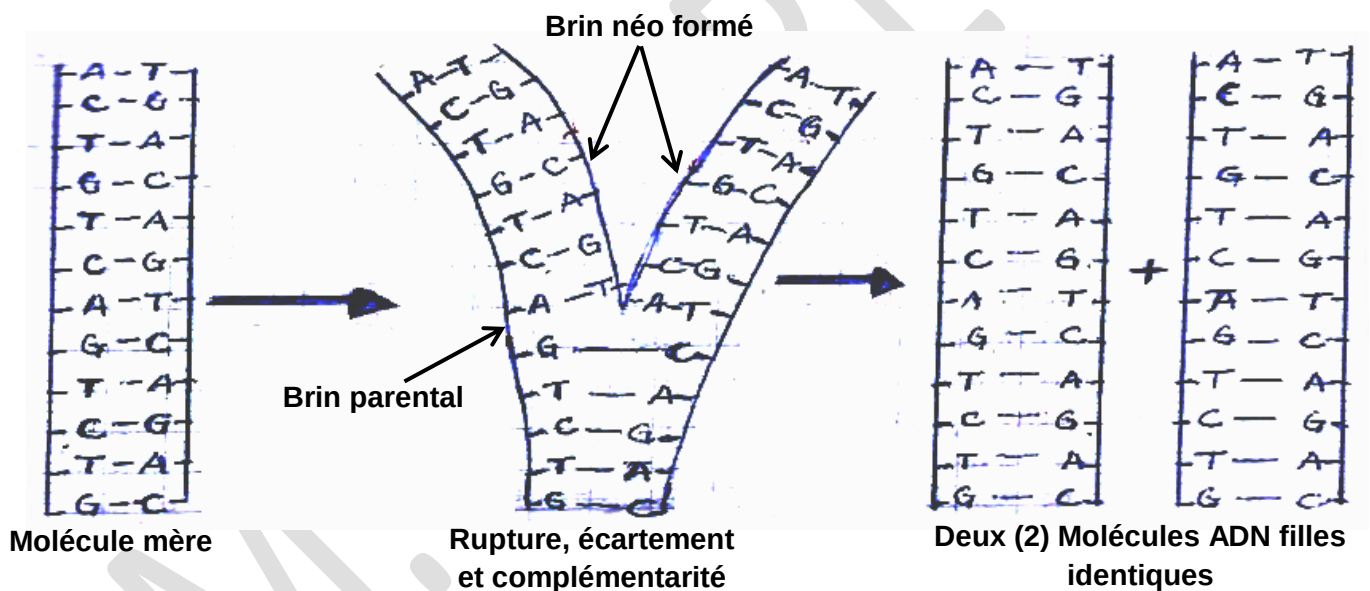
Lors de la duplication de l'ADN, il ya écartement des brins anciens de la molécule mère par suite de la rupture des liaisons d'hydrogène fragiles établies entre les bases grâce à l'hélicase.

chaque brin ancien reconstitue le brin complémentaire en empruntant au nucléoplasme, les nucléotides correspondants grâce à l'ADNpolymerase, des ions Mg^{2+} , de l'ATP.

Ainsi il ya formation de deux molécules filles d'ADN identiques entre elles et à la molécule mère.

De cette façon et entre deux divisions cellulaires la quantité d'ADN double, condition indispensable pour la division de la cellule mère.

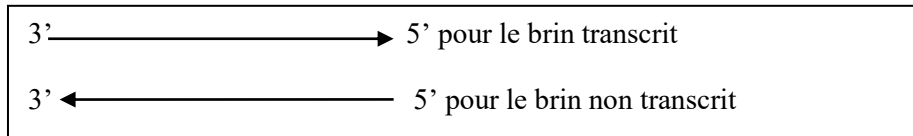
La duplication de l'ADN se fait pendant l'interphase du cycle cellulaire.



NB : les différentes dénominations des brins d'ADN :

Brins d'ADN	
1 ^{er} Brin	2 ^{ème} Brin
-Brin transcrit	-Brin non transcrit
-Brin matrice	-Brin non matrice
-Brin parental	-Brin fils
-Brin ancien	-Brin néoformé
-Brin non codant	-Brin codant
-Brin positif	-Brin négatif
-Brin initial	-Brin final
-Brin antisens	-Brin sens

L'antiparallélisme de l'ADN se matérialise par les liaisons phosphodiester :



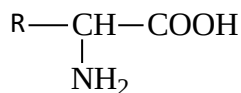
THEME II : EXPRESSION DE L'INFORMATION GENETIQUE.

Notions de protéines et de code génétique.

1. Qu'appelle-t-on protéines ?

Les protéines sont des macromolécules formées par l'enchaînement des acides aminés unis entre eux par des liaisons peptidiques.

Les acides aminés sont des composés organiques constitués d'une fonction acide carboxylique ($-\text{COOH}$) et une fonction amine ($-\text{NH}_2$). Leur formule générale est :



Les acides aminés diffèrent par la nature du radical $-\text{R}$ dans la formule générale.

Exemples : pour $\text{R}=\text{H}$ (glucine) ; pour $\text{R}=\text{CH}_3$ (alanine) ; pour $\text{R}=\text{HS}-\text{CH}_2$ (Cystéine) ; Pour $\text{R}=\text{NH}_2-\text{CO}(\text{CH}_2)_2$ (glutamine)...

Les acides aminés sont liés entre eux dans leur séquence par des liaisons peptidiques.

Comment s'établit une liaison peptidique ?

Lors de la mise en place d'une liaison peptidique, la fonction acide du premier acide aminé réagit avec la fonction amine du deuxième acide aminé entraînant l'élimination d'une molécule d'eau.

Sachant qu'il existe 20 acides aminés naturels, on peut prévoir l'extrême diversité des combinaisons possibles. Pour un dipeptide par exemple on aura :

$20^2=400$ dipeptides différents.

Tableau des 20 acides aminés naturels :

Noms des acides aminés	Symboles	Noms des acides aminés	Symboles
Phénylalanine	PHE	Histidine	HIS
Leucine	LEU	Glutamine	GLN
Isoleucine	ILE	Asparagine	ASN
Thréonine	THR	Lysine	LYS
Méthionine	MET	Acide aspartique	ASP
Valine	VAL	Acide glutamique	GLU
Serine	SER	Arginine	ARG
Proline	PRO	Tryptophane	TRP
Alanine	ALA	Glycine	GLY
Tyrosine	TYR	Cystéine	CYS

Quelle est l'importance des protéines dans l'organisme ?

Les protéines assurent :

- la constitution de la matière vivante ;
- la défense de l'organisme par les anticorps ;
- diverses fonctions physiologiques (cas des hormones, des enzymes) ;
- la formation et l'apparition des caractères phénotypiques extrêmement variés d'un individu.
- la croissance par l'édification tissulaire ;
- la réparation et compensation cellulaire
- la cicatrisation des plaies ;

2- Qu'appelle-t-on code génétique ?

Le code génétique est un système de correspondance entre l'ordre des gènes (séquence des nucléotides de l'ARNm) et l'ordre des protéines(séquence des acides aminés).

Quelles sont les caractéristiques du code génétique ?

- ✓ **Le code génétique est universel** : car le langage est identique chez tous les êtres vivants (animaux et végétaux) même chez les virus (acellulaire) qui ne sont pas de véritables cellules
- ✓ **Le code génétique est redondant ou chevauchant** : si les codons différents codent un même acide aminé.
- ✓ **Le code génétique est non redondant** : si un codon donné correspond toujours à un acide aminé et un seul.
- ✓ **Le code génétique est ambigu** : si la température, les antibiotiques, les solvants sont susceptibles de modifier le codage d'un acide aminé par un triplet.

NB : selon les quatre types de nucléotides de l'ARNm (U, C, A, G) pris trois par trois on a : $4^3=4 \times 4 \times 4=64$ triplet ou codon correspondant chacun à un acide aminé.

Le tableau ci –dessous donne les diverses combinaisons possibles des quatre nucléotides pris trois par trois et leurs « signification ».

TABLEAU DU CODE GENETIQUE					
Deuxieme Lettre					
Première Lettre	T	C	A	G	Troisième Lettre
	TTT } Phe TTC } TTA } Leu TTG }	TCT } TCC } Ser TCA } TCG }	TAT } Tyr TAC } TAA Stop TAG Stop	TGT } Cys TGC } TGA Stop TGG Trp	
	CTT } CTC } Leu CTA } CTG }	CCT } CCC } Pro CCA } CCG }	CAT } His CAC } CAA Gln CAG }	CGT } CGC } Arg CGA } CGG }	
	ATT } Ile ATC } ATA } ATG Met	ACT } ACC } Thr ACA } ACG }	AAT } Asn AAC } AAA Lys AAG }	AGT } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	
	GTT } GTC } Val GTA } GTG }	GCT } GCC } Ala GCA } GCG }	GAT } Asp GAC } GAA Glu GAG }	GGT } GGC } Gly GGA } GGG }	

ROLE HETEROCATALYTIQUE DE L'ADN : BIOSYNTHESE DES PROTEINES.

La biosynthèse des protéines est l'ensemble des processus biochimiques conduisant à l'élaboration des protéines dans les organismes vivants.

Quels sont les acteurs de la biosynthèse des protéines ?

La synthèse des protéines se déroule dans le cytoplasme. Les principaux acteurs sont :

- L'ADN ;
- L'ARNm ;
- Les ribosomes et l'ARNr ;
- Les ARNt ;
- Un fournisseur d'énergie (ATP) ;

- Des synthèses enzymatiques (ADN polymérase, hélicase, ARN polymérase) ;
- Un stock d'acides aminés cytoplasmique.

Quel est le mécanisme de la synthèse des protéines ?

La synthèse d'une protéine fait intervenir deux opérations successives :

1. **La transcription** : est le processus par lequel une information génétique portée sur l'ADN est copiée sur l'ARNm grâce à l'ARN polymérase.
Elle se déroule dans le noyau.
2. **La traduction** : est le passage du langage nucléaire de la molécule de l'ARNm en protéine.
Elle se déroule dans le cytoplasme en trois étapes successives :
 - a) **L'initiation** : correspond à la fixation du premier acide aminé sur le codon initiateur de l'ARNm à l'aide d'un ARN.
 - b) **L'élongation** : correspond à l'allongement de la chaîne polypeptidique au fur et à mesure que les acides aminés sont successivement incorporés dans la chaîne par les ARN de transfert correspondant au fur et à mesure que les ribosomes se déplacent le long de l'ARNm.
 - c) **La terminaison** : est l'arrêt de la synthèse et la libération de la protéine par suite de la rencontre d'un codon stop.

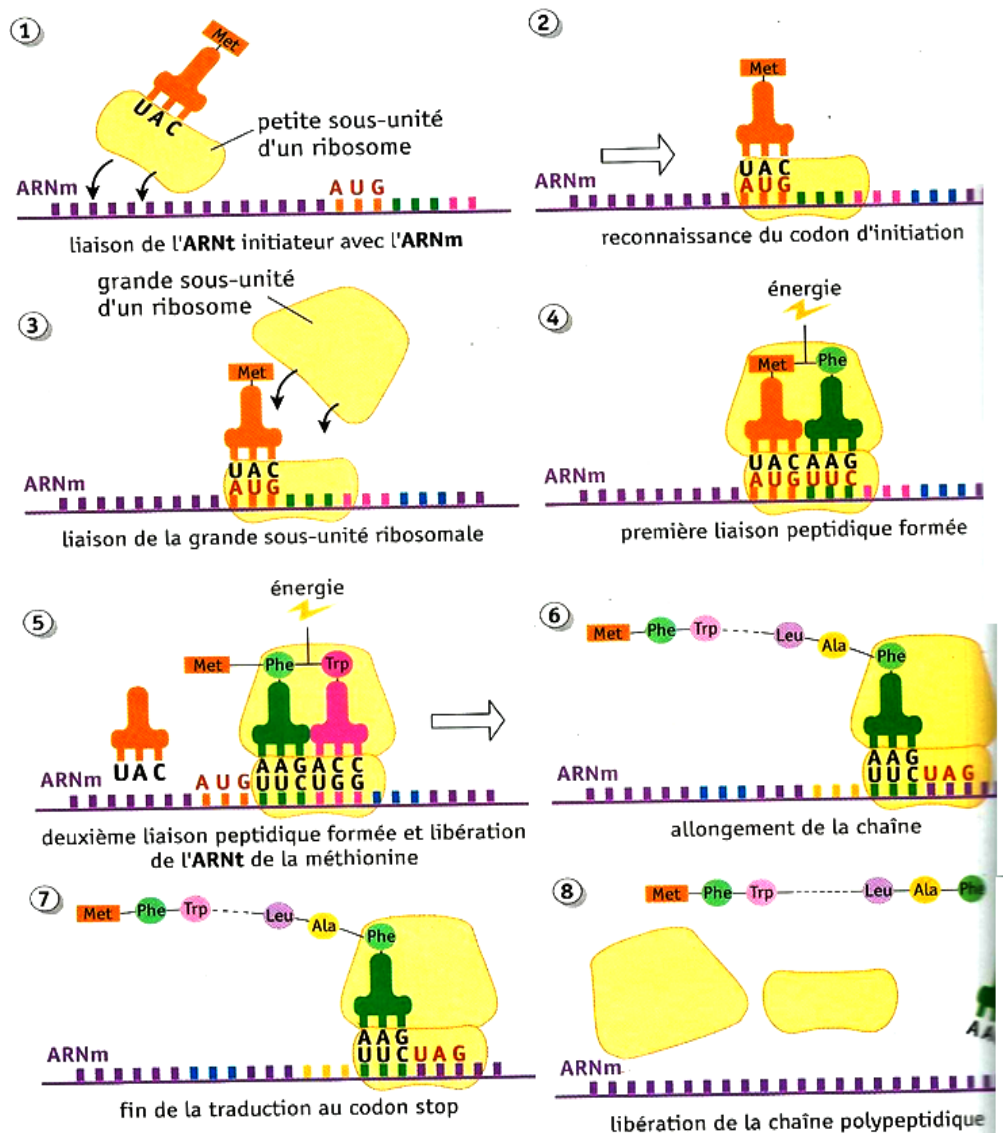
Les étapes de la traduction

On peut décomposer la traduction en trois phases.

- **Phase d'initiation** au cours de laquelle le premier acide aminé de la protéine va se mettre en place sur l'ARNm à l'aide d'un ARNt et de la petite sous-unité du ribosome. Ce premier acide aminé correspondant au codon d'initiation AUG est toujours la méthionine, mais elle sera excisée par la suite, la séquence définitive commençant donc par le deuxième acide aminé. La mise en place de la grande sous-unité permet l'accrochage de ce deuxième acide aminé.

- **Phase d'élongation** : le ribosome va se déplacer comme un curseur sur l'ARNm, mettant en place et reliant les différents acides aminés de la protéine. Sur un polyribosome, de nombreux ribosomes vont effectuer cette opération à la chaîne et permettre la synthèse de nombreuses copies de la protéine. Ainsi, l'ordre des acides aminés correspond à la séquence de l'ARNm et donc à l'information génétique contenue dans l'ADN initial.

- **Phase de terminaison** : le ribosome arrive à un codon stop (UAG par exemple) qui va provoquer la séparation des deux sous-unités du ribosome et la libération de la chaîne protéique.



CHAPITRE II : TRANSMISSION DE L'INFORMATION GENETIQUE

THEME1 : LES DIVISIONS CELLULAIRES

Introduction : les propriétés fondamentales de croissance, de développement et de reproduction des organismes se réalisent par le processus de division cellulaire, au cours de laquelle la cellule assure la transmission des caractères héréditaires d'un individu à l'autre, et d'une génération à l'autre.

Qu'appelle-t-on division cellulaire ?

La division cellulaire est le mécanisme biologique par lequel une cellule mère donne naissance à de nouvelles cellules.

Au cours des divisions cellulaires les chromosomes assurent la transmission et la distribution de l'information génétique entre les cellules.

Quels sont les types de division cellulaire chez L'Homme ?

Chez l'Homme on distingue principalement deux types de division cellulaire : la **Mitose** et la **Méiose**. Mais, toute division cellulaire est précédée d'une phase préparatoire : **Interphase**

Qu'appelle-t-on interphase ?

L'Interphase est la période du cycle cellulaire précédant la mitose. C'est le temps qui s'écoule entre deux divisions cellulaires successives.

Quels sont les caractéristiques de l'interphase ?

L'interphase est caractérisée par :

- l' accroissement du volume cellulaire ;
- la duplication de l'ADN (transcription des gènes) ;
- les chromosomes se présentent sous forme de chromatine (filaments compacts).

Quels sont les subdivisions de l'interphase ?

L'Interphase peut être subdivisée en trois principales phases :

- ✓ **La phase gap1 (G1) :** de l'anglais gap=espace ou intervalle, est la phase pré-synthétique au cours de laquelle le matériel génétique initial reste constant, mais la cellule s'accroît considérablement. C'est la phase la plus longue.
Les chromosomes sont monochromatidien.
- ✓ **La phase de synthèse (S) :** du latin, synthétisa=élaboration ou production, est la phase au cours de laquelle le matériel génétique est dupliqué (taux initiale doublé). Les chromosomes sont monochromatidien et bichromatidien.
- ✓ **La phase gap2 (G2) :** est la phase post-synthèse au cours de laquelle la cellule s'accroît pour une seconde fois et le noyau atteint sa maturité.
Les chromosomes sont bichromatidien.

$\text{INTERPHASE} = \text{G1} + \text{S} + \text{G2}$
--

A- La Mitose ordinaire ou division conforme :

Qu'appelle-t-on mitose ordinaire ?

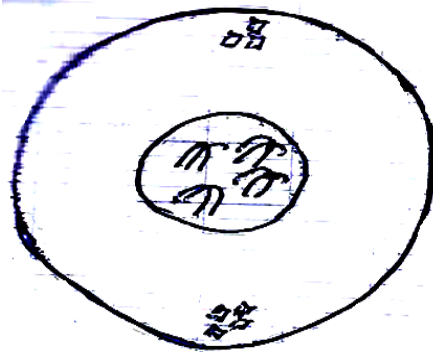
La mitose ordinaire est une division cellulaire équationnelle au cours de laquelle une cellule mère diploïde ($2n$) donne naissance à deux cellules filles diploïdes ($2n$).

Chaque cellule fille a la même quantité de matériel génétique que la cellule mère.

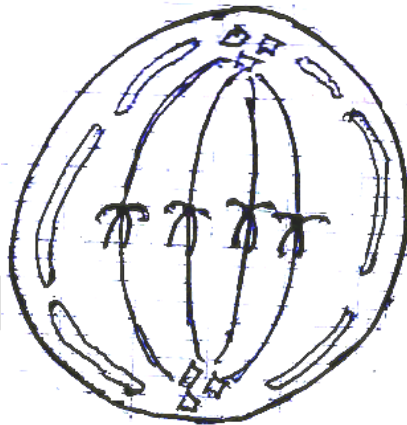
Comment se déroule-t-elle ?

Bien que la Mitose ordinaire soit un phénomène continu, le comportement des chromosomes permet de distinguer quatre phases (PMAT) : Prophase, Métaphase, Anaphase, Télophase.

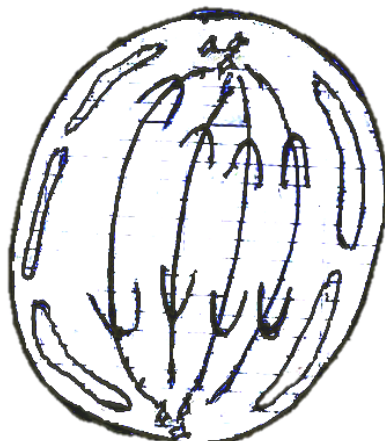
1. **La prophase**, phase la plus longue est caractérisée par :
 - l'individualisation des chromosomes ;
 - le gonflement du noyau ;
 - la disparition de la membrane nucléaire et du nucléole ;
 - la dispersion des chromosomes dans le cytoplasme ;
 - l'apparition d'un fuseau de fibre entre les deux pôles de la cellule avec désorganisation du centrosome.



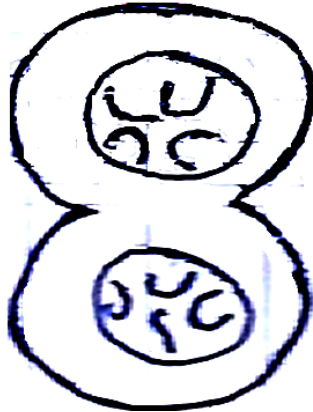
2. **La Métaphase**, de courte durée est caractérisée par :
 - la formation de la plaque équatoriale ;
 - le regroupement des chromosomes dans le plan équatorial.



3. **L'Anaphase**, caractérisée par :
 - la séparation des chromatides de chaque chromosome par suite du clivage du centromère ;
 - la migration en sens opposé des deux chromatides de chaque chromosome, de telle sorte qu'à chaque pôle de la cellule on a $2n$! Non fissurés.

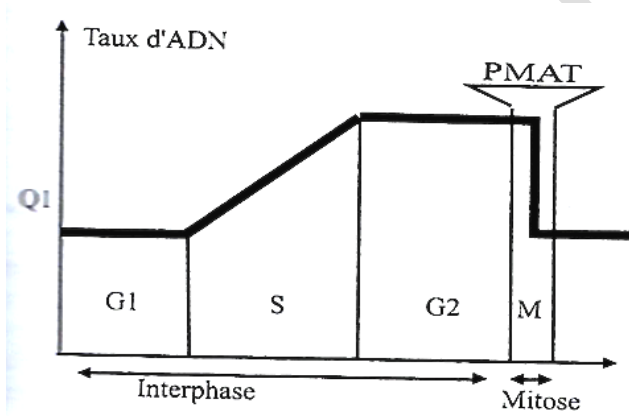


4. **La Télophase**, inverse de la prophase, est caractérisée par :
- la formation d'un noyau fils à chaque pôle avec décondensation des chromosomes sous forme de chromatine ;
 - la formation de la membrane nucléaire et des nucléoles;
 - la disparition du fuseau avec réorganisation du centrosome.
 - la formation de deux cellules filles rigoureusement identique entre elle et à la cellule mère.
- Cellule mère ($2n$!) $\longrightarrow$ 2 Cellules filles($2n$!)**



NB : la Mitose exige au préalable le dédoublement (duplication) de la molécule d'ADN. Cette duplication se déroule pendant l'interphase au cours d'une période S comprise entre deux périodes G1 et G2, comme l'indique le graphe ci-dessous (pour plus de détail voir notion de cycle cellulaire).

Variation du taux d'ADN au cours d'un cycle cellulaire :



NOTION DE CYCLE CELLULAIRE :

Le cycle cellulaire est l'ensemble des périodes successives conduisant à la division d'une cellule. Il composé de l'interphase et de la mitose.

CYCLE CELLULAIRE = Interphase + Mitose

La Mitose : est un phénomène continu, pour faciliter la compréhension de son déroulement, les biologistes l'ont divisé en quatre phases selon l'aspect des chromosomes : Prophase, Métaphase, Anaphase, Télophase (PMAT).

La mitose dure une à trois heures selon les espèces.

NB : pour l'espèce humaine elle dure une heure.

MITOSE = P + M + A + T

B- La Méiose ou division non conforme.

Qu'appelle-t-on méiose ?

La méiose est une division cellulaire réductionnelle au cours de laquelle une cellule mère diploïde ($2n$!) donne naissance à quatre cellules filles haploïdes (n !).

Chaque cellule fille a la moitié de la quantité du matériel génétique de la cellule mère.

Comment se déroule-t-elle ?

La méiose est un ensemble de deux mitoses successives comportant chacune quatre phases (PMAT).

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

1) La première division méiotique ou mitose réductionnelle.

- **La Prophase 1**, caractérisée par l'appariement des chromosomes homologues formant des tétrades. Vers la fin de la prophase1, des échanges de segments homologues peuvent se produire entre les chromatides de deux chromosomes appariés. Ces échanges, appelés **Crossing-over** se réalise au niveau des chiasmas qui sont les chevauchements entre chromatides non sœurs.
- **La Métaphase1** : caractérisée par le regroupement des paires de chromosomes homologues dans le plan équatorial.
- **L'Anaphase1** : caractérisée par la séparation des chromosomes homologues de chaque tétrade par suite de la rupture du chiasma et leurs migrations polaire en sens opposé.
- **La Télophase1** : caractérisée par la formation de deux cellules filles haploïdes à (n !) bichromatidien.

2) La deuxième division méiotique ou mitose équationnelle.

Les phases de la mitose équationnelle de méiose ont les mêmes caractéristiques que celles d'une mitose ordinaire, à la différence près du nombre de chromosome qui est de n !.

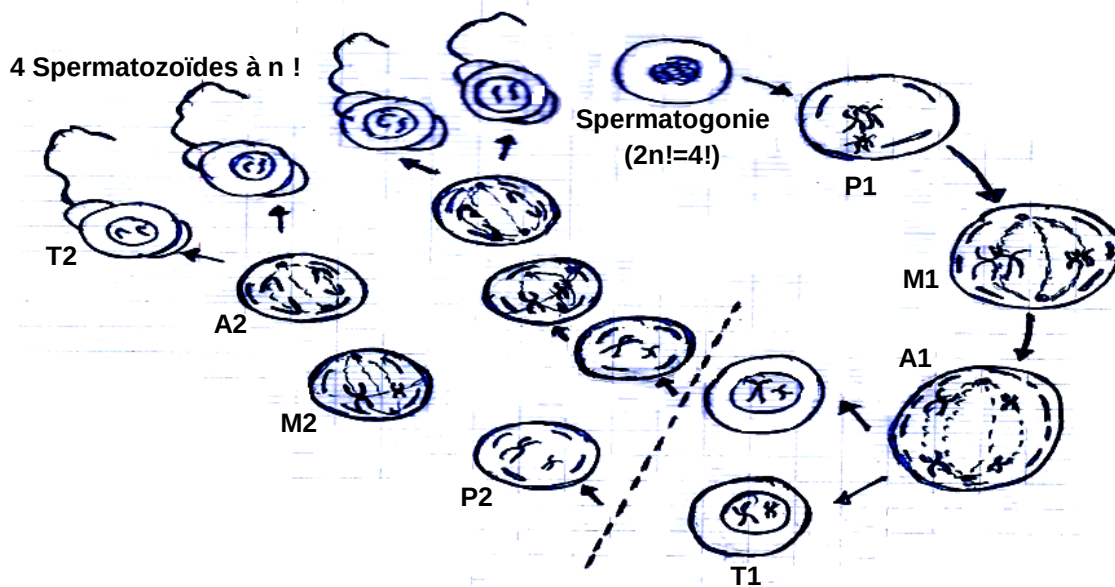
- **La Prophas2** : phase identique à la prophase ordinaire, mais brève car les chromosomes resteront compactes.
- **La Métaphase2** : les chromosomes se placent sur le plan équatorial.
- **L'Anaphase2** : les chromatides de chaque chromosome se séparent par suite du clivage du centromère et migrent vers les deux pôles opposés de la cellule.
- **La Télophase2** : chaque cellule se sépare en deux, formant ainsi quatre cellules à (n !) monochromatidien.

A l'issue de la deuxième division de méiose, on obtient quatre cellules filles à (n !) monochromatidien.

Cellule mère ($2n$!) → **4 Cellules filles (n !)**

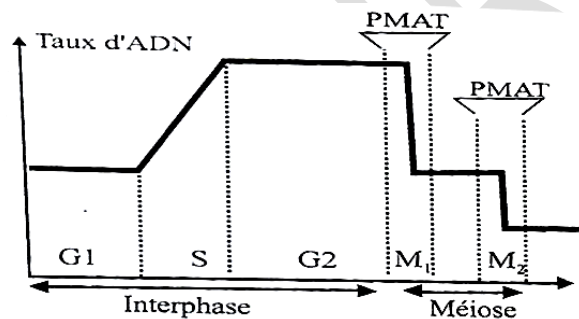
Observation de schémas :

Soit une cellule germinale (spermatogonie) à garniture chromosomique $2n != 4 !$, en méiose.



NB : la méiose exige également, la duplication de la molécule d'ADN. Cette duplication se fait une fois, pendant l'interphase qui précède la division réductionnelle où méiose.

Le graphe ci-dessous traduit du taux d'ADN au cours d'une méiose.



Quelle est l'importance biologique de la mitose et de la méiose ?

Le tableau ci-dessous résume l'importance biologique de la mitose et de la méiose chez l'Homme comme exemple.

Types de divisions	Importance biologique
MITOSE	-la croissance des organes ; -le renouvellement des cellules usées ; - la cicatrisation des plaies ; -le remplacement des cellules mortes ;
MEIOSE	-la formation des gamètes (cellules sexuelles) ; -la formation des individus originaux par le brassage chromosomique.

Quelle est la différence entre la mitose et la méiose ?

Le tableau ci-dessous résume la différence entre la mitose et la méiose.

MITOSE	MEIOSE
-s'effectue dans tous les organes où les cellules sont remplaçables ; -ne change pas le nombre de chromosome ; -constituée d'une seule division avec 4 phases ; -conduit à 2 cellules filles diploïdes ;	-n'a lieu que dans les gonades (testicule ou ovaire) ; -réduit de moitié le nombre de chromosome dans les cellules sexuelles ; -constituée de 2 divisions avec 8 phases ; -conduit à 4 cellules filles haploïdes.

LES CARACTERES HEREDITAIRES ET LEURS TRANSMISSIONS.

Grace aux expériences d'hybridation réalisées sur les pois, **Gregor MENDEL** découvre les lois fondamentales de l'hérédité appelée lois de **MENDEL**. Ces lois sont au nombre de trois :

1^{ère} loi (loi d'uniformité des hybrides à la F1) :

Énoncé : « Le croisement de deux individus de race pure différents par un ou plusieurs caractères héréditaires donne à la F1 des hybrides tous identiques phénotypiquement et génotypiquement identiques, soit ils rappellent le caractère d'un des parents (cas de dominance), soit ils réalisent une forme intermédiaire (cas de Co dominance) ».

Exception à cette loi (ou limite) : l'hérédité liée au sexe.

2^{ème} loi (loi de la ségrégation à la F2) :

Énoncé : « Quand on fait l'autofécondation des hybrides de la F1, on assiste à une hétérogénéité des individus à la F2 s'expliquant par la disjonction des allèles au moment de la formation des gamètes.

»

3^{ème} loi (loi de la libre recombinaison des gènes) :

Énoncé : « Quand on autocroise les hybrides de la F1 dans les cas de poly-hybridisme, on assiste à l'apparition des phénotypes nouveaux à la F2, s'expliquant par une séparation indépendante et une libre recombinaison des différents couples d'allèles ».

Exception à cette loi (ou limite) : cas de linkage.

THEME 2: LA TRANSMISSION D'UN SEUL CARACTERE HEREDITAIRE : LE MONOHYBRIDISME AUTOSOMAL.

Qu'appelle-t-on monohybridisme autosomal?

Le mono hybridisme autosomal est le croisement de deux individus, différents par un seul caractère héréditaire dont le gène est porté par un autosome.

C'est la transmission d'un seul caractère héréditaire.

Exemples : une souris noire X une souris blanche (le caractère étudié est la couleur) ;

Une drosophile à antennes longues X une drosophile à antennes courtes (le caractère étudié est la taille).

Qu'appelle-t-on caractère héréditaire ?

Un caractère héréditaire est une particularité morphologique ou physiologique transmissible des parents aux descendants. **Exemples** : Couleur, taille, forme, nature, aspect, groupe sanguin,...

Quelles sont les prévisions mendéliennes en monohybridisme autosomal ?

(Proportions ou statistiques à la descendance)

Au cours du mono hybridisme autosomal:

- ✓ Le croisement des parents de race pure ($P \times P = F_1$) fournit à la première génération (F_1) des hybrides tous identiques phénotypiquement et génotypiquement (première loi de MENDEL)
- ✓ L'auto fécondation ($F_1 \times F_1 = F_2$) avec un mono hybridisme de type dominant fournit à la deuxième génération F_2 des hybrides qui sont hétérogènes en proportion phénotypique $3/4-1/4$ soit 75 %-25% (2^{ème} loi de MENDEL).
- ✓ L'autofécondation ($F_1 \times F_1 = F_2$) avec un mono hybridisme de type codominant donne à la F_2 des hybrides qui sont hétérogènes en proportion phénotypique $1/4-2/4-1/4$ soit 25%-50%-25% (2^{ème} loi de MENDEL)

- ✓ Le test cross ($F_1 \times F_0$ récessif = F_2) d'un monohybridisme de type dominant ou codominant donne à la F_2 des hybrides hétérogènes en proportion phénotypique 2/4-2/4 soit 50%-50%.
- ✓ L'auto fécondation ($F_1 \times F_1 = F_2$) avec un mono hybridisme de type dominant présentant un cas de **gène léthal** (non viable à l'état homozygote) donne à la F_2 des hybrides hétérogènes en proportion phénotypique 2/3-1/3 à la place de 3/4-1/4.

A retenir: les règles du croisement.

- lors du croisement, le caractère héréditaire qui se manifeste chez les hybrides de la première génération (F_1) en portion élevée est le caractère dominant (présenté par une lettre majuscule) et celui resté latent est appelé caractère récessif (désigné par une lettre minuscule).
Chaque caractère héréditaire est déterminé par deux lettres (allèles) car dans l'organisme chaque gène est en double exemplaire sur les chromosomes homologues.
- L'écriture du génotype implique l'utilisation de symboles.
S'il ne vous est pas imposé par le sujet, vous devez indiquer clairement celui que vous utilisez.
Le symbolisme le plus immédiat consiste à prendre des initiales du caractère envisagé et utilisé en majuscule pour l'allèle dominant et en minuscule pour l'allèle récessif.
Exemple : le croisement d'une drosophile de race pure à antennes longue avec une drosophile également de race pure à antennes courtes donne à la F_1 des drosophiles uniquement à antennes longues.
Symbolisme et génotype : longue=L ; courte=c ;
 $LL \times cc \longrightarrow Lc$ 100% antennes longues.
Un autre symbolisme souvent utilisé consiste à désigner les allèles d'un gène par la même lettre. On prend une seule initiale, celle correspondant au phénotype récessif en lettre minuscule et on la reconduit à celui du phénotype dominant en lettre majuscule.
 $CC \times cc \longrightarrow Cc$
- Le génotype est mis entre parenthèse et le phénotype entre crochet :
 $(LL) ; (cc) \longleftrightarrow \left[L \right] ; \left[c \right]$
- Pour le cas du dihybridisme, l'écriture du génotype peut aussi indiquer si deux gènes sont situés sur deux chromosomes différents ou sur un même chromosome. Pour cela, on utilise les barres de fraction discontinues si les gènes sont indépendants (situés sur deux chromosomes différents), continues s'ils sont liés (situés sur le même chromosome).
 $(L//L D//D)$ (Gènes indépendants)
 $(LD//LD)$ (gènes liés sur un même chromosome).
On peut également écrire le génotype sans utiliser les barres de fraction en l'écrivant linéairement.
Exemple : (LLDD).
NB : mais en cas de linkage (liaison des gènes sur un même chromosome) des barres de fraction deviennent obligatoires.

Les démarches de résolution d'un exercice classique de croisement :

- Déterminer le nombre de caractère étudié chez chaque parent (il s'agit du mono ou du dihybridisme ?);
- Déterminer la dominance des caractères (dominance simple ? dominance totale ? dominance intermédiaire dominance partagée ?) ;
- Déterminer la pureté de race des parents (homozygotes ? hétérozygotes ?) ;
- Faire le choix des allèles(ou symboles) des différents phénotypes ;
- Ecrire les génotypes des parents ;
- Faire les croisements en étudiant les proportions phénotypiques et génotypiques si nécessaire.

THEME 3 : LA TRANSMISSION DE DEUX CARACTERES HEREDITAIRES (LE DIHYBRIDISME).

Qu'appelle-t-on dihybridisme ?

Le dihybridisme est le croisement de deux individus différents par deux caractères héréditaires. C'est l'étude de la transmission de deux caractères héréditaires.

Quels sont les types de dihybridisme ?

Selon la localisation des gènes sur les chromosomes, on distingue deux types de dihybridisme :

- le dihybridisme à ségrégation indépendante (DSI) : les gènes non liés ;
- le dihybridisme avec linkage (DL) : les gènes sont liés, donc situés sur le même chromosome.

Mais dans ce présent cours, nous nous accentuerons sur le dihybridisme à ségrégation indépendante.

CAS DU DIHYBRIDISME A SEGREGATION INDEPENDANTE (DSI).

Qu'appelle-t-on dihybridisme à ségrégation indépendante ?

Le dihybridisme à ségrégation indépendante est le croisement de deux parents transmettant 2 gènes chacun, mais non liés (situés donc sur les chromosomes différents).

Exemple : drosophile antennes longues-ailer droites X drosophiles antennes courtes-ailer arquées (les caractères étudiés chez chaque parents sont la **taille** et la **forme**).

Le génotype s'écrit : soit deux caractères A et B, on a : $(\frac{A}{A} \frac{B}{B})$ ou (AABB).

Quelles sont les prévisions Mendéliennes en dihybridisme à ségrégation indépendante ?

Au cours du dihybridisme à ségrégation indépendante :

- le croisement des parents de race pure (bihomogygote) : $F_0 \times F_0 = F_1$, donne à la première génération F_1 des hybrides tous identiques phénotypiquement et génotypiquement (première loi de MENDEL).
- L'auto fécondation ($F_1 \times F_1 = F_2$) avec un dihybridisme à ségrégation indépendante de type dominant donne quatre types de phénotypes à la F_2 en proportion : 9/16-3/16-3/16-1/16. On constate que la F_2 est hétérogène et renferme les phénotypes nouveaux (2^{ème} et 3^{ème} loi de MENDEL).
- L'auto fécondation ($F_1 \times F_1 = F_2$) avec un dihybridisme à ségrégation indépendante de type codominant donne à la F_2 , plus de quatre phénotypes selon les cas.
- Le test cross ($F_1 \times F_0$ birécessif) d'un dihybridisme à ségrégation indépendante donne à la F_2 quatre types de phénotypes en proportion presque identiques : 1/4-1/4-1/4-1/4 soit 25%-25%-25%-25%.

THEME 4 : LA TRANSMISSION DE DEUX GENES LIES : LINKAGE.

Qu'appelle-t-on linkage ?

Le linkage est la liaison des gènes sur le même chromosome.

Qu'appelle-t-on dihybridisme avec linkage ?

Le dihybridisme avec linkage est la transmission de deux gènes situés sur le même chromosome.

Le génotype s'écrit : soit deux caractères A et B, on a : $(\frac{AB}{AB})$.

Quels sont les types de linkages ?

Selon les fréquences à la descendance d'un cas de test cross, on distingue deux types de linkage :

- **Le linkage partiel** : apparition de quatre nombres identiques deux à deux à la descendance.
- **Le linkage total** : apparition de deux nombres identiques à la descendance.

NB : dans ce contexte, on distingue trois catégories de dihybridisme (le dihybridisme à ségrégation indépendante, le dihybridisme avec linkage partiel et le dihybridisme avec linkage total.)

Comment reconnaît-on ces trois types de dihybridisme ? Comment déterminer la position des gènes sur les chromosomes (liés ou non) ?

Les résultats d'un test cross nous permettent de déterminer facilement si deux gènes sont liés ou non :

- 1) Si le pourcentage des phénotypes parentaux est identique au pourcentage des phénotypes recombinés (nouveaux) : les gènes sont indépendants, non liés. (4 nombres tous identiques à la descendance) : (il s'agit du **dihybridisme à segregation indépendante**)
- 2) Si le pourcentage des phénotypes parentaux est plus élevé que celui des phénotypes recombinés (4 phénotypes identiques 2 à 2) : les gènes sont liés avec un taux de recombinaison par crossing over (il s'agit du **dihybridisme avec linkage partiel**).
- 3) Si la descendance ne compte que des phénotypes parentaux, pas de phénotypes recombinés (2 nombres identiques) : les gènes sont totalement liés (il s'agit du **dihybridisme avec linkage total**), pas de crossing over.

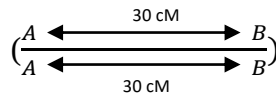
NB : la distance génétique (**dg**)=pourcentage de recombinaison (**p_r**).

On détermine le pourcentage de recombinaison (P) par la relation suivante :

$$P_r = \frac{\text{Nombre recombiné}}{\text{Nombre total}} \times 100$$

Soit $P_r = 30\%$ donc $dg = 30\text{cM}$

Carte factorielle :



Remarque : en cas de linkage, pour écrire le génotype on prend soins de mettre les allèles sur des barres de fraction. Exemple : $\left(\frac{AB}{AB}\right)$.

Mais assez souvent, vous ne pourrez écrire les génotypes à l'aide de barres de fraction en début de devoir car vous ne saurez pas si les gènes sont liés ou non ; l'exercice vous le prouvera lors de votre progression et, c'est là que vous devrez effectivement utiliser les barres de fraction.

**THEME 5 : LA TRANSMISSION D'UN GENE LIE AU SEXE
(MONOHYBRIDISME GONOSOMALE OU HEREDITE LIEE AU SEXE).**

1) Quand dit-on qu'un caractère héréditaire est lié au sexe ?

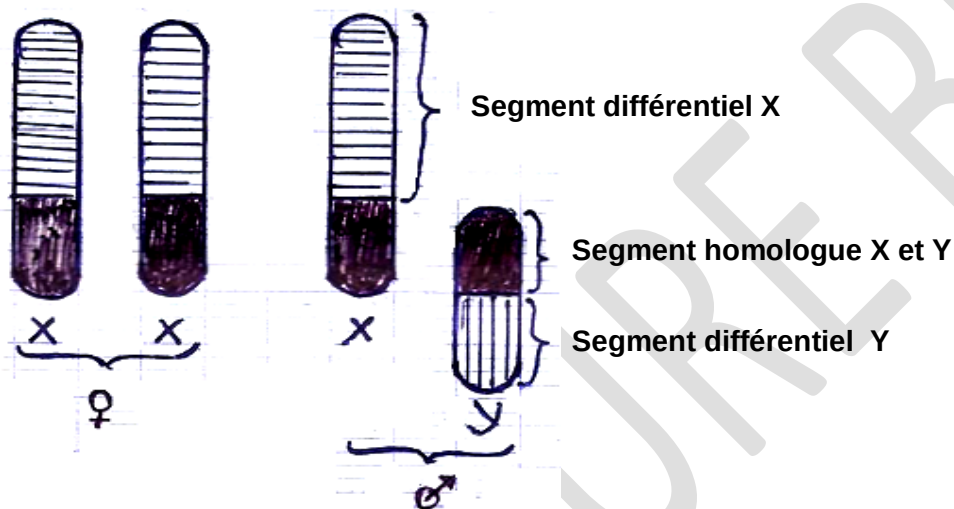
On dit qu'un caractère héréditaire est lié au sexe, lorsque le gène responsable de la transmission de ce caractère est situé sur l'un des chromosomes sexuels (X ou Y).

2) Comment reconnaître une hérédité liée au sexe ?

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

- le croisement des individus de race pure donne une F1 hétérogène ;
- le croisement réciproque donne des résultats différents (femelle A x male B $\neq$ male A x femelle B) ;
- dans la descendance, le phénotype varie en fonction du sexe de l'individu (gène porté sur le chromosome X)

3) Morphologie des chromosomes sexuels X et Y.



-tout gène localisé sur le segment différentiel X n'aura pas son équivalence sur Y.

-tout gène localisé sur le segment différentiel Y n'aura pas son équivalence sur X.

-chez l'homme on connaît quelques gènes situés sur le segment différentiel Y, dans ce cas le caractère ne s'exprime que chez les males. Il est donc transmis de père en fils.

Ces gènes liés au chromosome Y sont appelés « holandriques ».

Exemple : hypertrichose des oreilles.

NB : le segment différentiel Y porte rarement un gène chez les mammifères et la drosophile.

L'hérédité liée au sexe est principalement transmise par le chromosome X.

Pour traduire les cas d'hérédité liée au sexe, on utilise les lettres X et Y (qui désignent les chromosomes sexuels) pour écrire le génotype.

Exemples : cas des drosophiles à yeux rouges : rouge=R

Femelle $X^R X^R$; male $X^R Y$

4) Les chromosomes sexuels et les gamètes chez les espèces.

a) Chez les mammifères et les drosophiles :

- les males sont hétérogamétiques : XY
- les femelles sont homogamétiques : XX

b) Chez les oiseaux, les insectes, les papillons, les vers à soies :

- les males sont homogamétiques : XX
- les femelles sont hétérogamétiques : XY

NB : chez les volailles :

- le coq est homogamétique : XX ou WW
- la poule est hétérogamétique : XO ou WO

THEME 6: MUTATIONS ET SOMATIONS

I)

Les mutations.

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

Une mutation est une modification brusque et héréditaire subie par un gène ou un chromosome.

Effet : les mutations entraînent l'apparition des individus ayant des nouveaux caractères : ce sont des **mutants**. **Exemple :** albinos dans une descendance.

2) Quelles sont les causes des mutations (mutagènes) ?

Les mutations sont principalement dues aux facteurs (ou agents) physiques (rayon X, β , δ , UV, α ...) et aux facteurs chimiques (acide nitreux, éther, formol, colchicine, 5 bromo-uracile, acridines...)

3) Quels sont les différents types de mutations ?

On peut classer les mutations en trois catégories selon le niveau auquel se situe le changement dans la structure du matériel génétique ; ce sont :

a) La mutation génique ou factorielle ou ponctuelle : c'est la modification d'un seul gène.

Exemple : drépanocytose, albinisme.

Quels sont les types de mutation génique ? Ce sont :

➤ Selon les modalités de modification dans le gène, on distingue :

- **La substitution :** est le remplacement d'un nucléotide par un autre dans le gène.
 - **La délétion :** est la perte ou la suppression d'un nucléotide dans le gène.
 - **L'addition (ou insertion) :** est l'ajout d'un nucléotide supplémentaire dans le gène.
 - **L'inversion :** est le retournement de la séquence des nucléotides dans le gène.
- Selon les conséquences de ces mutations géniques sur la structure de la protéine synthétisée, on distingue :
- **La mutation faux sens :** est une mutation génique qui change la structure de la protéine par remplacement d'un acide aminé par un autre. Cela peut rendre la protéine traduite non fonctionnelle.
 - **La mutation silencieuse :** est une mutation génique qui ne modifie pas la structure de la protéine synthétisée. On dit alors que mutation est synonyme.
 - **La mutation non-sens :** est une mutation génique qui conduit à un codon stop. La protéine synthétisée serait complète et elle généralement non fonctionnelle.

b) La mutation chromosomique : est la modification de la structure du chromosome.

On distingue quatre types de mutations chromosomiques :

- **La délétion :** est la suppression d'un fragment de chromosome.
- **L'inversion :** est le retournement des segments de chromosome après cassure.
- **L'addition (insertion) :** est l'ajout d'un fragment de chromosome dans un autre chromosome.
- **La translocation :** est l'échange de segment entre deux chromosomes. C'est le cas des crossing over en prophase 1.

c) La mutation génomique ou ploïdique: est la modification du caryotype. Elle est due à des anomalies de méiose. Elle aboutit à la polyploïdie et à certaines haploïdies.

-dans la polyploïdie, le nombre de chromosome augmente dans le noyau cellulaire ($2n + 1$).

Exemples : trisomie 21, syndrome de klinefelter, super fille, super garçon...

-dans l'haploïdie le nombre de chromosome diminue dans le noyau cellulaire ($2n - 1$).

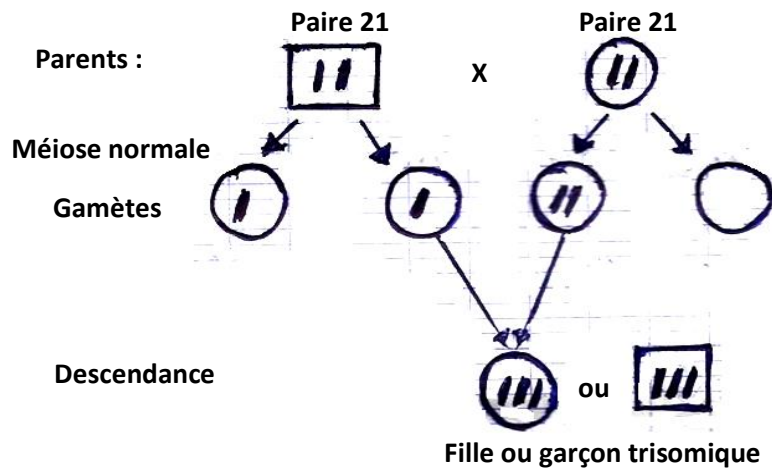
Exemple : syndrome de Turner.

LES ANOMALIES CHROMOSOMIQUES.

Les anomalies chromosomiques sont des modifications de structure des chromosomes ou du caryotype. L'observation du caryotype permet d'en déceler certaines.

1) Cas des autosomes.

La trisomie 21 (ou mongolisme ou syndrome de Down)

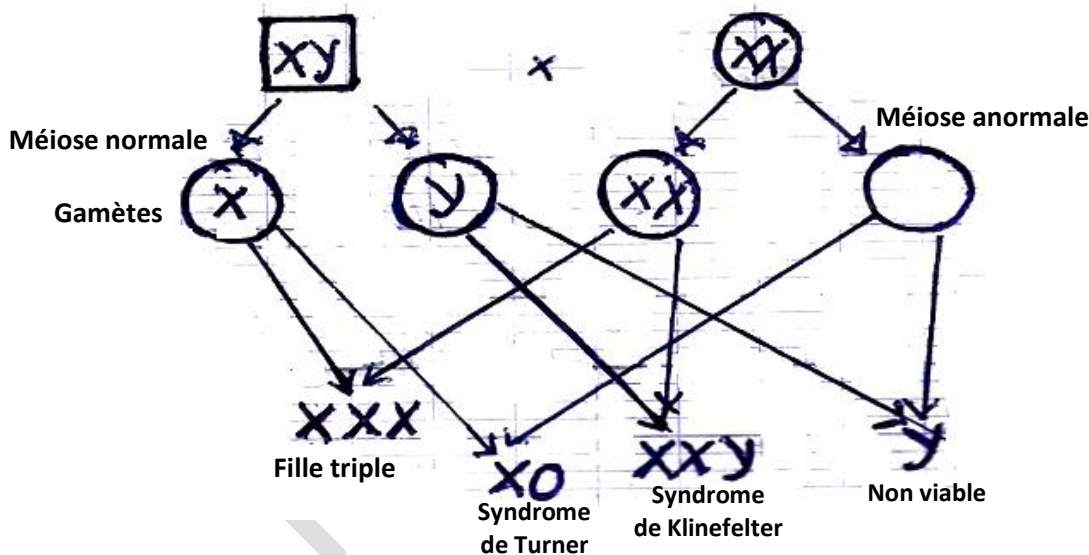


Caryotype : $47 \neq 45 + 2$

Fréquence : 18/10000

Caractéristiques : tête ronde, face aplatie, yeux étroits et oblique, petite taille, ...

2) Cas des gonosomes.



a) Syndrome de Turner

Caryotype : $(2n - 1) : 45 \neq 44 + XO$

Fréquence : 4/10000

Caractéristiques : aspect féminin, ovaires petits ou absents, petite taille, stérilité, absence de règles.

b) Syndrome de klinefelter.

Caryotype : $(2n + 1) : 47 \neq 44 + XXY$

Fréquence : 20/10000

Caractéristiques : aspect masculin, testicules petits ou absents, grande taille, épaule large, hanche large, stérilité, diminution de la libido, érection de longue durée.

c) **Trisomie XYY (super garçon).**

Caryotype : $(2n + 1) : 47 \neq 44 + XYY$

Fréquence : 20/10000

Caractéristiques : homme normal, agressif, tendance à la criminalité.

d) **Trisomie XXX (super fille).**

Caryotype : $(2n + 1) : 47 \neq 44 + XXX$

Fréquence : 1/8000

Caractéristiques : arriération mentale, fertile, cycles mensuels irréguliers.

4) Importance des mutations.

Les mutations permettent :

-l'évolution des organismes vivants (formation de nouvelles variétés, races, espèces...).

-l'accroissement des rendements des cultures (agriculture), de la productivité animale (dans les élevages) : ce sont des organismes génétiquement modifiés=OGM.

NB : si les mutations est importantes en Biologie, elle engendre aussi des inconvénients. Elles sont à la base de diverses maladies génétiques. Exemples : drépanocytose, albinisme...

II- Les somations.

1) Qu'est-ce que la somation ?

Les somations sont des modifications du phénotype dues à des conditions du milieu. Elles ne sont pas héréditaires. Elles ne touchent que le soma de l'individu d'où le nom **somation**.

Exemples : changement de coloration de la peau ; modification du feuillage d'une plante.

2) Quels sont les facteurs des somations ?

Les somations sont dues aux facteurs abiotiques (climat, température...) et aux facteurs biotiques (alimentation...).

Quelle est la différence entre la mutation et la somation ?

Le tableau ci-dessous résume la distinction entre mutation et somation :

Mutation	Somation
modification brusque et héréditaire du génotype	modification du phénotype
transmissible à la descendance	non transmissible à la descendance
tues aux mutagènes physico-chimiques	dues aux facteurs du milieu
modification affectant le matériel génétique	modification affectant le soma

THEME 7: GENETIQUE HUMAINE.

Transmission de quelques caractères.

La transmission des caractères héréditaires chez l'Homme est semblable à celle des caractères héréditaires chez les autres êtres vivants.

L'étude de la transmission de certains caractères est rendu possible grâce à l'analyse de pédigrée (arbre généalogique).

1) Détermination génétique du sexe de l'enfant.

Au moment de la formation des gamètes, c'est le spermatozoïde qui détermine le sexe du futur enfant.

L'union des gamètes mâle et femelle se fait au hasard, ce qui explique l'équiprobabilité de l'apparition de deux sexes à la descendance.

- ✓ Lorsqu'un spermatozoïde porteur du chromosome Y fusionne avec l'ovule X, la cellule-œuf XY qui en résulte aboutira à un **sexe masculin**.
- ✓ Lorsqu'un spermatozoïde porteur du chromosome X fusionne avec l'ovule X, la cellule-œuf XX qui en résulte donnera naissance à un **sexe féminin**.

Croisement :

Parents : male XY x femelles XX $\longrightarrow$ 50%XX=filles et 50%XY=garçons

NB : les derniers travaux ont montré que le chromosome Y est masculinisant, cela, grâce au TDF (Testis-Determining-Factor) que se chromosome porte.

2 Hérité des groupes sanguins.

a) Le système ABO.

Dans le système ABO il ya deux antigènes (protéines) naturels A et B qui correspondent à deux anticorps naturels : anticorps anti α et anticorps anti β . (**Tableau 1**)

Le gène responsable de la synthèse de ces deux protéines membranaires des hématies est situé sur la 9^{ème} paire de chromosome.

Dans ce système, il ya 3 allèles A, B et O. Les allèles A et B sont codominant entre eux et O est récessif.

Pour ce système il existe 4 phénotypes et 6 génotypes. (Tableau 2)

Tableau 1

Antigène des hématies	Groupe sanguin	Anticorps du sérum
A	A	Anticorps anti α
B	B	Anticorps anti β
A et B	AB	Néant
O	O	Anticorps anti α et β

Tableau 1

Phénotype	Génotype(s)
A	(AA) ou (AO)
B	(BB) ou (BO)
AB	(AB)
O	(OO)

b) Le système rhésus (Rh) :

Le système rhésus est sous la dépendance d'un gène autosomal situé sur la première paire de chromosome dont on connaît deux allèles : Rh⁺ et Rh⁻.

L'allèle Rh⁺ est dominant et l'allèle Rh⁻ est récessif.

Pour ce système, il existe 2 phénotypes et 3 génotypes.

Phénotypes	Génotypes
Rh ⁺	Rh ⁺ Rh ⁺ ou Rh ⁺ Rh ⁻
Rh ⁻	Rh ⁻ Rh ⁻

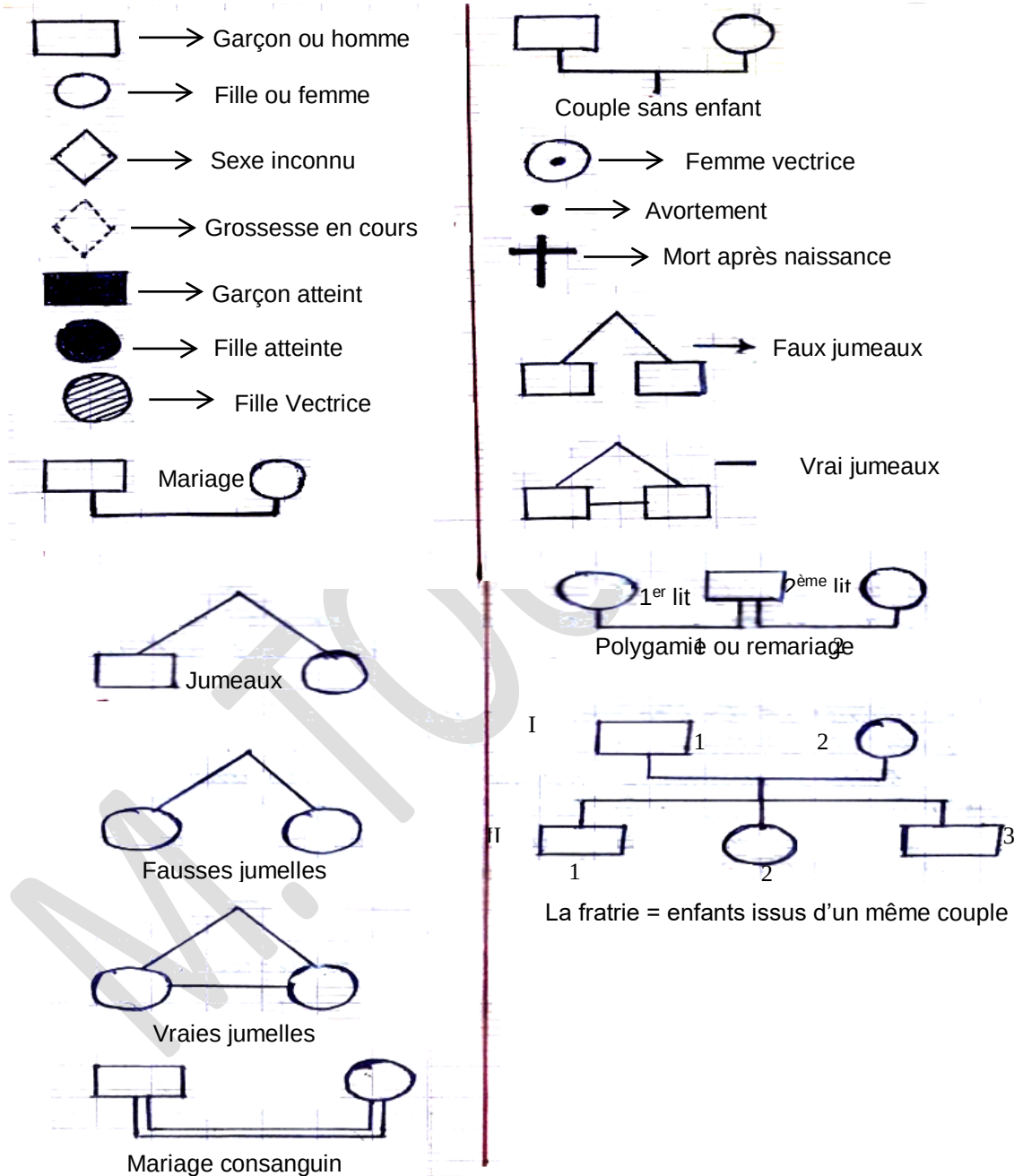
NB : lorsqu'une mère Rh⁻ porte un enfant Rh⁺ sans précaution préalable, il se produit des incompatibilités materno-fœtales.

En cas de mélange de sang entre l'enfant et la mère , le système immunitaire de la mère produit 15 jours après l'accouchement les anticorps anti- rhésus qui détruiront les hématies des prochains fœtus Rh⁺ : c'est la maladie hémolytique du nouveau-né.

3 La notion de pédigrée (arbre généalogique).

Le pédigrée est la représentation schématique d'une famille. Il permet de suivre le mode de transmission d'un caractère héréditaire de génération en génération.

L'établissement d'un arbre généalogique (pédigrée) impose l'utilisation d'un certains symboles dont entre autres :



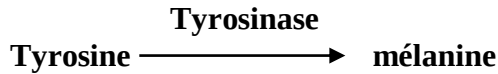
4 LES MALADIES HEREDITAIRES.

Une maladie est une altération de la santé physique ou mentale.

Certaines maladies sont non héréditaires (non transmissibles à la descendance) et d'autres sont héréditaires (se transmettent à la descendance).

L'Albinisme.

L'albinisme : (du latin, albus=blanc) est une maladie héréditaire récessive autosomale due à l'absence d'un pigment (mélanine) dont la synthèse est bloquée par l'absence d'une enzyme (tyrosinase).



L'albinisme est caractérisé par la dépigmentation de la peau, des cheveux, des poils, de l'iris présentant un aspect blanc jaune très pâles.

Les albinos ont une sensibilité anormale au rayonnement solaire (coup de soleil) et sont surtout frappés de photophobie.

NB : **A**=allèle normal de l'albinisme ; **a**=allèle anormal de l'albinisme.

L'allèle **A** domine l'allèle **a**.

-les individus de génotype **AA** sont normaux ;

-les individus de génotype **aa** sont albinos ;

-les individus de génotype **Aa** sont apparemment sains (vecteurs)

1- La Drépanocytose (anémie falciforme)

La drépanocytose est une maladie héréditaire autosomale due à la synthèse de l'hémoglobine anormale dans l'organisme (HbS). Dans HbS l'acide glutamique de l'hémoglobine normale (HbA) est remplacé par la valine.

La drépanocytose (sicklémie), de l'anglais sickle=faucille, est caractérisée par l'apparition dans le sang des hématies en forme de faucille.

NB : **A**=allèle normal de la drépanocytose ; **S**=allèle anormal de la drépanocytose.

Les allèles **A** et **S** sont codominants.

-les individus **AA** sont sains

-les individus **SS** sont drépanocytaires homozygotes

-les individus **AS** sont drépanocytaires hétérozygotes et sont résistants au paludisme.

II- Les maladies héréditaires gonosomales (liées au sexe).

Une maladie héréditaire est liée au sexe lorsque le gène responsable de sa transmission est porté par un chromosome sexuel X ou Y.

1-L'Hémophilie.

L'hémophilie est une maladie héréditaire gonosomale qui se manifeste par une incoagulation du sang.

Elle n'affecte que les garçons, il n'y a pas de fille hémophile car le gène de l'hémophilie à l'état homozygote est létal pour les filles (les fœtus meurent avant la naissance).

L'hémophilie est un cas d'hérédité récessive dont le gène responsable est porté par le chromosome sexuel X.

NB : **H**=allèle normal de l'hémophilie ; **h**=allèle anormal de l'hémophilie.

L'allèle **H** domine l'allèle **h**.

$X^H X^H \rightarrow$ Fille normale

$X^H X^h \rightarrow$ Fille vectrice

$X^h X^h \rightarrow$ Fille non viable

$X^H Y \rightarrow$ Garçon sain

$X^h Y \rightarrow$ Garçon hémophile

2-Le Daltonisme.

Le daltonisme est une maladie héréditaire gonosomale qui se caractérise par la mauvaise perception de certaines couleurs, généralement le rouge et le vert.

Le daltonisme est un cas d'hérédité récessive lié au chromosome sexuel X.

NB : D=allèle normal ; d=allèle anormal du daltonisme

L'allèle D domine l'allèle d.

$X^D X^D \rightarrow$ Fille normale

$X^D X^d \rightarrow$ Fille vectrice

$X^d X^d \rightarrow$ Fille daltonienne

$X^D Y \rightarrow$ Garçon sain

$X^d Y \rightarrow$ Garçon daltonien

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

CHAPITRE III : LA COMMUNICATION

Il existe dans l'organisme deux grands systèmes 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 appelent à des médiateurs chimiques (neuromédiateurs ou neurotransmetteurs) ;
- **La communication hormonale** qui utilise le message chimique appelé hormone, véhiculé par le sang jusqu'aux organes cibles (organes effecteurs).

THEME 1 : LES RELATIONS DE L'ORGANISME AVEC LE MILIEU EXTERIEUR.

L'organisme se met en rapport avec le milieu extérieur grâce au système nerveux (centre nerveux, nerfs et ganglions). 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 commandé par le système sympathique.

A- Les reflexes

Qu'appelle-t-on reflexe ?

Le reflexe est une réaction nerveuse automatique, involontaire, immédiate d'un animal ayant reçu une excitation.

Exemple : le retrait de la main sur un fer chaud.

1- L'arc de reflexe.

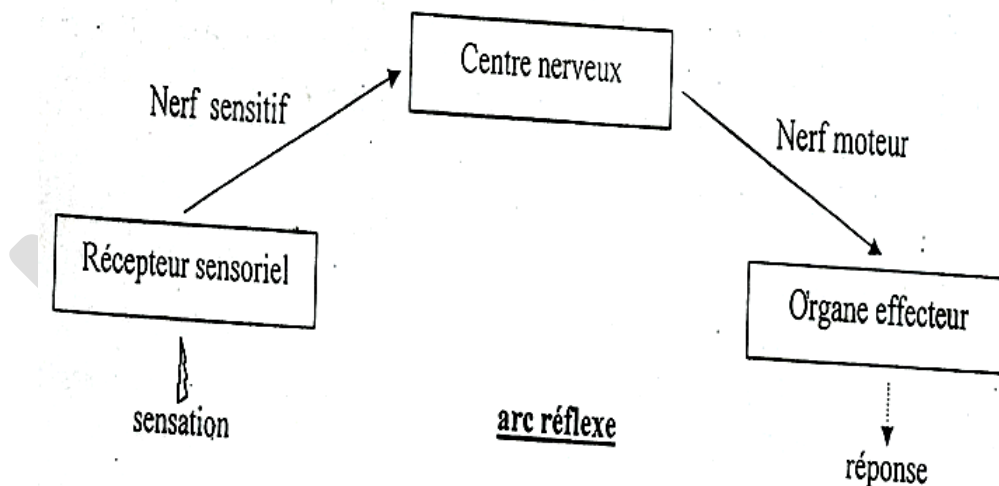
Qu'appelle-t-on arc de reflexe ?

L'arc de reflexe est le trajet suivi par l'influx nerveux (message nerveux) en cas d'une excitation. Il est caractérisé par un aller et un retour de l'influx.

2- Quel sont les dispositifs anatomiques qui entrent dans la réalisation d'un réflexe ?

La réalisation d'un réflexe nécessite les éléments suivants :

- Un **organe récepteur sensoriel** : reçoit l'excitation et la transforme en influx nerveux.
- Un **organe conducteur centripète** : conduit l'influx sensitif vers un centre nerveux.
- Un **centre nerveux** : reçoit l'influx sensitif et le convertit en influx moteur.
- Un **conducteur centrifuge** : conduit l'influx moteur (ou centrifuge) vers l'organe effecteur.
- Un **organe effecteur** : exécute l'acte de reflexe (réponse)



3- Quels sont les différents types de reflexe ?

On distingue deux grands types de reflexes selon le caractère d'acquisition :

3-1 – Les réflexes innés : ce sont des réflexes primaires, stables qui apparaissent dès la naissance. Leurs manifestations ne nécessitent aucun apprentissage et ils sont identiques chez tous les individus de la même espèce.

Exemple : Pleurer en épluchant un oignon, les réflexes pupillaire, de miction, de défécation, achilléen...

3-1-1 Quels sont les différents types de réflexe innés ?

Les réflexes innés ou naturels sont nombreux et diversifiés.

Le tableau ci-dessous résume l'étude descriptive des types de réflexes innés selon divers critères :

N°	Critère de classification	Type de réflexes innés	Interprétation	Exemples
1	Le lieu de perception du stimulus (excitant)	Reflexe extéroceptif	Quand le stimulus est perçu par les récepteurs périphériques du corps.	Réflexe de frisson
		Reflexe proprioceptif	Lorsque le stimulus est perçu par l'organe même qui va réagir (muscles, tendons, ligaments)	Reflexe achilléen
		Reflexe viséroceptif	Lorsque le stimulus est perçu par les organes internes(viscères)	Reflexe de miction
2	La nature du centre nerveux	Reflexe cérébelleux	Lorsque le centre nerveux est le cervelet	Reflexe de posture
		Reflexe bulbaire	Lorsque le centre nerveux est le bulbe rachidien	Reflexe de miction
		Reflexe médullaire	Lorsque le centre nerveux est la moelle épinière	Reflexe achilléen
3	La nature de l'organe effecteur	Reflexe moteur	Lorsque l'organe effecteur est un muscle	Reflexe de flexion
		Reflexe glandulaire	Lorsque l'organe effecteur est une glande	Reflexe de salivation
4	La structure de l'arc de reflexe	Reflexe monosynaptique	Lorsque l'arc de réflexe ne comporte pas de neurone intermédiaire	Reflexe proprioceptif
		Reflexe polysynaptique	Lorsque l'arc de reflexe comporte des neurones intermédiaires.	Reflexe d'intégration

3-1-2 Les réflexes médullaires.

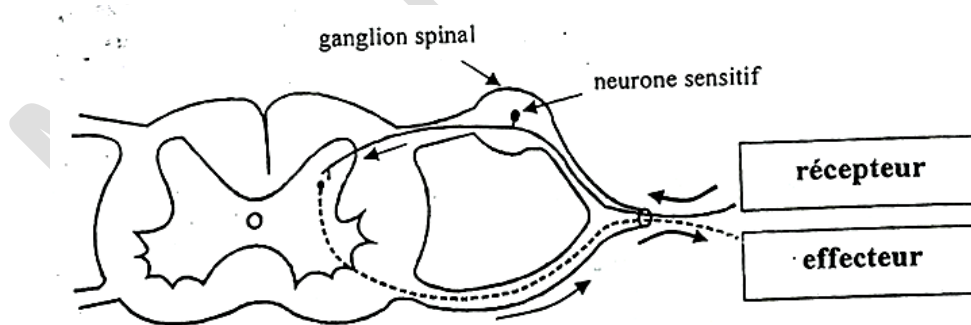
Comment se présente un arc de réflexe médullaire ?

Dans un arc de réflexe médullaire, le centre nerveux est la moelle épinière.

Il existe deux types de réflexes médullaires :

3-1-2-1 Les réflexes médullaires monosynaptiques.

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.

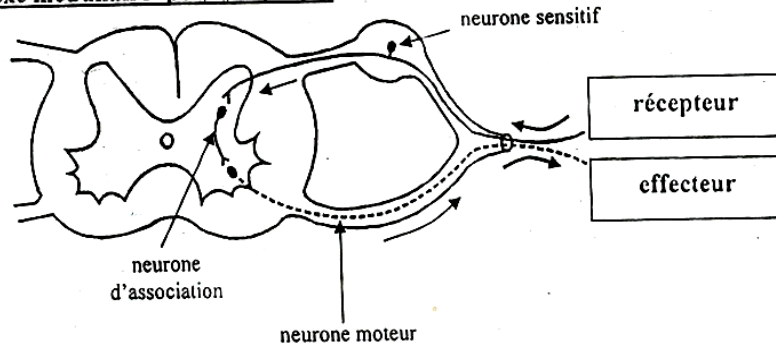


Arc de réflexe médullaire monosynaptique.

3-1-2-2 Les réflexes médullaires polysynaptiques.

Un réflexe médullaire est dit polysynaptique, 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 verticaux. **Exemple** : les réflexes de flexion symétrique et radié.

arc réflexe médullaire polysynaptique



3-1-3 Les lois des réflexes.

Quelles sont les lois des réflexes?

Les lois des réflexes sont :

3-1-3-1 La loi du seuil : Pour entraîner une réponse motrice, l'excitation doit avoir une intensité minimale égale ou supérieure à l'intensité seuil.

L'intensité seuil est une intensité minimale au-dessous de laquelle aucune réponse n'est observée.

3-1-3-2 Les lois Pflûger : elles nous enseignent que la réponse motrice est d'autant plus étendue que l'excitation est plus intense.

- a- **Loi de somation** : pour qu'une excitation faible donne une réponse il faut qu'elle soit répétée.
- b- **Loi de localisation** : seule une zone excitée donne une réponse.
- c- **Loi de l'unilatéralité** : seul un membre pair excité réagit.
- d- **Loi de la symétrie** : si deux membres symétriques réagissent à la fois à la suite de l'augmentation de l'intensité de stimulation sur l'un des membres.
- e- **Loi de l'irradiation** : si l'excitation diffuse d'une zone à une autre dans l'organisme.
- f- **Loi de la généralisation** : si une excitation diffuse intégralement dans tout l'organisme.

Exemple : l'électrocution.

3-1-3-3 Les lois de coordination et d'adaptation.

- a- **Loi de coordination** : si une réaction nécessite l'intervention de nombreux muscles et que les contractions soient coordonnées. **Exemple** : sauter.
- b- **Loi d'adaptation** : à force d'appliquer sans cesse un excitant, l'animal finira par s'adapter et ne réagira plus aux prochaines excitations.

NB : les lois de Pflûger ne sont pas applicables aux réflexes monosynaptiques.

3-2 Les réflexes conditionnels

Qu'appelle-t-on réflexe conditionnel ?

Les réflexes conditionnels sont des réactions nerveuses qui s'acquièrent à la suite d'une série d'apprentissage. **Exemples** : lire, conduire, maintenir son équilibre sur une bicyclette, freiner en arrivant près d'un rond point embouteillé...

La notion de réflexe conditionnel est due à Pavlov qui a consacré plus de 30 ans d'étude

Etude comparée entre reflexe inné et reflexe conditionnel :

Reflexe inné	Reflexe conditionnel
- Pas d'apprentissage ; - Héritaire ; - Réaction primaire - Stable ; - Stéréotypé	- Obtenu par apprentissage ; - Non héréditaire ; - Réaction secondaire - Instable ; - Individuel ; - Difficile à obtenir ; - Fragile ; - Possible si le système nerveux est en bon état.

Quels sont les différents types de reflexes conditionnels ?

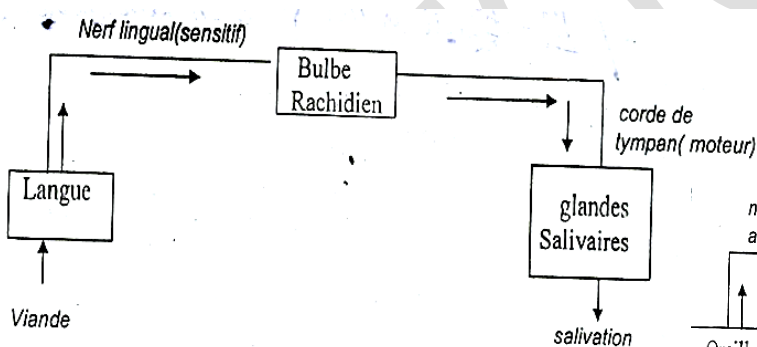
On distingue deux types de reflexes conditionnels:

- Le reflexe conditionnel répondant** : c'est le réflexe de type pavlovien, dans ce cas, le sujet au cours de l'apprentissage s'adapte au milieu, il ne le modifie pas. Il répond au stimulus conditionnel appliqué par l'expérimentateur, le sujet subit l'action. **Exemple** : le réflexe de sécrétion salivaire.
- Le reflexe conditionnel opérant** : c'est le réflexe de type skinérien, dans ce cas, au cours de l'apprentissage, le sujet agit lui-même sur le milieu, accidentellement d'abord, puis de façon automatique, le sujet fait l'action. **Exemple** : conduire.

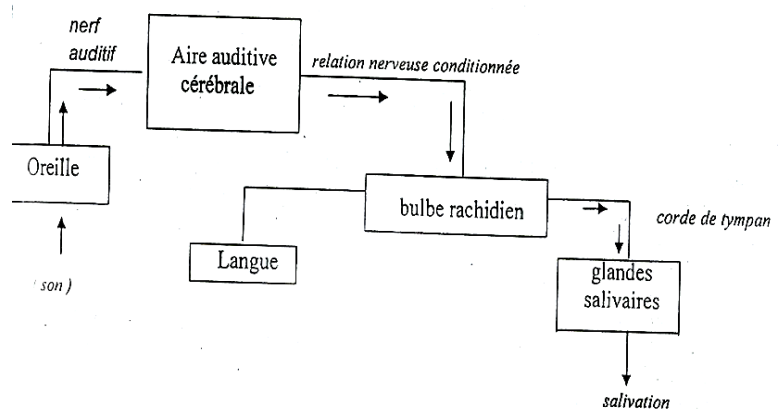
Comment réaliser un réflexe conditionnel ?

Pour faire apparaître un réflexe conditionnel de type pavlovien, il faut :

- 1) Choisir deux stimuli (l'un neutre et l'autre absolu) et vérifier leurs actions isolement.
- 2) Répéter en associant les deux stimuli plusieurs fois afin d'adapter l'animal au stimulus neutre pour créer une réaction conditionnée.
- 3) Supprimer le stimulus absolu afin de tester à nouveau l'action du stimulus neutre. S'il ya réaction alors le réflexe conditionnel est mis en place.



Circuit du réflexe inné de salivation



Circuit du réflexe conditionné de salivation

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

Vocabulaire :

- **stimulus neutre** : est un excitant qui ne peut pas faire réagir un animal sauf après une adaptation.
- **Stimulus absolu** : est un excitant qui peut immédiatement faire réagir un animal sans aucune forme d'adaptation.

Importance des réflexes.

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

a) Les réflexes innés : très diversifiés, ils permettent de :

- Protéger les animaux contre les dangers extérieurs (grâce aux réflexes extéroceptifs) ;
- Equilibrer l'activité musculaire et maintenir les attitudes du corps (grâce aux réflexes proprioceptifs) ;
- Réguler le fonctionnement de nos organes de nutrition et de reproduction (grâce aux réflexes viscéro-ceptifs).

b) Les réflexes conditionnels

Ils permettent l'acquisition de nouveau comportement en adaptant l'organisme à son environnement.

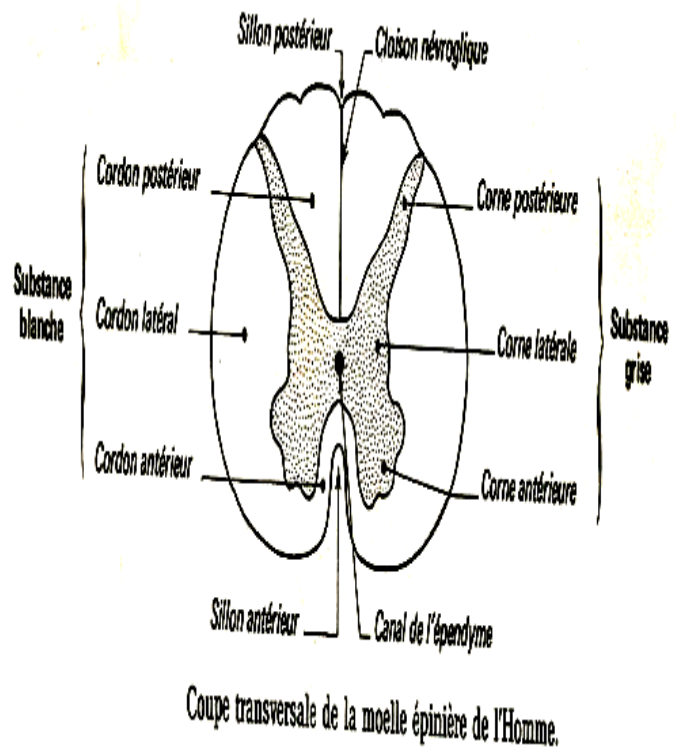
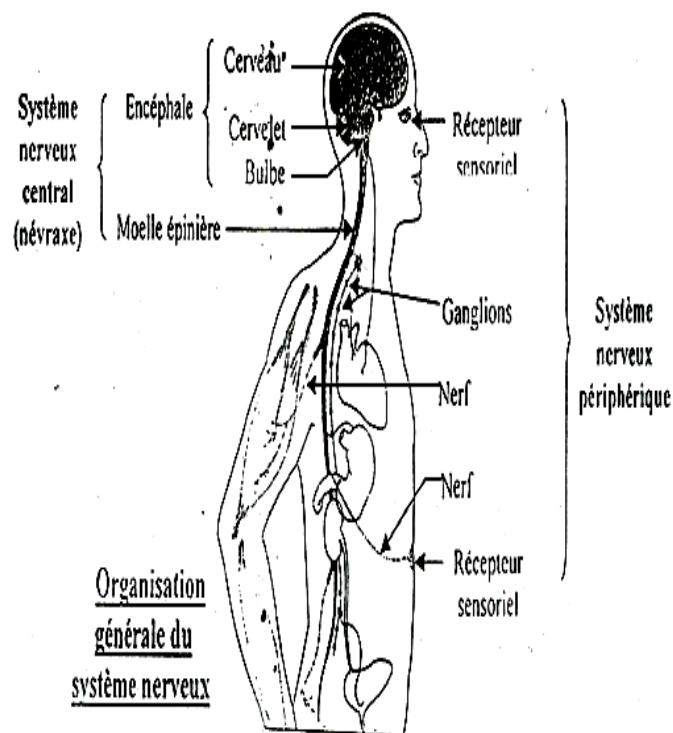
- Chez l'Homme, ils permettent l'éducation, l'acquisition du langage et diverses autres formes d'apprentissage en créant de nouveau circuit nerveux.
- Chez les animaux : ils sont à la base du dressage, de l'apprivoisement, du dressage.

LE SYSTEME NERVEUX :

Le système nerveux est l'ensemble des centres nerveux (névras), formé de l'encéphale et de la moelle épinière ainsi que des nerfs et ganglions qui s'y rattachent. C'est une remarquable structure de communication, coordination et d'intégration de tous les systèmes, appareils et d'organes du corps humain.

Système nerveux = Centre nerveux + Nerfs + Ganglions

nerfs orthosympathiques et les nerfs parasympathiques



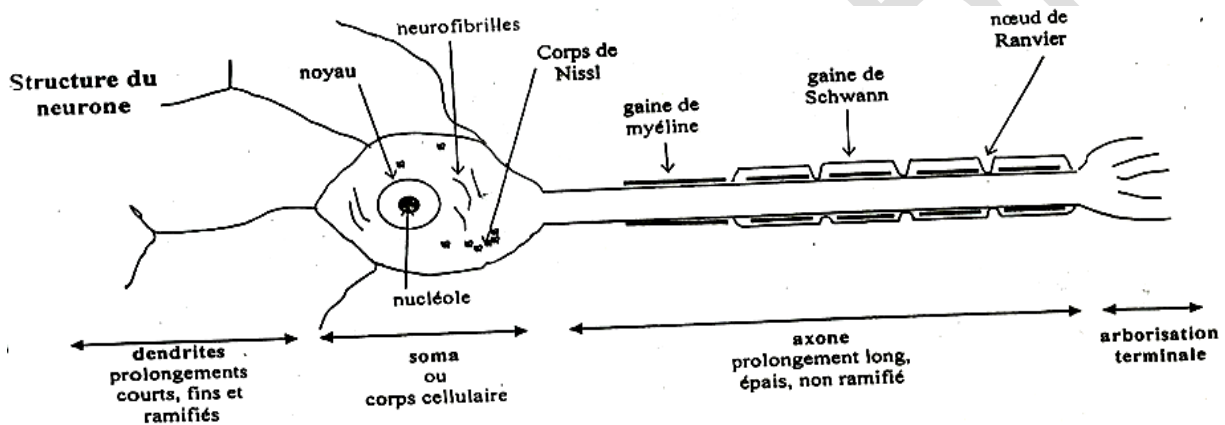
- 1- **Les centres nerveux** : il s'agit de l'**encéphale** formé du cerveau, du cervelet et du bulbe rachidien (ou Tronc cérébral), logé dans la boîte crânienne d'une part et la **moelle épinière** d'autre part logée dans la colonne vertébrale.
- Les centres nerveux sont formés de substance grise et de substance blanche, dans le cerveau et le cervelet la substance grise est externe et celle blanche interne, tandis que dans la moelle épinière, la substance grise est interne et celle blanche externe.
- 2- **Le neurone** : est l'unité anatomique, histologique, structurale et physiologique du système nerveux. C'est une cellule hautement spécialisée ayant perdu le pouvoir de se diviser et est en outre très fragile.

NB : pour assurer la bonne santé du système nerveux, il faut éviter de consommer les produits toxiques : drogues, alcools etc....

2-1 Structure du neurone.

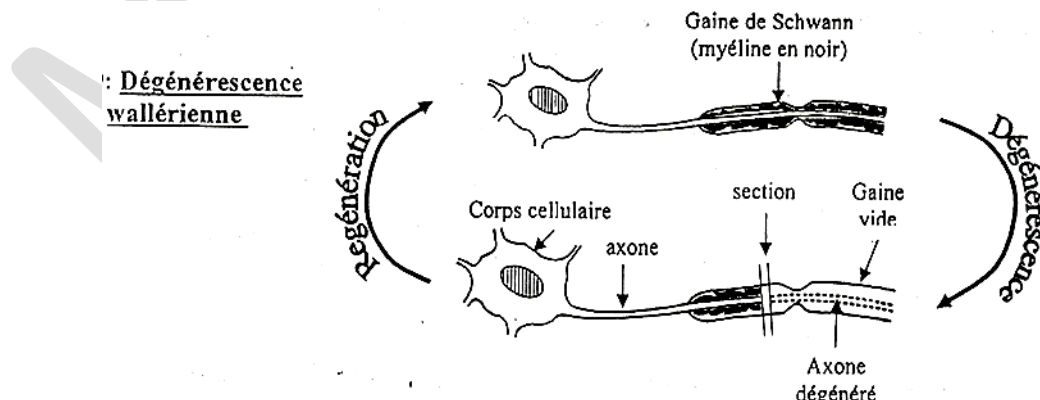
chaque neurone comprend

- **Un corps cellulaire** appelé soma renferme : une membrane plasmique, les dendrites, le cytoplasme, le noyau, le corps de Golgi, les neurofibrilles, le corps de Nissl, la mitochondrie.
- **L'axone ou cylindraxe** : c'est la longue ramification du soma qui entre en partie dans la formation du nerf.



2-2- Remarque : Régénérescence et dégénérescence Wallérienne

Le soma est indispensable dans la vie du neurone car sa section à la fibre nerveuse a toujours engendré la dégénérescence du segment distal, par conséquent la régénérescence du segment proximal. La régénérescence sera possible seulement si la fibre appartient à un nerf.

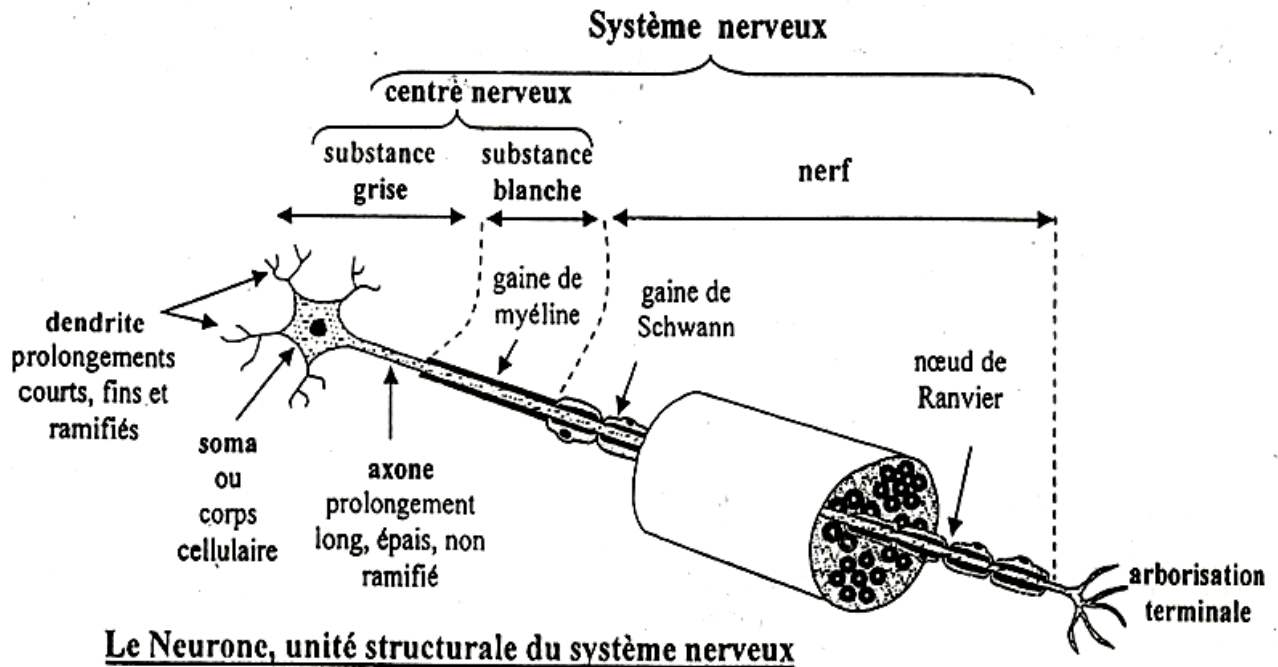


- 3- **Le nerf** : est une association de fibres nerveuses ou neurones. Les nerfs se distinguent en nerfs crâniens et rachidiens anatomiquement et physiologiquement en nerf sensitif, moteur et mixte.

4- Le neurone, unité structurale du système nerveux

Le neurone est l'unité structurale du système nerveux : les centres nerveux et les nerfs qui forment le système nerveux sont tous composés d'éléments appartenant au neurone.

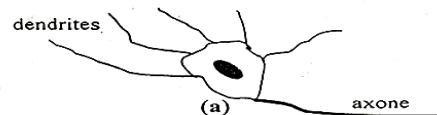
- La substance grise des centres nerveux est formée de dendrites, de soma, et de portions d'axones nus ;
- La substance blanche des centres nerveux est formée de portion d'axones recouvert uniquement de myéline ;
- Le nerf est formé d'un grand nombre de fibres nerveuses parallèles entre elles et groupées en faisceaux isolés, les uns des autres.
- Chaque fibre nerveuse d'un nerf comprend de l'extérieur vers l'intérieur : une gaine de Schwann, les nœuds de Ranvier, une gaine de myéline et un axone.



Quels sont les types de neurones ?

a) D'après leurs prolongement ou structure, on a :

- **Les neurones multipolaires** : à plusieurs dendrites et à axone unique partant de pôles différents. **Exemple** : les cellules pyramidales du cerveau



- **Les neurones bipolaires** : à dendrite et à axone unique partant de pôles opposés. **Exemples** : les cellules olfactives, du cervelet, de la rétine de l'œil.



Les neurones unipolaires : à dendrites et à axone unique partant d'un même pôle et confondue au départ. **Exemple** : le neurone en T du ganglion spinal.



b)- D'après leurs fonctions, on a :

- Les neurones sensitifs ;
- Les neurones moteurs ;
- Les neurones mixtes.

Comment les neurones sont-ils liés ?

Les neurones sont liés entre eux par des articulations appelées synapses.

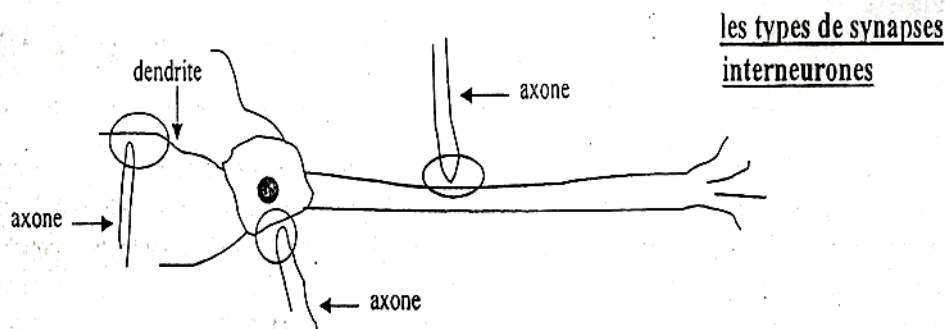
Ainsi, on appelle synapse, la zone de contact entre l'arborisation terminale d'une cellule nerveuse et une autre structure cellulaire.

Selon cette structure on distingue :

1) La synapse interneurone (ou neuro-neuronale) : contacte neurone- neurone.

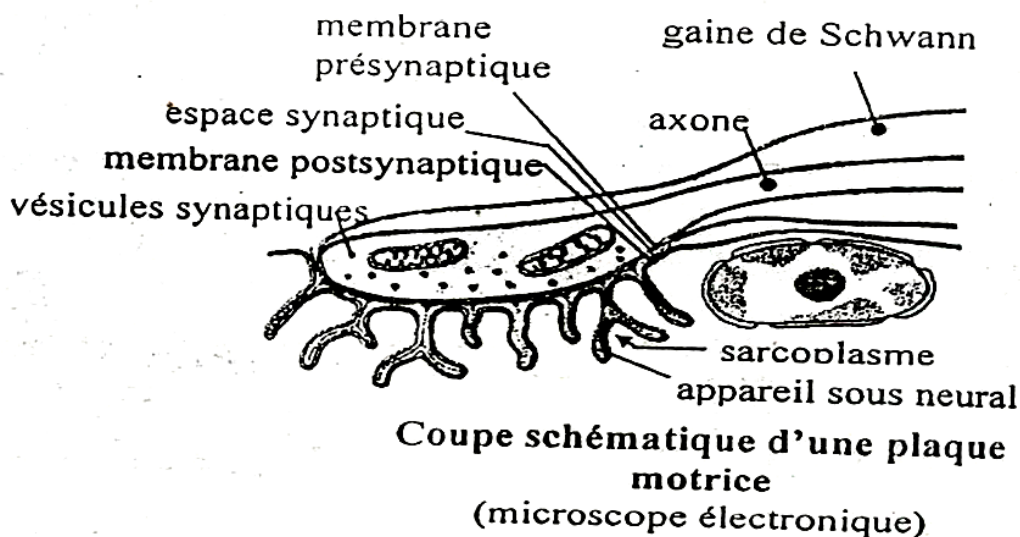
Dans ce cas, on distingue 3 principaux types de synapse interneurone :

- a) La synapse axodendritique :** jonction entre l'axone d'un neurone et les dendrites d'un autre neurone.
- b) La synapse axosomatique :** jonction entre l'axone d'un neurone et le soma d'un autre neurone.
- c) La synapse axoaxonique :** jonction entre l'axone d'un neurone et l'axone d'un autre neurone.



2)- La synapse neuromusculaire (ou plaque motrice) : est la jonction entre un neurone moteur et un muscle.

NB : l'unité motrice est le nombre de fibres musculaires commandé par une fibre nerveuse.



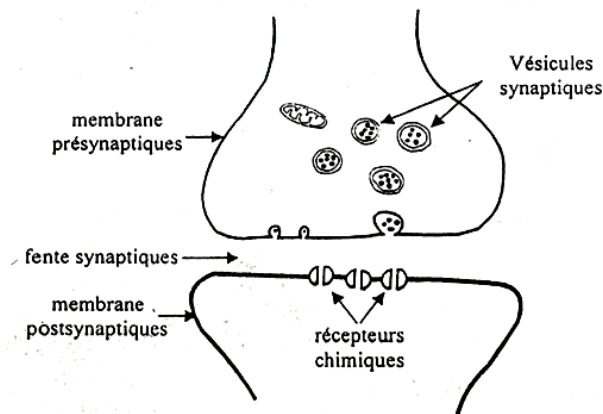
Quelle est la structure d'une synapse ?

Une synapse est composée d'une membrane pré synaptique renfermant des vésicules synaptiques contenant des neurotransmetteurs (ou médiateurs chimiques) et une membrane post synaptique renfermant les récepteurs spécifiques aux neurotransmetteurs.

Les deux membranes sont séparées par la fente synaptique (ou espace synaptique).

Quel est le mécanisme de fonctionnement d'une synapse ?

L'excitation du neurone pré synaptique entraîne l'apparition d'un influx nerveux qui occasionne la libération des neurotransmetteurs dans la fente synaptique suivie de leurs captures par les récepteurs spécifiques de la membrane post synaptique, propageant à leurs tours l'influx nerveux dans la structure post synaptique avec un déplacement membranaire des ions Na^+ et K^+



Structure d'une synapse

Structure et fonctionnement d'une synapse.

B- LES PROPRIETES DU TISSU NERVEUX

1-Excitabilité

1-1 Qu'appelle-t-on excitabilité ?

L'excitabilité est la propriété qui permet à la cellule nerveuse ou à un nerf de répondre à une excitation. Cette propriété est commune à toutes les cellules vivantes. Elle est liée à un certain état électrique de la membrane plasmique appelé potentiel membranaire ou potentiel de repos.

1-2 Quels sont les types d'excitants ?

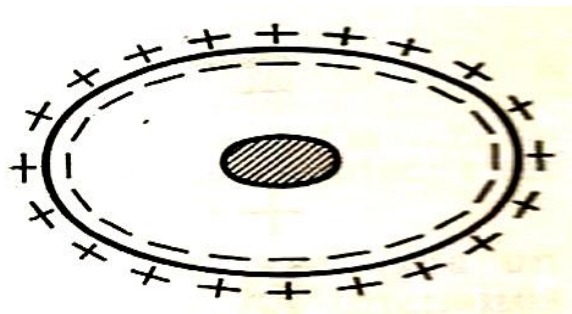
Ce sont :

- Les excitants électriques (courant électrique) ;
- Les excitants chimiques (acide) ;
- Les excitants mécaniques (choc) ;
- Les excitants thermiques (chaleur, froid) ;
- Les excitants lumineux (lumière) ;
- Les excitants sonores (son) ;
- Les excitants psychologiques (pensée) ;

a) Le potentiel de repos.

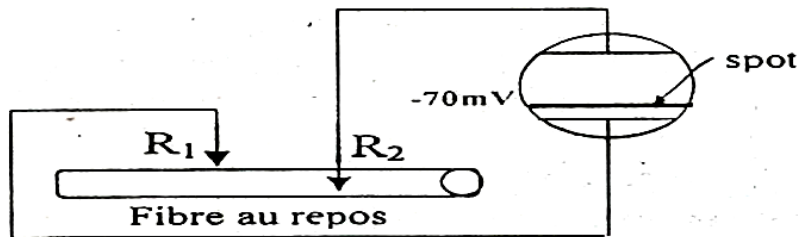
Qu'est-ce que le potentiel de repos (PR) ?

Le potentiel de repos est l'état électrique de la membrane plasmique, de toute cellule vivante avant l'excitation, qui se traduit par une différence de potentiel (DDP) entre la surface externe chargée positivement et la surface interne chargée négativement.



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

On peut facilement mettre en évidence un potentiel de repos à l'aide d'un oscilloscope cathodique. Pour cela, on place les électrodes réceptrices (R_1 et R_2) l'une à la surface et l'autre à l'intérieur de la fibre. En dehors de toute stimulation, on verra sur l'écran de l'oscilloscope un spot horizontal au point -70mv. Cette différence de potentiel entre la surface et l'intérieur de la fibre est le potentiel de repos. Il varie de -55 à -100mv.

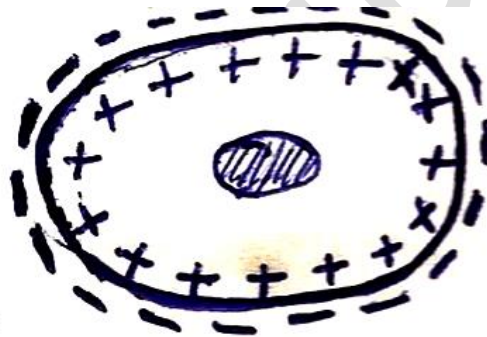


Potentiel de repos

b) Le potentiel d'action.

Qu'est-ce que le potentiel d'action (PA) ?

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.

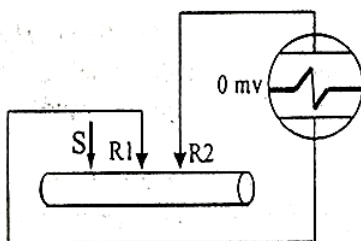


Comment peut-on mettre en évidence le potentiel d'action ?

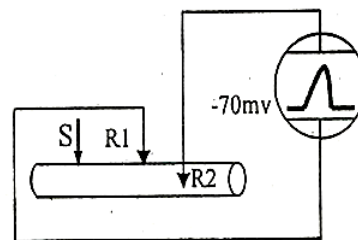
On peut facilement mettre en évidence le potentiel d'action à l'aide d'un oscilloscope. Pour cela deux cas sont à envisager :

1^{er} cas : les deux électrodes réceptrices (R_1 et R_2) sont toutes placées à la surface de la fibre ou à l'intérieur de la fibre. A la suite d'une excitation 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

C) L'influx nerveux.

Qu'est-ce que l'influx nerveux ?

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

Autrement dit, l'influx nerveux est le message nerveux né à la suite d'une excitation efficace portée sur une structure vivante.

1-3 Quelles sont les conditions de l'excitabilité ?

Il y'a quatre conditions qui correspondent à quatre paramètres :

1) Le paramètre d'intensité : L'intensité de stimulation doit être égale ou supérieure à l'intensité seuil

$I > \text{ou} = I_s$: Il ya réponse.

$I < I_s$: pas de réponse (aucune cellule n'est excitée)

$I \gg I_s$: pas de réponse (structure dénaturée).

2- Le paramètre de vitesse : l'application de l'excitant doit être brutale.

3- Le paramètre de durée : l'excitant doit être appliqué pendant un temps suffisant.

4- Le paramètre de fréquence : les excitations doivent être plus ou moins espacées. Des excitations répétées à un rythme excessif demeurent sans effet.

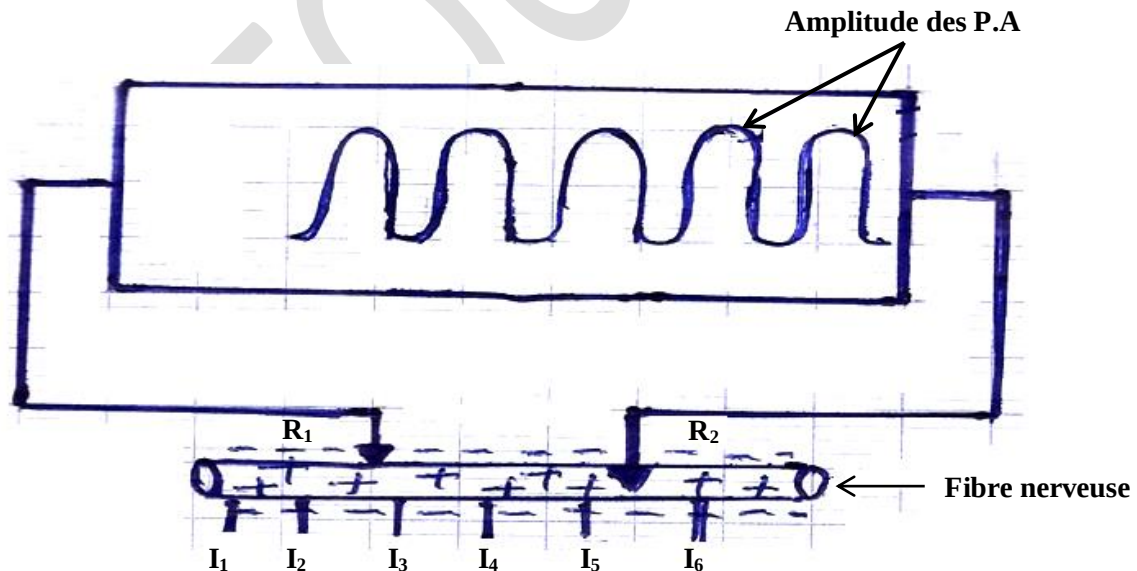
Les Notions de Lapique (Physiologiste Français)

- **La Rhéobase :** est l'intensité minimale au-dessous de laquelle aucune réponse n'est observée.
- **Le temps utilise :** est le temps minimal correspondant à la rhéobase.
- **La Chronaxie :** est le temps minimal qui correspond au double de la rhéobase

1-3 Quelles sont les lois de l'excitabilité ?

Selon Lapique, on distingue :

a) **La stimulation d'une fibre nerveuse isolée avec des intensités croissantes.**



Analyse et interprétation :

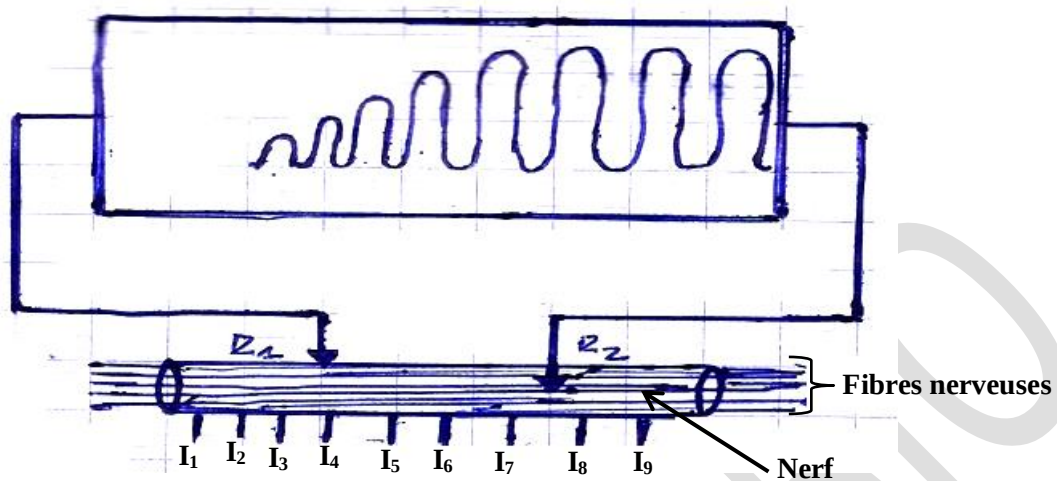
-avec I_1 , pas de réponse, donc $I_1 < I_s$;

-de I_2 à I_6 l'amplitude des potentiels apparaît d'emblée maximale quelque soit l'intensité de stimulation.

Conclusion : la fibre nerveuse obéit à la loi du «**Tout ou rien** ».

« Pour une fibre nerveuse isolée lorsque l'intensité seuil n'est pas atteinte il n'y a pas de réponse, lorsque l'intensité seuil est atteinte la réponse apparaît d'emblée maximale »

b) **La stimulation d'un nerf avec une intensité croissante :**



Analyse et interprétation :

-avec I_1 pas de réponse, $I_1 < I_s$;

-de I_2 à I_6 l'amplitude des potentiels d'action croît en fonction de l'intensité : il y a excitation progressive d'un nombre de plus en plus grand de cellules nerveuses contenues dans le nerf.

- de I_6 à I_9 l'amplitude des potentiels reste constante quel qu'en soit l'intensité de stimulation : toutes les fibres nerveuses du nerf sont excitées.

Conclusion : le nerf obéit aux lois du seuil, **recrutement** et de **saturation**.

« 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 entre en activité augmente »

Loi de recrutement : « lorsque l'amplitude des potentiels d'action croît en fonction de l'intensité de stimulation avec l'excitation progressive des fibres nerveuses du nerf. »

Loi de saturation : « lorsque l'amplitude des potentiels d'action reste constante avec l'excitation de toutes les fibres nerveuses du nerf. »

2) **La conductibilité.**

2-1 **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.

2-2 **Quelles sont les différents types de conduction ?**

Il existe deux types de conduction selon leur localisation :

La conduction axonique au niveau de l'axone et la conduction synaptique au niveau de la synapse.

- Dans la **conduction axonique**, il faut distinguer la conduction continue dans les fibres amyélinisées 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 se déplacent de saut en saut au niveau des nœuds de Ranvier.
- Dans la **conduction synaptique**, la transmission de l'influx nerveux se fait par intermédiaire des neurotransmetteurs, substances chimiques libérés par les neurones ou des cellules effectrices. Ces neurones médiateurs (acétylcholine, dopamine, gaba, noradrénaline ...) stockés dans les vésicules synaptiques, sont libérés par la membrane pré synaptique à l'arrivée de l'influx nerveux. Une fois dans la fente synaptique, il se fixe sur les récepteurs spécifiques de la membrane post synaptique en modifiant sa polarité, créant ainsi un nouvel influx nerveux de même nature que le premier.

2-3 **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 deux sens : c'est la **loi de la conductibilité indifférente**.

- d'un neurone à un autre, l'influx nerveux se déplace dans un seul sens, de la membrane pré synaptique à la membrane pos 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 cellulifuse dans l'axone.

2-4 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 placées 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 diamètre différent, 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.

Remarque : la vitesse de l'influx double, lorsque la température augmente de 10°C : c'est la **loi de VANT'HOFF**.

NB : la vitesse de transmission de l'influx nerveux est calculée d'après la formule : $V=d/t$.

La relation mathématique de la vitesse de l'influx nerveux :

Le rapport v/d est constant. Soit k cette constante, alors $v/d=k \Rightarrow v=kd$. La valeur k dépend de la nature de la fibre.

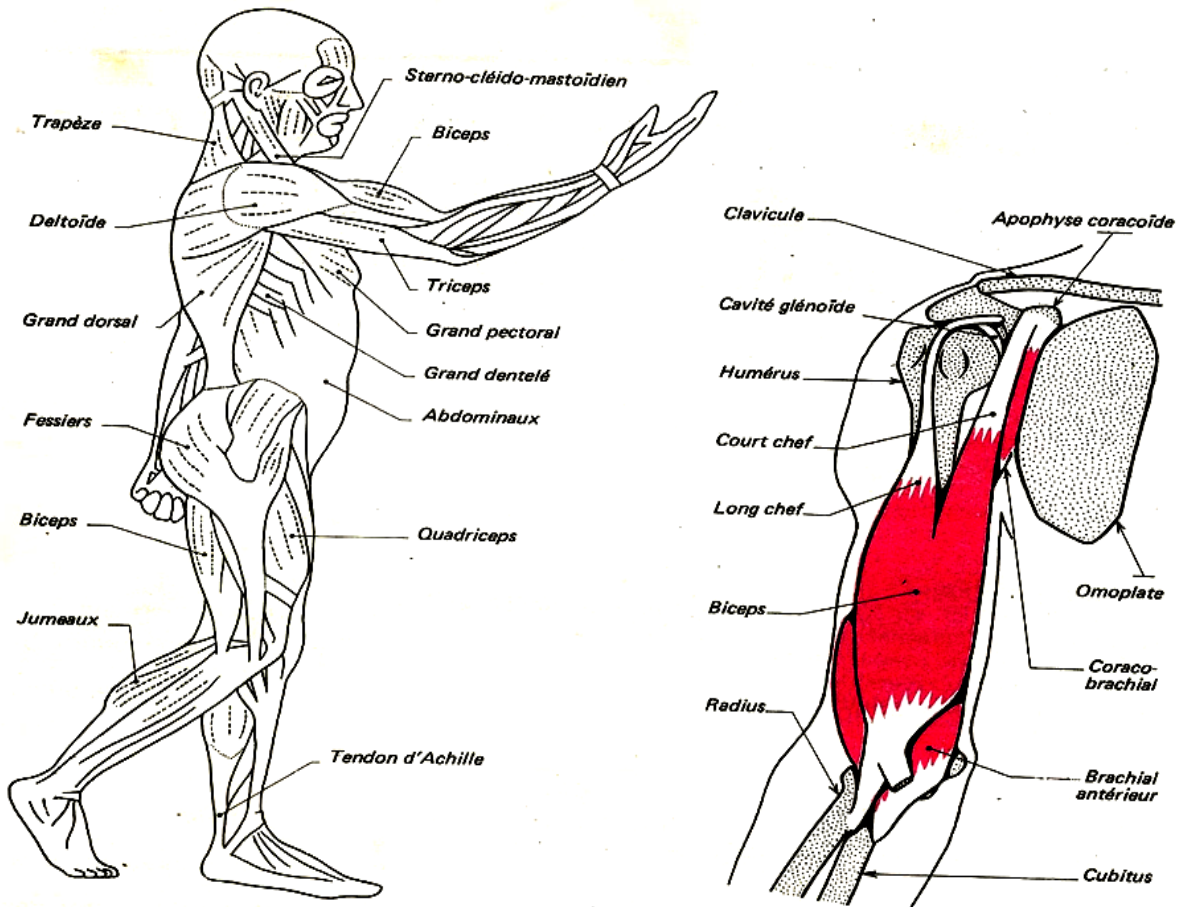
2-5 Quels sont les caractères de la conductibilité nerveuse ?

La transmission de l'influx nerveux nécessite le bon état des fibres nerveuses, donc non écrasées, non blessées, non ligaturées (attachées), non soumises au grand froid, non privées de l'oxygène.

THEME 2 : ETUDE D'UN EFFECTEUR MOTEUR : LE MUSCLE STRIE SQUELETIQUE.

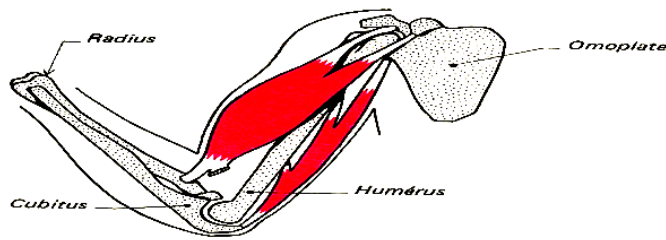
1) Qu'appelle-t-on muscle ?

Les muscles sont des organes charnus composés de faisceaux de fibres musculaires cylindriques.



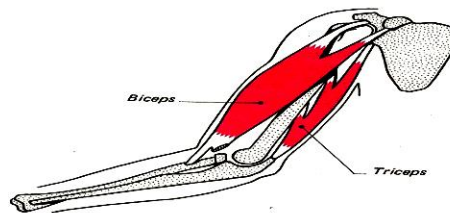
2) Quel est le rôle des muscles ?

Expérience 1 : fléchissons l'avant-bras sur le bras.



Analyse : avec la flexion de l'avant-bras vers le bras, on constate que le **biceps** se gonfle, se raccourcit et durcit (il se contracte en dirigeant le mouvement de flexion). Tandis que le **triceps** est relâché.

Expérience 2 : étendons le bras avec force (en donnant un coup de poing sur la table, par exemple).



Analyse : avec l'extension du bras, on constate un gonflement, un raccourcissement et un durcissement du triceps (il se contracte en dirigeant l'extension du bras). Tandis que le biceps est relâché.

Conclusion : le biceps est le muscle fléchisseur de l'avant-bras, le triceps est le muscle extenseur. Alors les muscles sont des organes actifs du mouvement. Les os sur lesquels les muscles sont insérés sont des organes passifs du mouvement.

3) Qu'els sont les différentes catégories de muscles ?

D'après leurs structures, on distingue deux types de muscles : les muscles striés (squelettique et cardiaque) et les muscles lisses.

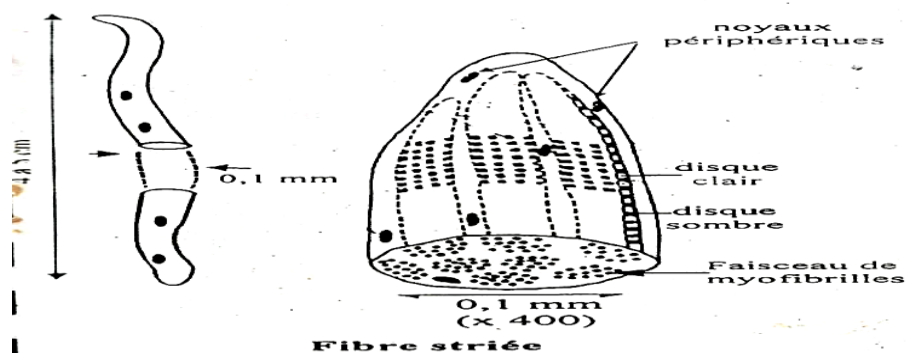
Dans ce présent cours, nous nous accenteront sur l'étude du muscle strié squelettique.

Qu'appelle-t-on muscle strié squelettique ?

Les muscles striés squelettiques sont des muscles rouges qui reposent sur le système osseux. Leur contraction est soumise au contrôle de la volonté.

Caractéristiques :

- Constitué de fibres musculaires cylindriques (ou cellules musculaires) ;
- un sarcoplasme présentant une striation par alternance de disques clairs et de disques sombres et riche en myoglobine (pigment rouge), constitué de filaments fins d'actine et de filaments épais de myosines.



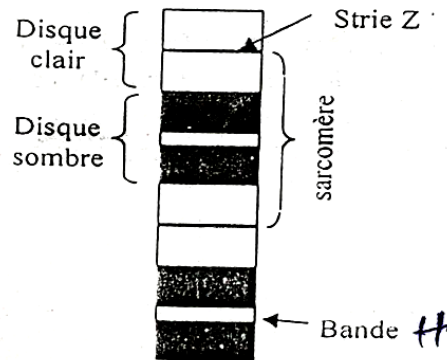
Exemples de muscles striés :

- Le biceps (muscle antérieur du bras) ;
- Le triceps (muscle postérieur du bras) ;
- Le long supinateur (muscle de l'avant-bras) ;
- Le grand fessier (muscle de la fesse) ;
- Le jambier antérieur (muscle antérieur de la jambe)
- Le biceps fémoral (muscle de la fémur) ;
- Le quadriceps (muscle postérieur de la cuisse).

4) Structure d'une myofibrille.

- **Microscopie optique d'une myofibrille.**

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 est traversée en son centre par une ligne sombre dite strie Z, et chaque disque sombre présente en son centre une bande claire, la bande H.

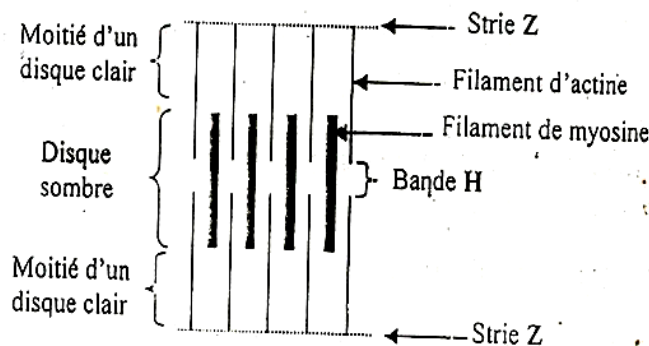


Portion de myofibrille
vue en microscopie optique

- **Microscopie électronique du sarcomère.**

Une microscopie électronique d'une myofibrille montre qu'elle est formée de deux catégories de filaments de diamètre différents disposés parallèlement, les **filaments fins d'actine** et les **filaments épais de myosine**.

Elle montre également que chaque disque clair est formé uniquement de filaments d'actines ; chaque disque sombre est formé de filaments de myosine et de filament d'actine.



Le sarcomère vu
en microscopie électronique

Le sarcomère vu en microscope électronique.

Vocabulaire :

- **le sarcomère** est l'unité contractile du muscle strié comprise entre deux stries Z consécutives

- Le **sarcoplasme** est le cytoplasme d'une cellule musculaire
- Le **sarcoleme** est la membrane plasmique d'une cellule musculaire.

5) Propriétés biologiques du muscle strié.

5-1) Quelles sont les propriétés essentielles d'un muscle ?

Les propriétés essentielles d'un muscle sont : l'excitabilité, la contractilité, l'élasticité, la tonicité.

a) Qu'est-ce que l'excitabilité ?

L'excitabilité pour le muscle est la propriété qu'il possède de réagir par la contraction à toutes excitation portée sur lui.

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 la position initiale lorsque la traction cesse.

c) Qu'est-ce que la contractilité ?

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

d) Qu'est-ce que la tonicité ?

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

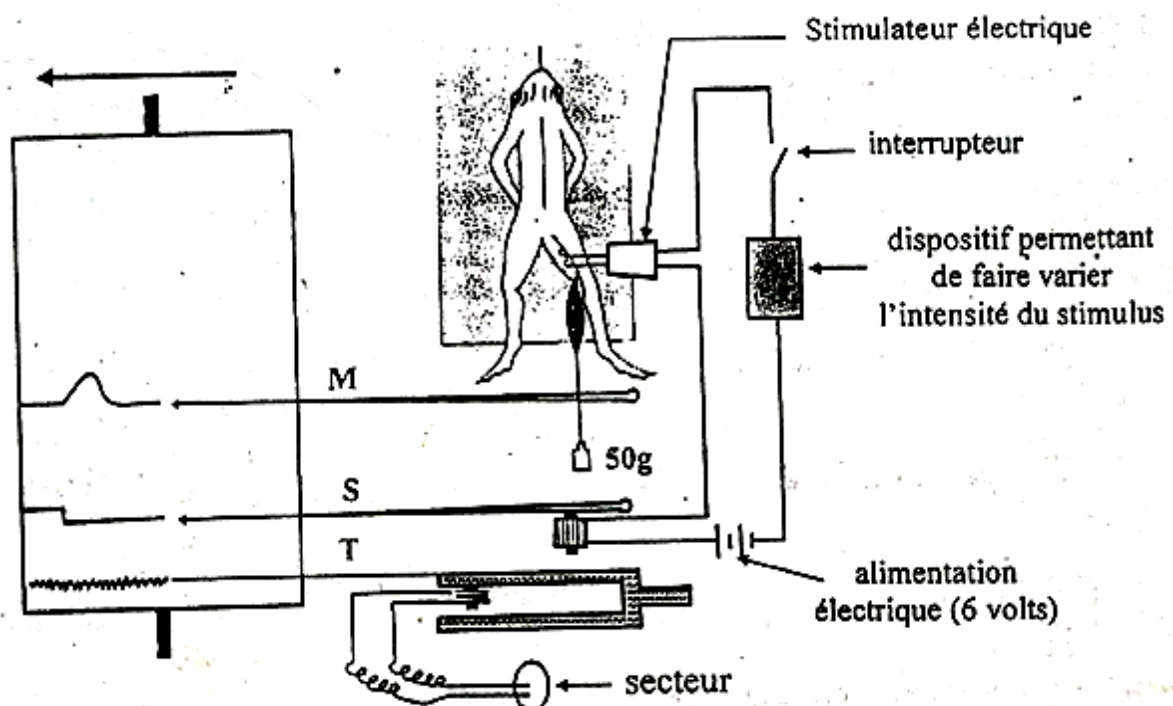
5-2) La contraction musculaire.

a) Quelles sont les différents types de contraction ?

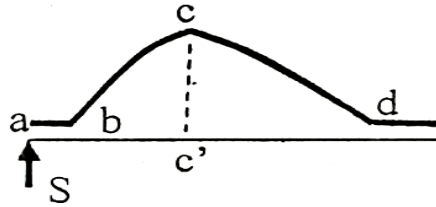
On distingue deux types de contraction musculaire :

- **La contraction isotonique** : c'est une contraction à tension constante, mais avec diminution de la longueur du muscle. **Exemple** : la flexion des membres.
- **La contraction isométrique** : c'est une contraction à longueur constante mais avec augmentation de la tension interne du muscle. **Exemple** : porter un objet lourd à la main.
- **b) 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.



❖ Réponse à une seule excitation efficace : secousse musculaire élémentaire.



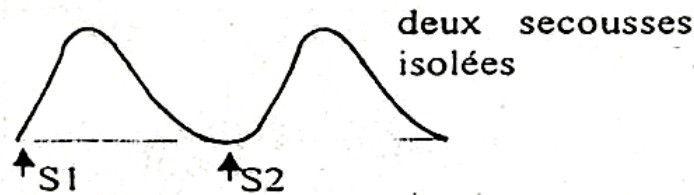
Le myogramme d'une secousse musculaire élémentaire comprend trois phases :

- **La phase de latence** : s'écoulant entre l'instant de la stimulation et le début de la contraction. Elle dure 10 ms et est représentée par la portion (ab).
- **La phase de contraction** : correspond au raccourcissement du muscle. Elle dure 40 ms et est représentée par la portion (bc).
- **La phase de relâchement** : où le muscle reprend sa forme initiale elle dure 50ms et est représentée par la portion (cd).

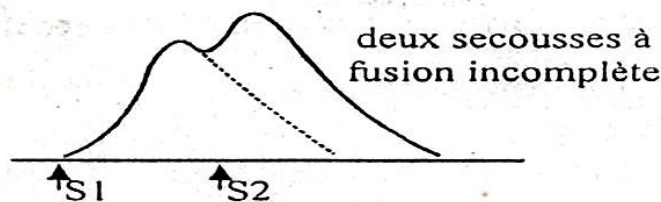
NB : cc' = amplitude de la contraction, et dépend de l'intensité de stimulation.

❖ Quels sont les types de secousse à deux excitations efficaces ?

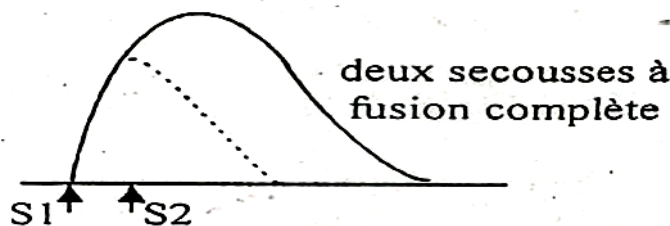
- **Deux secousses isolées** : si la deuxième excitation est appliquée bien après la réponse à la première excitation : on assiste à deux secousses rigoureusement identiques.



- **Deux secousses à fusion incomplète** : si la deuxième excitation est appliquée pendant la phase de relâchement de la première excitation : on assiste à un myogramme à deux sommets.



- **Deux secousses à fusion complète** : si la deuxième excitation est appliquée pendant la phase de contraction de la réponse à la première excitation : on obtient une courbe dont l'amplitude est supérieure à celle d'une secousse élémentaire.



❖ NOTION DE TETANOS.

Quels sont les types de téтанos ?

Il existe deux types de téтанos : le téтанos physiologique et le téтанos pathologique.

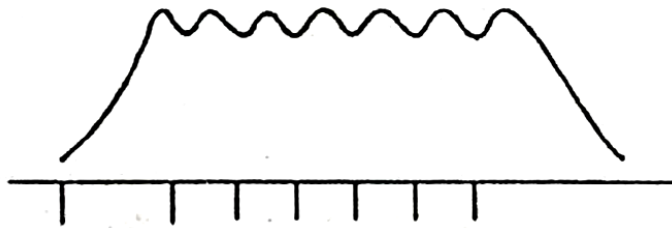
Qu'appelle-t-on téтанos physiologique ?

Le téтанos physiologique est la réponse donnée par le muscle par suite d'une série d'excitations efficaces successivement répétées et suffisamment rapprochées.

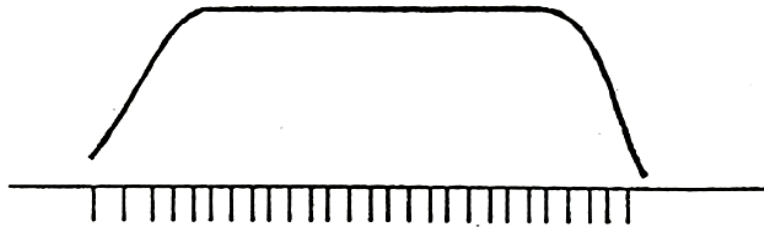
Quels sont les types de téтанos physiologiques ?

Ce sont :

- **Le téтанos physiologique imparfait** : si chaque excitation intervient pendant la phase de relâchement de la réponse à l'excitation précédente : on assiste à un myogramme comportant une phase ascendante suivie d'un plateau ondulé descendant.



- **Le téтанos physiologique parfait** : si chaque excitation intervient pendant la phase de contraction de la réponse à l'excitation précédente : on assiste à un myogramme comportant une partie ascendante suivie d'un plateau rectiligne descendant.



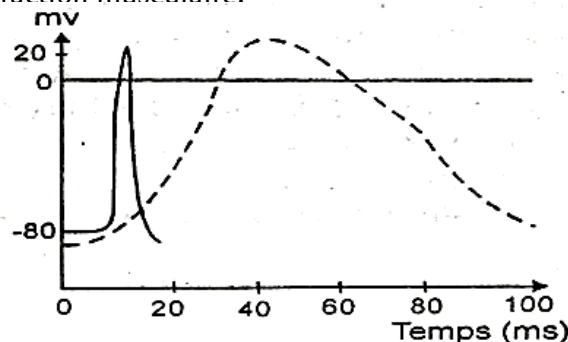
Qu'appelle-t-on téтанos pathologique ?

Le téтанos pathologique est la contraction spasmodique du muscle due à la toxine du bacille tétanique.

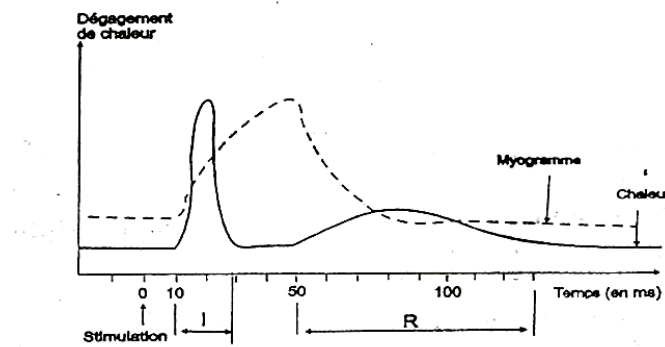
6) Quels sont les phénomènes biologiques qui accompagnent une contraction musculaire ?

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

- Les phénomènes électriques** : ce sont des perturbations électriques qui parcourent le muscle lors de la contraction musculaire entraînant la naissance d'un potentiel d'action.
- Les phénomènes thermiques** : ce sont des productions de chaleur lors des réactions chimiques pendant la contraction musculaire.

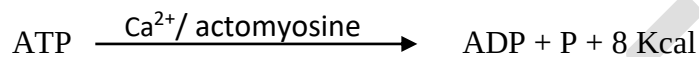


Les phénomènes mécaniques : ce sont des déplacements des segments osseux sur lesquels les muscles sont insérés lors de la contraction musculaire



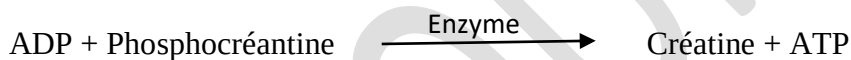
Les phénomènes chimiques : très complexes, peuvent cependant se résumer en deux types de réaction :

❖ **L'hydrolyse de l'ATP :** par le complexe actomyosine en présence des ions calcium

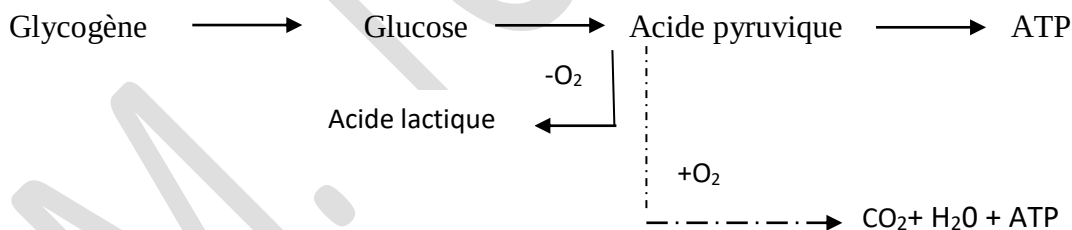


❖ **La régénération de l'ATP :**

- Soit par voie métabolique rapide :



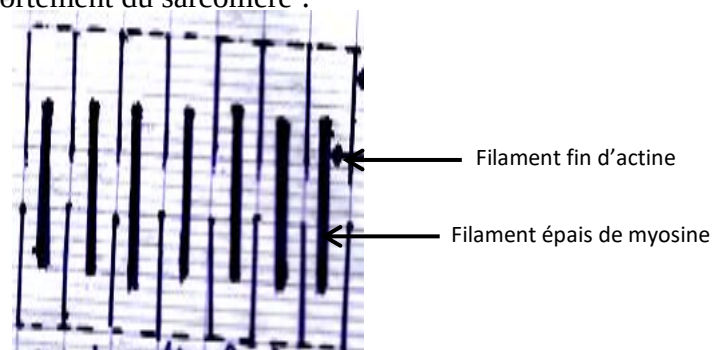
- Soit par voie métabolique lente :



7) Quel est le mécanisme de la contraction musculaire ?

Observation du comportement du sarcomère :

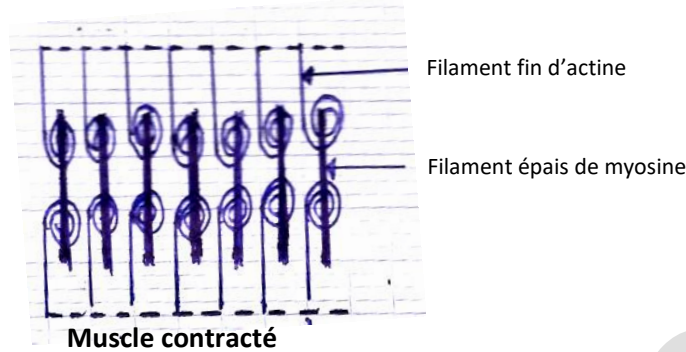
Avant l'excitation :



Muscle relâché

Analyse : avant l'excitation il n'y a aucun lien entre les filaments fins d'actine et les filaments épais de myosine.

Après l'excitation :



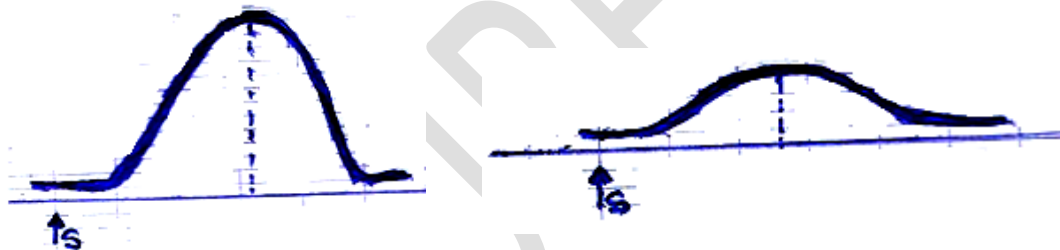
Analyse : à l'issue de l'excitation, les filaments fins d'actine s'enroulent sur les filaments épais de myosine.

Conclusion : à la suite d'une excitation efficace portée sur le muscle, l'attachement et le pivotement des filaments fins d'actine sur les filaments épais de myosine est à l'origine de la contraction musculaire.

8) **La fatigue musculaire :** un muscle fatigué est un muscle ayant répondu à un grand nombre d'excitation.

9) **Conséquence de la fatigue musculaire :**

Un muscle fatigué est un muscle qui répond de moins en moins fortement (faible amplitude) et de plus en plus lentement.



Muscle au repos : grande amplitude, Muscle fatigué : faible amplitude.

10) **Cause de la fatigue musculaire :**

- La trop longue durée de travail ;
- la disparition de la source d'énergie (glucose, ATP) ;
- le renouvellement insuffisant de l'oxygène ;
- l'accumulation des déchets (CO_2 , substances toxiques...) et de certains acides (acide lactique).

THEME 3: ETUDE D'UNE FONCTION SENSORIELLE : LA VISION

Les fonctions sensorielles permettent à l'organisme d'être en relation ou de s'informer avec son environnement à travers ses organes de sens (œil, peau, oreille, nez, langue).

Dans ce présent cours, nos études seront axées sur l'œil et la vision.

L'œil et la vision :

I) **L'œil et son fonctionnement.**

A) **L'œil.**

1) **Qu'appelle-t-on œil ?**

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

2) Quelle est la structure de l'œil ?

Anatomiquement, l'œil est formé du **globe oculaire** auquel sont annexés **les organes annexes**, les uns protecteurs (cils, sourcils, paupières, glandes lacrymales, orbite), les autres moteurs (4 muscles droits et 2 muscles obliques).

2-1 le globe oculaire : est formé de trois membranes délimitant les milieux transparents.

- a) Les membranes ou tuniques de l'œil sont de l'extérieur vers l'intérieur : la sclérotique, la choroïde, la rétine.

-**la sclérotique** : à rôle protecteur, forme en avant de l'œil la cornée transparente ;

-**la choroïde** : à rôle nourricier, forme en avant le corps ciliaire sur lequel est suspendu l'iris percé en son centre par la pupille ;

-**la rétine** : à rôle sensoriel, est une membrane sur laquelle se forment les images. Elle présente dans l'axe optique une légère dépression : la **Fovéa** à quelque millimètre de laquelle se trouve du côté interne, le point aveugle ou abouti le nerf optique.

b) les milieux transparents :

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

-**le cristallin** : lentille biconvexe située en arrière de l'iris et maintenu en place par des ligaments suspenseurs.

-**l'humeur vitrée** : liquide visqueux qui remplit le globe oculaire en arrière du cristallin.

2-2 Les organes annexes de l'œil :

- a) Les organes protecteurs :

-**l'orbite** : c'est le trou dans lequel loge globe oculaire.

-**les cils et sourcils** : ce sont des poils qui empêchent la sueur et les particules solides de tomber dans l'œil.

-**les paupières** : ce sont des replis de la peau au nombre de deux (supérieure et inférieure) recouvrant l'œil et porte des cils.

-**les glandes lacrymales** : produisent des larmes qui humidifient le globe oculaire et neutralisent certains microorganismes.

b) **les organes moteurs** : ce sont des muscles qui attachent et meuvent le globe oculaire dans l'orbite.

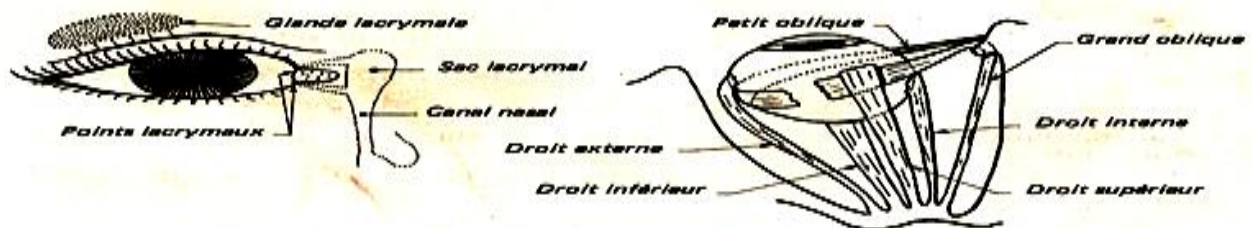
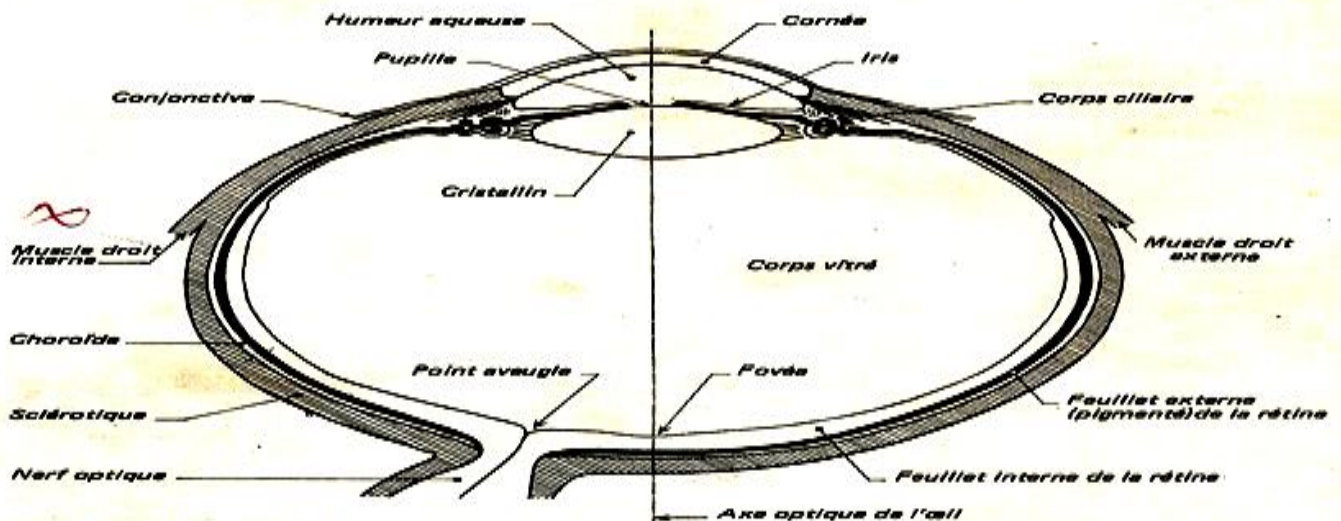


FIG. 1. — Organes annexes de l'œil. A gauche, appareil lacrymal. A droite, muscles de l'œil.



B) Fonctionnement de l'œil.

1) Quel est le mécanisme optique de l'œil ?

L'œil est une suite de milieux transparents aux limites desquels des rayons subissent des réfractions. Les rayons lumineux en traversant les milieux transparents de l'œil, doivent donc subir trois réfractions avant d'atteindre la rétine.

Pour des raisons didactiques, nous allons assimiler l'œil à un système optique d'un seul dioptré, donc à une seule lentille convergente : c'est l'œil réduit de Listing.

Par conséquent, **un œil réduit de Listing** est caractérisé par :

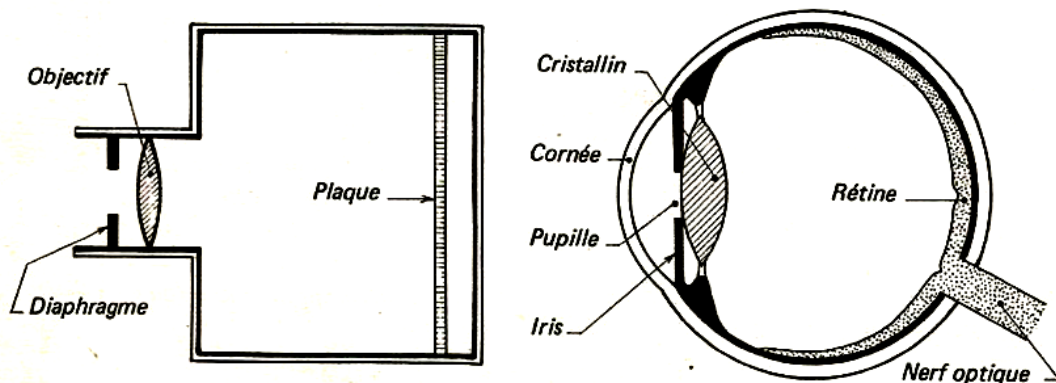
- une seule lentille convergente ;
- un seul dioptré ;
- une distance focale de 15mm en moyenne ;
- l'image d'un objet éloigné se forme d'emblée sur la rétine.

L'œil fonctionne à la façon d'un appareil photographique.

L'iris est son diaphragme, les milieux transparents constituent son objectif, la rétine joue le rôle de la plaque ou de la pellicule.

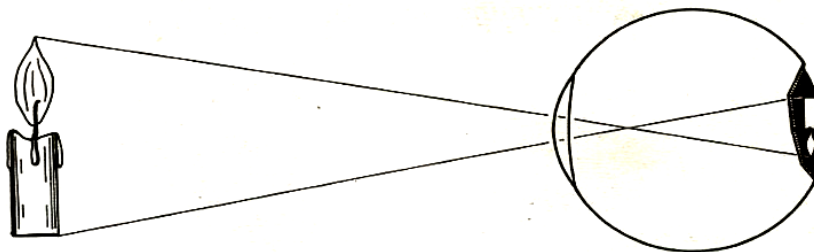
Le tableau ci-dessous propose une étude comparée entre l'appareil photographique en science physique et l'œil en science de la vie.

Appareil photographique	Œil
Diaphragme	Iris
Objectif	Cristallin
Pellicule (écran)	Rétine



2) Comment se forme l'image sur la rétine ?

Tout objet éclairé émet de la lumière en tous sens ; mais, seul 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.



Formation de l'image sur la rétine.

3) Qu'est-ce que l'accommodation ?

L'accommodation est la mise au point des images en vision rapprochée qui se traduit par une diminution de la distance focale entraînant une augmentation de la convergence de l'œil par suite du bombement du cristallin.

Elle s'accompagne du phénomène de diaphragmation qui correspond à une diminution du diamètre de la pupille.

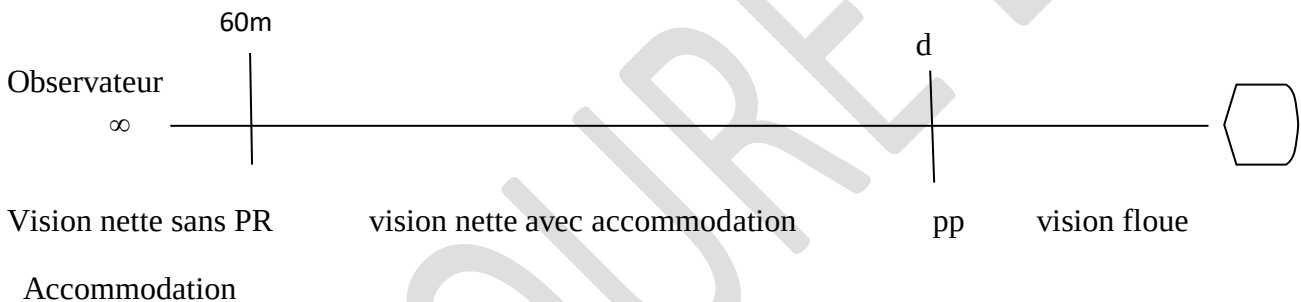
-objet situé à l'infini : lorsqu'un objet est situé à l'infini, la convergence de l'œil est telle que l'image se forme d'emblée sur la rétine : la vision est alors nette.

$$C=1/P+1/P'=1/f=1/0,015=66,66 \text{ dioptries}$$

-objet rapproché : lorsqu'un objet est rapproché, la convergence de l'œil est telle que l'image se forme derrière la rétine : la vision est 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 en réduisant la distance focale par un mécanisme reflexe : c'est l'**accommodation**.

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 (d) augmente.

Age (en année)	10	15	20	30	40	50	60
Valeur de d (en cm)	7	8	10	15	25	40	100

II) LA VISION.

La vision est une fonction sensorielle qui consiste la vue.

La rétine, membrane sensible joue un rôle fondamental dans cette fonction. Elle renferme les cellules responsables de la vue.

1) Quelle est la structure de la rétine ?

La rétine, membrane de l'œil, est formée dans son épaisseur de quatre couches de cellules qui sont, de l'extérieur vers l'intérieur :

-la couche de cellules pigmentaires : cellules de types épithélial 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 synapses par leurs dendrites avec le prolongement axoniques des cellules visuelles et par leurs axones avec les dendrites des cellules multipolaires de la couche profonde.

-la couche des cellules multipolaires : cellules nerveuses dont les axones se réunissent au niveau du point aveugle pour former les fibres du nerf optique.

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

-au niveau de la **rétine périphérique**, dans sa couche de cellules visuelles, on rencontre les **cônes et les bâtonnets**. Les bâtonnets sont d'autant plus nombreux qu'on s'éloigne de la fovéa.

-au niveau de la **rétine centrale**, dans sa couche de cellules visuelles, on rencontre uniquement des cellules à cônes.

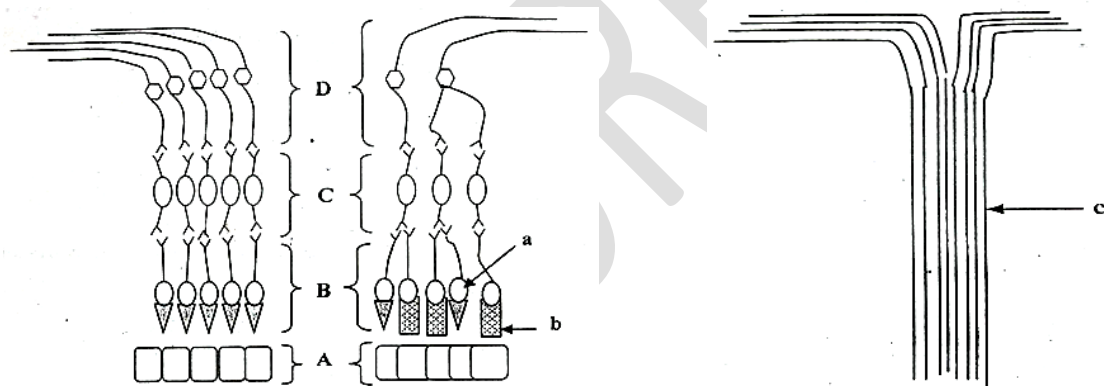
Pourquoi dit-on que la rétine centrale a une structure linéaire et que la rétine périphérique une structure convergente ?

-on dit que la rétine centrale a une structure linéaire (ou parallèle) car chaque cellule à cône correspond à une fibre du nerf optique.

-on dit que la rétine périphérique a une structure convergente car plusieurs cellules visuelles sont reliées à une même fibre du nerf optique.

NB : au niveau du **point aveugle**, il n'y a pas de cellules visuelles, on ne rencontre que les fibres du nerf optique. C'est pourquoi tout rayon lumineux émanant d'un objet qui tombe dans cette zone, l'objet ne serait pas vu.

Remarque : la rétine est donc un tissu hétérogène non seulement dans son épaisseur mais aussi d'une zone à une autre.



1-Rétine centrale, 2-Rétine périphérique,

3-Point aveugle du nerf optique

A=couche de cellules pigmentaires ; **B**=couche de cellules visuelles ; **C**=couche de cellules bipolaires ; **D**=couche de cellules multipolaires ;

A =cellules à cône ; **b**=cellules à bâtonnets ; **c**=fibres du nerf optique.

2) Quelle est la sensibilité rétinienne ?

La rétine présente deux types de récepteurs visuels de sensibilité différente :

Cellules à bâtonnets	Cellules à cônes
-plus sensibles à la lumière (un photon par cellule) grâce à leur richesse en rhodopsine ;	-moins sensibles à la lumière (100 photons par cellule) ;
-pas sensibles aux couleurs ;	-très sensibles aux couleurs ;
-assurent la vision crépusculaire ou nocturne (faible intensité lumineuse).	-assurent la vision diurne (forte intensité lumineuse) ;
	-assurent une vision précise ;

Qu'est-ce que la vision centrale et la vision périphérique ?

-la vision centrale est une vision à fort éclairement où les images des objets se trouvant sur l'axe optique se forment sur la fovéa. Cette vision est assurée par les cellules à cônes, permet de distinguer nettement les objets ainsi que les couleurs.

-la vision périphérique est une vision à faible intensité lumineuse assurée par les cellules à bâtonnets où les images des objets se forment sur la rétine périphérique.

Cette vision à une faible acuité et ne permet pas de distinguer les couleurs. Tous les objets observés apparaissent gris. D'où l'expression : « **la nuit tous les chats sont gris** ».

Qu'est-ce que l'acuité visuelle ?

L'acuité visuelle est le pouvoir qu'à l'œil de distinguer nettement deux points les plus proches l'un de l'autre.

Qu'est-ce que le pouvoir séparateur ?

Le pouvoir séparateur est l'angle minimal sous lequel un œil peut distinguer deux points situés côte à côte.

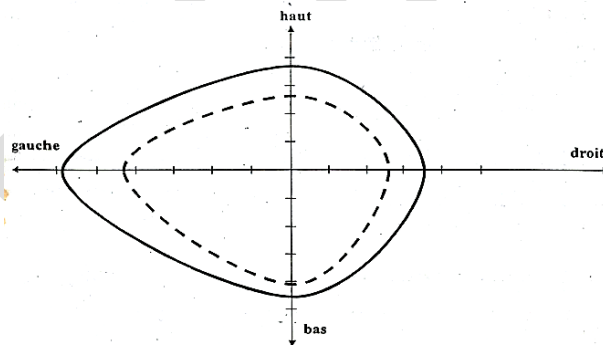
Qu'est-ce que le champ visuel ?

Le champ visuel d'un œil est l'ensemble des points de l'espace pouvant être vus par cet œil maintenu immobile.

On distingue le champ visuel monoculaire (pour un œil) et le champ visuel binoculaire (pour les deux yeux).

Remarque : le champ visuel est plus étendu du côté temporal (extrémité de la tête) que du côté nasal (vers le nez) ; il est plus étendu en bas qu'en haut.

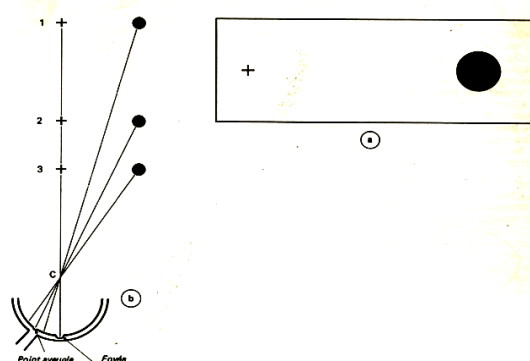
Il est beaucoup plus étendu en lumière blanche qu'en lumière colorée.



Champ visuel de l'œil gauche

Expérience de Mariotte : Condition de la vision d'un objet en déplacement par un œil immobile selon les zones de la rétine où les rayons émanant de l'objet sont projetés.

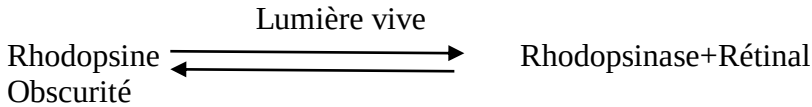
Protocole : fermé l'œil gauche. Tenu le livre à distance et fixé la croix (+) de l'œil droit rapproché lentement le livre ; à un certain moment, le cercle disparaît : son image se forme alors sur le point aveugle.



Conclusion : tout rayon émanant d'un objet éclairé qui tombe sur une zone de la rétine constituée des cellules visuelles, l'objet serait vu. Mais par contre tout rayon émanant d'un objet qui tombe sur le point aveugle, l'objet serait invisible.

Comment l'œil s'adapte-t-il à l'obscurité ?

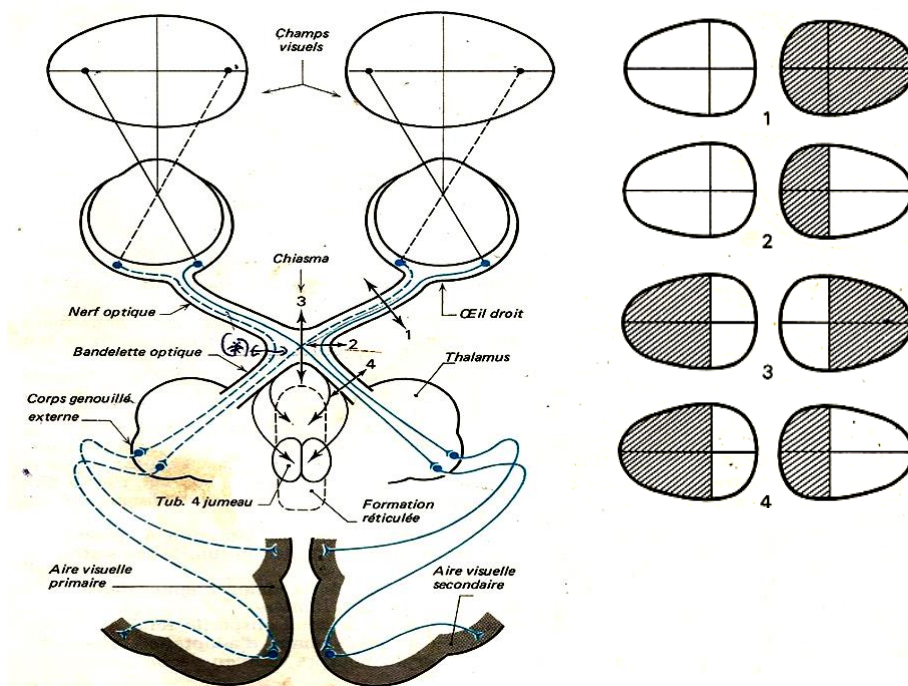
L'œil s'adapte à l'obscurité en augmentant la sensibilité rétinienne par suite d'une accumulation progressive de rhodopsine (ou pourpre rétinien) qui se décompose à la lumière vive et se reconstitue à l'obscurité.



3) Quel est le rôle du nerf optique ?

Le nerf optique assure la transmission des influx nerveux visuels né des cellules visuelles et est l'intermédiaire indispensable entre l'œil et le cerveau.

Chez un animal, la section des deux nerfs optiques entraîne une cécité complète et irréversible.



Les voies optiques

4) Quel est le rôle du centre visuel cérébral ?

Le centre visuel cérébral a pour rôle la perception, l'analyse pour rendre compte de leur forme, couleur. Chez un animal, l'ablation de ce centre entraîne une cécité complète irréversible.

5) Quelles sont les anomalies optiques de l'œil ?

-la myopie : est une anomalie optique de l'œil caractérisée par la formation de l'image des objets éloignés en avant de la rétine.

Un œil myope est trop convergent. La correction se fait à l'aide de lentilles divergentes.

L'hypermétropie : est une anomalie optique de l'œil caractérisée par la formation des images des objets derrière la rétine.

Un œil hypermétrope est trop divergent.

La correction se fait à l'aide des lentilles convergentes.

-La presbytie : (du grec, presbyte=vieillard) est une anomalie de l'œil caractérisée par une diminution du pouvoir d'accommodation par suite de la perte de l'élasticité du cristallin sous le poids de l'âge.

Un œil presbyte distingue mal les objets rapprochés (il n'accommode pas bien). Des verres à double foyers permettent de bien distinguer les objets.

-L'héméralopie : est une diminution considérable de la vision lorsque l'éclairage est faible.

Cette anomalie est due à une carence en vitamine A entrant dans la constitution de la rhodopsine.

Un apport en aliments riches en vitamines A permet de corriger l'héméralopie.

-L'astigmatisme : est une anomalie de l'œil due à une mal formation (non sphérique) de la corné transparente qui renvoie les rayons lumineux en deux endroits différents de la rétine.

Un œil astigmatique voit les objets en deux exemplaires (vision floue).

La correction de l'astigmatisme se fait à l'aide des verres cylindriques.

-Le strabisme : est un défaut de parallélisme de l'axe optique se traduisant par la déviation d'un œil ou des deux yeux.

-Le Daltonisme : est une anomalie héréditaire de la vision caractérisée par la confusion des couleurs (surtout le rouge et le vert).

6) Quelques maladies de l'œil :

-la cataracte : est l'opacification progressive du cristallin associé soit au vieillissement soit à diverses maladies (diabète, tétanie).

-Le glaucome : est une augmentation de la pression à l'intérieur de l'œil, caractérisé par l'accumulation de l'humeur aqueuse.

-Le trachome : est une maladie infectieuse qui atteint les paupières et la corné transparente.

-La conjonctivite : est une irritation de la conjonctive due soit aux corps étrangers collés à l'œil, soit aux microbes.

Elle est en générale plus bénigne.

-Les décollements de la rétine : est une déchirure entre l'épithélium pigmentaire et des cellules visuelles soit spontanément, soit sous l'effet de traumatisme oculaire.

7) Quelques règles d'hygiène de l'œil.

Pour assurer une bonne vision il faut :

- assurer une propreté exemplaire de l'œil ;
- éviter la pénétration des corps étrangers dans l'œil ;
- éviter de toucher l'œil avec les mains ou les linges sales ;
- éviter d'exposer l'œil à des lumières intenses ;
- éviter de lire sous le soleil ou d'autres sources de lumière intense ;
- éviter de lire à l'obscurité (faible éclairage) ;
- lire à des conditions de lumière raisonnable ;
- éviter de lire des documents à caractère petit.

THEME IV : LA REGULATION HUMORALE

A- L'équilibre hydrominéral.

L'équilibre hydrominéral est un aspect de l'**homéostasie** permettant de réguler la teneur de l'organisme en eau et en substances minérales. Le rein par ses fonctions contribue au maintien de cet équilibre indispensable à l'activité cellulaire.

L'organisme n'utilise pas entièrement les substances qu'il assimile, il subsiste des déchets qui doivent être évacués (CO_2 , H_2O , urine, bile, sueur,...) : c'est l'excrétion .

L'appareil urinaire joue un rôle fondamental dans l'équilibre hydrominéral.

I -L'appareil urinaire et son fonctionnement.

Qu'est-ce que l'appareil urinaire ?

L'appareil urinaire est l'ensemble des organes qui permettent la formation continue de l'urine et de son évacuation périodique .Il est constitué de deux reins, deux uretères, la vessie et de l'urètre.

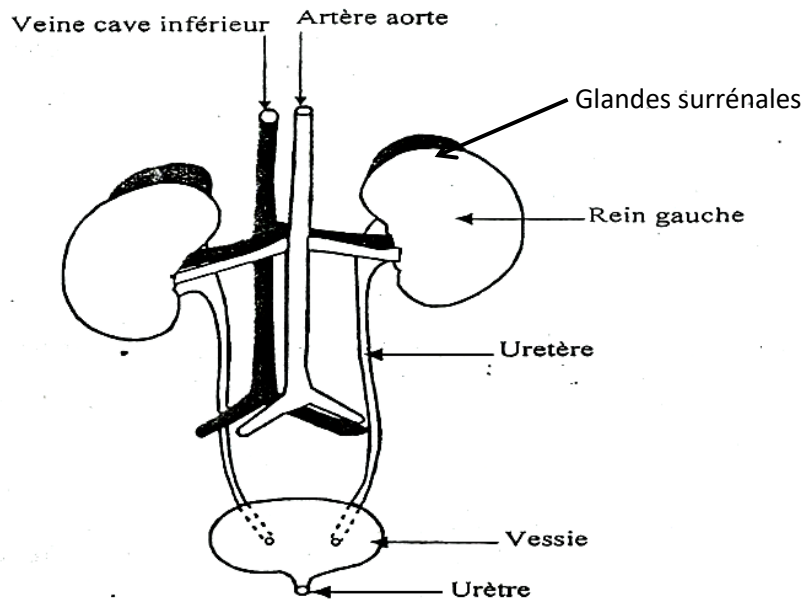


Schéma de l'appareil urinaire

Qu'est-ce que l'urine ?

L'urine est un liquide jaune ambré, limpide, salé, légèrement acide (pH=5 à 6) sécrété par les reins.

Quelle est la composition chimique de l'urine ?

Les analyses sur l'urine au laboratoire, ont révélé que l'urine est composée de substances minérales (eau et sels minéraux) et des déchets azotés (ammoniaque, urée, acide urique, créatine, pigment).

Dans certains cas pathologiques, il peut s'y ajouter du glucose, de l'albumine, du sang,...

D'où provient l'urine ?

Comparons le plasma sanguin à l'urine :

Principaux constituants(g/l)	Plasma sanguin	Urine
Eau	900	950
Chlorures (NaCl)	7	10
Sulfates de potassium	0,02	2
phosphates	0,04	2
Protides	80	0
Lipides	5	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 substances minérales (eau, chlorures, sulfates, phosphates), l'urée, l'acide urique, sont présents à la fois dans le plasma et dans l'urine mais plus concentrés dans l'urine (rôle de filtre sélectif des reins) ;
- Le glucose, les protéines et les lipides sont présents dans le plasma sanguin mais absents dans l'urine (rôle de barrière des reins)
- L'ammoniaque est présent dans l'urine mais absent dans le plasma (rôle de sécrétion des reins)

Conclusion : de faite que tous les constituants del'urine se rencontrent dans le plasma sanguin sauf certains pigments et acide, ammoniacque, alors nous pouvons dire que l'urine provient du sang.

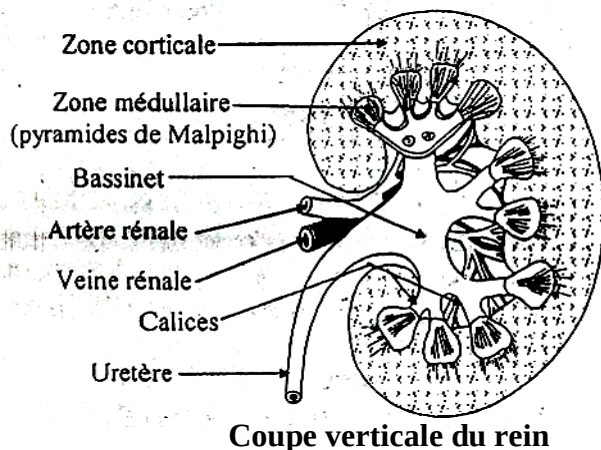
Comment se forme l'urine ?

L'urine se forme dans les reins au niveau des tubes urinifères (ou néphrons) à partir du plasma sanguin.

Chaque rein est constitué d'environ un million de tube urinifère.

L'examen d'une coupe longitudinale d'un rein permet de distinguer :

- une **capsule fibreuse** : mince et résistante, membrane protectrice qui entoure complètement le rein.
- une **zone corticale** :jaunâtre et piquetée de rouge, d'aspect finement granulé.
- zone médullaire** : rouge foncé, formé de huit à douze pyramides indépendantes.



Coupe verticale du rein

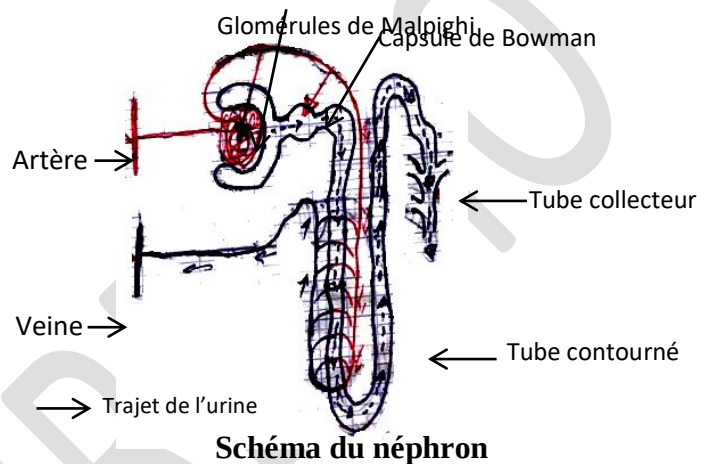


Schéma du néphron

Quel est le mécanisme de formation de l'urine ?

La formation de l'urine se fait dans les néphrons en trois étapes :

- la filtration glomérulaire** : 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.
- la réabsorption tubulaire** : la plus grande partie de l'eau, des sels minéraux, la totalité du glucose sont réabsorbés.
- la sécrétion tubulaire** : la paroi du tube élabore certaines substances (ammoniaque, pigments...) absentes dans le plasma qui, ajoutées à celles non réabsorbées forment l'urine définitive.

NB : -l'**urine primitive (ou primaire)** se forme dans la capsule de **BOWMANN** après filtration glomérulaire.

-l'**urine définitive** se forme dans le tube collecteur à partir des substances non réabsorbées et sécrétées par la paroi du néphron.

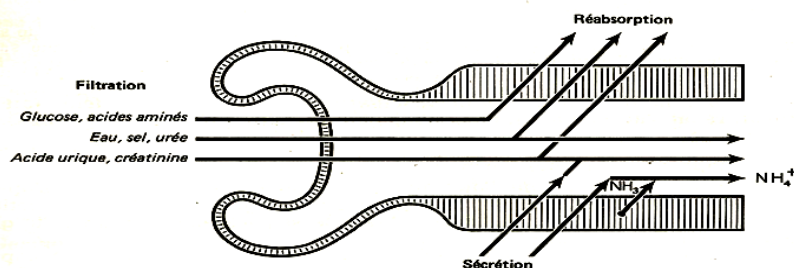


Schéma du mécanisme de formation de l'urine.

Quelles sont les principales fonctions du rein ?

Dans l'organisme les reins assurent deux fonctions principales :

-**la fonction d'épuration** : consiste à débarrasser l'organisme des déchets toxiques résultants de l'activité cellulaire.

-**la fonction de régulation** : consiste à assurer l'équilibre du milieu intérieur.

II) MECANISME DE REGULATION DE LA TENEUR EN EAU DANS L'ORGANISME.

Quel est le mécanisme de régulation de l'eau dans l'organisme ?

A la suite d'une diminution d'eau dans l'organisme, il se produit des alertes aux osmorecepteurs hypothalamiques, qui stimulent par voie nerveuse l'hypothalamus qui d'éclanche à son tour la sécrétion d'**ADH** en stimulant l'hypophyse.

Cette hormone est déversé dans le sang qui la véhicule jusqu'au rein où elle stimule la réabsorption d'eau dans le milieu intérieur en ouvrant les aqua pores du tube collecteur du néphron.

Cette réabsorption d'eau a pour effet de ramener la teneur en eau de l'organisme à la valeur normale (900 g/l).

III) MECANISME DE REGULATION DE LA TENEUR EN SODIUM DANS L'ORGANISME.

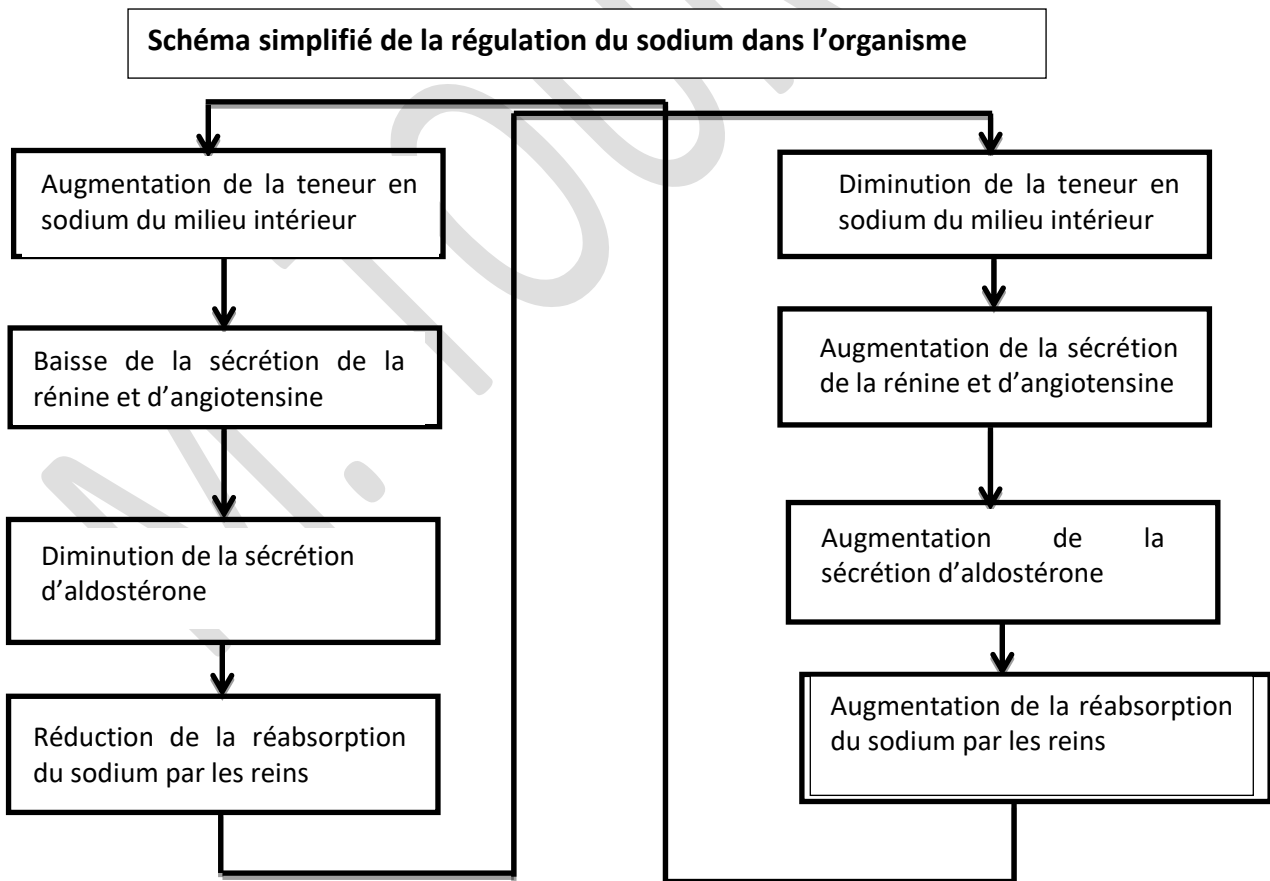
Quel est le mécanisme de régulation du sodium ?

A la suite d'une hyponatrémie, il se produit une production de **rénine** par les reins, qui entraîne la transformation de l'angiotensinogène du foie en **angiotensine**.

Cette hormone déclenche la sécrétion d'**ALDOSTERONE** en stimulant les glandes surrénales.

L'aldostérone agit à son tour sur la paroi du néphron en augmentant la réabsorption du sodium dans le milieu intérieur.

Cette réabsorption du sodium a pour effet de ramener la natrémie à la valeur normale (7g/l).



Quels sont les facteurs intervenant dans l'activité régulatrice des reins ?

- Les facteurs mécaniques** : une augmentation du débit sanguin au niveau du rein entraîne une augmentation de la diurèse et inversement.
- Les facteurs humoraux** : le fonctionnement des reins est directement influencé par la teneur en eau en sodium du sang.
- Les facteurs nerveux** : le système nerveux intervient sur l'activité des reins en modifiant le calibre des vaisseaux sanguins à leur niveau. Ainsi une vasoconstriction rénale entraîne une diminution de la diurèse et inversement.
- Les facteurs hormonaux** : deux glandes jouent un rôle important dans le fonctionnement des reins : ce sont les surrénales et l'hypophyse.

B) LA REGULATION DE LA GLYCEMIE.

Après les repas, lors de l'absorption intestinale, une importante quantité de nutriments y compris de nombreuses molécules de glucoses passent dans le sang. Or les analyses montrent que la composition du sang varie très peu.

On peut supposer alors que l'organisme mobilise certains organes (pancréas, foie...) et d'autres tissus pour coordonner cette régulation en procédant à la mise en réserve de certaines substances comme le glucose.

Ce système présente un double avantage :

- il assure la constance du milieu intérieur ;
- il permet le ravitaillement des cellules en nutriments en dehors des repas.

Qu'appelle-t-on glycémie ?

La glycémie est la teneur du sang en glucose, elle est constante et sa valeur moyenne normale est **1g/l**.

NB : On dit qu'il ya hyperglycémie quand la glycémie est plus élevée que la normale ; hypoglycémie quand la glycémie est inférieure à la valeur normale ; **diabète** quand la glycémie atteint 2 g/l.

LE PANCREAS :

Qu'est-ce que le pancréas ?

Le pancréas est une glande mixte abdominale, annexé au tube digestif et au système circulatoire.

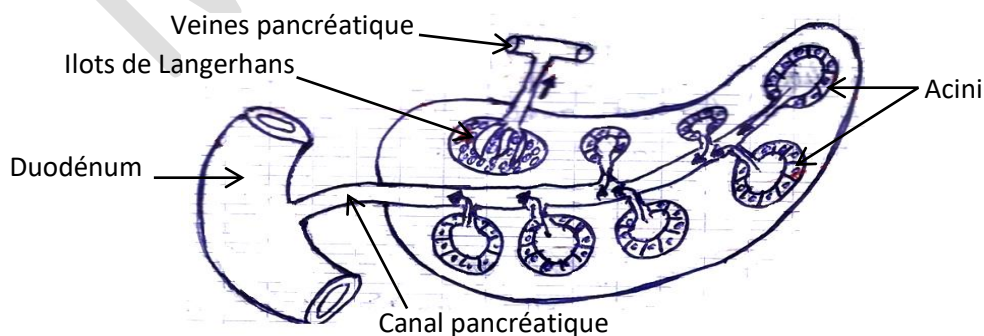
Il est situé derrière l'estomac sécrétant des enzymes digestives et des hormones (**insuline et glucagon**) intervenant différemment dans la régulation de la glycémie.

Quelle est la structure du pancréas ?

Une coupe histologique du pancréas montre deux types de tissus : les « **acini** » et les « **ilots de LANGERHANS** ».

-**les acini** : sont des groupements de cellules annexées au canal pancréatique qui sécrète le suc pancréatique pour la digestion des aliments dans le tube digestif.

-**les ilots de LANGERHANS** : sont des amas de cellules dépourvus de canal extérieur, sécrètent des hormones glycémiantes déversées dans le sang à travers les veines pancréatiques.



Coupe histologique du pancréas

Pourquoi qualifie-t-on le pancréas de glande mixte ?(rôle du pancréas).

On qualifie le pancréas de glande mixte car il assure deux fonctions :

-une fonction exocrine : par la sécrétion du suc pancréatique ;

-une fonction endocrine : par la sécrétion des hormones glycémiantes (insuline et glucagon).

Le pancréas possède des canaux pancréatiques par lesquels s'écoule le suc pancréatique rejeté dans le duodénum.

Par ailleurs, si on ligature les canaux pancréatiques d'un animal, des troubles digestifs apparaissent mais il n'y a pas de diabète.

Les hormones pancréatiques passent par un canal non lié au canal pancréatique. Elles passent directement dans le sang à travers la veine pancréatique.

Les hormones glycémiantes et leurs modes d'action.

Qu'appelle-t-on hormone ?

Une hormone est un messenger chimique actif à très faible dose, sécrété par une glande endocrine, déversé dans le sang et véhiculé par celui-ci jusqu'aux organes ou cellules cibles.

1) L'insuline.

L'insuline est une hormone hypoglycémiant sécrétée par les cellules bêta (β) des îlots de LANGERHANS du pancréas.

Quel est le mode d'action de l'insuline ?

En cas d'hyperglycémie, l'insuline diminue le taux de glucose sanguin en agissant sur :

-les cellules hépatiques et musculaires pour la mise en réserve du glucose sous forme de glycogène (glycogénogenèse) ;

-les cellules adipeuses en favorisant la mise en réserve du glucose excédentaire sous forme de lipides=graisses (lipogenèse) ;

-l'ensemble des cellules de l'organisme (excepté les cellules nerveuses) en augmentant l'utilisation du glucose.

2) Le Glucagon.

Le glucagon est une hormone hyperglycémiant sécrétée par les cellules alpha (α) des îlots de LANGERHANS du pancréas.

Quel est le mode d'action du glucagon ?

Le glucagon a une action inverse à celle de l'insuline. En cas d'hypoglycémie, le glucagon fait augmenter le taux de glucose sanguin en :

Provoquant la glycogénolyse hépatique et musculaire pour libérer progressivement le glucose dans le sang jusqu'à atteindre la glycémie normale ;

-bloquant la lipogenèse à partir du glucose ;

-diminuant l'utilisation excessive du glucose par les cellules en générale.

Remarque : l'Insuline et le Glucagon fonctionnent de façon antagonique.

Quel est le trajet normal des produits du pancréas jusqu'au foie ?

D'après l'appareil circulatoire, le trajet normal des produits du pancréas (Insuline et Glucagon) se présente comme suit :

Pancréas Hormones → veines pancréatiques → veines caves → cœur → artères pulmonaires
poumons → veines pulmonaires → cœur → artère aorte → artère hépatique → foie.

Quel est le trajet normal des produits du foie (bile) jusqu'à l'intestin grêle ?

Le trajet des produits du foie se présente comme suit :

Foie → canal cholédoque → intestin grêle.

Quelles sont les procédures de régulation des dérapages glycémiques ?

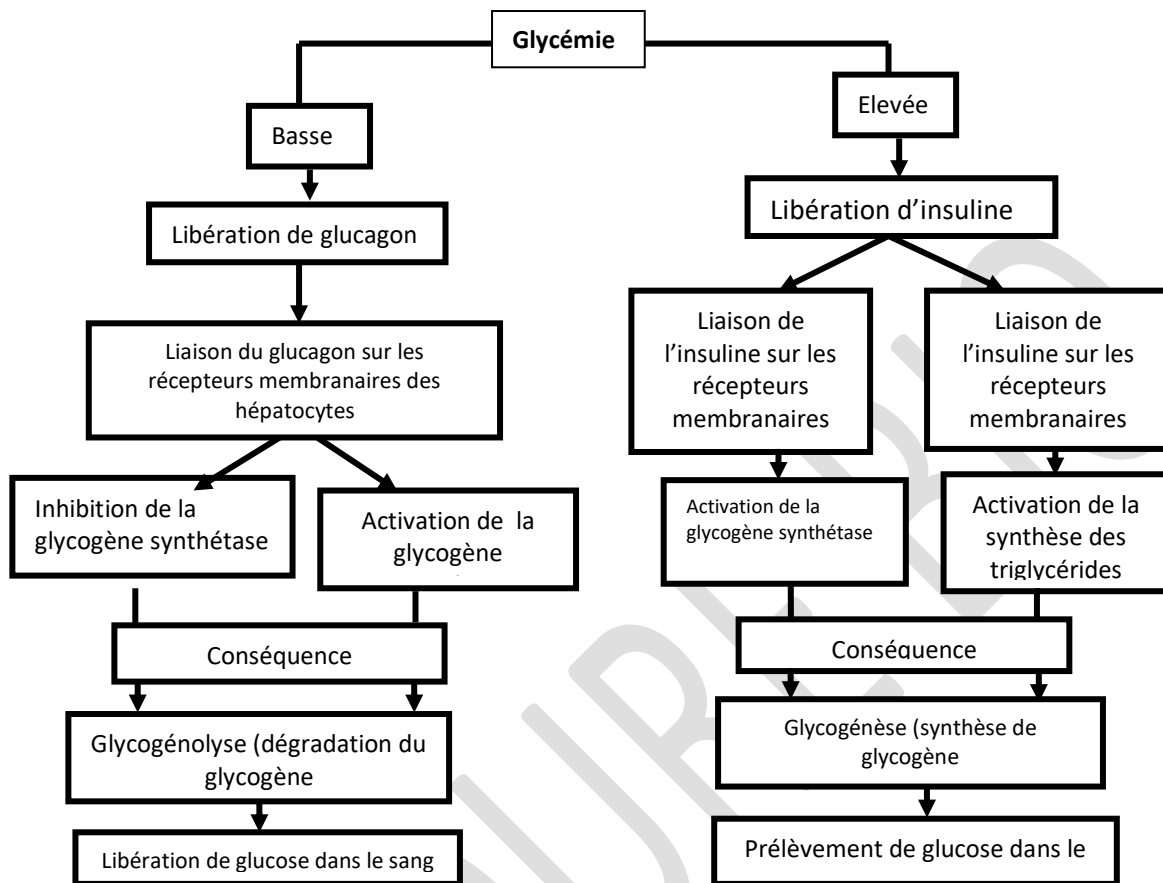
Ce sont :

-l'injection d'hormone glycémiant (Insuline ou Glucagon) ;

-l'injection des extraits pancréatiques ;

-la greffe de pancréas dans la circulation sanguine ;

Stockage et libération du glucose sous l'action des hormones



THEME 5: L'INTEGRATION NEURO-HORMONALE.

A) LA REGULATION DE L'ACTIVITE CARDIAQUE.

1) Qu'est ce que le cœur ?

Le cœur est un organe creux formé de quatre cavités : 2 oreillettes et 2 ventricules.

Les oreillettes communiquent avec les ventricules correspondants par les valvules auriculo-ventriculaires (tricuspide=mitrale du côté droit et bicuspide du côté gauche) empêchant le retour du sang en sens inverse.

Les valvules sigmoïdes contrôlent l'ouverture de l'artère pulmonaire et de l'artère aorte, empêchant le retour du sang dans les ventricules.

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

Le cœur humain pèse 300g, et est logé dans le médiastin antérieur, limité par les poumons et le diaphragme et situé légèrement à gauche.

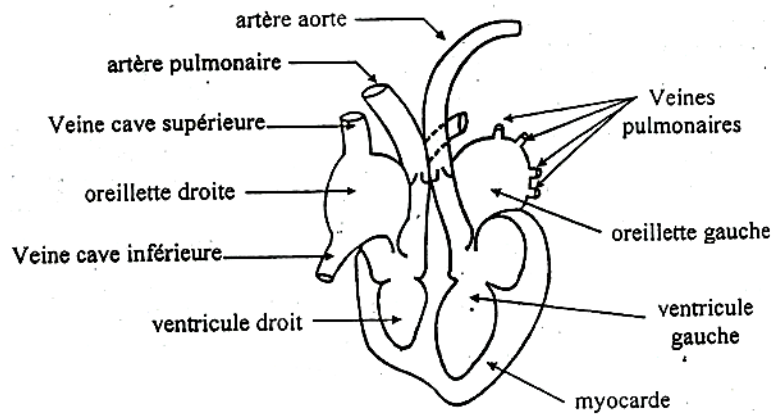


Schéma de la coupe longitudinale du cœur humain.

1) Comment fonctionne le cœur ?

a) **La révolution cardiaque** : est l'ensemble des activités rythmiques et cycliques du cœur qui se produisent au cours d'un seul battement cardiaque. Elle a une durée moyenne de **0,8s**.

Une révolution cardiaque comprend trois phases successives :

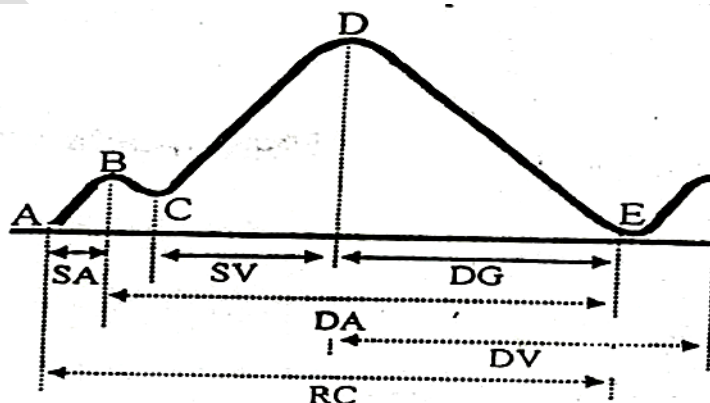
- **La systole auriculaire (0,1s)** : est la contraction simultanée des deux oreillettes qui propulsent le sang dans les deux ventricules correspondants ;
- **La systole ventriculaire (0,3s)** : est la contraction simultanée des deux ventricules qui propulsent le sang dans les artères correspondantes ;
- **La diastole générale (0,4s)** : est le repos ou relâchement du cœur qui s'accompagne de l'aspiration du sang dans les deux oreillettes

Remarque : comme on le constate, le temps de travail du cœur est égal au temps de repos. C'est ce qui explique que le cœur est un organe infatigable, il fonctionne de façon automatique tant que l'on vit.

b) L'activité mécanique du cœur : le cardiogramme.

Le cardiogramme est l'enregistrement graphique de l'activité mécanique du cœur au cours d'un cycle cardiaque.

Le cardiographe est l'appareil permettant les enregistrements graphiques des battements cardiaques.



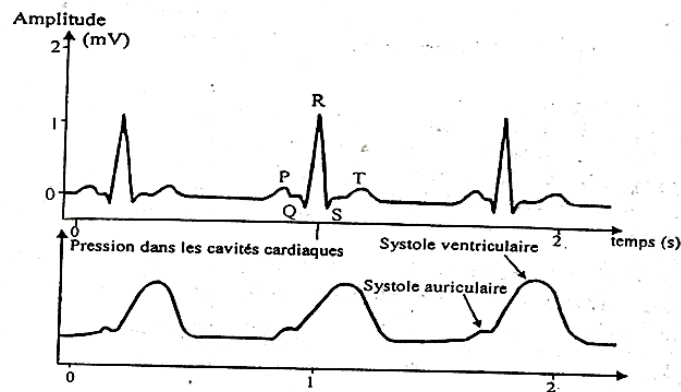
Cardiogramme normal

Analyse : le tracé (cardiogramme) correspond à un seul battement cardiaque et comprend deux courbes successives d'amplitudes différentes :

- La courbe ABC correspond à l'activité des oreillettes ;
- La courbe CDE correspond à l'activité des ventricules.

c) L'activité électrique du cœur : électrocardiogramme.

L'électrocardiogramme est l'enregistrement graphique de l'activité électrique du cœur au cours d'un cycle cardiaque.



Electrocardiogramme no

Analyse : le tracé (électrocardiogramme), est constitué de plusieurs ondes appelées onde P, complexe QRS et onde T.

- **L'onde P :** correspond à la dépolarisation des oreillettes qui précède et déclenche la systole auriculaire.
- **Le complexe QRS :** correspond à la dépolarisation des ventricules qui précède et déclenche la systole ventriculaire.
- **L'onde T :** correspond à la repolarisation ventriculaire qui précède et déclenche la diastole générale.

d) L'automatisme cardiaque.

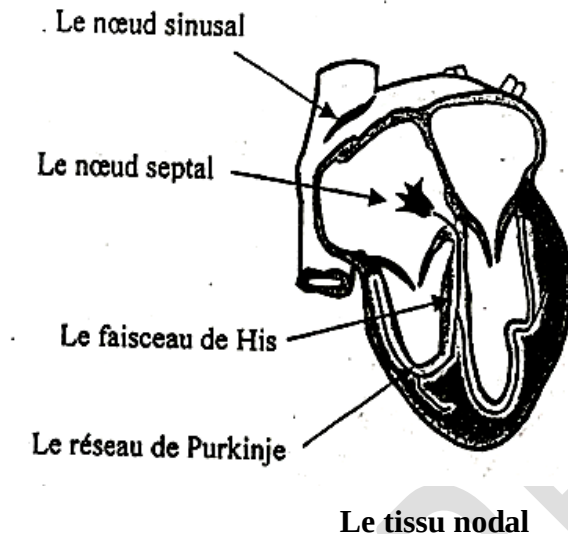
Expérience : un cœur de chien isolé et déposé dans du ringer continue de battre de façon rythmique pendant quelques heures.

Analyse : Le cœur est doué d'automatisme, c'est-à-dire que comme tout organe automatique, il présente un fonctionnement spontané, indépendant de tout facteur extracardiaque caractérisé par la répétition de contractions dont le rythme constitue la fréquence cardiaque (**70 à 80** battements par minute environ). Cette activité automatique est sous la dépendance du système nerveux intrinsèque situé dans les parois même du cœur : il s'agit du tissu nodal.

Comment est constitué le tissu nodal ? (structure)

Le tissu nodal est constitué de différents éléments :

- **Le nœud sinusal** : Situé dans la paroi de l'oreillette droite au point d'arrivée des veines caves ;
- **Le nœud septal** : Situé dans la cloison auriculo ventriculaire ;
- **Le faisceau de His** : Situé dans la cloison inter ventriculaire
- **Le réseau de Purkinje** : Situé dans la paroi des ventricules



Comment fonctionnent le tissu nodal ?

Les potentiels d'action qui sont à l'origine de la contraction du cœur naissent de façon spontanée et rythmique dans le nœud sinusal, se transmettent aux oreillettes (entraînant la systole auriculaire) puis au nœud septal en suite au faisceau de His et au réseau de Purkinje (provoquant la systole ventriculaire). Le nœud sinusal est appelé « Pace maker » du cœur ou entraîneur du cœur, car il impose son rythme à l'ensemble du cœur

NB : Le tissu nodal est donc le siège de l'automatisme cardiaque.

3) Comment se fait la régulation de l'activité cardiaque ?

Les efforts physiques, les émotions (peur, joie, colère...) modifient le rythme cardiaque.

Si on sectionne tous les nerfs qui innervent le cœur d'un chien, le cœur continue de battre mais l'animal ne peut faire d'effort physique. On peut alors supposer que :

- le système nerveux a une influence sur l'activité cardiaque ;
- les nerfs possèdent une action sur le cœur.

3-1 Action du système nerveux sur l'activité cardiaque.

Action des nerfs sur l'activité cardiaque : l'action des nerfs innervant le cœur peut être étudiée de deux façons :

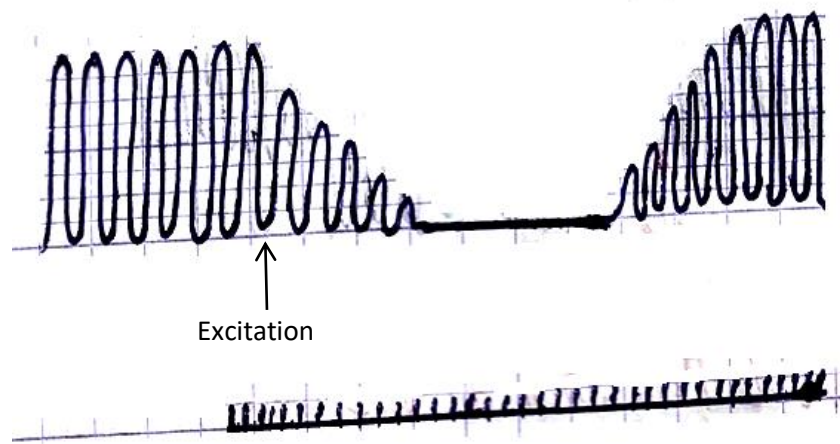
- soit l'excitation électrique
- soit la section.

a) Action du nerf parasympathique.

Expérience : on stimule le nerf parasympathique du cœur d'un chien à faible intensité puis à forte intensité.

Résultat

Effet de l'excitation du nerf parasympathique sur le cœur.



Analyse : avec une faible intensité de stimulation, on observe une diminution du rythme cardiaque et une diminution de l'amplitude des contractions : c'est la **bradycardie**.

Avec une forte intensité de stimulation, on observe en plus de la diminution du rythme et de l'amplitude des contractions, un arrêt du cœur en diastole. Mais après un certain temps malgré le maintien de l'excitation, on observe une reprise progressive des contractions cardiaques : c'est le phénomène d'échappement.

Conclusion : le nerf parasympathique ou nerf X ou nerf vague ou nerf pneumogastrique est un nerf cardiomodérateur.

Il a pour centre nerveux le **bulbe rachidien** et a pour action de **diminuer le rythme cardiaque**.

Le nerf parasympathique conduit le message nerveux du centre nerveux vers l'organe effecteur : c'est un nerf moteur. Son corps cellulaire se trouve dans le bulbe rachidien et son axone se termine dans l'oreillette droite.

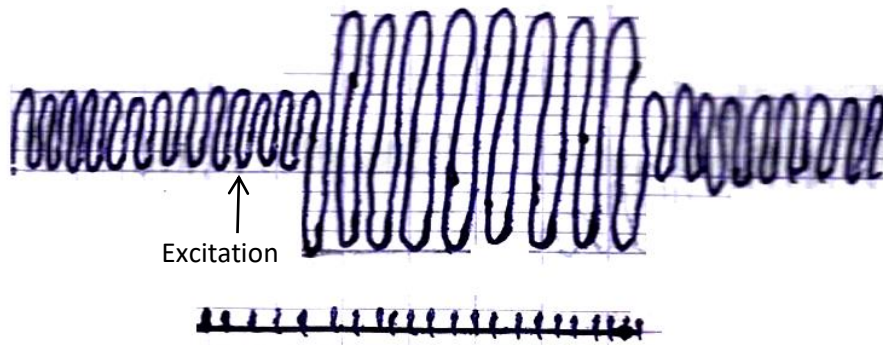
NB : notons de plus que si on sectionne les nerfs parasympathiques, on observe une accélération du rythme cardiaque par suite du non contrôle de ces derniers sur le cœur.

Ce phénomène signifie que les nerfs parasympathiques exercent une **action modératrice permanente sur le cœur**.

b) Action du nerf orthosympathique.

Expérience : on stimule le nerf orthosympathique chez le chien.

Résultat :



Effet de l'excitation du nerf orthosympathique sur le cœur.

Analyse : après un temps de latence assez long, on observe une accélération du rythme cardiaque puis une augmentation de l'amplitude des contractions : c'est la **tachycardie**.

Conclusion : le **nerf orthosympathique** ou nerf sympathique est un **nerf cardioaccélérateur**. Il a pour centre nerveux la **moelle épinière** et a pour action **d'augmenter le rythme cardiaque**.

Il conduit le message nerveux du centre nerveux vers l'organe effecteur : c'est un nerf moteur.

Les corps cellulaires de ces fibres nerveuses sont localisées dans la moelle épinière, leurs axones passent dans le ganglion étoilé et se terminent dans les oreillettes droites et les ventricules.

NB : notons que si on sectionne les nerfs orthosympathiques, on observe une diminution du rythme cardiaque par suite du non contrôle de ce dernier sur le cœur.

Ce phénomène signifie que les nerfs orthosympathiques exercent une **action accélératrice sur le cœur**.

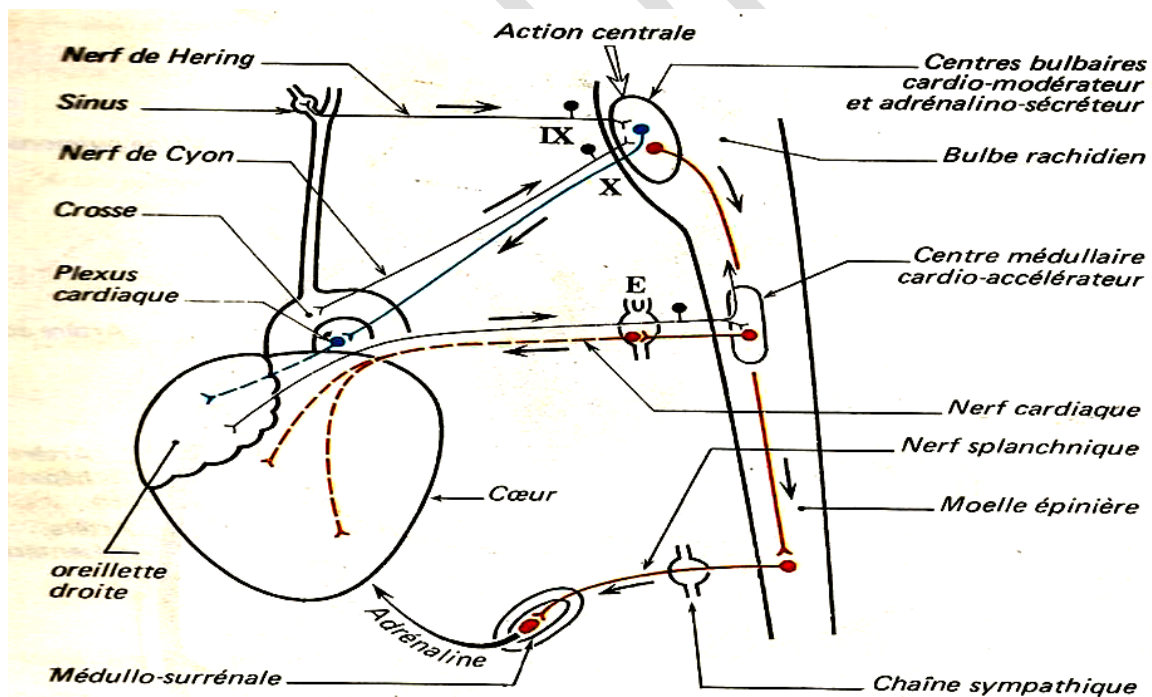


Schéma de l'innervation cardiaque.

Remarque : les nerfs sino-aortiques (nerf de cyon et nerf de hering) sont des nerfs cardiomodérateurs. Ils conduisent le message nerveux de l'organe effecteur (cœur) vers le centre nerveux : ce sont des nerfs sensitifs.

Les fibres du nerf de hering partent du sinus carotidien et aboutissent au centre cardiomodérateur où se trouvent leurs corps cellulaires.

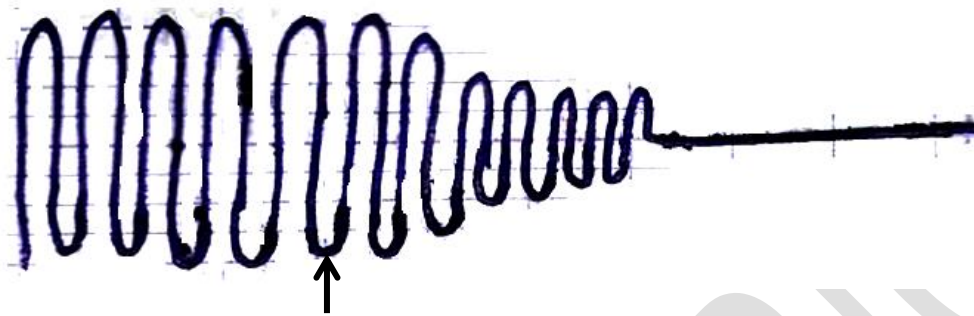
Les fibres du nerf de cyon partent de la crosse aortique et aboutissent au centre cardiomodérateur.

3-2) Action des hormones sur l'activité cardiaque (expérience de LOEWI).

a) Action de l'acétylcholine.

Expérience : opérons sur un cœur de grenouille isolé. Mettons le dans une cuve pour bien observer les battements et ajoutons quelques gouttes d'acétylcholine.

Résultat :



Action de l'acétylcholine sur le cœur.

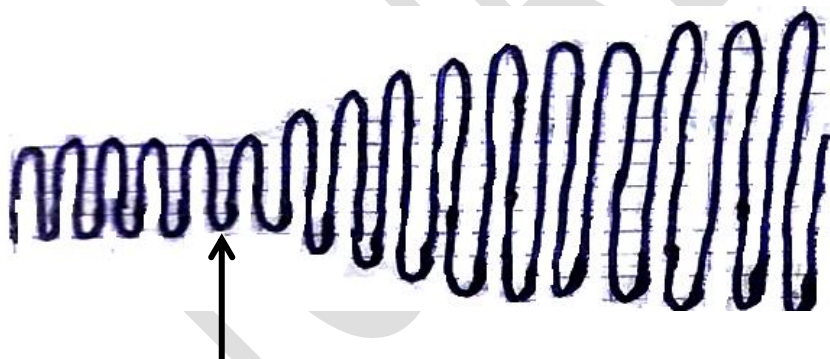
Analyse : sous l'effet de l'acétylcholine, le rythme cardiaque se ralentit et l'amplitude des contractions diminue puis le cœur s'arrête en diastole.

Conclusion : l'acétylcholine est une hormone cardiomodératrice jouant le même rôle que les nerfs parasympathiques.

b) Action de l'adrénaline.

Expérience : avec l'expérience précédente, ajoutons dans la cuve, quelques gouttes d'adrénaline,

Résultat :



Action de l'adrénaline sur le cœur

Analyse : sous l'action de l'adrénaline, on observe que le rythme cardiaque s'accélère et que l'amplitude des contractions est de plus en plus énergétique.

Conclusion : l'adrénaline est une hormone cardioaccélétratrice jouant le même rôle que les nerfs orthosympathiques.

Conclusion générale : les nerfs agissent sur le cœur par l'intermédiaire des médiateurs chimiques (ou neuro- transmetteurs) cardiomodérateur (acétylcholine) avec pour centre nerveux le bulbe rachidien et cardioaccélétrateur (adrénaline) avec pour centre nerveux la moelle épinière.

Les battements du cœur se font sans aucun facteur extracardiaque, mais ils sont régulés par le système nerveux et cette régulation est fonction des besoins de l'organisme.

B) LA REGULATION DE LA PRESSION ARTERIELLE.

1) Qu'est-ce que la pression artérielle ?

La pression artérielle est la force exercée par le sang sur la paroi des artères.

2) Comment peut-on mesurer la pression artérielle ?

On détermine les valeurs de la pression artérielle selon deux manières :

-**les mesures directes** : qui consistent à l'utilisation d'un manomètre à mercure qui exprime les valeurs de la pression artérielle en centimètre mercure (**CmHg**) dont la valeur maximale est **140 CmHg** et la valeur minimale est **80 CmHg**.

-**les mesures indirectes** : qui consistent à l'utilisation d'un appareil appelé Sphygmotensiomètre muni d'un brassard gonflable relié d'une part à une pompe et d'autre part à un manomètre sur lequel on lit la valeur de la pression artérielle.

Pour cela, on enroule le brassard autour du bras et on le gonfle à l'aide de la pompe, on place les oreillettes d'un stéthoscope dans les oreilles après avoir placé l'autre bout aplati du stéthoscope sur le brassard à fin de surveiller l'écoulement sanguin et les bruits du cœur.

Les valeurs de la pression artérielle avec le sphygmotensiomètre sont indiquées dans le tableau ci-dessous selon les tranches d'âge :

Tranche d'âge	Tension maximale	Tension minimale
De 15 à 45 ans	12	8
De 46 à 60 ans	14	9
Plus de 60 ans	10+âge en année/10	10

Par convention la pression artérielle oscille régulièrement entre deux valeurs :

-une valeur maximale qui correspond à la poussée du sang dans les ventricules : On l'appelle **pression systolique**.

-une valeur minimale qui correspond à la pression du sang dans l'artère pendant le relâchement cardiaque (diastole) : on l'appelle **pression diastolique**.

3) comment varie la pression artérielle ?

La pression artérielle varie pendant la révolution cardiaque : maximale pendant la systole ventriculaire, elle est minimale pendant la diastole. Elle varie avec l'âge.

4) Quels sont les facteurs de variation de la pression artérielle ?

La valeur de la pression artérielle est influencée par divers facteurs :

-**les facteurs physiologiques** : l'âge, le sexe, la digestion, le sommeil, les émotions (peur, joie...), le stress, le debout prolongé, l'exercice musculaire...

-**les facteurs morphologiques** : le poids, le débit cardiaque, le volume sanguin (volémie), la viscosité du sang,...

-**les facteurs anatomiques** : l'élasticité de la paroi des grosses artères, les résistances périphériques,...

5) QUELS SONT LES MECANISMES DE REGULATION DE LA PRESSION ARTERIELLE ?

a) les mécanismes de régulation par voie nerveuse.

Cas d'une hypertension.

1°) lorsque la pression artérielle augmente à la suite d'un exercice intense ou d'une forte émotion, il y a stimulation des barorécepteurs situés dans la paroi des vaisseaux sanguins (sinus carotidien et crosse aortique) entraînant la naissance des messages nerveux afférents transmis au bulbe rachidien jusqu'au noyau sensitif du nerf X grâce aux nerfs de Cyon et Herring.

Le noyau envoie des influx nerveux excitateurs au centre cardiomodérateur qui envoie à son tour, par intermédiaire du nerf X, des influx moteurs au cœur.

Le nerf X libère alors l'acétylcholine qui agit sur le cœur entraînant la diminution du rythme cardiaque : il y a baisse de la pression artérielle.

2°) A la suite d'une élévation de la pression artérielle, l'excitation des barorécepteurs entraîne la naissance des messages nerveux afférents, atteignant les centres hypothalamiques et bulbaires.

Par des voies nerveuses du système orthosympathique, les influx efférents déclenchent une vasodilatation des vaisseaux sanguins occasionnant ainsi une baisse de la pression artérielle.

Cas d'une hypotension : lorsque la pression artérielle baisse, les barorécepteurs sont moins stimulés. La fréquence des influx nerveux afférents accourant les nerfs de Cyon et Herring diminuent.

Ils arrivent au noyau du nerf X qui, moins stimulés n'envoie plus d'influx excitateur au cœur d'où la levée d'une action modératrice au système paramodérateur.

Parallèlement des influx issus de la zone cardioaccélétratrice stimulent le centre cardioaccélérateur qui, à son tour envoie des influx moteurs au cœur par l'intermédiaire des fibres motrices orthosympathiques. Il y a la sécrétion de l'adrénaline qui entraîne l'augmentation du rythme cardiaque et l'amplitude des contractions cardiaques.

Ainsi, la pression artérielle se relève.

b) les mécanismes de régulation de la pression artérielle par voie hormonale.

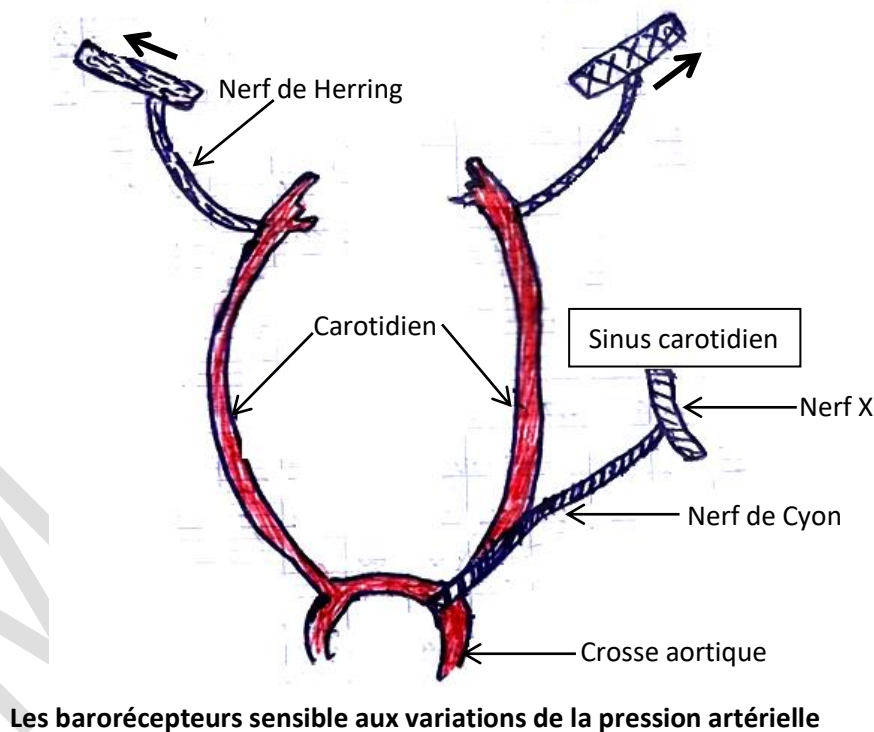
Cas d'une hypotension.

1°) le système rénine-angiotensine joue un rôle majeur dans la régulation de la pression artérielle en agissant sur la vasomotricité des vaisseaux sanguins entraînant leur vasodilatation occasionnant une augmentation de la pression artérielle.

2°) le système rénine-angiotensine stimule également la sécrétion d'aldostérone par les surrénales, cette hormone agit sur les reins en augmentant la réabsorption de Na^+ entraînant un accroissement de la volémie, donc une élévation de la pression artérielle.

3°) les hormones de la médullosurrénale (adrénaline, noradrénaline) agissent sur la vasomotricité des vaisseaux sanguins entraînant une augmentation de la pression artérielle.

4°) l'hypothalamus par l'intermédiaire de la posthypophyse sécrète l'ADH qui, en augmentation la réabsorption de l'eau au niveau des reins, accroît la volémie ainsi que la pression artérielle.



CHAPITRE IV : LA REPRODUCTION DANS L'ESPECE HUMAINE

Introduction.

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 à l'absence de cellules sexuelles.

-la reproduction sexuée : assure la descendance des espèces et 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 produites par les gonades à partir de la puberté.

Ces gonades sont des glandes mixtes, c'est-à-dire exocrines et endocrines à la fois. Leur rôle exocrine est la production des cellules sexuelles mâles et femelles et leur rôle endocrine est la sécrétion des hormones mâles et femelles.

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

La puberté est le passage de l'enfance à l'adolescence et 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 psychologiques
MASCULIN	-Développement des organes génitaux (pénis, testicules) ; -Apparition des caractères sexuels secondaires : pilosité générale (poils pubiens, barbes, aux aisselles, poitrine, jambes...) ; -Développement de la musculature.	-Premières éjaculations ; -Accélération de la croissance ; -Mue de la voix (voix grave)	-Besoins d'autonomie, de tendresse, d'affection et d'indépendance ; -Eveil à la vie sexuelle.
FEMININ	-Développement des organes génitaux (vulve) ; -Apparition des caractères sexuels secondaires : pilosité générale (poils pubiens, poils aisselles) ; -Développement des seins ; élargissement du bassin, de la hanche, bouton au visage, peau lisse.	-Premières règles ; -Accélération de la croissance ; -Mue de la voix (voix douce)	-Besoins d'autonomie, de tendresse, d'affection et d'indépendance ; -Eveil à la vie sexuelle
CONCLUSION	Les caractères sexuels I et II se développent.	Des appareils génitaux deviennent fonctionnels et toute la physiologie évolue.	La personnalité et le comportement évoluent.

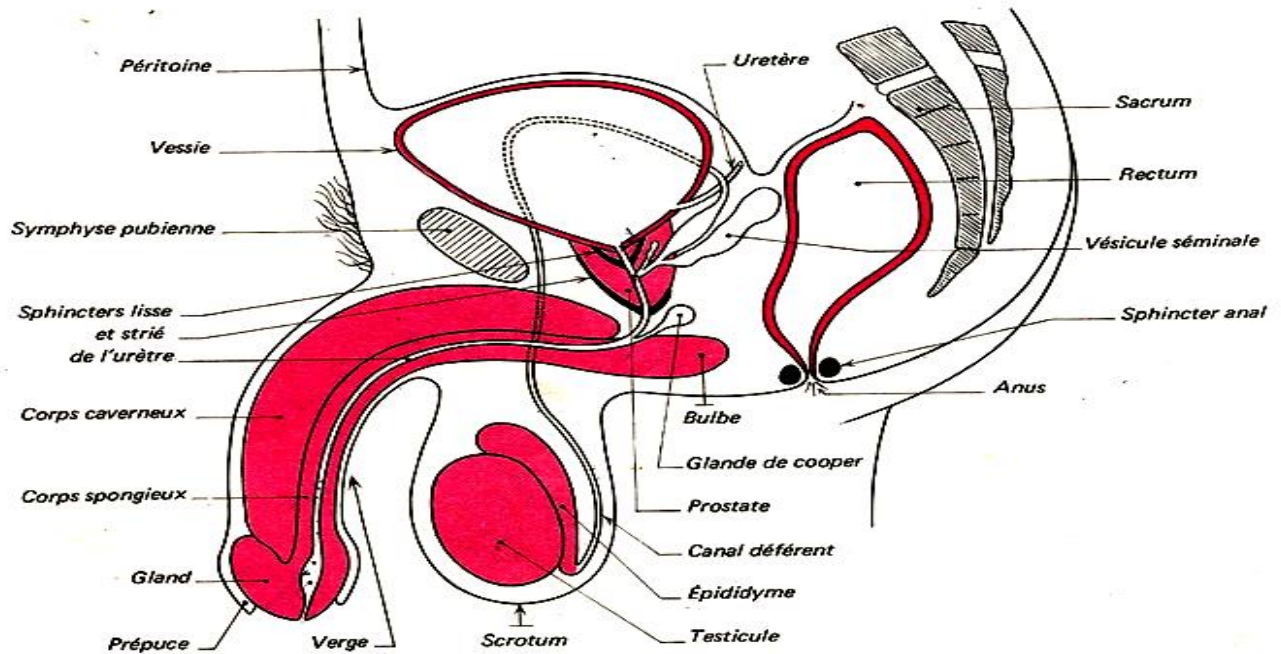
THEME 1 : ANATOMIE DES APPAREILS GENITAUX MASCULIN ET FEMININ.

A) Appareil génital masculin :

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

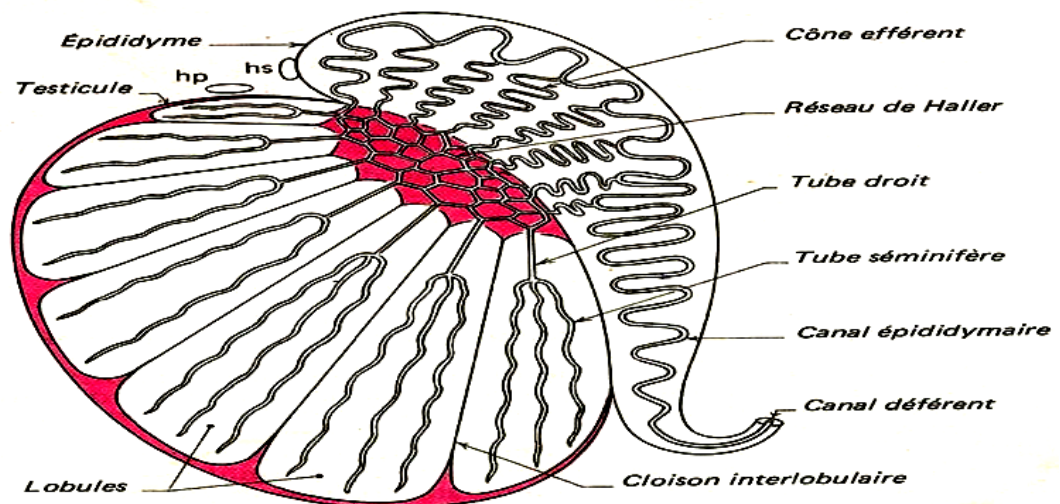
L'appareil génital de l'homme comprend :

- les deux gonades males ou **testicules** : glandes productrice des spermatozoïdes et des hormones.
- les voies génitales, qui conduisent les spermatozoïdes au dehors, ce sont : des tubes séminifères, deux épидидymes, deux canaux déférents et l'urètre.
- les glandes annexées aux voies génitales, ce sont : les deux vésicules séminales, la prostate et les deux glandes de Cowper. Leur sécrétion constitue l'essentiel de l'éjacula ou sperme.
- 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) renfermant chacun trois à quatre tubes séminifères entre lesquels se trouvent des îlots de cellules interstitielles ou **cellules de Leydig**, productrice d'hormone male (**testostérone**). Chaque tube séminifère est formé d'une enveloppe fibreuse et d'une couche épithéliale formée de cellule de soutien, les **cellules de Sertoli** qui entourent les cellules de la lignée germinale.



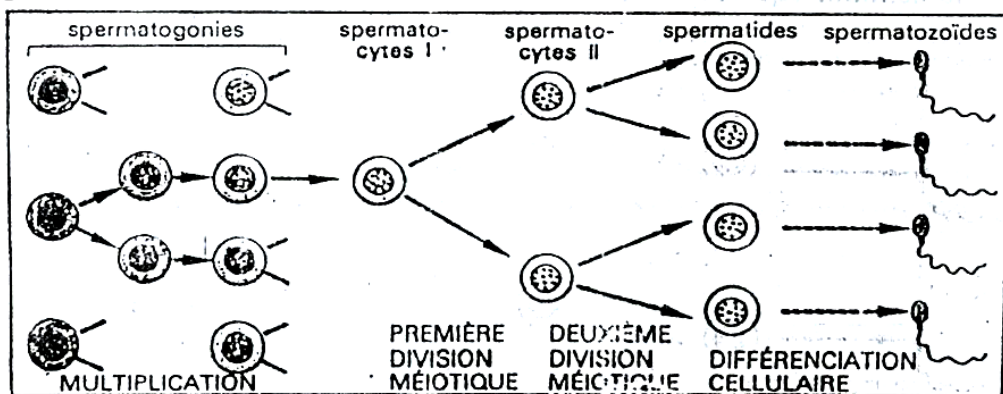
3) Qu'est-ce que la spermatogénèse ?

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

4) Quelles sont les différentes phases de la spermatogénèse ?

Processus continu de la puberté à la mort, la spermatogénèse se déroule en quatre phases principales :

- la phase de multiplication** : caractérisée par des divisions mitotiques, conduit à l'augmentation en nombre des spermatogonies ;
- la phase d'accroissement** : caractérisé par l'augmentation de la taille des spermatogonies par accumulation de substances de réserves donnant naissance ainsi au spermatocyte I, sans division cellulaire ;
- 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 spermatocytes II puis quatre spermatides (haploïdes) ;
- la phase de différenciation** : caractérisée par la transformation des spermatides en spermatozoïdes par acquisition de flagelle, pièce intermédiaire, tête munie d'acrosome.

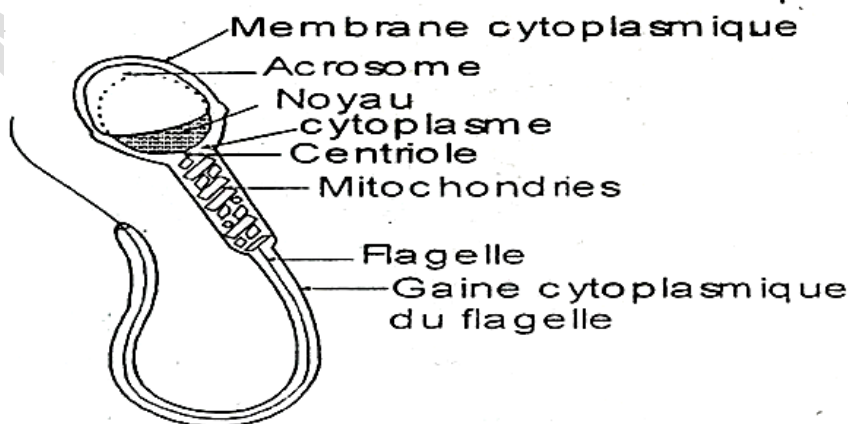


5) Quelle est la structure d'un spermatozoïde humain ?

Le spermatozoïde est une cellule mobile comprenant trois zones :

- la tête** : globuleuse et coiffée de l'acrosome, contient un noyau à n !;
- la pièce intermédiaire** : renfermant les centrioles et des mitochondries qui forment un manchon hélicoïdal ;
- le flagelle** : fait de protéine contractée, assure la mobilité du spermatozoïde.

Structure du spermatozoïde



B) Appareil génital féminin.

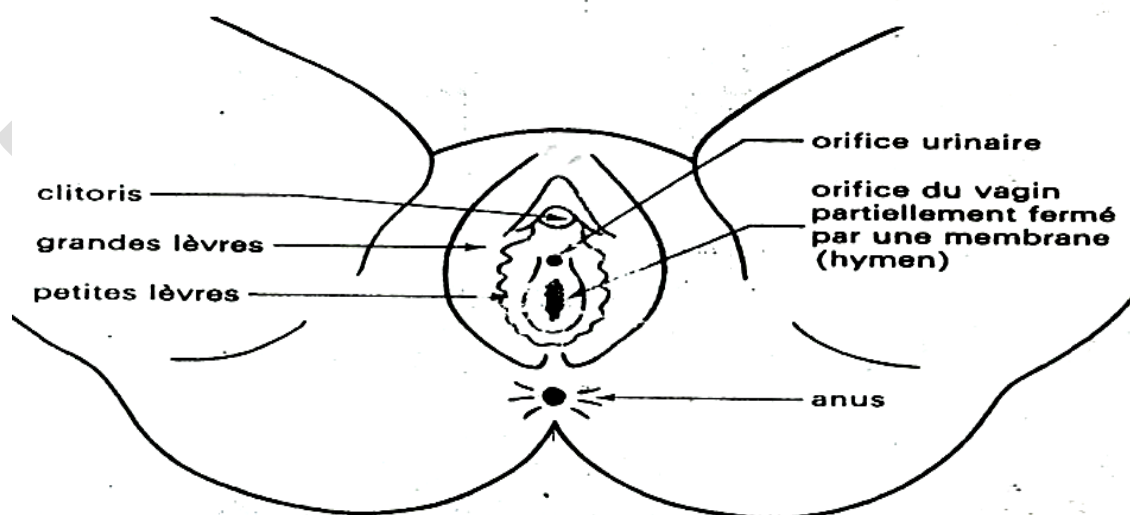
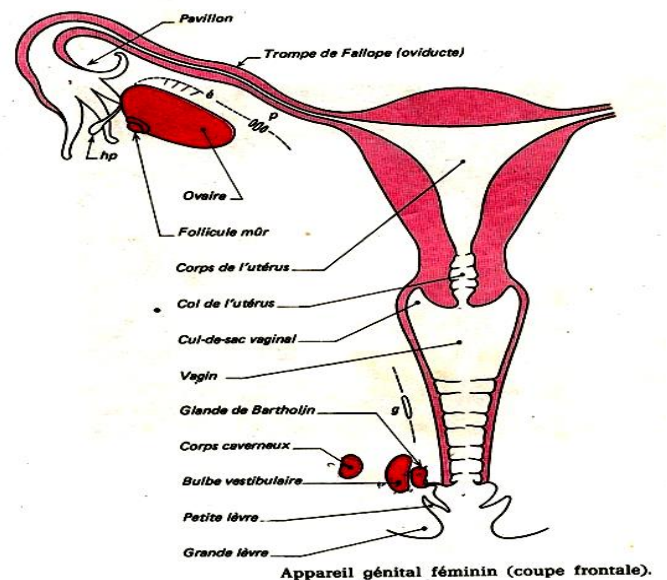
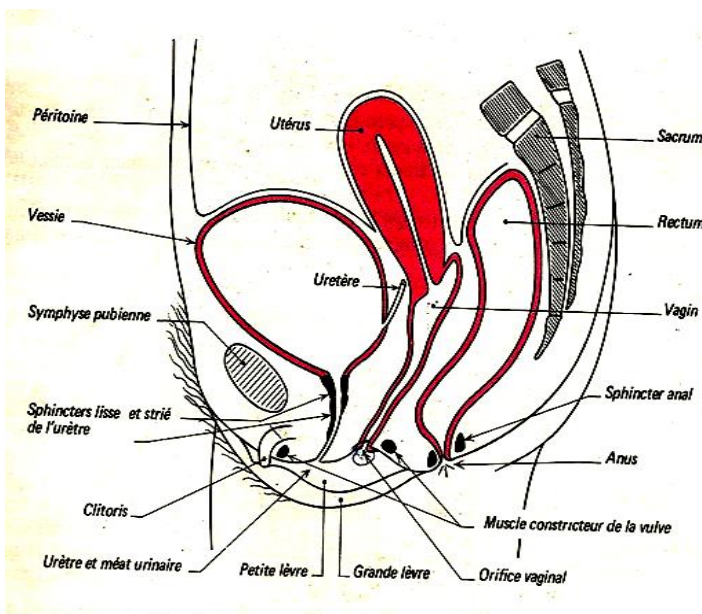
1) Quels sont les organes de l'appareil génital féminin ?

L'appareil génital de la femme comprend :

-les deux **ovaires** : glandes productrices des ovules ;

-les **voies génitales** qui sont :

- Les deux **trompes ou oviductes** : où a lieu la fécondation ;
 - l'**utérus** : organe de gestation ou de grossesse ;
 - le **vagin** : organe d'accouplement.
- la **vulve**, ensemble des organes génitaux externes composés des grandes lèvres, des petites lèvres, le clitoris,
L'orifice urinaire et l'orifice vaginale (fermé par l'hymen si la femme est vierge).



Les organes génitaux externes de la femme.

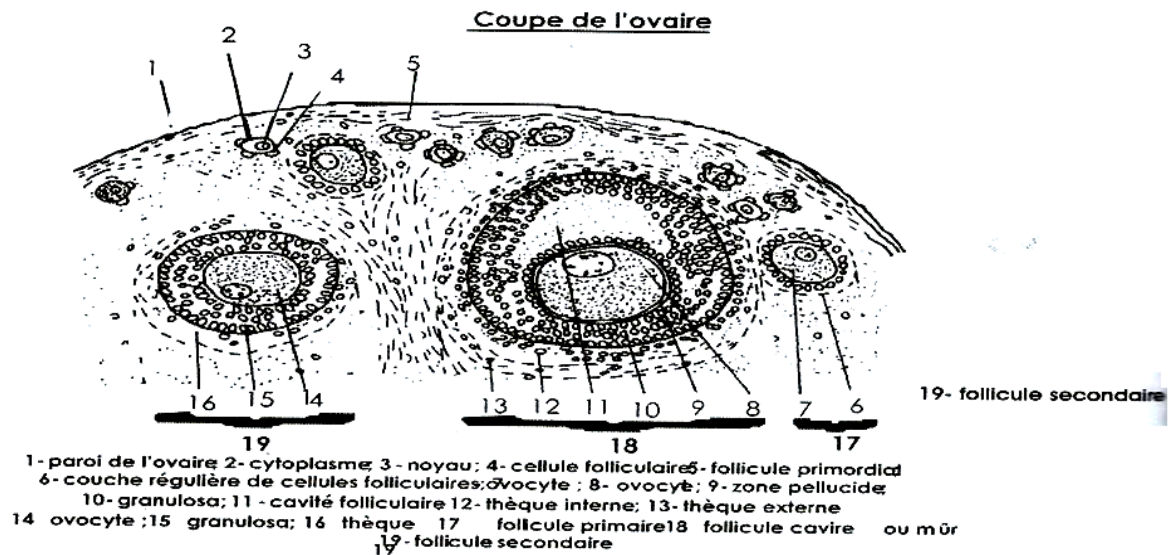
2) Quel est la structure de l'ovaire ?

De la forme et de la taille d'une amande, l'ovaire comprend une zone médullaire stérile et une zone corticale, seule fertile où on distingue deux types d'éléments : les follicules et les corps jaunes.

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 tertiaire et cavitaire** : follicule mur contenant l'ovule mature ;



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

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

3) Qu'est-ce que l'ovogénèse ?

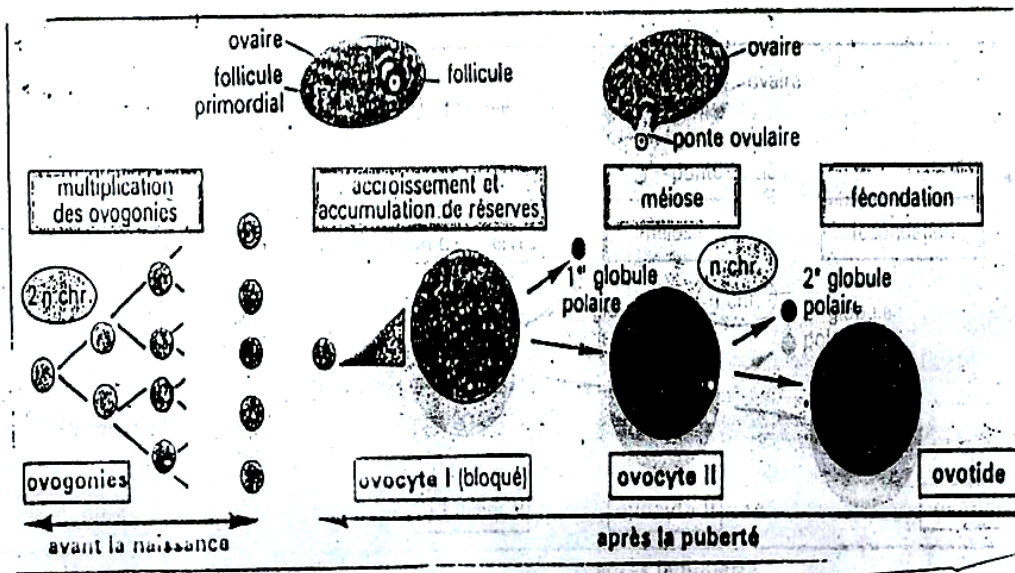
L'ovogénèse qui a lieu dans les ovaires, est le processus de formation des ovules à n ! à partir des ovogonies, cellules souches de la lignée germinale à $2n$!

4) Quelles sont les différentes phases de l'ovogénèse ?

L'ovogénèse, processus discontinu, se déroule en trois phases principales. Elle se distingue de la spermatogénèse par les points suivants :

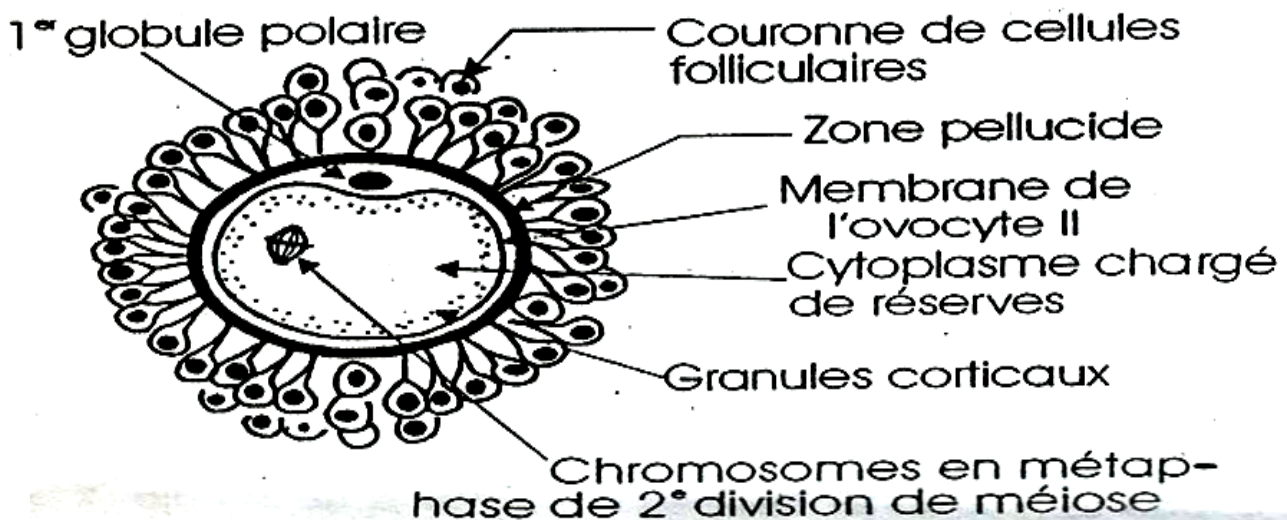
- une phase de multiplication** qui commence pendant la vie fœtale et cesse avant la naissance ; donnant ainsi un stock limité d'ovogonie, parmi lesquelles beaucoup dégénèrent (c'est l'atrésie) ;
- un accroissement considérable** des ovogonies par rapport à celui des spermatogonies ;
- une maturation 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 à 160 μm de diamètre environ, qui est entouré d'une coque, la zone pellucide, elle-même revêtue de quelques cellules folliculaires. Sa durée de vie dans les voies génitales est estimée de 5 à 6 jours (document récent).



6) En quoi la spermatogénèse se différencie de l'ovogénèse ?

	Spermatogénèse	Ovogénèse
Organes où se déroulent	Testicules	ovaires
Processus	Continus	discontinus
Période de déroulement	Puberté à la mort	Puberté à la ménopause
Phases	4	3
Aspect des gonies	Leger accroissement	Accroissement considérable
Destinée des gonies	Chaque spermatogonie donne 4 spermatozoïdes (petites cellules sexuelles mobiles grâce au flagelle)	Chaque ovogonie donne un ovule (grandes cellules sexuelles) immobiles.

7) En quoi le spermatozoïde différencie de l'ovule ?

	Organes producteurs	Taille ou dimensions	mobilité	Durée de vie ou âge	Forme	Caryotype
Spermatozoïde	Testicules	50 à 60 μm	Active	5 à 6 j	allongée	23 ! -22 ! autosomes+X -22 ! autosomes+XY
Ovule	Ovaires	150 à 160 μm	Passive	1 à 2 j	Ovoïde ou circulaire	23 ! 22 ! autosomes+X

THEME 2 : LES CYCLES SEXUELS DE LA FEMME ET LEUR REGULATION.**A) Les cycles sexuels chez la femme.****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.

A chaque cycle se répète une série de transformations complexes et synchronisées.

2) Quels sont les organes affectés ?

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

3) Quelles sont ses modifications ?**a) Le cycle ovarien.**

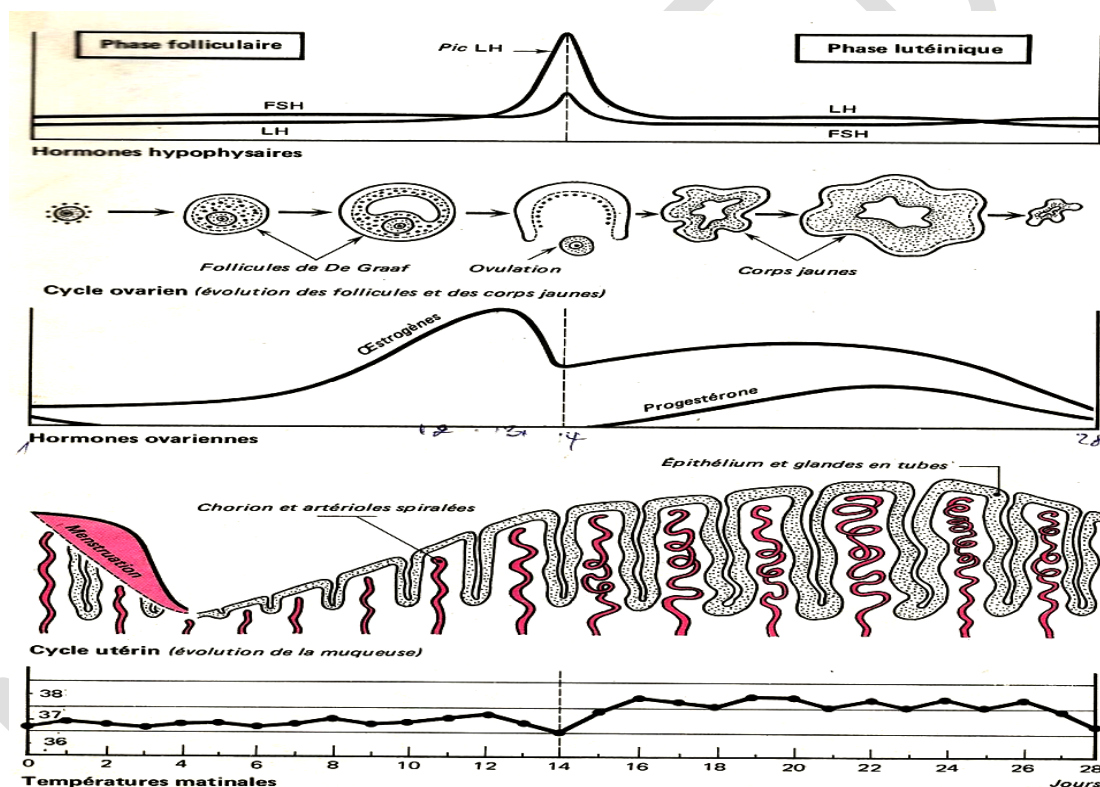
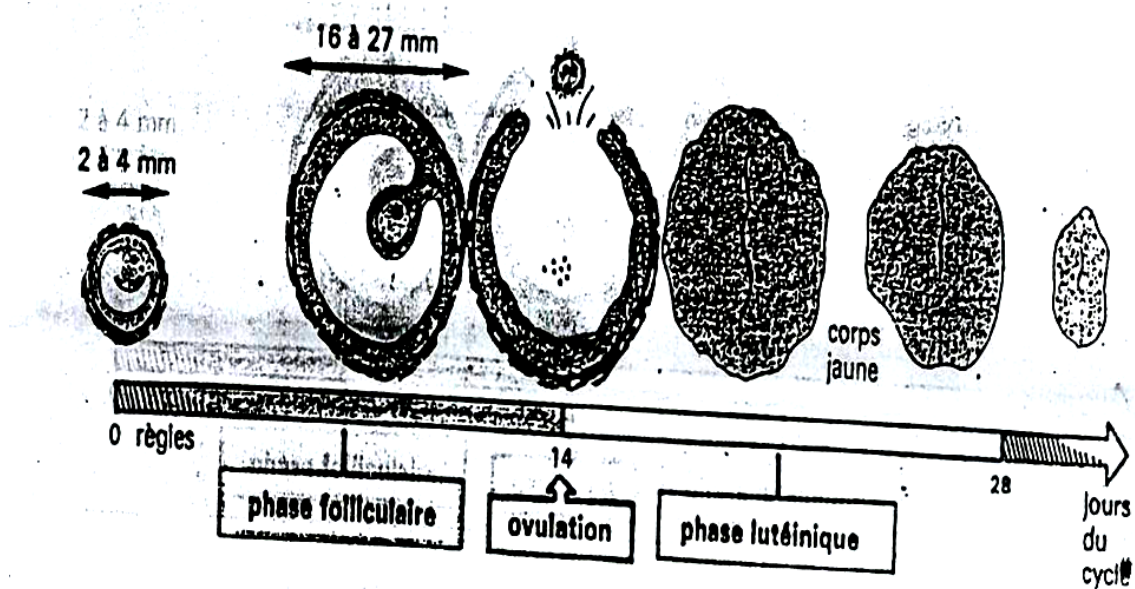
La fonction la plus évidente des ovaires consiste à produire et à libérer à chaque cycle une (parfois deux) cellule(s) sexuelle(s) fécondable(s), l'ovocyte.

Le cycle ovarien comprend deux phases séparées par l'ovulation.

-la phase folliculaire : a une durée variable, de **12 à 18 jours** en moyenne et 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 correspond à la libération de l'ovocyte (futur gamète femelle).

-la 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 deux 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.



b) Le cycle utérin.

Organe où se développe un éventuel embryon, tapissé intérieurement par la muqueuse utérine ou endomètre. 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 creusent des glandes en doigt de gant.

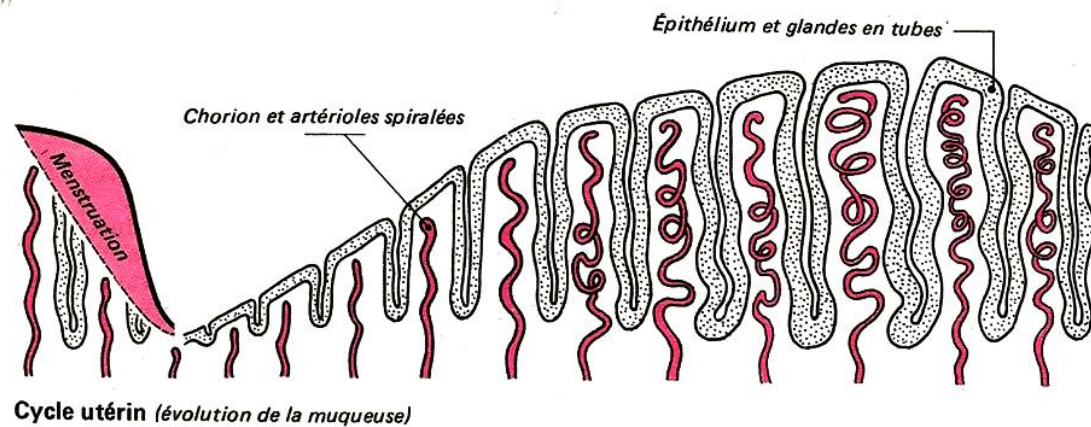
-durant la phase lutéale, l'endomètre continue à proliférer et atteint son épaisseur maximum (**8mm chez la Femme**) : les glandes se développent, se vascularisent abondamment

On parle de « dentelle utérine »

Les contractions utérines qui existaient lors de la phase folliculaire, cessent (silence utérine), 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, accompagné d'hémorragie étalé sur les 3 au 5 premier du cycle suivant : ce sont les règles (ou menstrues).

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



B) Comment se fait la régulation des cycles sexuels chez l'homme et chez la femme ?

La régulation des cycles sexuels chez l'homme et chez la femme se fait par l'intermédiaire du **complexe hypothalamo-hypophysaire**.

L'**hypothalamus** agit sur l'**hypophyse** par l'intermédiaire d'une neurohormone, **GnRH** appelée gonadolibérine et est libéré dans le sang à l'extrémité des axones hypothalamiques. **GnRH** est un facteur indispensable à la libération des gonadotrophines hypophysaires : **FSH** (hormone folliculo-stimulante) et **LH** (hormone lutéinisante).

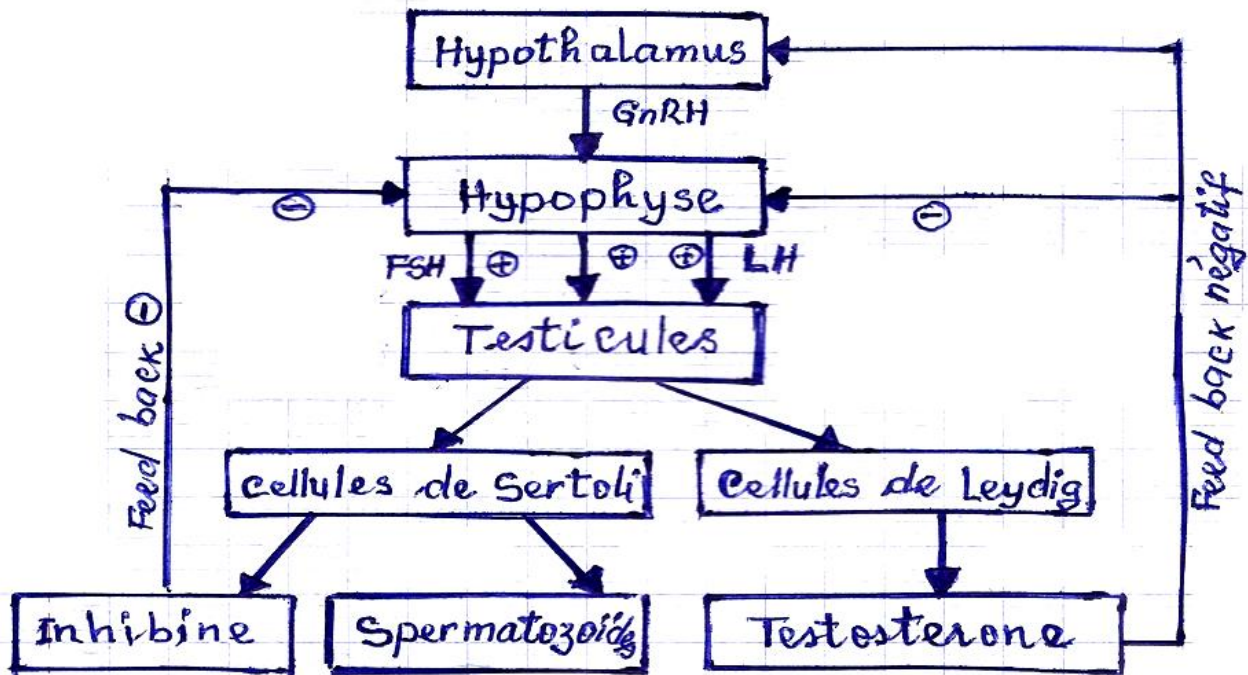
L'hypophyse agit sur le fonctionnement des gonades mâles et femelles par l'intermédiaire de ces deux gonadotrophines ou gonadostimulines : **FSH** et **LH** ;

a) **Régulation des fonctions testiculaires.**

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

La **FSH** active directement la **production des spermatozoïdes** au niveau des tubes séminifères en agissant sur les cellules de Sertoli.

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



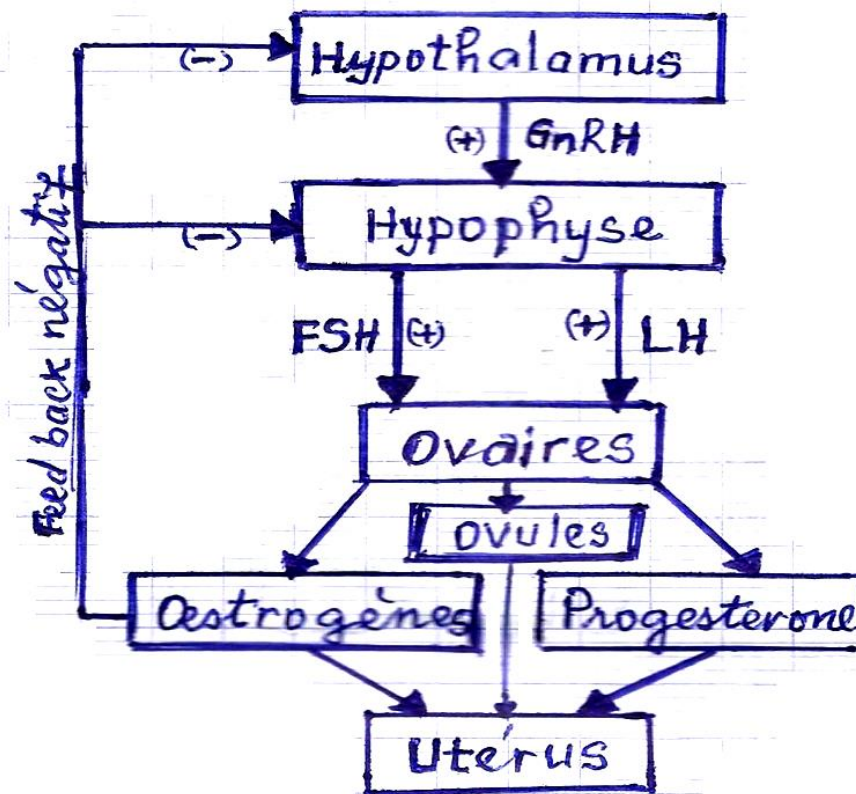
b) **La régulation des fonctions ovariennes.**

Chez la femme, l'hypophyse sécrète les hormones **FSH**, **LH** de manière cyclique et discontinue de la puberté à la ménopause.

-La **FSH** intervient dans la **maturation des follicules** et agit sur la **sécrétion des œstrogènes**.

-la **LH** qui **déclenche l'ovulation** grâce à un « pic » de sécrétion très important vers le milieu du cycle puis provoque la **transformation du follicule rompu en corps jaune**.

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



NB : les **FSH** et **LH** peuvent agir sur les gonades (ovaires et testicules) pour la sécrétion par les ovaires des œstrogènes et de la progestérone, et par les testicules de la testostérone. Ces hormones sont responsables des caractéristiques de la puberté (voir tableau).

c) **Comment les hormones ovariennes modifient l'activité du complexe hypothalamo-hypophysaire ?**

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

Rétroaction négative : la détection d'une hausse des taux hormonaux ovariens 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 de sécrétion des gonadostimulines, leurs taux sanguins s'élèvent. De cette manière, les taux hormonaux ovariens sont maintenus chaque jour du cycle aux alentours de leur valeur « repère ».

NB : il en est de même que les hormones testiculaires et le complexe hypothalamo-hypophysaire.

Rétroaction positive avant l'ovulation : 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. Elle permet aux follicules d'être en maturité et en sécrétant de grande quantités d'œstrogènes provoque un « pic » de **LH** suffisant pour déclencher l'ovulation.

Quelques actions des hormones ovariennes.

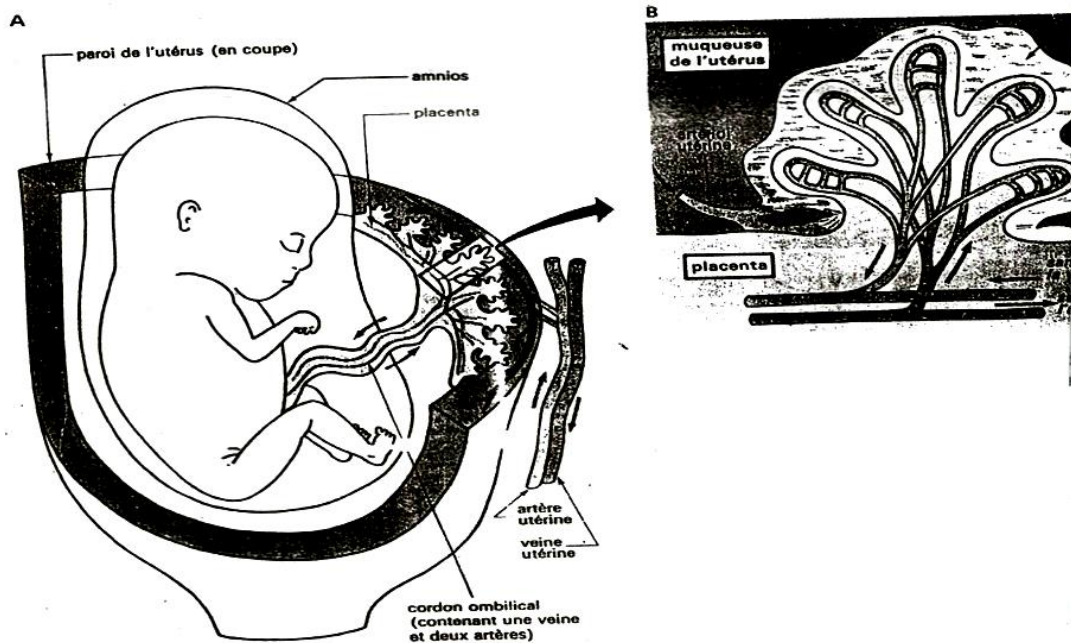
	Œstrogène	Progestérone
De la période pré-pubertaire à la puberté	A la fin de l'enfance, leur taux sanguin augmente considérablement. Ils sont responsables de nombreuses modifications : • Croissance des organes génitaux externes ; • Croissance de l'utérus, du vagin et des trompes ; • Acquisition de la morphologie féminine : épaule étroite, poitrine, hanches larges ; • Développement de la pilosité pubienne. • Développement des seins.	Non sécrété pendant toute la phase pré-pubertaire, elle signale la fin du cycle menstruel caractérisant la période pubertaire.
De la puberté à la ménopause.	• Epaissement de la muqueuse utérine ; • Prolifération des glandes en tube de l'endomètre ; • Accroissement de l'irrigation sanguine de l'endomètre ; • Accroissement de la motricité du myomètre. • Diminution de la température corporelle en générale.	• Formation de la dentelle utérine (action n'existant que si l'endomètre a été préalablement préparé par l'action des œstrogènes), • Stimulation glycogène par les glandes en tube de l'endomètre. • Diminution de la motricité du myomètre. • Elévation de la température corporelle en générale.

Le tableau résumant l'action des hormones hypophysaires et ovariennes chez la femme.

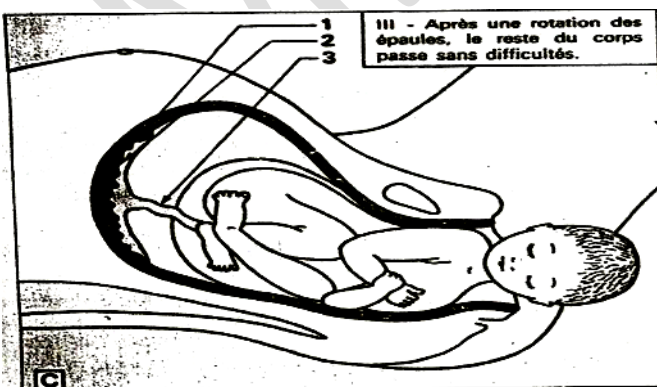
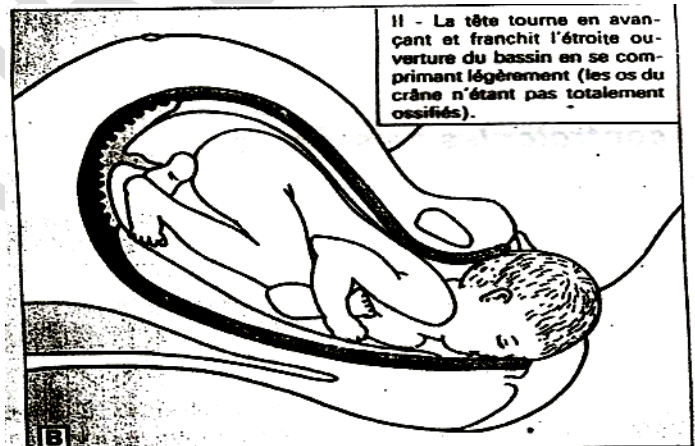
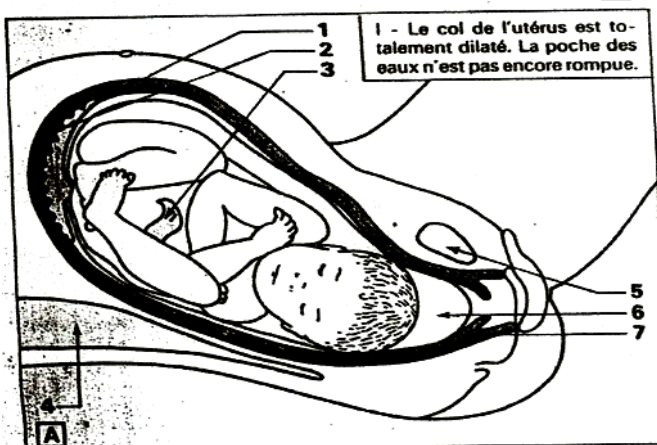
Hormones	Organes producteurs	Effets sur l'organe cible
FSH	Hypophyse	Agit sur les ovaires pour le développement des follicules et déclenche la production des œstrogènes.
LH	Hypophyse	Agit sur les ovaires en déclenchant l'ovulation grâce à un pic de sécrétion au milieu du cycle et déclenche la sécrétion de la progestérone à partir du corps jaune.
Œstrogènes	Ovaires	Assure l'épaississement et la vascularisation de l'endomètre utérin.
Progestérone	Ovaires	Assure la formation de la dentelle utérine.

THEME 3: LES ETAPES DE LA REPRODUCTION.

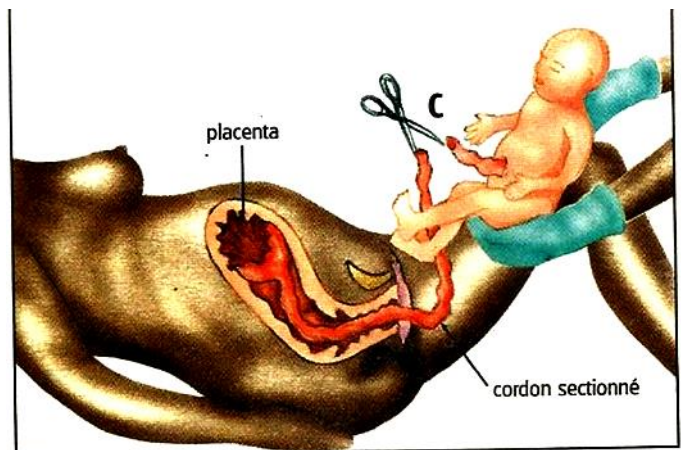
- 1) **La fécondation** : est la rencontre et la fusion d'un gamète male et un gamète femelle aboutissant à la formation d'une cellule-œuf ou zygote. Elle se déroule en des étapes suivantes :
 - a) La migration des gamètes (spermatozoïdes et ovules) dans les voies génitales de la femme ;
 - b) La rencontre des gamètes (spermatozoïdes et ovules) dans les trompes ;
 - c) La pénétration du spermatozoïde à l'ovule au niveau du 1/3 de la trompe ;
 - d) La fusion des noyaux du spermatozoïde et de l'ovule aboutissant à la formation d'une cellule-œuf à noyau unique ($2n$!).
 - 2) **La grossesse** : est la période qui s'étend de la fécondation à la naissance. En d'autre terme c'est l'état d'une femme qui attend un bébé. Elle dure 9 mois en moyenne.
L'absence des règles à la date prévue peut être considérée comme indication d'une probable grossesse. Elle comporte plusieurs étapes :
 - a) **-le premier trimestre (0 à 3 mois) =embryon.**
Ce premier trimestre est caractérisé par :
 - le retard des règles, l'augmentation du volume de l'utérus, bas ventre lourd, l'installation des troubles désagréables (nausées, vomissements, trouble du sommeil, tendance à l'évanouissement=consommation rapide de sucre par l'organisme, nervosité, stress...)
 - **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 organe de fixation et d'échanges.
Le placenta assure la **nutrition de l'enfant**, à travers le placenta se réalise de **nombreux échanges** entre le sang de la mère et celui de l'enfant qui ne se mélange pas : des substances nutritives (oxygène et nutriments), des substances toxiques (CO_2), des substances chimiques diverses (toxines microbiennes, médicaments, alcool).
 - b) **Le deuxième trimestre (3 à 6 mois)** : il est le plus confortable car les malaises du début ont disparu et le volume abdominal est encore modéré. Les examens montrent en ce moment que le col de l'utérus est fermé.
 - de l'embryon au fœtus** : à trois mois, les ébauches de 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 d'organogénèse et de croissance intense du fœtus. Elle s'accompagne d'une augmentation considérable du volume de l'utérus.
 - c) **le troisième trimestre (6 à 9 mois)** : caractérisé par la croissance considérable de l'utérus au rythme de 4 cm par mois grâce à une augmentation importante de la taille du fœtus.
- NB :une bonne conduite de grossesse exige à :**
- éviter des efforts exagérés ;
 - allonger des périodes de repos à mesure qu'on s'approche du terme ;
 - se nourrir correctement en aliments riche en protides, lipides, sels minéraux, légumes et fruits ;
 - limiter des consommations excitantes ;
 - ne pas fumer, ni boire les boissons alcoolisées ;
 - consulter un médecin en cas d'un des signes suivants : douleurs du bas ventre, maux de tête, ténacité, trouble de la vue, gonflement des pieds et des mains, diminution importante de la diurèse, absence du mouvement du fœtus.



- 3) **Accouchement** : est la venue du fœtus dans le monde extérieur. Il présente trois phases successives :
- La dilatation du col de l'utérus (8h environs)** : est caractérisée par la rupture de l'amnios et l'écoulement du liquide amniotique.
 - L'expulsion de l'enfant (1h environ)** : est caractérisée par la sortie du fœtus grâce aux contractions des muscles de l'utérus et la poussée des muscles abdominaux et du diaphragme.
 - La délivrance (1/2h environ)** : caractérisée par l'expulsion du placenta.



16. Les trois étapes de l'expulsion de l'enfant.
1 - Utérus. 2 - Placenta. 3 - Cordon ombilical. 4 - Colonne vertébrale. 5 - Os du bassin. 6 - Cavité amniotique (poche des eaux). 7 - Col de l'utérus.



4) L'allaitement : est l'alimentation du nourrisson par le lait maternel produit dans les glandes mammaires.

La lactation est la production du lait à partir du sang par les glandes mammaires.

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 à une quinzaine de **canaux galactophores** s'ouvrant au sommet des mamelons. Des cellules contractiles moulées autour des acini et des canaux excréteurs permettront l'expulsion du lait à l'extérieur du sein.

Quelles sont les avantages du lait maternel ?

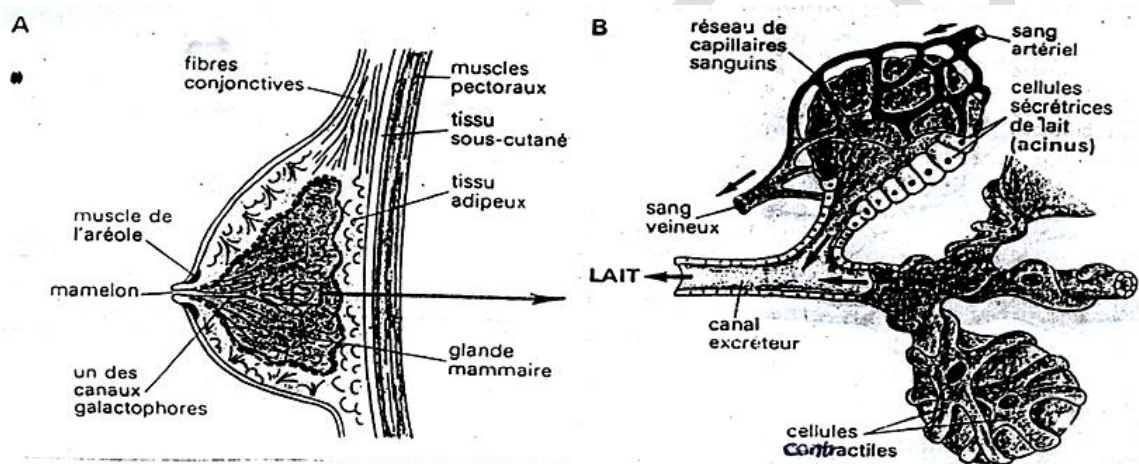
Le lait maternel est un aliment idéal et de qualité pour le nourrisson. Il renferme toutes les substances organiques et minérales indispensable pour la croissance de l'organisme du nourrisson.

Il n'a pas seulement un rôle nutritif mais également une action protectrice contre les maladies microbiennes grâce aux anticorps qu'il contient (immunoglobuline).

De plus, la tétée entretient une relation privilégiée des liens étroits, d'affection, de tendresse, d'amour entre l'enfant et sa mère.

NB : 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.

Mais, il ne doit pas sans circonstances particulières être remplacé par l'allaitement artificiel.



THEME 5 : RESPONSABILITE HUMAINE ET VIE SEXUELLE.

A) La régulation des naissances (ou maîtrise des naissances ou planning familial) :

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 est l'ensemble des procédés, moyens ou techniques permettant à un couple 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) Quelles sont les méthodes contraceptives ?

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

2-1 Les méthodes locales : représentent des méthodes de barrière, les dispositifs intra-utérine, la Méthode de l'Allaitement Maternel et de l'Aménorrhée (MAMA), la méthode de période non fertile.

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, ne pas faire de rapport sexuels dans la période de fécondité ou fertile (repérée par la méthode des températures) ;
- les préservatifs masculins et féminins, associés ou non à des 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 « pilule » des hormones stéroïdes de synthèse. Ce sont des contraceptifs oraux, injectable, norplant, implant...

Suivant les cas, le calendrier d'utilisation sera différent, l'efficacité de la méthode dépend 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 utérine (propriétés de la glaire cervicale, développement de l'endomètre) ;
- soit l'activité de ces deux effecteurs.

NB : 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.

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 dix premières semaines de grossesse ;
 - interruption précoce (entre le 10^{ème} et le 20^{ème} jour du retard des règles) par des méthodes chimiques basées sur l'utilisation de substances « anti-progestérone.
- Il peut s'agir aussi d'une interruption thérapeutique rendu souhaitable, voire nécessaire, en cas de grossesse dangereuse pour la mère ou de diagnostic d'un grave handicap du fœtus.
- Il peut s'agir d'une section ou ligature des spermiductes chez l'homme ou de l'oviducte.

B) Les infections sexuellement transmissibles (IST).

Qu'appelle-t-on infection sexuellement transmissible ?

Les IST sont des maladies dont les germes pathogènes sont transmis par des relations sexuelles non protégées.

Quels sont les modes de transmissibilité des IST ? Leurs agents infectieux ; les conséquences pour l'individu ? Les moyens de dépistage et de prévention ?

Des maladies très diversifiées : les IST sont très diverses, leur seul point commun est leur mode de transmission par voie sexuelle. La plus part 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 (ils 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. Mais la plus part 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 entraîner la stérilité.

- Se manifester par des lésions de la peau, des muqueuses (syphilis), des yeux (gonococcie) et présenter des complications cardiaques 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 des nombreuses maladies dites « opportuniste ».

Le tableau ci-dessous résume le mode de transmission, les agents infectieux, les symptômes et conséquences, les moyens de dépistages et de préventions des IST ou MST ou MV.

	Gonococcie	Syphilis	SIDA
Mode de transmission	Rapport sexuel	Rapport sexuel, congénital	Rapport sexuel, congénital, contact avec du sang contaminé
Agent infectieux	Gonocoque (bactéries)	Tréponème (bactéries)	VIH (virus)
Symptômes et conséquences	• Chez l'homme : démangeaison à l'orifice urinaire ou sur le pénis, une sécrétion laiteuse ou blanchâtre dans l'urètre, brulure ou douleur à la miction. Avec la phase chronique, il ya atteinte des organes génitaux puis la stérilité. • Chez la femme : souvent bénigne au début, brulure à la miction, perte blanche vaginale, démangeaison, douleur légère pendant les rapports sexuels. Chroniquée, la maladie aboutie à la stérilité.	Homme et femme : -phase primaire : plaies indolores sur les organes génitaux externes, les doigts, la langue, les lèvres, les seins (femme), -phase secondaire : plaies (rougeoles) sur le tronc, lèvre, organes génitaux, anus, coude, nuque, la chute des cheveux, des troubles menstruels (femme) ; -phase tertiaire : troubles osseux, nerveux, paralysie générale puis survient la mort en l'absence de traitement.	Homme et femme : faiblesse de l'organisme, maladie opportuniste (pneumonies, toux, mycoses, sarcome de Kaposi...) ; fièvre, diarrhée prolongée, hypertrophie des ganglions.
Dépistage	Examen d'un écoulement de l'urètre ou du vagin	Test sanguin	Test sanguin
Prévention	Information du public sur leur existence, abstinence sexuelle, fidélité mutuelle entre partenaires, s'informer sur son (sa) partenaire. Utiliser la capote (condom).		

Comment soigner ces maladies ?

Toutes les IST traditionnelles (excepté le SIDA) 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.
- Un traitement systématique des partenaires sexuels.
- Il n'existe actuellement aucun vaccin pour prévenir des IST, il est donc nécessaire de développer les moyens de prévention.

CHAPITRE V : 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 confère 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 ?

THEME 1 : LES REPONSES IMMUNITAIRES ET LEURS MECANISMES :

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 :

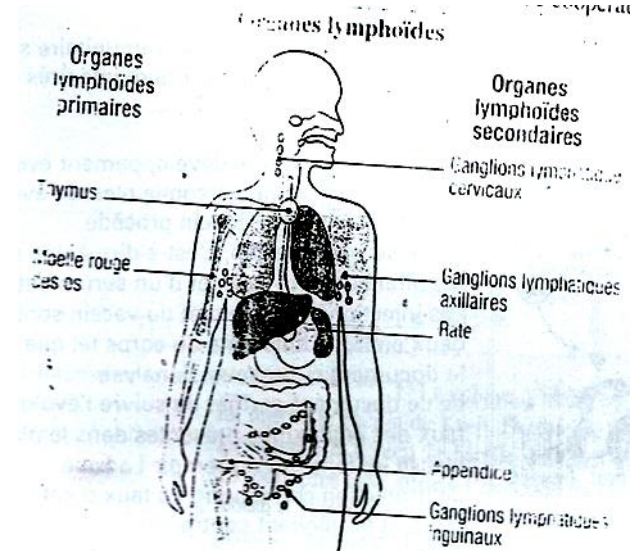
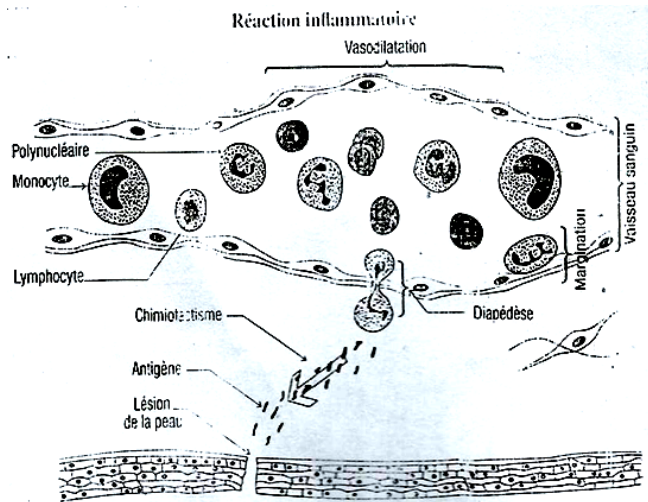
Elle correspond aux moyens de défense spontanée, permettant de neutraliser indifféremment divers agresseurs. C'est une caractéristique de l'espèce et non de l'individu.

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 respiratoire). 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.



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. Ces 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, 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).

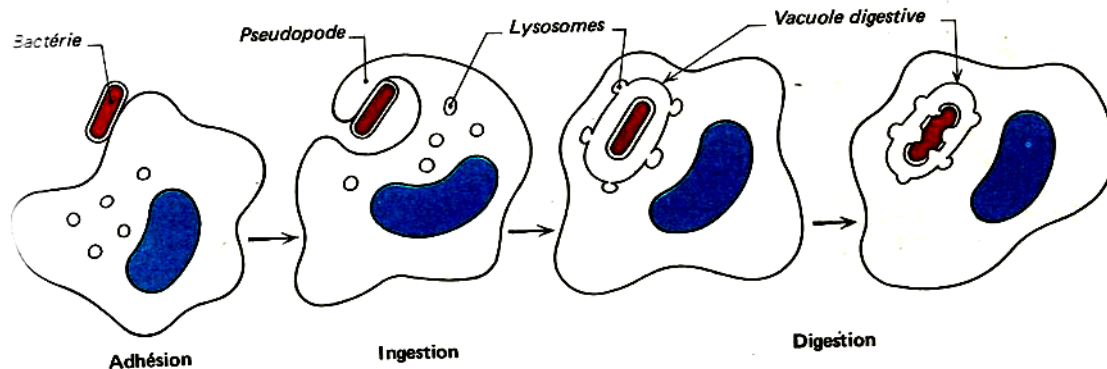
Comment se déroule la phagocytose ?

La membrane cellulaire du phagocyte enveloppe le corps étranger et forme la vésicule de phagocytose. Puis les 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** : rapprochement des phagocytes aux bactéries ;
- 2^{ème} **étape** adhésion ou accollement des phagocytes aux bactéries ;
- 3^{ème} **étape** : ingestion ou englobement des bactéries par les phagocytes ;
- 4^{ème} **étape** : expulsion des déchets de la digestion.



B. La défense spécifique :

Les défenses non spécifiques s'avèrent insuffisantes lorsque les barrières de l'organisme et les méthodes d'asepsie et d'antisepsie 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 dirigé 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 des 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 jeux.

Réponses attendues :

Interprétation

- ✓ Un animal ayant reçu de l'anatoxine tétanique qui reçoit par la suite de la toxine tétanique suivie 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 le 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 acquies 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 "NONSOI"

Le "SOI" est un ensemble de molécules propre à l'individu déterminée génétiquement.

1- 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 Antigène). 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 situées 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.

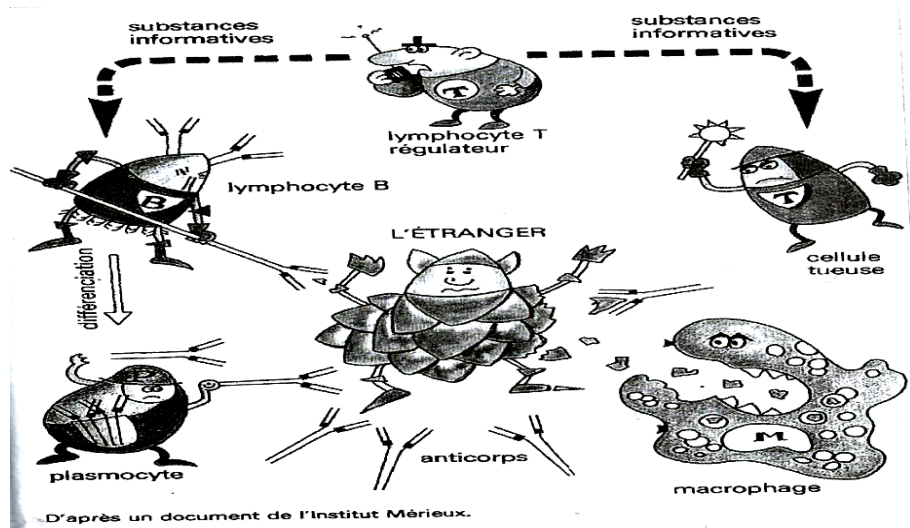
La tolérance aux antigènes du "SOI" et la réactivité aux antigènes étrangers sont les bases d'une réponse immunitaire adaptée.

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.

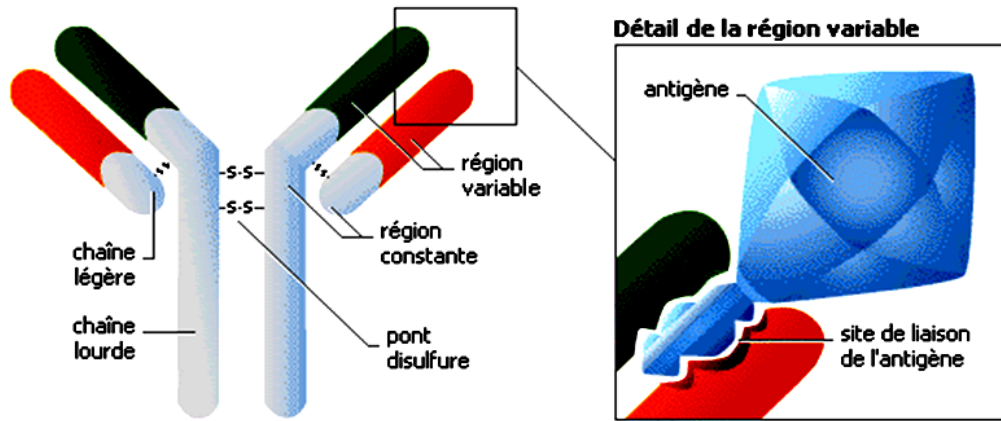
Selon la nature de l'antigène, il y a prédominance de l'une ou l'autre des réponses : un antigène soluble (toxine) engendre une réponse humorale ; les virus et les parasites intracellulaires entraînent l'ensemble des réponses.

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 actif, 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 une partie constante (identique pour tous les anticorps).



Structure d'un 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 leur 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 et pour effecteur les lymphocytes cytotoxiques et est caractérisée par l'absence d'anticorps circulant et par l'intervention des quatre (4) cellules détruisant leurs cibles sans les englober en agissant sur l'ensemble des réactions immunitaires. Les lymphocytes cytotoxiques ou « **tueurs** » qui, en sont responsables sont des lymphocytes T.

Le résultat de la lyse de la cellule cible, dont la membrane se disloque par un mécanisme mal connu.

L'action est spécifique : un lymphocyte cytotoxique donné ne peut lyser que les cellules porteuses d'un antigène donné.

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 des sécrétions des médiateurs chimiques.

La 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 ; la mémoire immunitaire 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 de l'antigène. La réponse secondaire est donc plus rapide, plus intense et plus efficace.

THEME 2: LES DYSFONCTIONNEMENTS DU SYSTEME 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 à des antigènes normalement non pathogènes.

Toute allergie comporte :

- ✓ Une phase de sensibilisation ou premier contact avec l'allergène met en jeu une réponse immunitaire classique, activation de certains lymphocytes B et transformation de ceux – ci en plasmocytes sécrétant 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** : production par les lymphocytes T4 mémoire qui attire les cellules immunitaires et provoque des inflammations locales (Eczéma) ou maladie de la peau (éruption, démangeaison).
- On distingue donc deux (2) types d'allergies dont les mécanismes sont suivants, l'une à médiation humorale (hypersensibilité immédiate), l'autre à médiation cellulaire (hypersensibilité retardée).

B. Le SIDA (Syndrome de l'Immuno-Déficience Acquise)

QU'EST CE QUE LE SIDA ?

Le SIDA signifie : Syndrome d'Immuno Déficience Acquises, causé par le VIH (Virus Immuno Déficience humaine qui détruit le système de défense de l'organisme humain.

Quel est l'historique du sida ?

Le SIDA est une maladie vénérienne dont les 1^{er} cas ont été recensés en **1981** aux Etats Unis (USA) dans une population homosexuelle.

Deux ans plus tard, le VIH fut découvert en **1983** par l'équipe du professeur **LUC MONTAGNIER** de l'Institut supérieur Pasteur de Paris.

Qu'est-ce que le système immunitaire ?

Le système immunitaire est l'ensemble des moyens dont dispose l'organisme pour assurer son intégrité vis à vis de l'infection, ce sont notamment la peau, les leucocytes, les macrophages, les lymphocytes, le foie, la rate, les reins, les ganglions lymphatiques.

Comment expliquez la défaillance du système immunitaire face au virus du SIDA ?

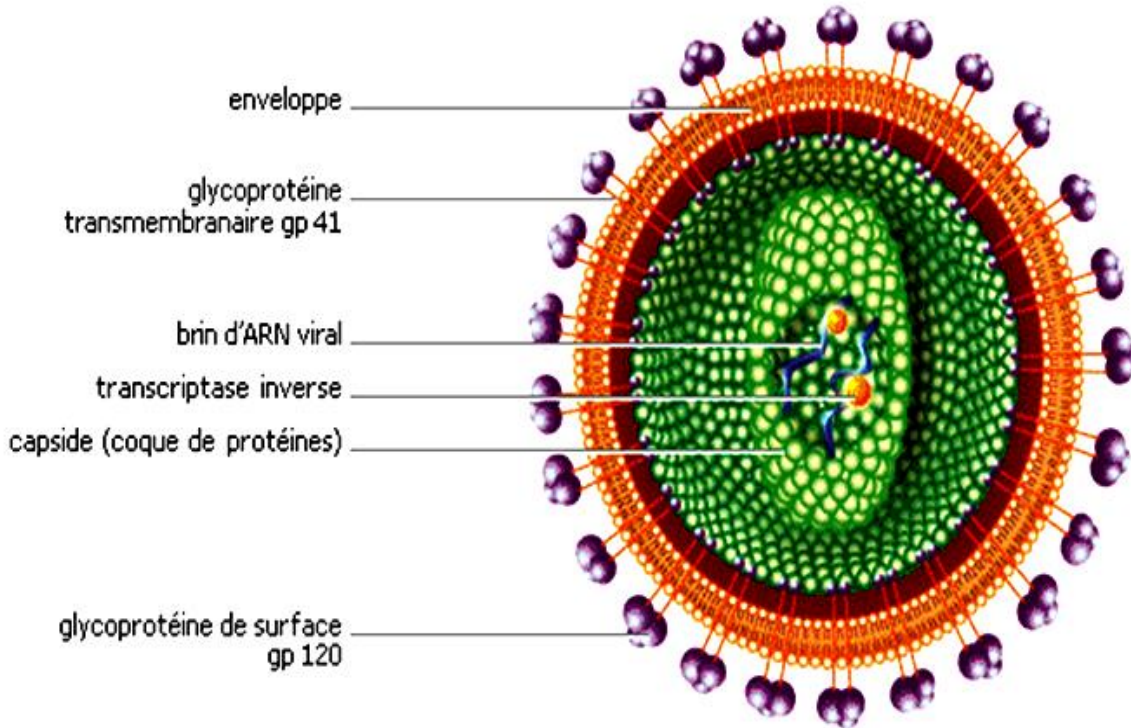
Tout organisme possède un système Immunitaire qui lutte efficacement contre les corps étrangers .Mais on constate que pour le cas du SIDA ce système est défaillant.

On peut alors supposer que :

- Le virus du SIDA résiste au système Immunitaire.
- Le virus du SIDA perturbe le système Immunitaire.

I) Le virus du SIDA résiste –t-il au système Immunitaire ?

A) Structure du VIH



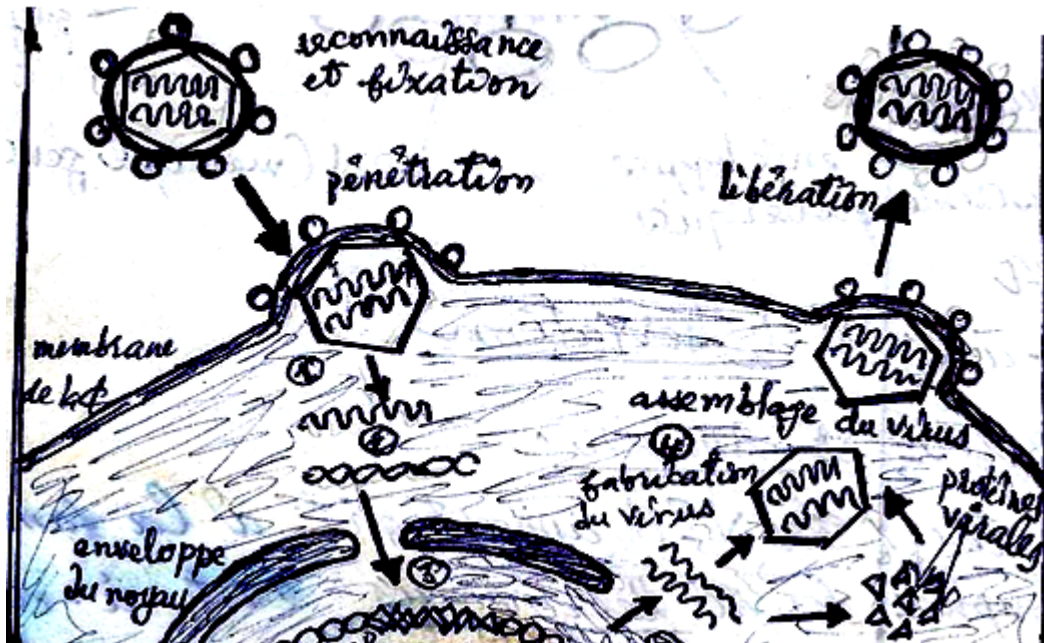
1) Observation

2) Analyse : Le VIH appartient à la famille des retro –virus c'est-à-dire les virus qui ont pour matériel génétique l'ARN .Cet agent responsable du SIDA possède deux molécules d'ARN identiques et une enzyme appelée transcriptase inverse ,protégé par une enveloppe protéique (protéine 2) au centre et une enveloppe externe phospholipidique présentant les protéines virales (Gp120 et Gp41) ,une membrane plasmique qui est une double couche lipidique et une couche protéique (protéine 1) .

Les protéines virales Gp120 et Gp41 sont complémentaires aux récepteurs membranaires portés par les lymphocytes T4 et les macrophage . Ces récepteurs sont des sites privilégiés de fixation du VIH ;

Conclusion : le VIH est un rétrovirus à structure particulière .Cette structure lui permet de se fixer sur les cellules Immunitaires.

B) Mécanisme d'infection du VIH



1) Observation

2) Analyse

Les mécanismes d'infection du LT4 par le virus est le suivant :

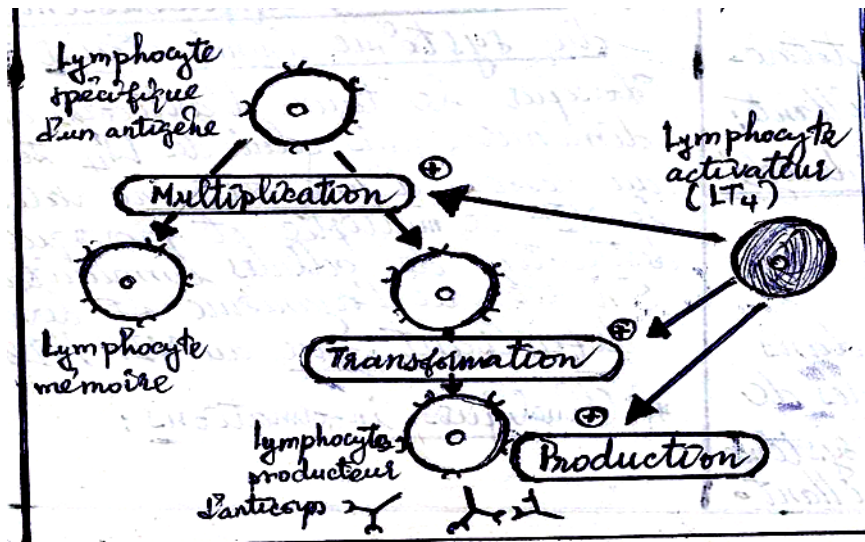
- Reconnaissance et fixation du VIH sur les récepteurs CD4 spécifiques du LT4 à travers ses protéines virales GP120 et GP41 ;
- Pénétration du VIH dans le cytoplasme du LT4 et libération de l'ARN proviral et de la transcriptase inverse;
- Pénétration de l'ARN proviral et de la transcriptase inverse dans le noyau du LT4 ;
- Transformation de l'ARN proviral en ADN proviral grâce à la transcriptase inverse et son intégration à l'ADN du LT4;
- Synthèse des ARN viraux et des protéines virales dans le cytoplasme du LT4 ;
- Formation et libération des virus qui infecteront d'autres LT4 et ainsi de suite.

3) Conclusion : par plusieurs mécanismes, le VIH infecte les LT4 et arrive à les détruire. En s'intégrant au matériel génétique de la cellule –cible, le VIH sous forme de provirus échappe et résiste au système Immunitaire.

Rôle des lymphocytes T activateurs(LT4)

Des lymphocytes T4 activateurs ont pour rôle de favoriser la multiplication des lymphocytes B et leur transformation en cellules sécrétrices d'anticorps.

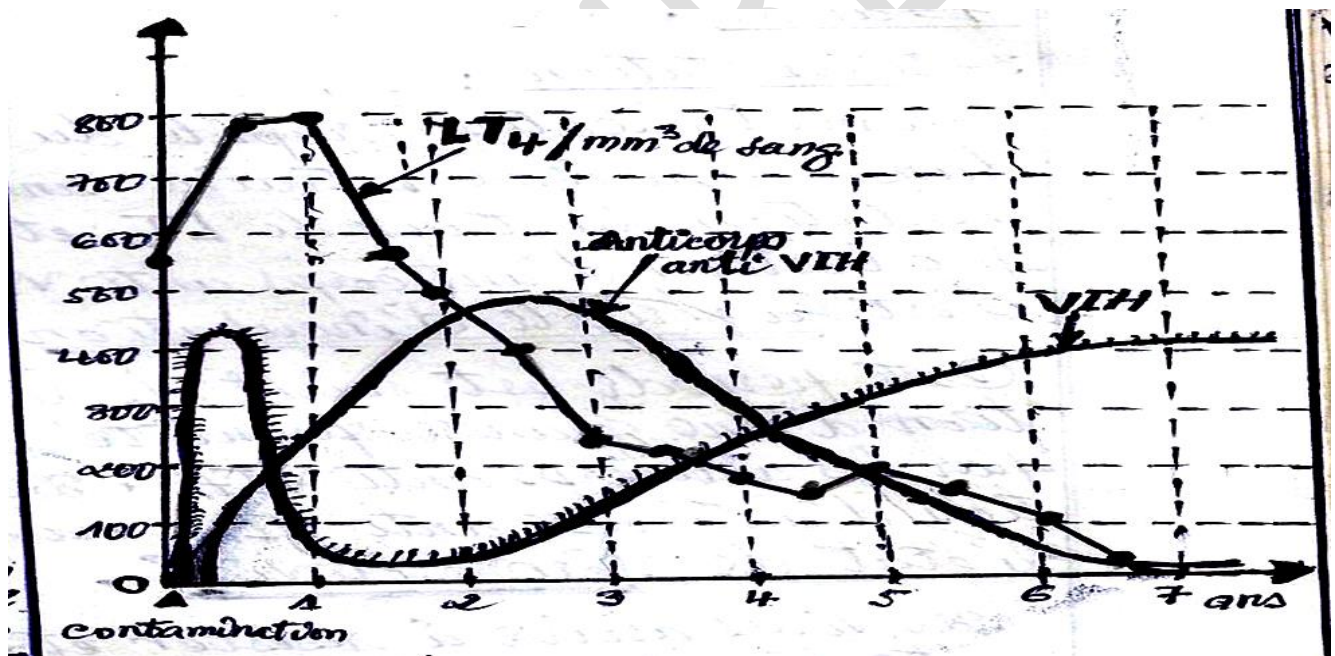
Ils jouent donc un important rôle en augmentant la rapidité de la réponse immunitaire lorsque l'organisme est en contact avec un antigène.



II) le virus du SIDA perturbe-t-il le système immunitaire ?

Exploitation de documents

1) Observation



2) **Analyse** : lorsque le VIH entre dans l'organisme (contamination), on assiste à une augmentation rapide de ses virus jusqu'à atteindre un maximum au troisième mois. Les anticorps anti VIH apparaissent en ce moment dans le sang et leur taux augmente très rapidement pour atteindre un maximum vers la deuxième année. Pendant ce temps, la quantité de VIH diminue considérablement, puis remonte progressivement à partir de la deuxième année pour atteindre un maximum à la 7^{ème} année. Inversement, le taux d'anticorps anti VIH chute progressivement de la même que le taux des LT4 pour pratiquement annuler à partir de la 7^{ème} année.

3) Interprétation : la multiplication rapide du VIH dans l'organisme entraîne une augmentation du taux de LT4 et une production d'anticorps anti VIH : c'est la période d'incubation. Cette période est suivie de destruction d'une grande quantité de virus par les anticorps anti VIH. L'apparition d'anticorps anti VIH marque l'état de la Séropositivité. Le virus arrive à résister et se multiplier intensément ; ce qui entraîne la destruction de plus en plus de LT4 et provoque la diminution du taux d'anticorps anti VIH.

Cette situation favorise l'apparition des maladies opportunistes qui constituent les symptômes du SIDA.

Un tel système Immunitaire totalement détruit devient défaillant : on dit que le système est dérégulé ou dysfonctionnement.

4) Conclusion : le virus du SIDA une fois dans l'organisme détruit les cellules de l'immunité et perturbe le système immunitaire et le rend défaillant.

Evolution et manifestation du VIH :

L'infection par le VIH se déroule en trois étapes :

1) La phase d'infection aiguë : cette phase dure 3 à 6 mois. Elle correspond à multiplication et à la propagation des VIH dans l'organisme et apparition des signes comme (fièvre, fatigue, douleurs musculaires, céphalées, gonflement des ganglions lymphatiques...

2) La phase d'infection lente (2ans) : les premiers signes disparaissent, mais le nombre de globules blancs (LT4) augmente et une sécrétion plus importante d'anticorps anti VIH. A ce stade, les VIH se cachent dans les ganglions lymphatiques qui se caractérisent par le gonflement de ceux-ci.

Les personnes infectées à ce stade sont parfaitement en bonne santé (porteur sains) mais peuvent transmettre le VIH ; donc ce sont les séropositifs.

3) La phase d'affaiblissement du système immunitaire : à partir de 7 ans, lorsque le taux d'anticorps anti VIH diminue puis celui de LT4 totalement au-dessous d'une certaine valeur, le VIH se multiplie et provoque la destruction des cellules immunitaires. On dit que l'organisme est devenue défaillant face au VIH /SIDA

Quelques informations

1) symptômes du SIDA : les symptômes du SIDA sont nombreux, les plus remarquants sont les suivants : fièvre, gonflement des ganglions lymphatiques, fatigue, perte importante de poids, céphalées, sueurs nocturnes répétées, cancers de la peau (sarcome de Kaposi)

2) Dépistage : le dépistage de SIDA se fait à l'aide de tests sérologiques.

Tout sujet infecté par VIH sécrète les anticorps anti VIH qui sont décelables grâce à plusieurs tests :

-Le test de l'Elisa (enzyme linked Immuno Sorbant Assay)

-Le western blot

- L'immuno fluorescence indirect.

-L'agglutination des particules

3) Voies de contamination

a) Les rapports sexuels non protégés (80% des cas) : à travers le sperme et les sécrétions. Le virus est présent dans le sperme et dans les sécrétions vaginales, il pénètre le sang par les microlésions qui surviennent lors des mouvements de va et vient rythmés lors des rapports sexuels.

b) La voie sanguine : la contamination se fait par les transfusions sanguines (sang contaminé) ; les injections et les coupures avec les matériels perforants ou tranchants souillés (lames, aiguilles; seringues)

c) contamination mère –enfant : cette forme de transmission d'une mère infectée à son enfant se fait pendant la grossesse via le placenta ; l'accouchement par voie placentaire et après la naissance au cours de l'allaitement.

4) Moyens de lutte.

La prévention est actuellement la seule arme de lutte contre le SIDA.

Elle se résume à des précautions à prendre dans le domaine de la sexualité, qui consiste à :

- L'information du public de son existence.
- L'utilisation du préservatif masculin (capote);
- La fidélité mutuelle entre les partenaires sexuels ; l'abstinence ;
- Eviter la polygamie ;
- Ne pas se fier aux mœurs et aux coutumes (liberté des mœurs) ;
- Eviter la prostitution ;
- Prendre en charge des séropositifs ou Sidéens.

NB pour le moment, pas de traitement curatif contre le **SIDA**.

Conclusion générale : la défaillance du système immunitaire face au virus du SIDA s'explique par la résistance de ce dernier et à la perturbation qu'il occasionne.

On peut éviter le SIDA par un ensemble de précautions dont l'abstinence sexuelle et le port des préservatifs

THEME 3: LES AIDES A LA REPONSE 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 été établit par **EDWARD JENNER** après la découverte des microbes en tant qu'agent infectieux par **LOUIS PASTEUR**. 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 vaccinothérapie :

La vaccinothérapie est le traitement préventif d'une maladie à l'aide du vaccin.

La vaccination est l'action de vacciner, qui consiste à administrer le vaccin dans l'organisme.

Qu'est ce que le vaccin ?

Le vaccin est une substance contenant des microbes atténués qui, inoculée dans un organisme lui confère une immunité contre le germe correspondant.

La vaccination a pour but de créer chez le sujet un état d'immunité contre un agent pathogène déterminé, pour cela, on introduit dans on 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'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 mémoires.

Le principe de la vaccination se repose sur le vaccin.

B. La sérothérapie :

La sérothérapie est traitement curatif d'une maladie à l'aide du sérum.

Le sérum est une substance extraite du plasma contenant des anticorps prêts à détruire l'antigène.

La sérothérapie 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 30jours).

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
Substance contenant des microbes atténués ;	Substance contenant des anticorps,
Immunité acquise et active ;	Immunité transférée et passive ;
Immunité lente ;	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 de cellules immunitaires.

On restaure ainsi les réactions immunitaires du receveur : cette greffe est une « Reconstitution immunologique ».

Les indications concernent certains cas de déficits immunitaire congénital, ainsi que les malades atteints de leucémie où d'arrêt du fonctionnement des tissus de la moelle.

Les principales complications à éviter sont :

- **La réaction de rejet du greffon par l'hôte :** les cellules du donneur (greffon) et du receveur (l'hôte) ne sont pas dans le même groupe tissulaire. Les protéines du CMH se trouvant sur leurs membranes plasmiques sont différentes. Les cellules immunocompétentes du donneur sont reconnues comme cellules étrangère (non soi) par les cellules immuno déficientes du receveur (l'hôte) .
- **La réaction du greffon contre l'hôte :**

Les cellules greffées comportent des lymphocytes B et les lymphocytes T matures qui entraînent une réaction immunitaire contre les antigènes du receveur.

NB : Les précautions à prendre avant et après la greffe :

- 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.

Quels sont les différents types de greffes ?

On distingue principalement :

a) Isogreffe : qui s'effectue entre les vrais jumeaux.

b) Autogreffe : auto = soi-même, c'est le transfert d'un tissu ou d'un fragment d'organe d'un point à un autre d'un même organisme.

c) Allogreffe : allo = autre, c'est le transfert d'un tissu ou d'un fragment d'organe à un autre individu de la même espèce .on l'appelle greffe croisée.

DOCUMENTATION

- Biologie terminale D, 1980, Edition Vuibert. (Pierre Vincent)
- Le corps humain, 1983, Edition« Vuibert » (Pierre Vincent)
- SVT 1^{RE} programme 2001 « Didier »
- Biologie terminale D, 1989, Edition Bordas
- Eric Périlleux, 1989, Edition Nathan
- APROBIG, Cours de Biologie 2009
- Génétique Générale / ISSEG (Djibril SYLLA maitreès sciences)
- SVT 4^{eme} « Nathan » collection biosphère
- SVT 3^{eme} « Nathan » collection biosphère
- SVT 1^{ere} « Bordas »
- Biologie 3^{eme} « Bordas » collection sciences naturelles.
- Physiologie humaine « Scorel »
- Site internet : Google, Wikipédia