

## L'information génétique

L'information génétique est le responsable de la détermination des caractéristiques héréditaires de l'espèce , la reproduction des espèces est du à la transmission de cette information génétique des parents aux descendants :

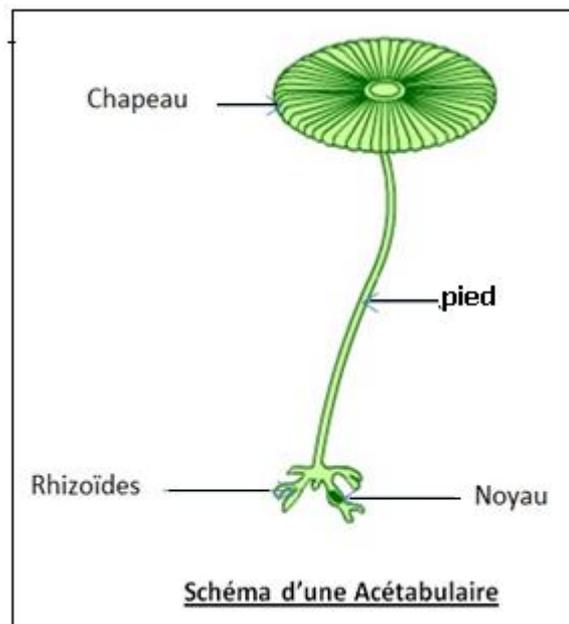
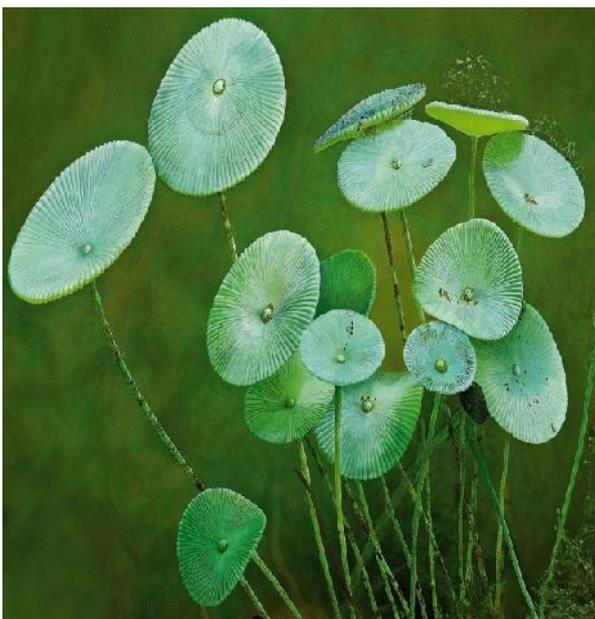
- Où se localise cette information génétique ?
- Comment se fait sa transmission d'une génération à l'autre ?
- Quelle est sa nature chimique ?
- Comment elle détermine le caractère ?

### 1- Mise en évidence de la localisation de information génétique :

La cellule est l'unité structurale des êtres vivants qui sont classés en :

- Pluricellulaires formés de plusieurs cellules ; chaque groupe de cellules se différencie en un organe qui accomplit une fonction , l'ensembles des organes constitue l'être vivant animale ou végétale
- Unicellulaire formé d'une seule cellule totipotente qui exerce toutes les fonctions

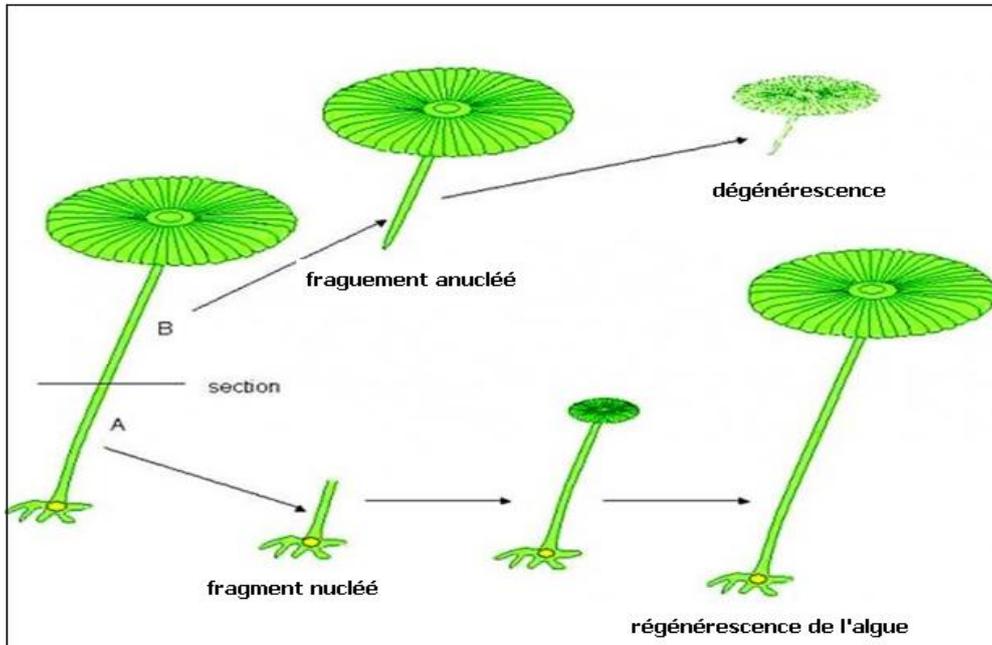
Pour localiser l' information génétique on utilise un algue vert unicellulaire géant de 10 cm l'acétabulaire .



#### a- Expérience 1 :

On sectionne un algue acétabulaire en deux parties nucléé et anucléé , les deux parties sont placées dans un milieu favorable

b- Résultat 1 :



Le fragment anucléé dégénère après un certains temps

Le fragment nucléé reste vivant et régénère la partie cytoplasmique perdue

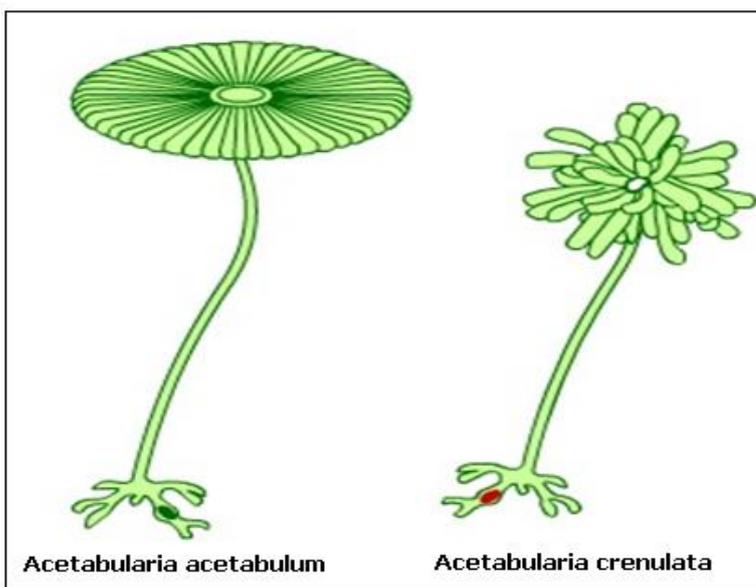
c- Conclusion 1 :

Le noyau est nécessaire au maintient de la vie d'une cellule , il est le responsable de la régénération des parties cytoplasmique perdues .

d- Expérience 2 :

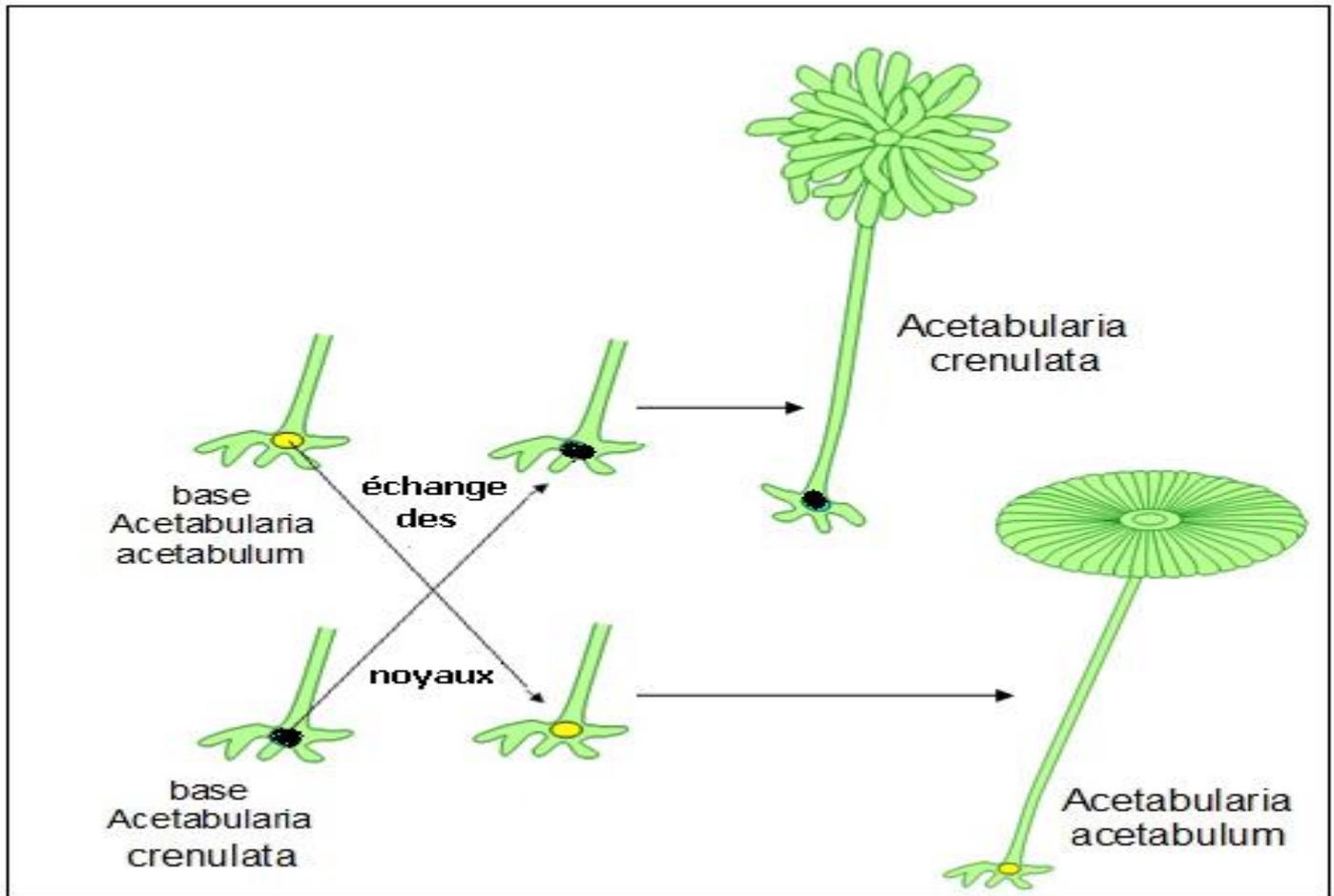
Dans la nature on distingue deux types d'algues acétabulaire :

Les deux espèces d'acétabulaires diffèrent par la forme du chapeau , rond chez acétabulum , ridé chez crénulata



Sur deux fragment nucléés des deux types d'acétabulaire , on greffe le noyau d'une espèce dans le cytoplasme de l'autre

e- Résultat 2 :



Le noyau d'acetabulum régénère un chapeau rond , le noyau de crenulata régénère un chapeau crénelé

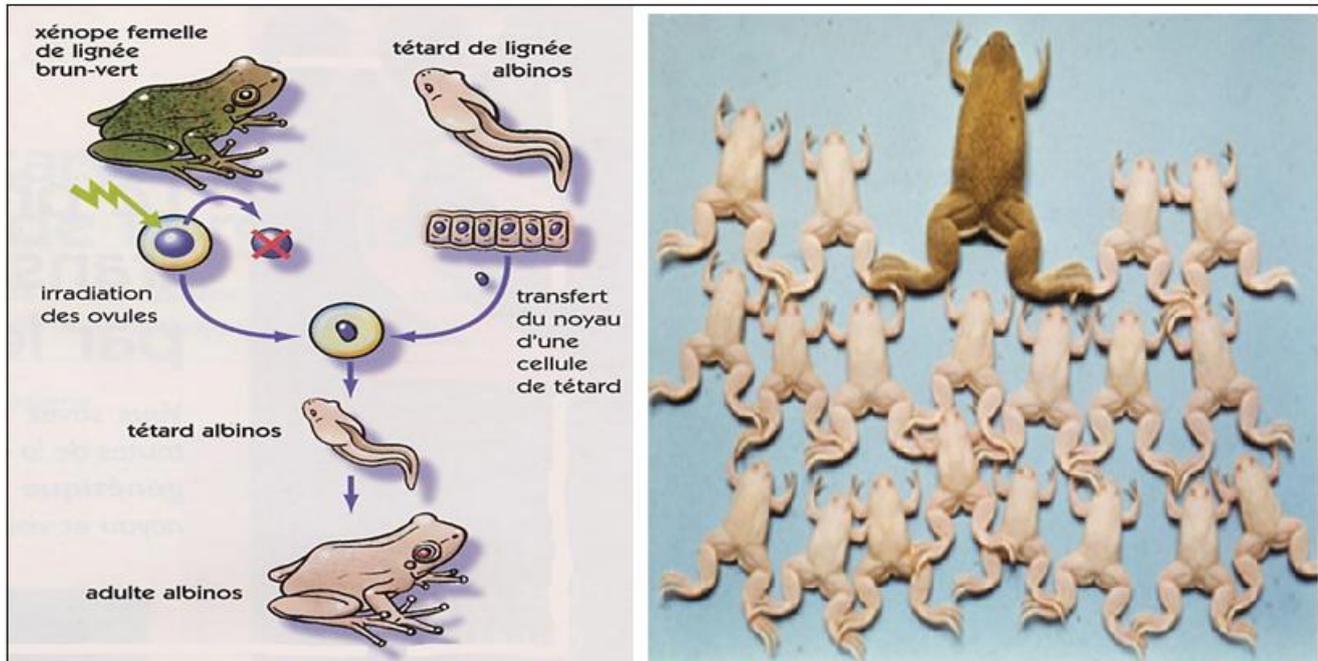
f- Conclusion 2 :

Le noyau est le responsable de la détermination de la forme du chapeau de l'algue , le cytoplasme n'a pas intervenu .

La forme du chapeau est un caractère héréditaire déterminé par le noyau ; c'est dans le noyau de la cellule où se localise l'information génétique responsables de tous les caractères de l'espèce.

## g- Travaux de GURDON 1960 :

En 1960, le biologiste anglais Gurdon, travaille sur des amphibiens de l'espèce xénope (crapauds), par irradiations aux rayons ultra violets, il détruit les noyaux d'ovules pondus par des femelles de variété sauvage de couleur brun - vert, dans ces ovules sont transplantés des noyaux de cellules intestinales d'un têtard de xénope albinos. Sur 54 œufs ainsi préparés, 30 ont donné des adultes tous identiques entre eux de même sexe et albinos.



### Que peut on déduire de l'analyse de ces résultats ?

Le noyau de la cellule intestinale du têtard albinos donne des crapauds albinos

Le noyau est le responsable du transfert des caractères héréditaires, le cytoplasme n'intervient pas.

Malgré la différenciation du noyau de la cellule intestinale dans les fonctions de digestion et d'absorption, l'information génétique de l'espèce dans le noyau n'est pas perdue, elle y reste conservée.

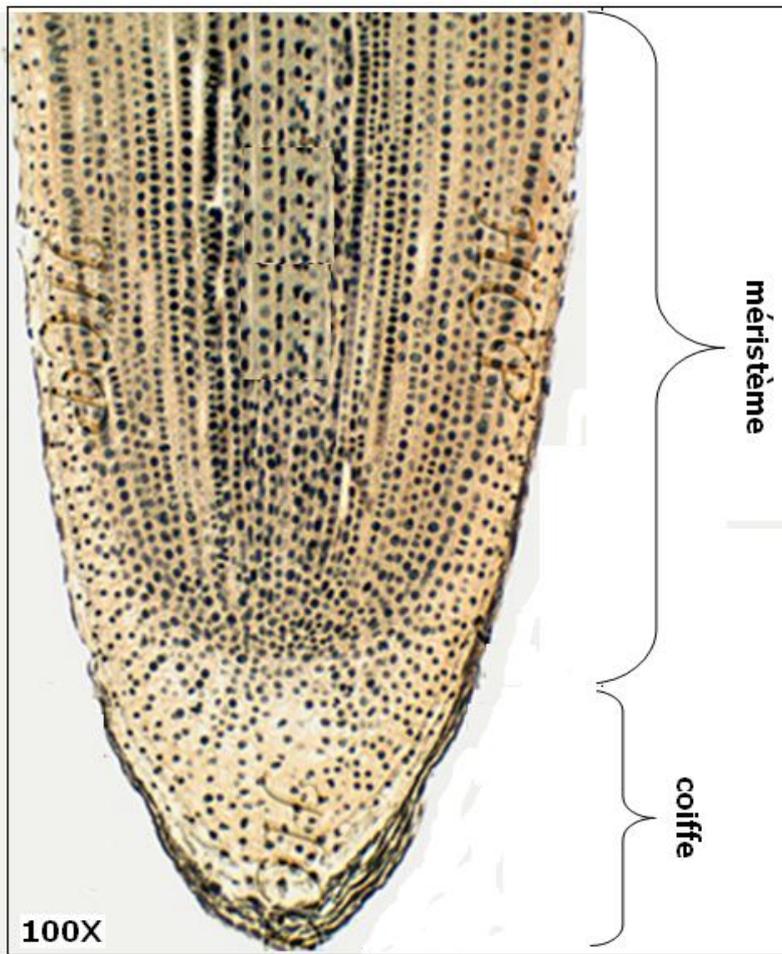
## 2- Le transfert de l'information génétique d'une cellule à l'autre :

Les pluricellulaires animaux ou végétaux sont issues de la multiplication d'une seule cellule l'œuf qui résulte de la fécondation de l'ovule par le spermatozoïde, cette multiplication permet la formation des différents organes et leurs croissance, comment se fait le transfert de l'information génétique pendant la multiplication cellulaire ?

### 2-1- chez la cellule végétale :

Chez les plantes la croissance des racines est continue

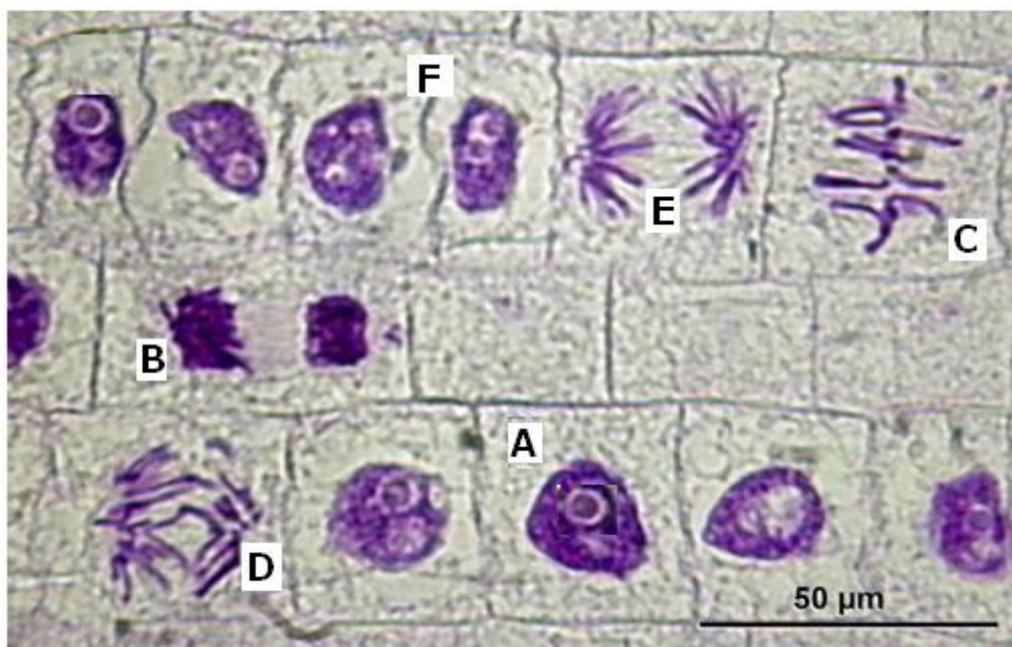
a- Observations microscopique d'une coupe longitudinale de racine :



le méristème est la zone responsable de la croissance de la racine

La coiffe est responsable de la protection du méristème et la pénétration dans le sol

Au fort grossissement on observe les cellules du méristème :



Les cellules du méristème diffèrent par :

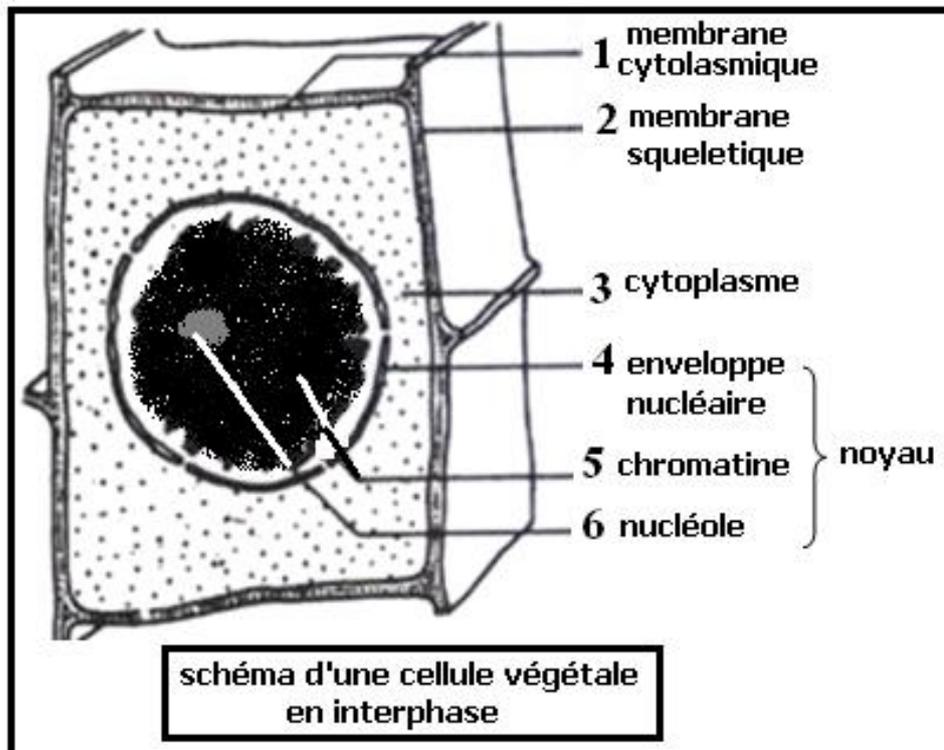
- Le volume : grand volume chez les cellules A,B,C,D et E ; petit volume chez les cellules F .

- l'aspect nu noyau : en une seule masse appelée chromatine avec nucléole chez la cellule A ; sous forme de filaments appelés chromosomes ( B ) qui se rassemblent au milieu de la cellule C , se divisent en 2 lots qui se séparent vers les pôles

de la cellule D et E , revient à l'état d'une seule masse mais dans deux cellules de petite taille .

## b- conclusion :

la cellule de grand volume avec noyau contenant de la chromatine est dite cellules au repos ou en interphase .



La transformation de la chromatine en chromosomes signifie l'entrée de la cellule en phase de multiplication qui produira à partir d'une cellule mère deux cellules filles , cette activité est appelée mitose .

Dans la vie d'une cellule eucaryote alternent 2 phases selon un cycle , appelé cycle cellulaire

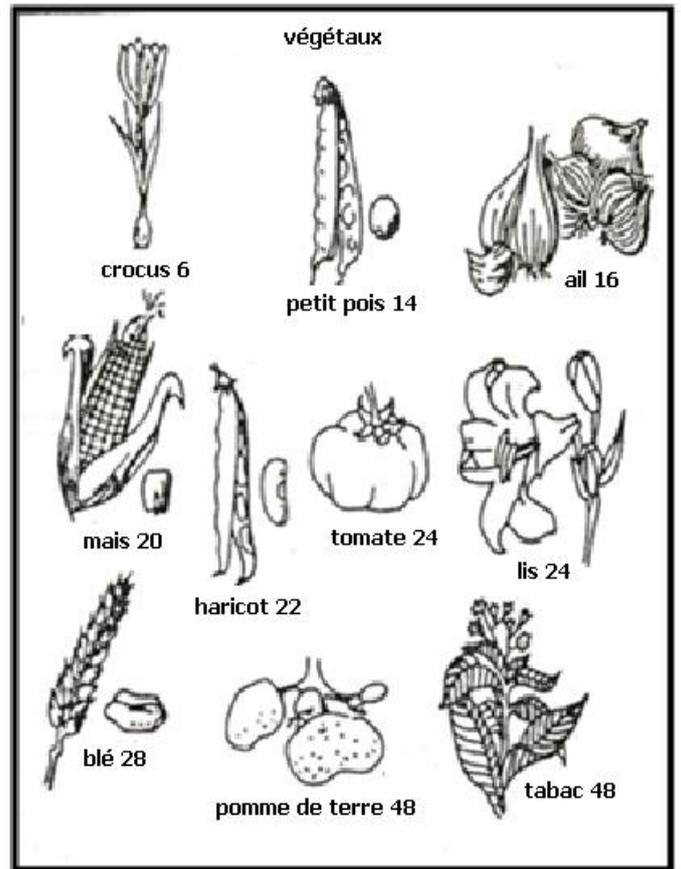
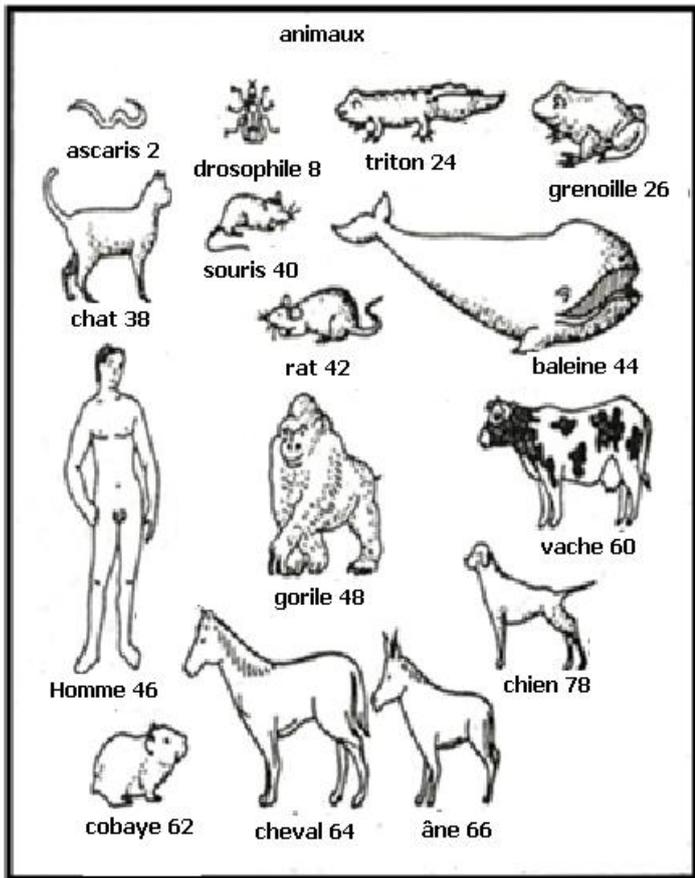
**Cycle cellulaire = interphase + mitose**

## c- les étapes de la mitose :

chez la cellule végétale la mitose se déroule en 4 étapes :

+ la prophase : ( cellule B )

Pendant cette étape la chromatine se transforme en chromosomes avec un nombre bien déterminé appelé garniture chromosomique ; observons le nombre de chromosomes de certaines espèces animales et végétales :



Le nombre de chromosomes varie d'une espèce à l'autre , chez les individus normaux de la même espèce le nombre de chromosome est constant .

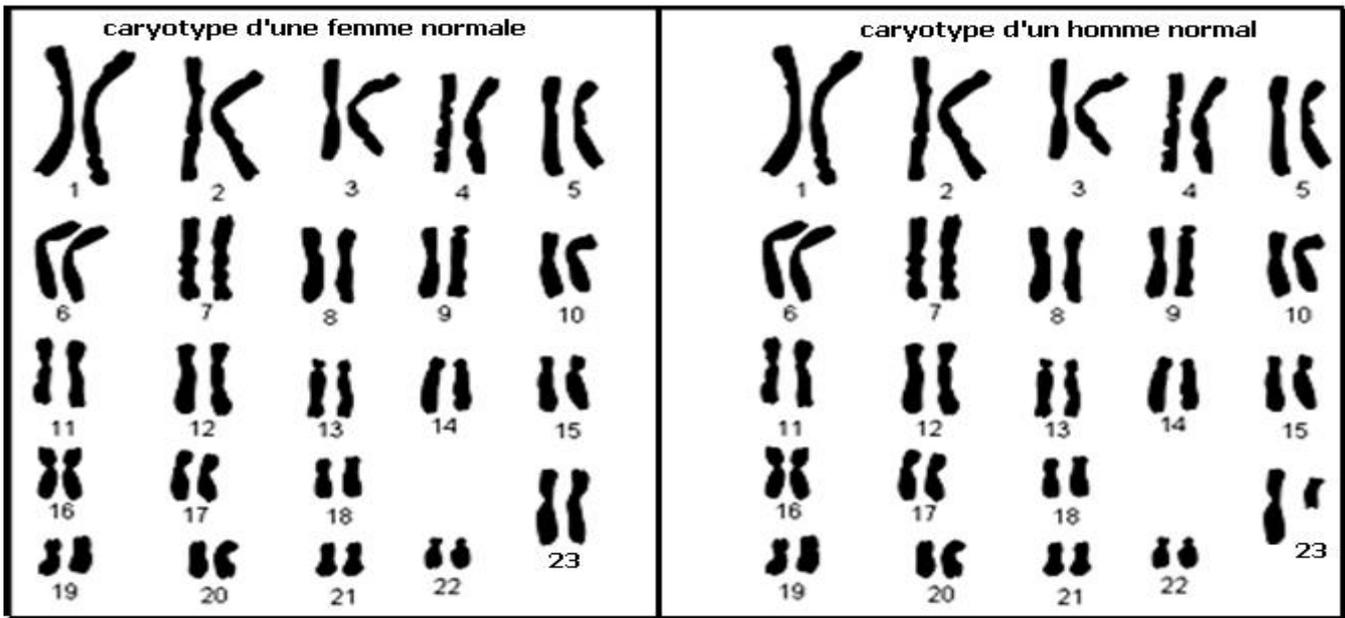
Chez ces espèces le nombre de chromosome est paire , elles sont nommée espèce diploïdes , on écrit leurs formules chromosomiques ainsi :

Homme :  $2n = 46$                       tomate :  $2n = 24$   
 Vache :  $2n = 60$                       ail :  $2n = 16$   
 Ascaris :  $2n = 2$                       tabac :  $2n = 48$

Certaines espèces microscopiques de champignons ,d'algues et les bactéries ont un nombre de chromosomes impaire , on les nomme espèces haploïdes , leurs formules chromosomiques s'écrit ainsi :

Bactérie  $n = 1$     aspergillus  $n=7$

L'isolation des chromosomes d'une espèce , et leur classification selon la forme et la taille permet de réaliser le caryotype de l'espèce , analysant le caryotype humain d'un homme et d'une femme :



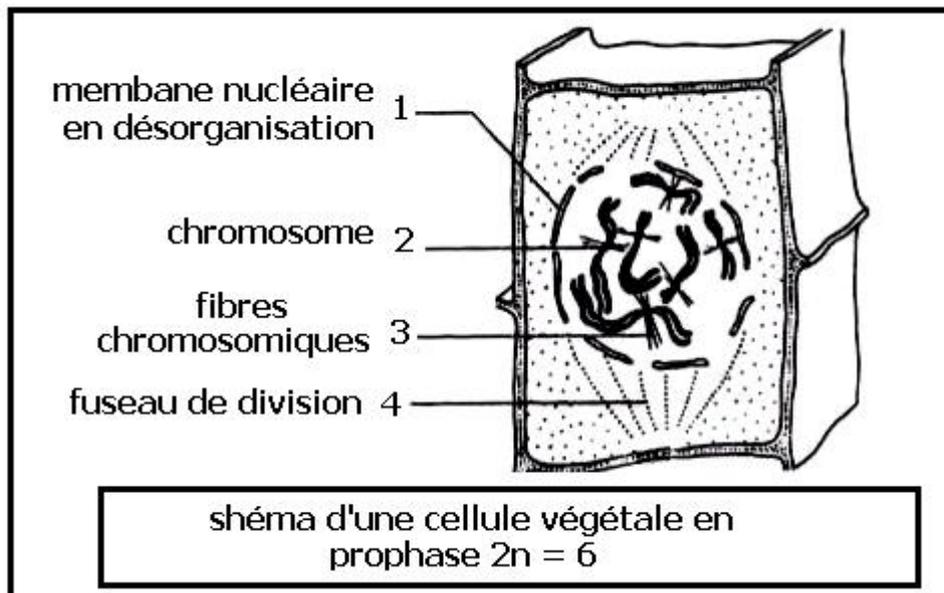
Chez la femme les 46 chromosomes sont répartis en 23 paires chromosomiques, les chromosomes de chaque paire ont la même taille, la même forme, on les appelle chromosomes homologues, chez la femme on a 23 paires de chromosomes homologues.

Chez l'homme on a 22 paires de chromosomes homologues identiques à ceux de la femme, la 23<sup>e</sup> paire ne porte pas des chromosomes homologues, cette 23<sup>e</sup> paire permet de distinguer le sexe mâle du sexe femelle, on les appelle chromosomes sexuelles ou gonosomes, ils sont homologues chez les femelles et nommés XX, hétérologues chez les mâles et nommés XY. Les autres 22 paires communes aux deux sexes sont appelés autosomes.

La garniture chromosomique peut être écrite selon le sexe :

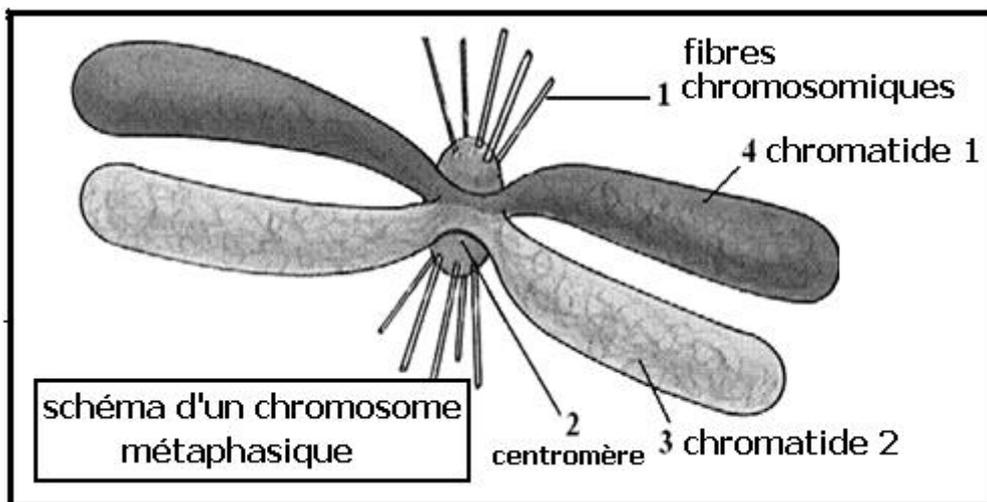
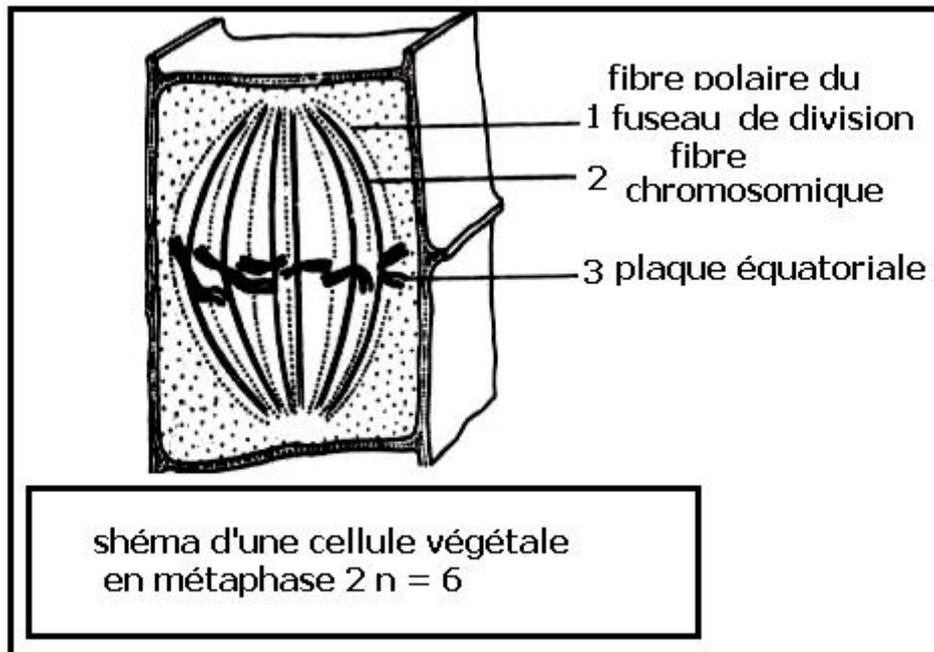
Homme :  $2n = 46$     homme :  $2n = 22 AA + XY$     femme :  $2n = 22 AA + XX$

En plus de la transformation de la chromatine en chromosome, pendant la prophase il y a disparition des nucléoles et de la membrane nucléaire, entre les deux pôles de la cellule s'installe un réseau de fibres polaires de nature protéique formant le fuseau de division ou fuseau achromatique :



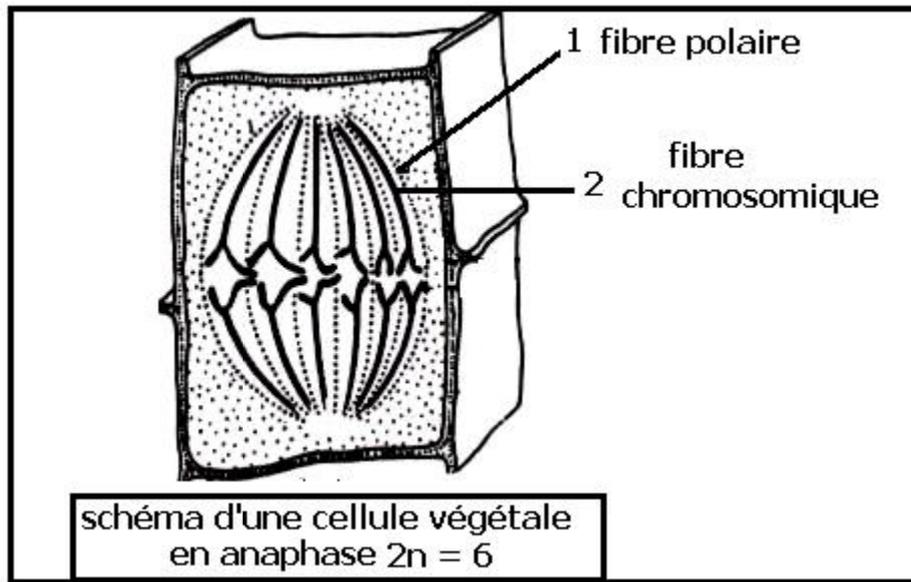
### + la métaphase : cellule C

Les chromosomes se rassemblent à l'équateur du fuseau de division formant la plaque équatoriale, les chromosomes apparaissent fissurés en deux chromatides liés à un centromère porteur de fibres chromosomiques qui permettent au chromosome de s'accrocher aux fibres polaires du fuseau de division



### + l'anaphase : cellule D E

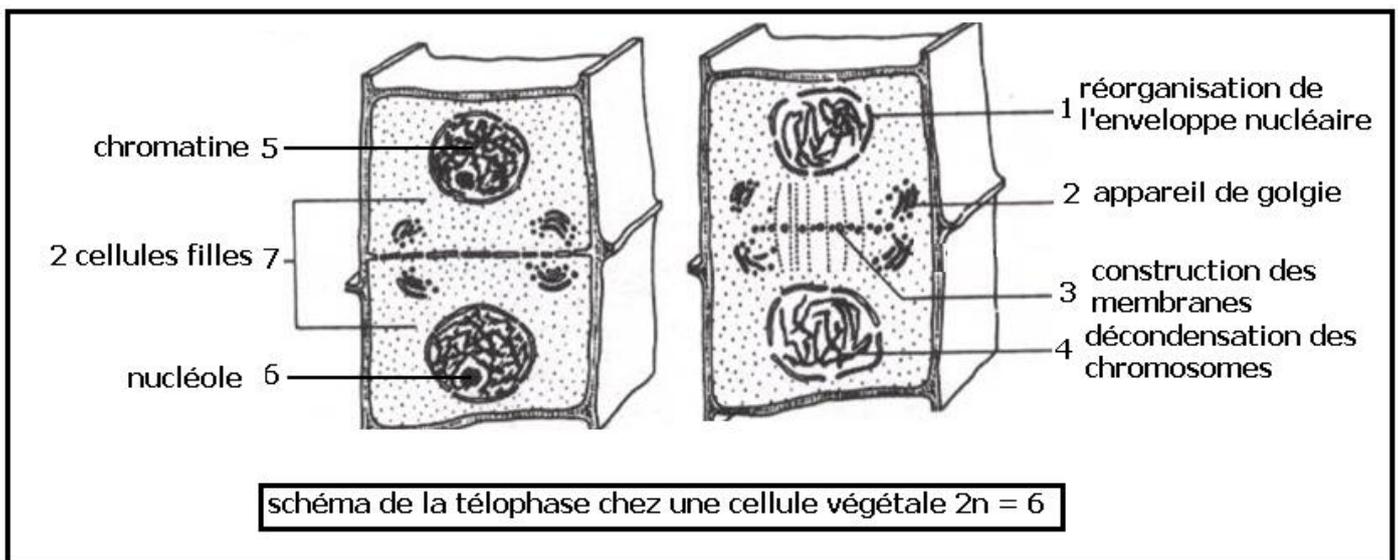
Le centromère de chaque chromosome se fissure, les deux chromatides indépendants l'un de l'autre, deviennent chromosomes et chacun migre vers l'un des pôles de la cellule par interaction entre les fibres chromosomiques et les fibres polaires, on parle d'ascension polaire. Il se forme dans les pôles de la cellule deux lots de même nombre de chromosomes.



+ télophase : cellule F

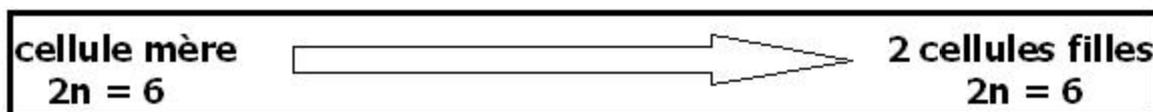
Pendant cette étape les chromosomes reviennent à l'état de chromatine , réapparition des nucléoles et réorganisation de l'enveloppe nucléaire , deux noyaux apparaissent et subdivisent le cytoplasme entre eux par construction de nouvelles membranes cytoplasmiques et squelettiques dans la partie moyenne de la cellule mère .ainsi se forme deux cellules filles avec même nombre de chromosomes que la cellule mère mais de petite taille .

Les deux cellules filles commencent un nouveau cycle cellulaire par la phase de repos au cours de laquelle elle croissent par synthèse de cytoplasme .



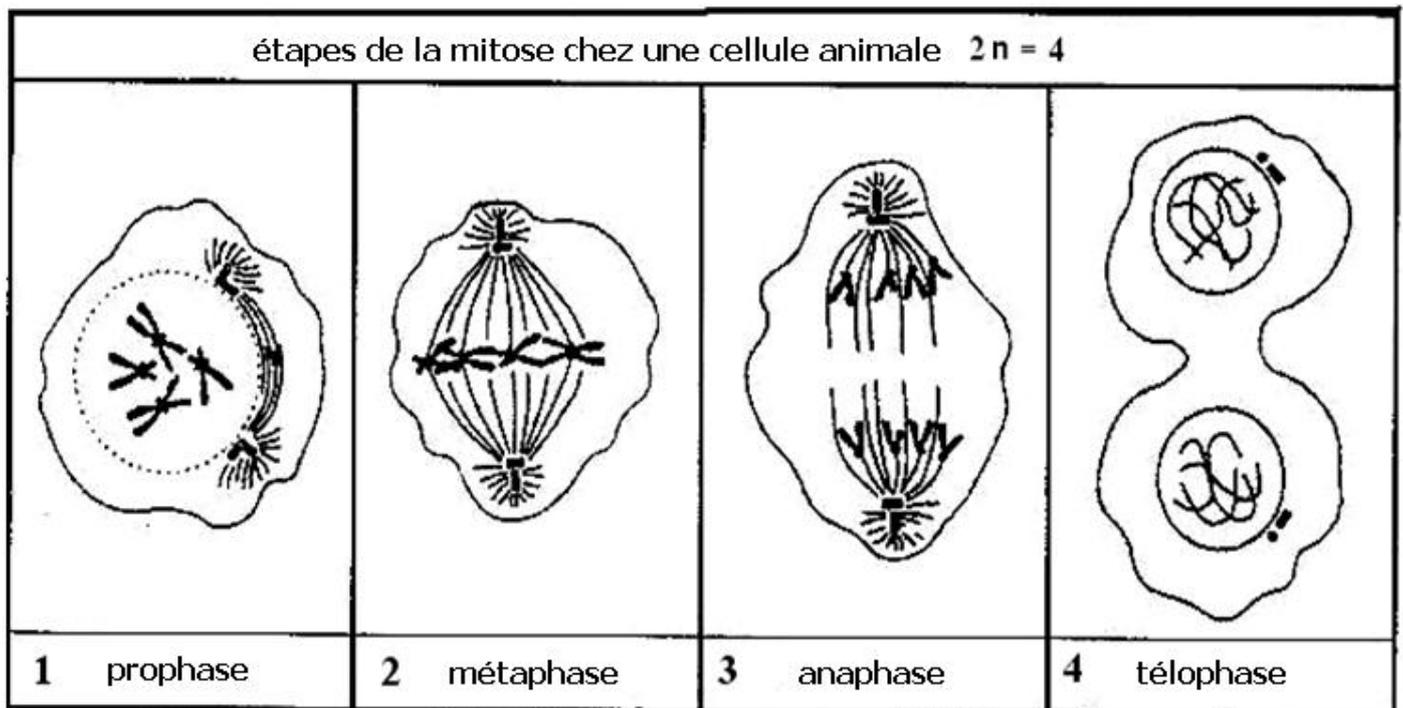
d- conclusion :

la mitose permet la multiplication de la cellule en conservant l'information génétique par conservation du nombre des chromosomes constant d'une génération à l'autre .



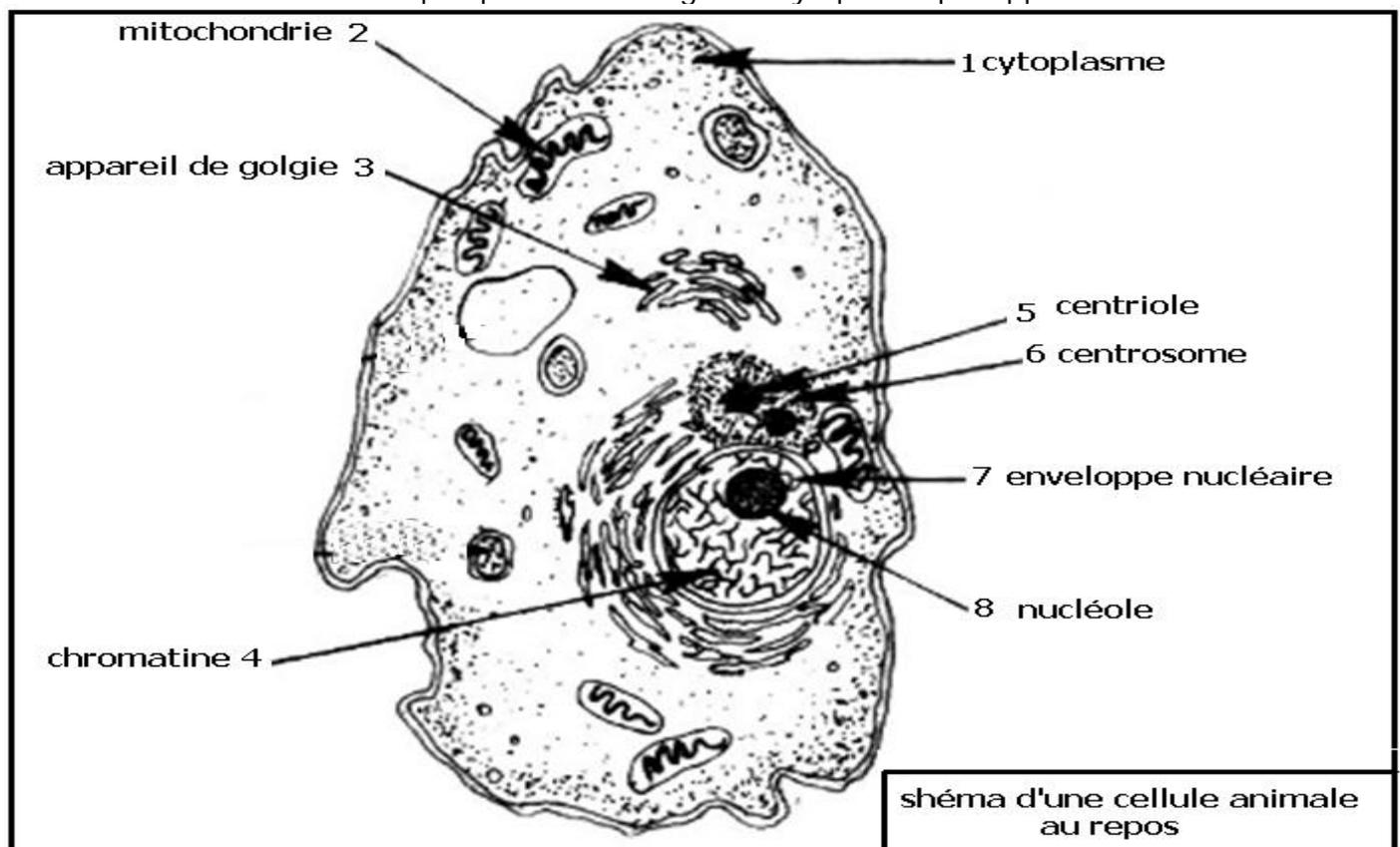
Après la mitose de chaque cycle cellulaire se multiplie ; ainsi après n cycles cellulaire une cellule mère produira  $2^n$  cellules filles ,ce qui permet la croissance et le renouvellement des tissus .

### 2-2- chez la cellule animale :

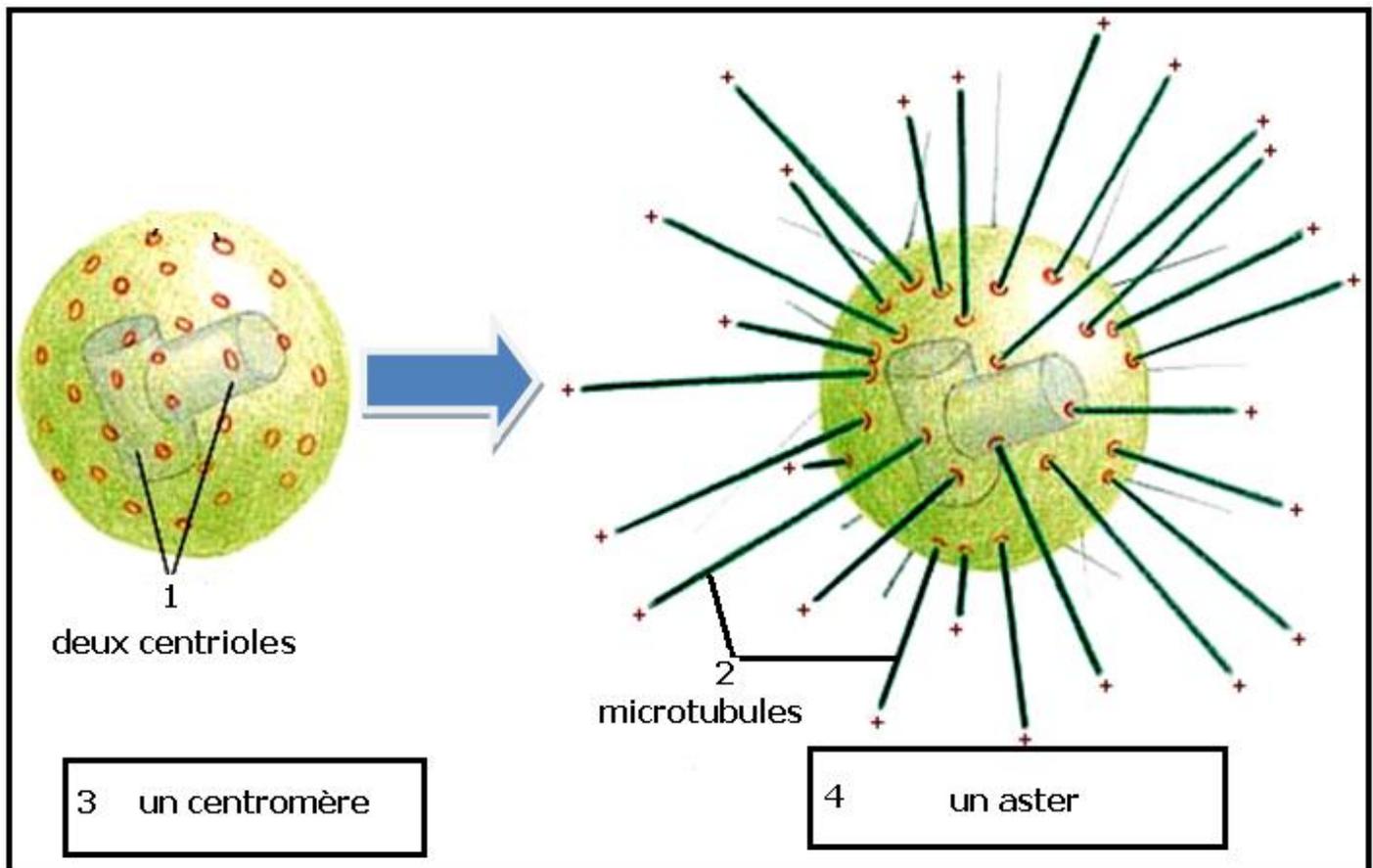


Au cours de sa mitose la cellule animale passe par les mêmes étapes que la cellule végétale , avec quelques différences dues à la structure de la cellule animale :

- ✓ la cellule animale au repos possède un organite cytoplasmique appelé centrosome



Au cours de la prophase le centrosome se multiplie en deux , chaque centrosome fils acquière des microtubules et se transforme en aster , les deux asters s'éloignent et les fibres polaires du fuseau achromatique s'installent entre les deux asters



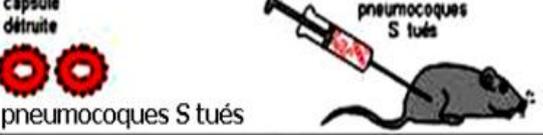
- ✓ en absence d'une membrane squelettique rigide , la télophase chez la cellule animale se fait par étranglement équatoriale de la membrane cytoplasmique , les cotés de la membrane se rapprochent et fusionnent pour donner deux cellules filles indépendantes de petite taille .

### 3- la nature chimique de l'information génétique :

#### 3-1- mise en évidence :

##### a- travaux de Griffith 1928:

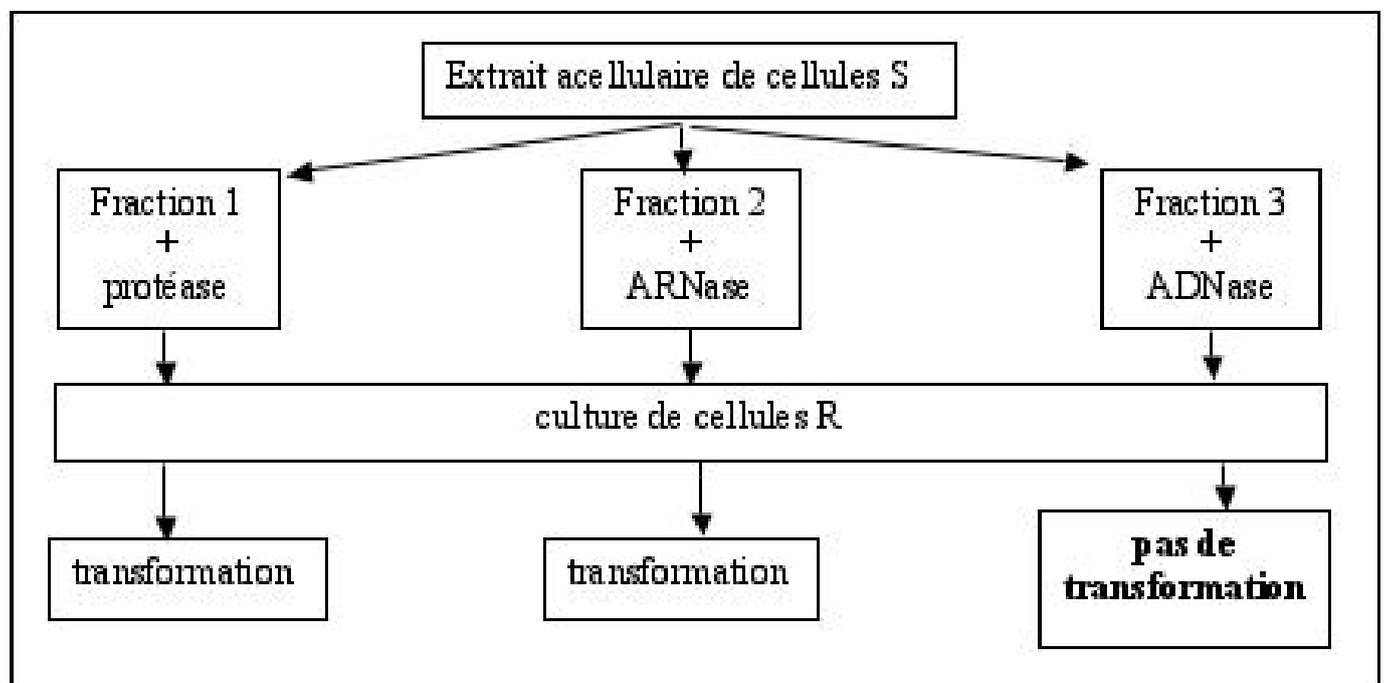
Griffith isola deux souches de bactérie pneumocoque , une souche S avec capsule externe et une souche R sans capsule externe , il utilisa les deux souches dans les expériences suivantes :

n°	expériences	resultats	analyse du sang de la souris	conclusions
1	 pneumocoques S vivants	mort de de la souris	présence de très nombreux pneumocoques S vivants	la souche S est virulente , elle tue l'animal
2	 pneumocoques R vivants	survie de la souris	absence de tout pneumoque	la souche R n'est pas virulente
3	 capsule détruite pneumocoques S tués	survie de la souris	absence de tout pneumoque	la destruction de la capsule rend la souche S non virulentes
4	 pneumocoques S tués + pneumocoques R vivants	mort de de la souris	présence de très nombreux pneumocoques S vivants	en présence de S tués les pneumocoques R vivantes se transforment en pneumocoque S vivantes

Comment se fait cette transformation de R vivantes en S vivantes en présence de S tués ?

#### b- travaux d 'Avery 1944 :

Avery et son équipe ont essayé de déterminer le facteur de S tué , responsable de la transformation bactérienne de R vivante en S vivante , ils ont utilisé des enzymes spécifiques pour éliminer des composés organiques de S tué , le produit obtenu est cultivé avec R vivantes , ils ont obtenu les résultats suivants :

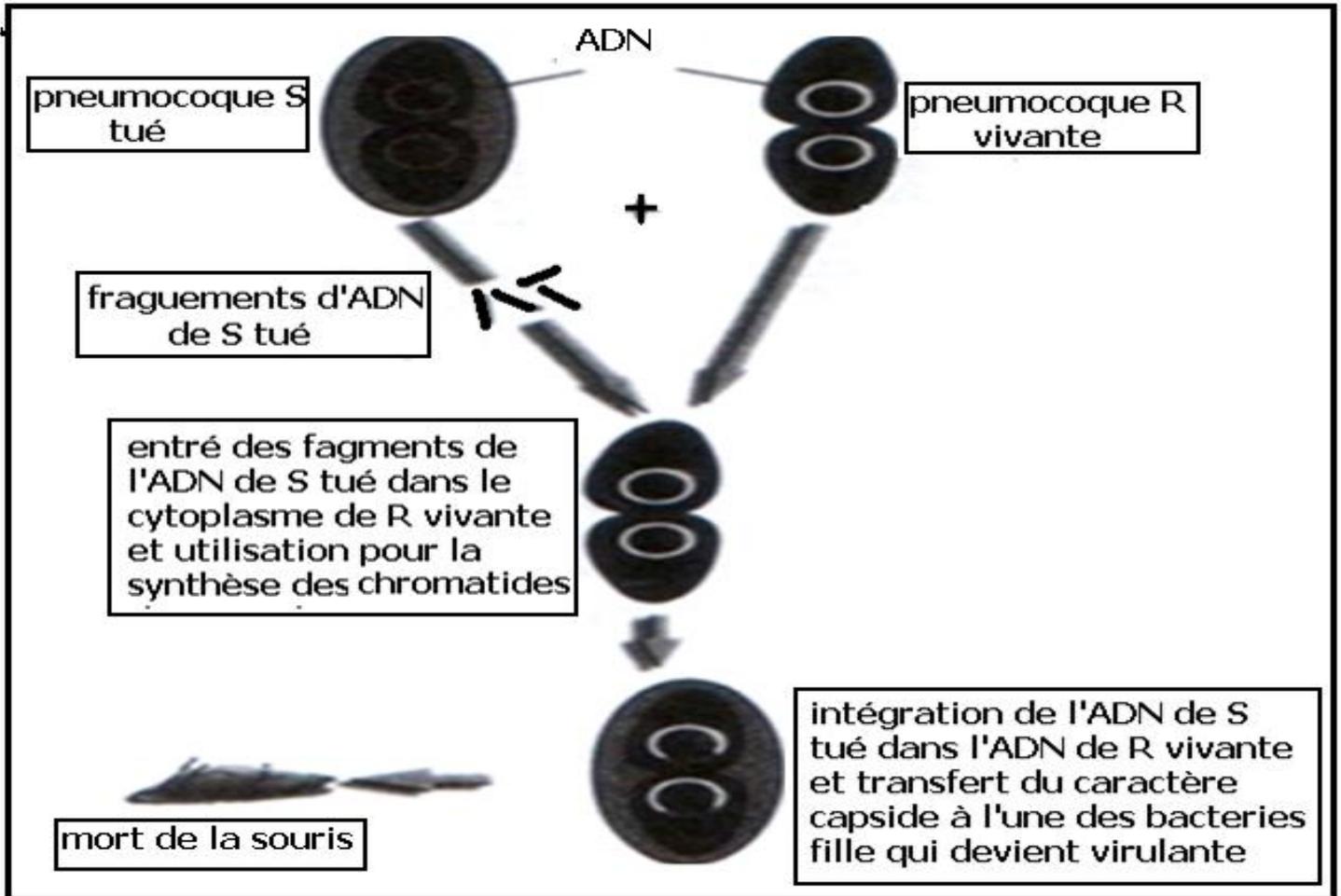


Les protéines et l'ARN (acide ribonucléique du noyau) ne sont pas responsables de la transformation bactérienne  
L'ADN (acide désoxyribonucléique du noyau) est le responsable de la transformation bactérienne

c- conclusion :

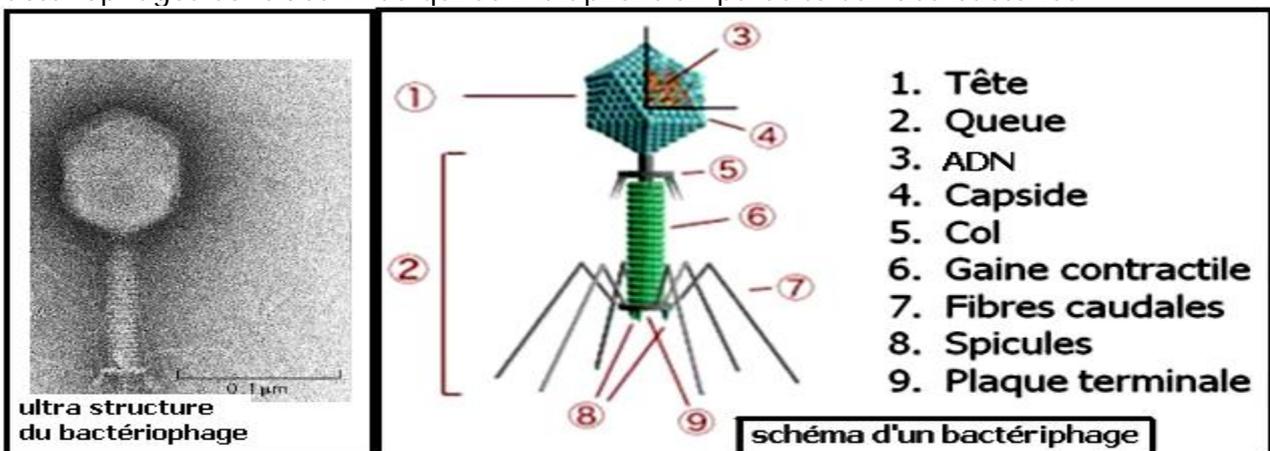
la transformation du pneumocoque R en pneumocoque S ,se manifeste par l'acquisition de la capside en présence d'ADN de S tué  
 la présence ou l'absence de la capside chez cette espèce constitue un caractère héréditaire déterminé par l'ADN ; l'information génétique du noyau est une substance chimique appelée ADN

d- mécanisme de transformation bactérienne :

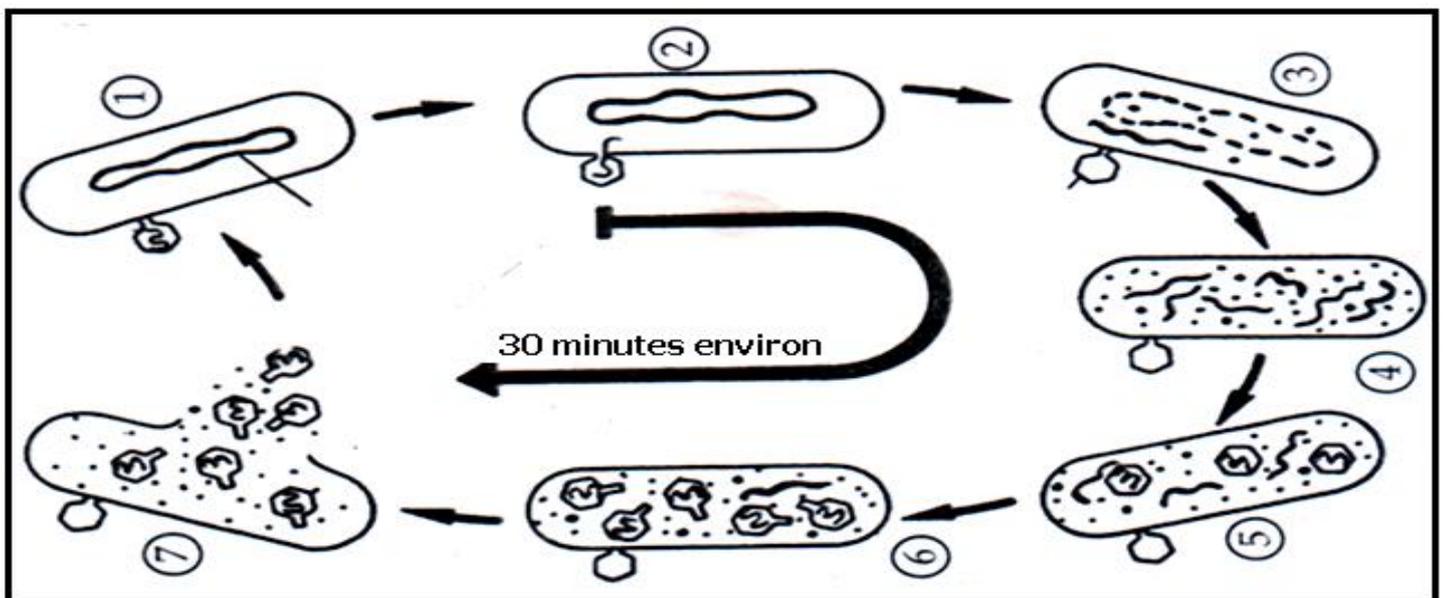
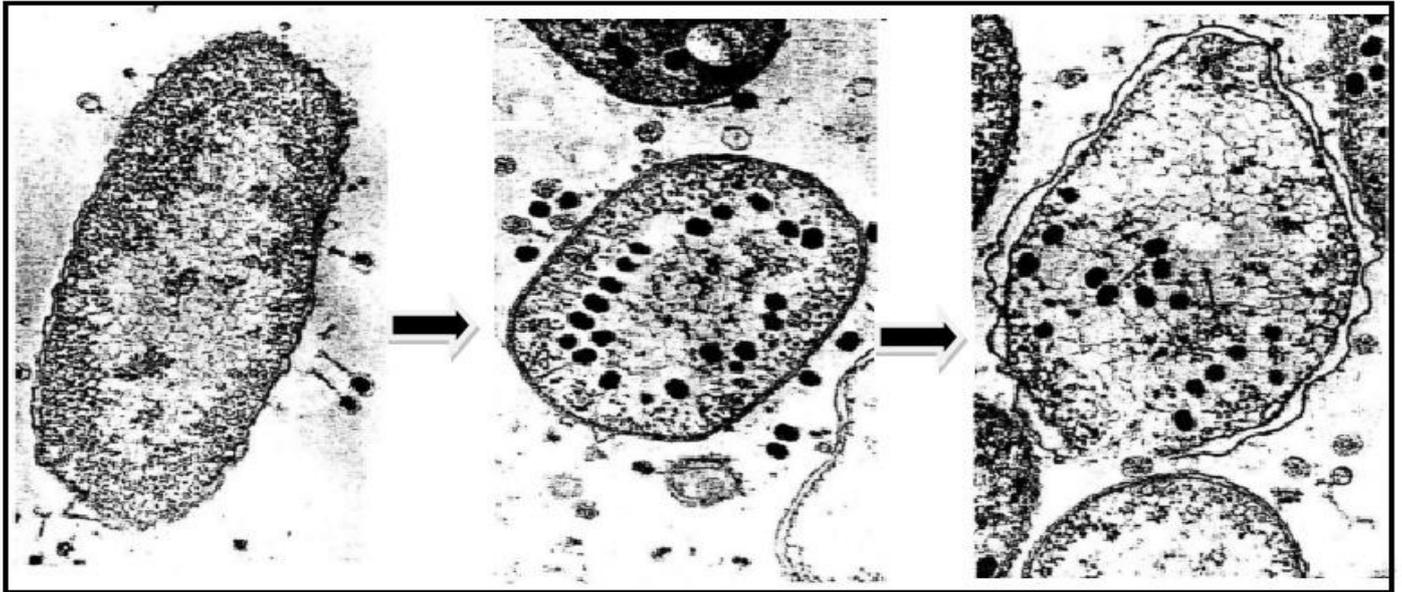


e- la multiplication des bactériophages :

les bactériophages sont des virus qui se multiplient en parasite sur des bactéries



La multiplication du bactériophage se fait en plusieurs étapes :



- 1- fixation du bactériophage avec ses fibres caudales à la surface de la bactérie , infection de la bactérie
- 2- les spicules perfore la membrane bactérienne et la gaine contractile injecte l'ADN virale dans le cytoplasme bactérien
- 3- dégradation du chromosome bactérien en unité d'ADN
- 4- synthèse de nombreuse copies de l'ADN virale
- 5 et 6 synthèse des organites viraux
- 7- éclatement de la bactérie et propagation des nouveaux virus pour infecter de nouvelles bactéries .

### 3-2- ADN ou acide désoxyribonucléique :

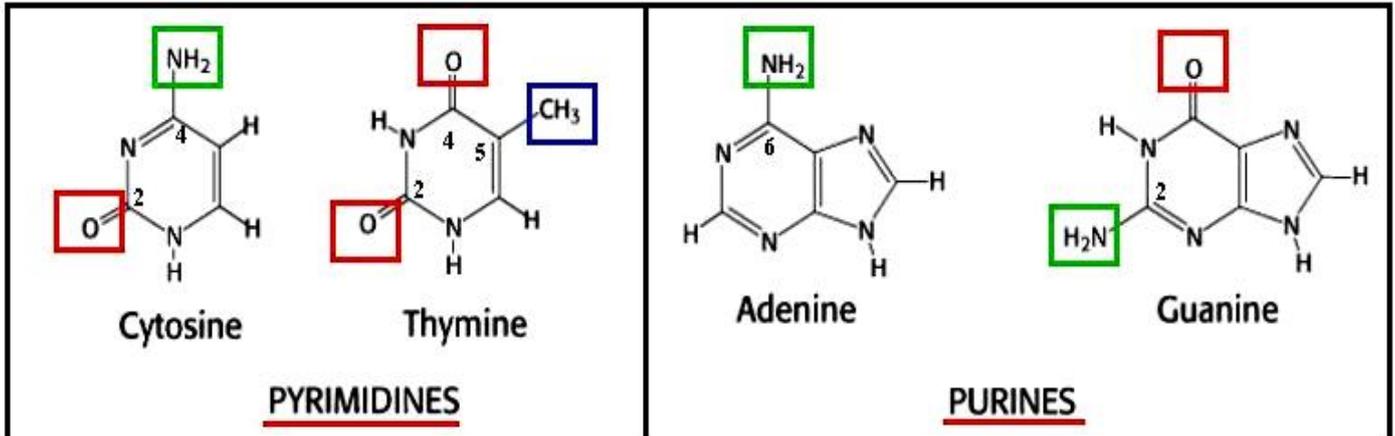
#### a- constituants :

l'ADN est un polymère de nucléotides

chaque nucléotide est constitué par l'association de 3 molécules :

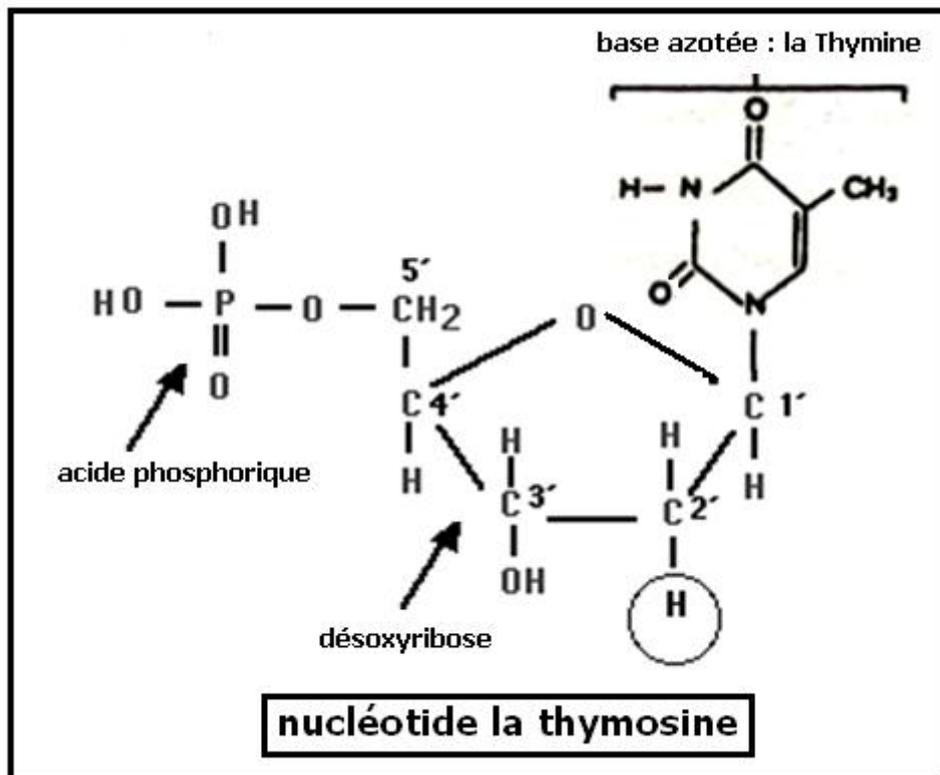
- un pentose , le désoxyribose  $C_5 H_{10} O_4$
- un acide phosphorique  $H_3PO_4$
- une base azotée

l'analyse de l'ADN de différentes espèce a montré que l'ADN contient 4 types différentes de bases azotées:



et par conséquent 4 types de nucléotides :

- la thymosine T qui porte la thymine
- l'adénosine A qui porte l'adénine
- la guanosine G qui porte la guanine
- la cytosinine C qui porte la cytosine



b- structure de l'ADN :

+ mise en évidence :

en 1950 Chargaff analysa la composition nucléotidique en bases puriques ( A , G ) et en bases pyrimidiques ( T , C ) de l'ADN de certaines espèces ; et obtenait les résultats suivants :

Espèce	Quantité de bases en %			
	Bases puriques		Bases pyrimidiques	
	A	G	T	C
Homme	30.9	19.9	29.4	19.8
poule	28.8	20.5	29.2	21.5
Blé	27.3	22.7	27.1	22.8
Levure	31.3	18.7	32.9	17.1
Bactérie	24.7	26.0	23.6	25.7
Virus	26	24	26	24

A- 1- analyser ces résultats ? que peut on conclure ?

2- calculer pour chaque espèce les rapports suivants :  $\frac{T+A}{C+G}$  et  $\frac{A+G}{T+C}$  ?

3- que peut on déduire de l'analyse des rapports calculés ?

B- un fragment d'ADN est composé de 24 nucléotides , tel que  $\frac{T+A}{C+G} = 1.4$

1- en se basant sur ces données et sur les caractéristiques de l'ADN , déterminer le nombre de chaque types de nucléotides A , T , C et G qui compose ce fragment d'ADN ?

2- si on considère que l'ADN est une chaîne simple de nucléotides , quelle sera la longueur théorique de ce fragment d'ADN sachant que la longueur d'un nucléotide est 0.34 nm ?

3- la mesure de la longueur réelle de ce fragment d'ADN a donné 4.08 nm

a- comparer la longueur réelle à la longueur théorique ?

b- que peut on conclure de cette comparaison ?

A- 1- chez toutes les espèces étudiées la quantité du nucléotide A est équivalente à la quantité du nucléotide T, et la quantité du nucléotide G est équivalente à la quantité du nucléotide C  
On conclue que dans l'ADN  $A = T$  et  $C = G$

2-

	$\frac{T+A}{C+G}$	$\frac{A+G}{T+C}$
Homme	1.518	1.03
poule	1.38	0.97
blé	1.19	1
levure	1.79	1
bactérie	0.93	1.02
virus	1.08	1

3- la relation  $\frac{T+A}{C+G}$  est variable d'une espèce à l'autre , alors que la relation  $\frac{A+G}{T+C} = 1$  , elle est Constante chez toutes les espèces et représente une caractéristique de l'ADN

**B- 1 -** quelque soit l'origine de l'ADN , on a  $T = A$  et  $G = C$

ainsi

$$* \frac{A+T}{G+C} = 1,4 \implies \frac{2T}{2G} = 1,4 \implies \boxed{T = 1,4 G}$$

$$* A + T + C + G = 24 \implies 2T + 2G = 24$$

$$\implies T + G = 12$$

$$\implies \boxed{T = 12 - G}$$

$$* 1,4 G = 12 - G \implies 1,4 G + G = 12$$

$$2,4 G = 12 \implies \boxed{G = 5}$$

$$\text{Donc : } \boxed{G = C = 5}$$

$$* T + G = 12 \implies T + 5 = 12 \implies \boxed{T = 7}$$

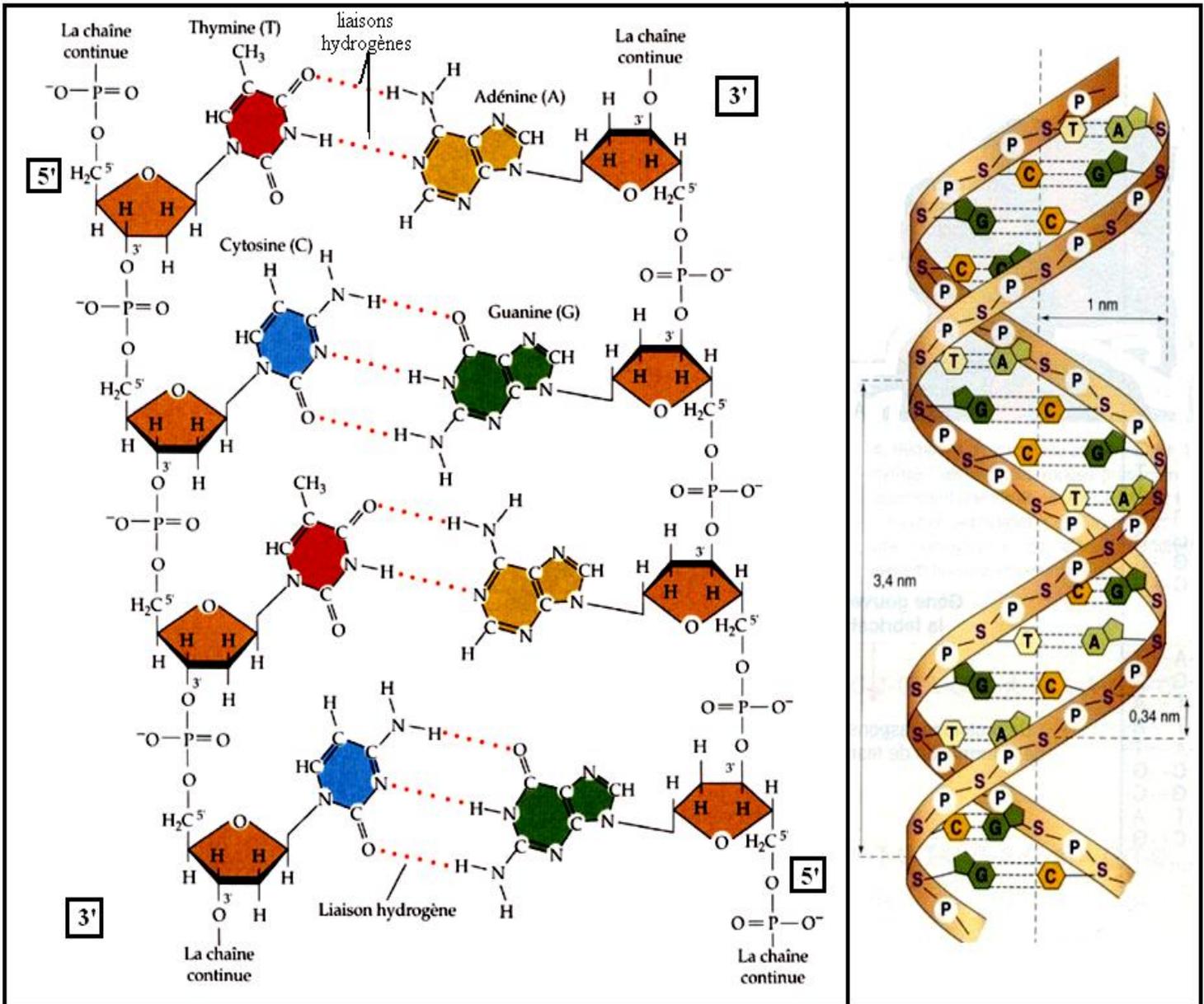
$$\text{Donc : } \boxed{T = A = 7}$$

2- la longueur théorique du fragment d'ADN est :  
 $0.34 \times 24 = 8.16 \text{ nm}$

3- a- la longueur théorique du fragment d'ADN est le double de sa longueur réelle  
 b- on conclue que les 24 nucléotides ne forment pas une chaîne simple , mais plutôt 2 chaînes parallèles de 12 nucléotides .

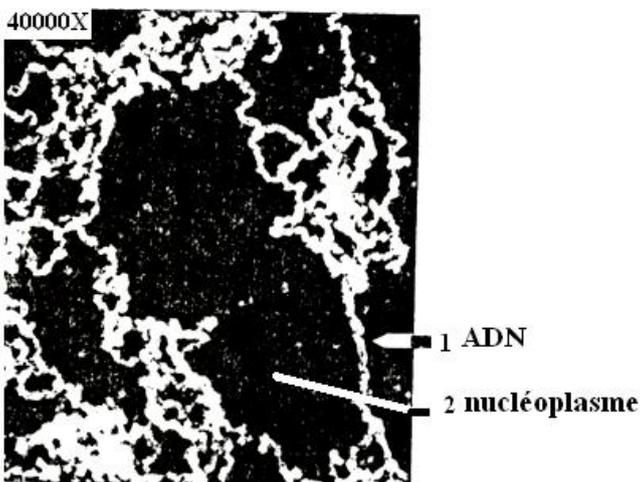
+ modèle de Crick et Watson 1953 :

Crick et Watson 1953 , ont proposé un modèle de la molécule d'ADN , qui respecte les caractéristiques de l'ADN , les bases puriques et les bases pyrimidiques ont une structure spatiale qui se complète et permet la formation de liaisons hydrogènes , ainsi , l'ADN a une structure en double hélice antiparallèle , l'un des brins est orienté droit 5' 3' l'autre inversé 3' 5'



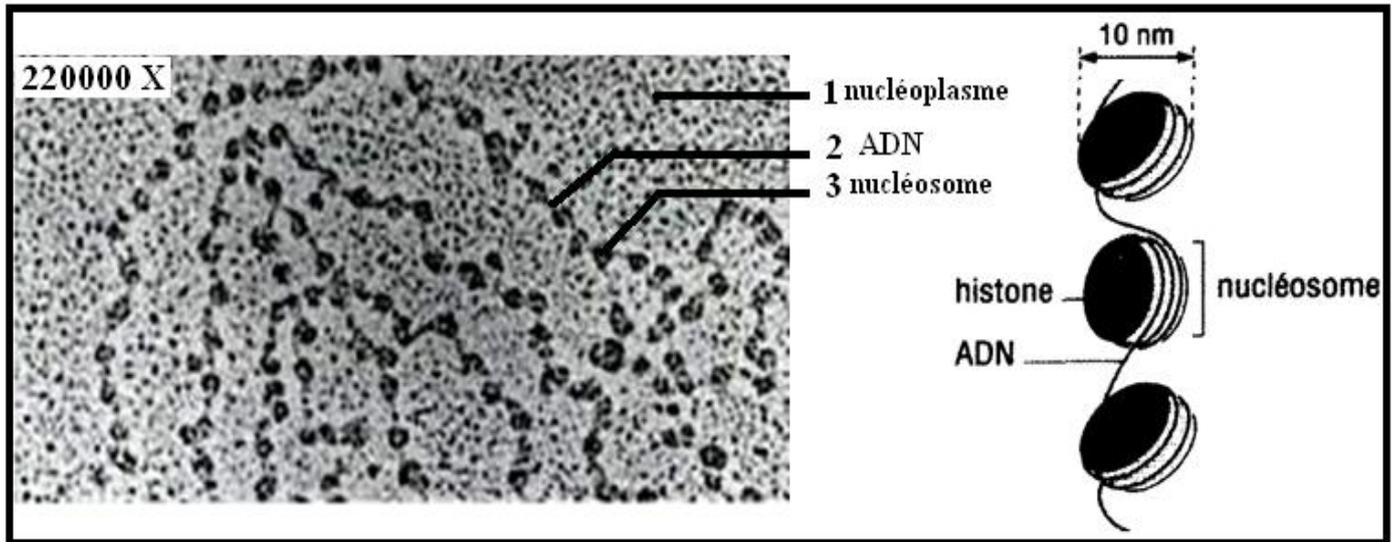
### 3-3- de la chromatine au chromosome :

L'observation au microscope électronique du noyau interphasique permet de voir l'ultra structure de la chromatine :

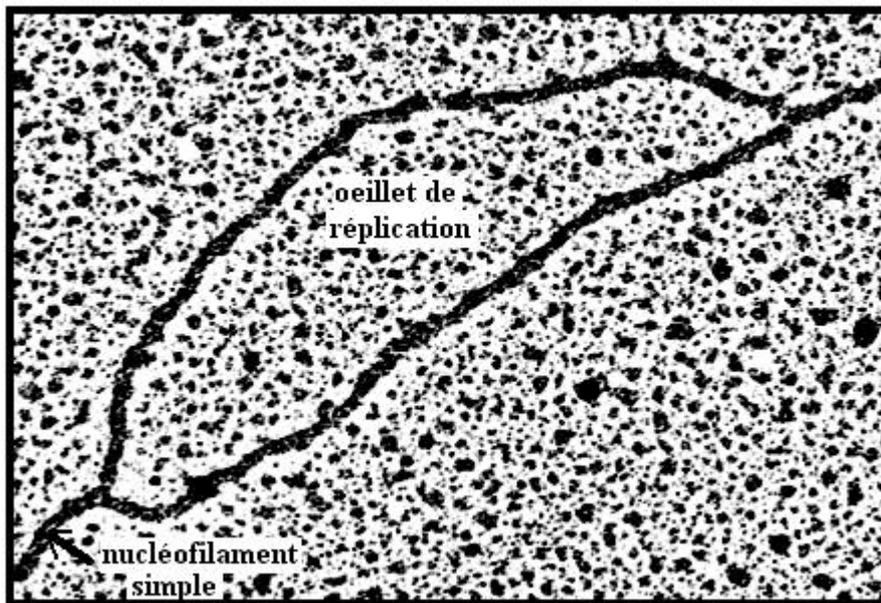


à 40000X la chromatine apparaît sous forme de filaments fins enchevêtrés ; chaque filament est formé d'ADN .

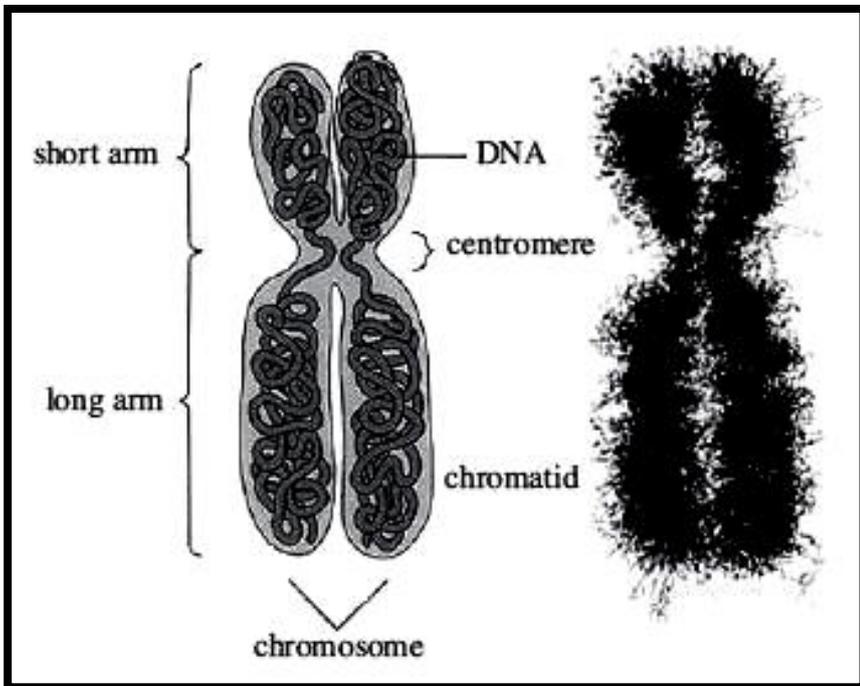
A 220000 X le filament chromatinien ou nucléofilament apparaît comme un collier où alterne l'ADN et des globules appelées nucléosomes, chaque nucléosome est formé d'histone une protéine nucléaire sur laquelle s'enroule l'ADN.



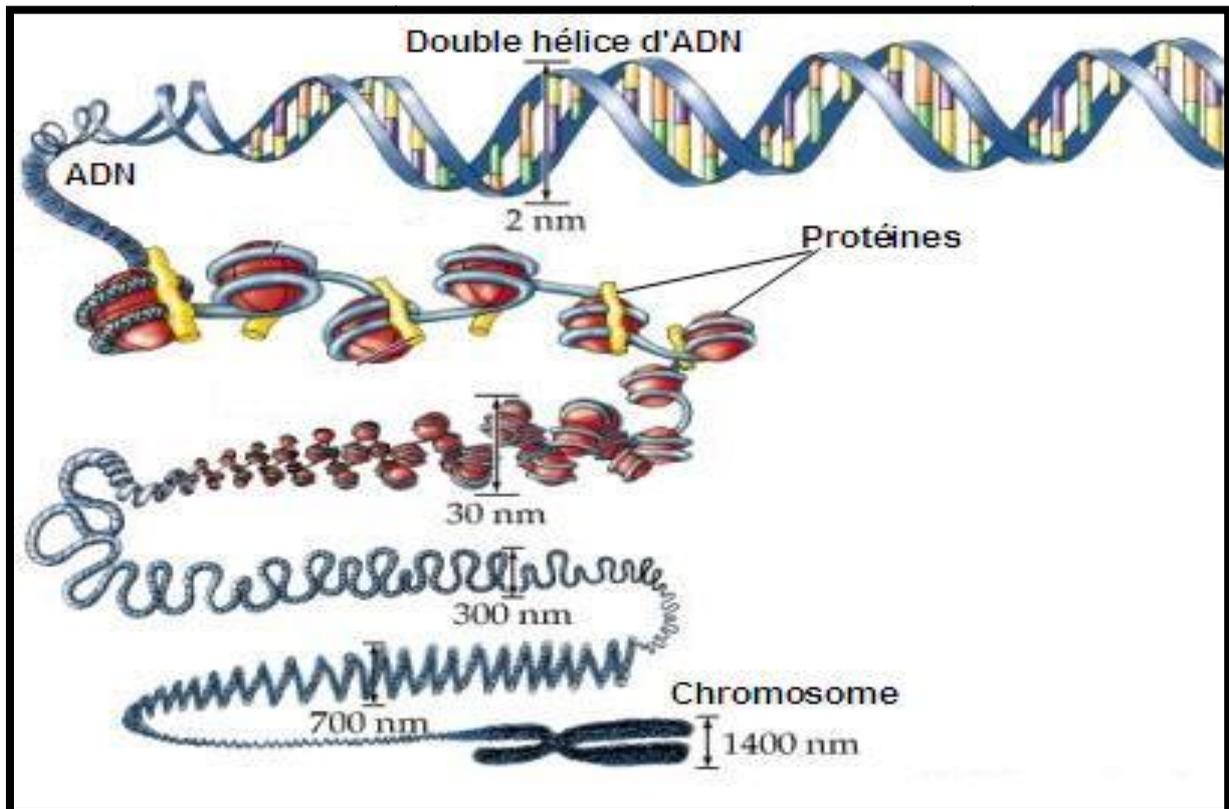
L'observation des nucléofilaments avant le début de la mitose montre des structures appelées œillets de réplication, au niveau de ces œillets le noyau duplique son ADN, les nucléofilaments se dédoublent et donneront naissance aux chromatides.



Pendant la prophase et la métaphase les nucléofilaments se condensent en chromosomes qui apparaissent formés de deux chromatides.

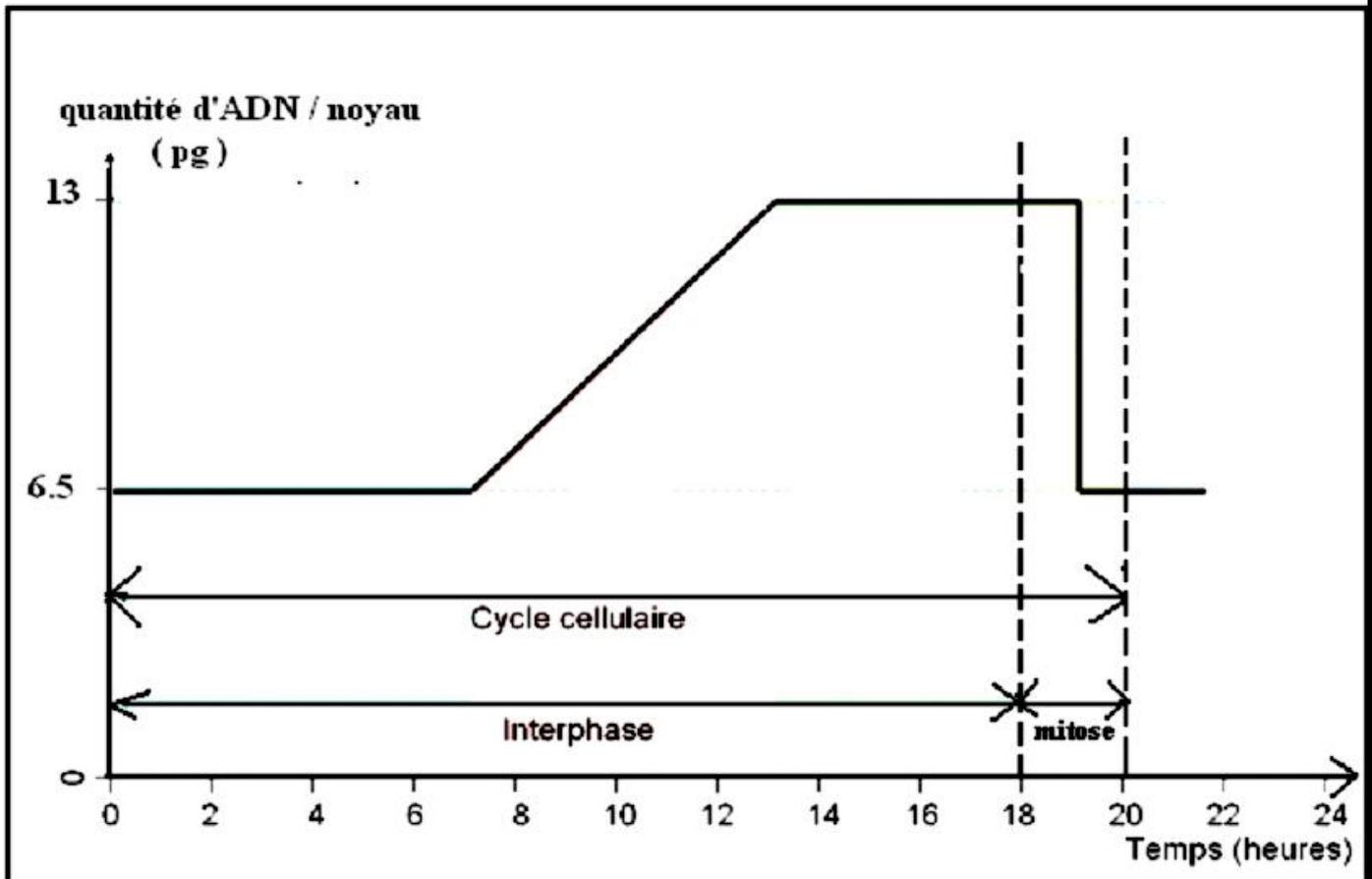


La condensation de la chromatine en chromosomes se fait par spiralisation, la cellule mère synthétise des protéines sur lesquelles s'enroulent les nucléofilaments



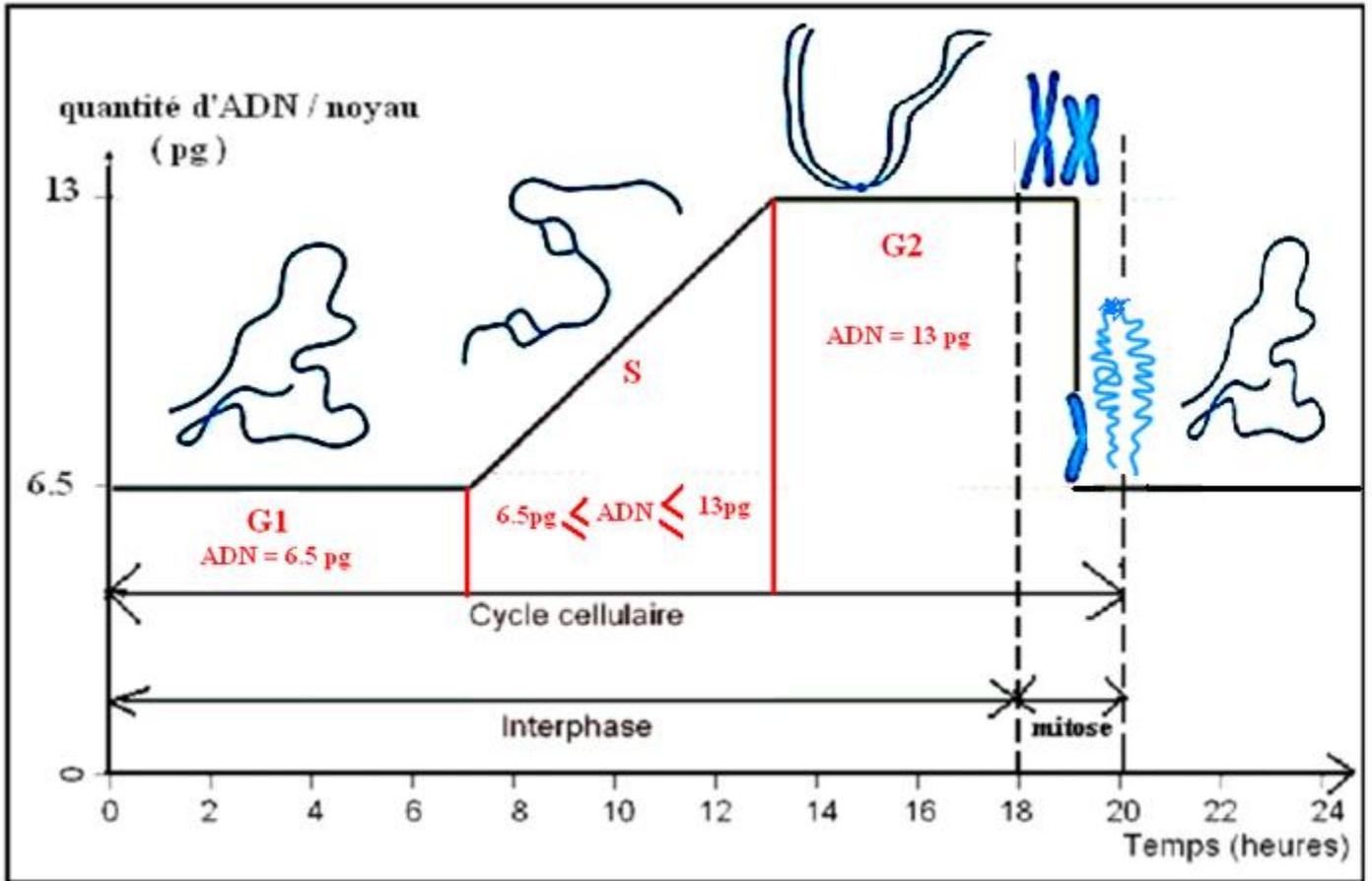
### 3-4- évolution de la quantité d'ADN pendant le cycle cellulaire :

Le document suivant représente l'évolution de la quantité d'ADN dans le noyau de la cellule mère dermique humaine :

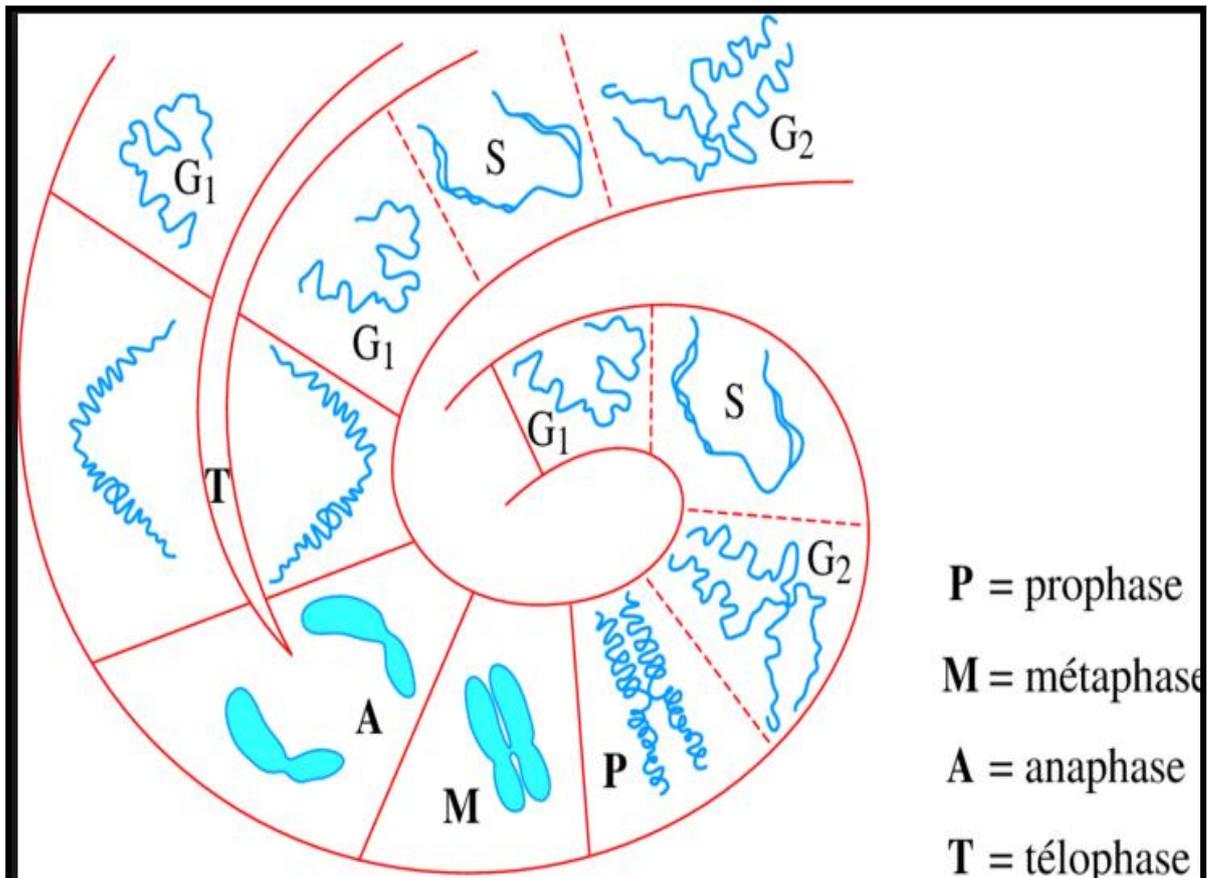


- 1- Déterminer la durée d'un cycle cellulaire ?
- 2- Comparer la durée de l'interphase à celle de la mitose ?  
Sur le document :
- 3- Diviser l'interphase en étapes , et déterminer la quantité d'ADN dans chaque étapes ?
- 4- Dessiner au niveau de chaque étapes du cycle cellulaire l'aspect des nucléofilaments correspondants ?
- 5- Que peut on conclure ?

- 1- Le cycle cellulaire dure 20 h
- 2- L'interphase dure 18 heures alors que la mitose se fait en 2 heures seulement
- 3- Voir document
- 4- Voir document



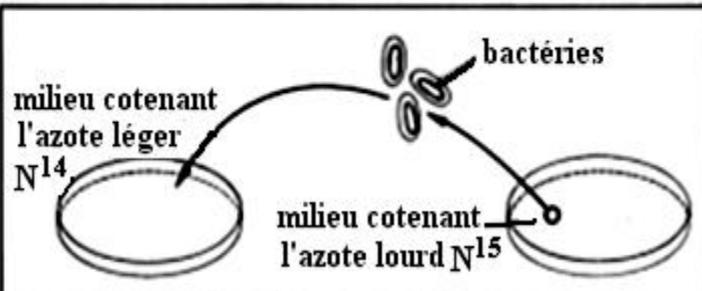
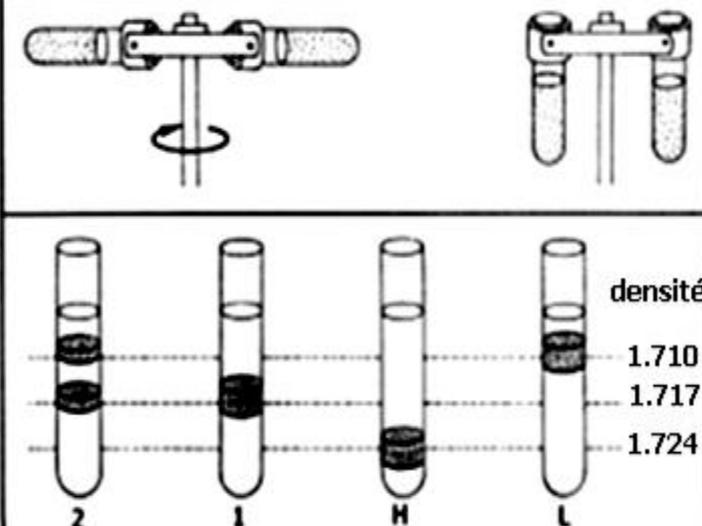
5- L'aspect des nucléofilaments et de la quantité d'ADN évoluent selon un cycle en parallèle avec le cycle cellulaire formant un cycle chromosomique :



### 3-4- mécanisme de la duplication de l'ADN :

#### a- Expérience de Meselson et Stahl 1958 :

Ils ont utilisés des bactéries Escherichia coli qui ont un seul chromosome circulaire et cycle cellulaire très court 18 mn à 20°C

<p><b>A-</b> On met des bactéries E-Coli dans un milieu de culture contenant de l'azote lourd <math>^{15}\text{N}</math>. Les bactéries sont ensuite transférées dans un milieu contenant de l'azote normal <math>^{14}\text{N}</math>, où elles séjournent pour une durée qui correspond à une ou deux générations. C'est-à-dire elles effectuent une ou deux divisions.</p>	
<p><b>B -</b> Après son extraction, l'ADN subit la technique de centrifugation. Cette technique permet de séparer les molécules d'ADN selon leur densité. Chaque type de molécules se stabilise à un niveau qui correspond à sa densité. L'ADN est visualisé par les rayons UV.</p> <p>L'azote est présent dans le milieu de culture sous forme de sels minéraux. Il participe tout d'abord à la synthèse des nucléotides ; et se retrouve enfin dans l'ADN.</p>	
<p><b>C-</b></p> <p><b>L</b> - ADN extrait des bactéries ayant vécu pendant une longue durée dans un milieu <math>^{14}\text{N}</math></p> <p><b>H</b> - ADN extrait des bactéries ayant vécu durant une longue durée dans un milieu <math>^{15}\text{N}</math></p> <p><b>1</b> - ADN extrait des bactéries ayant vécu durant une seule génération dans le deuxième milieu (<math>^{14}\text{N}</math>)</p> <p><b>2</b> - ADN extrait des bactéries ayant vécu durant deux générations dans le deuxième milieu (<math>^{14}\text{N}</math>).</p>	<p>densité</p> <p>1.710</p> <p>1.717</p> <p>1.724</p>

#### b- Résultats :

L'ADN L à une faible densité 1.710 , elle est qualifiée d'ADN légère

L'ADN H à une grande densité 1.724 , elle est qualifiée d'ADN lourde

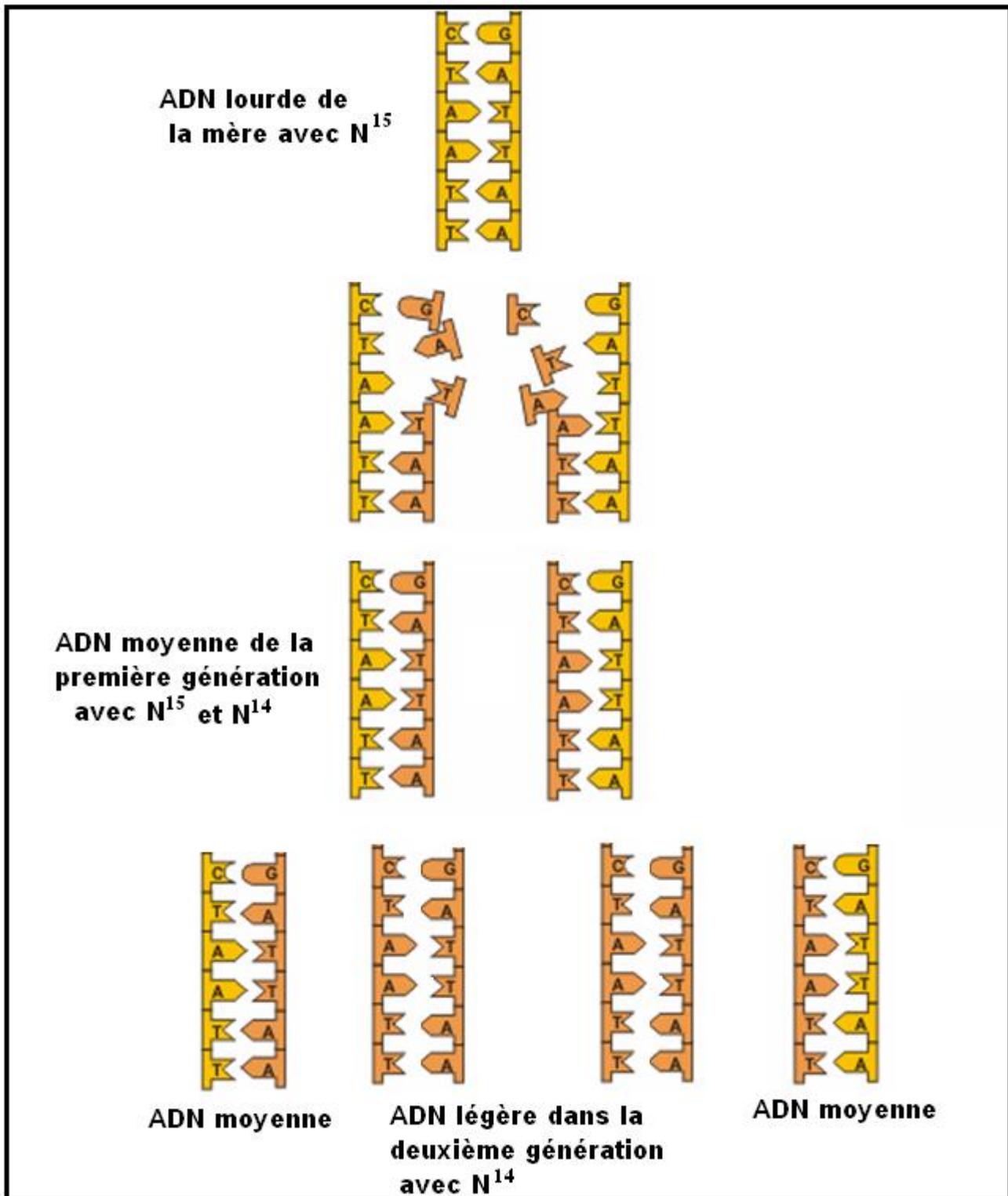
A la première génération 1 apparaît un ADN de densité moyenne 1.717

A la deuxième génération 2 apparaît un ADN de densité moyenne et un ADN légère

Comment s'est fait le passage de l'ADN lourde de la mère à l'ADN moyenne de la première génération et l'ADN légère de la deuxième génération ?

c- Interprétation :

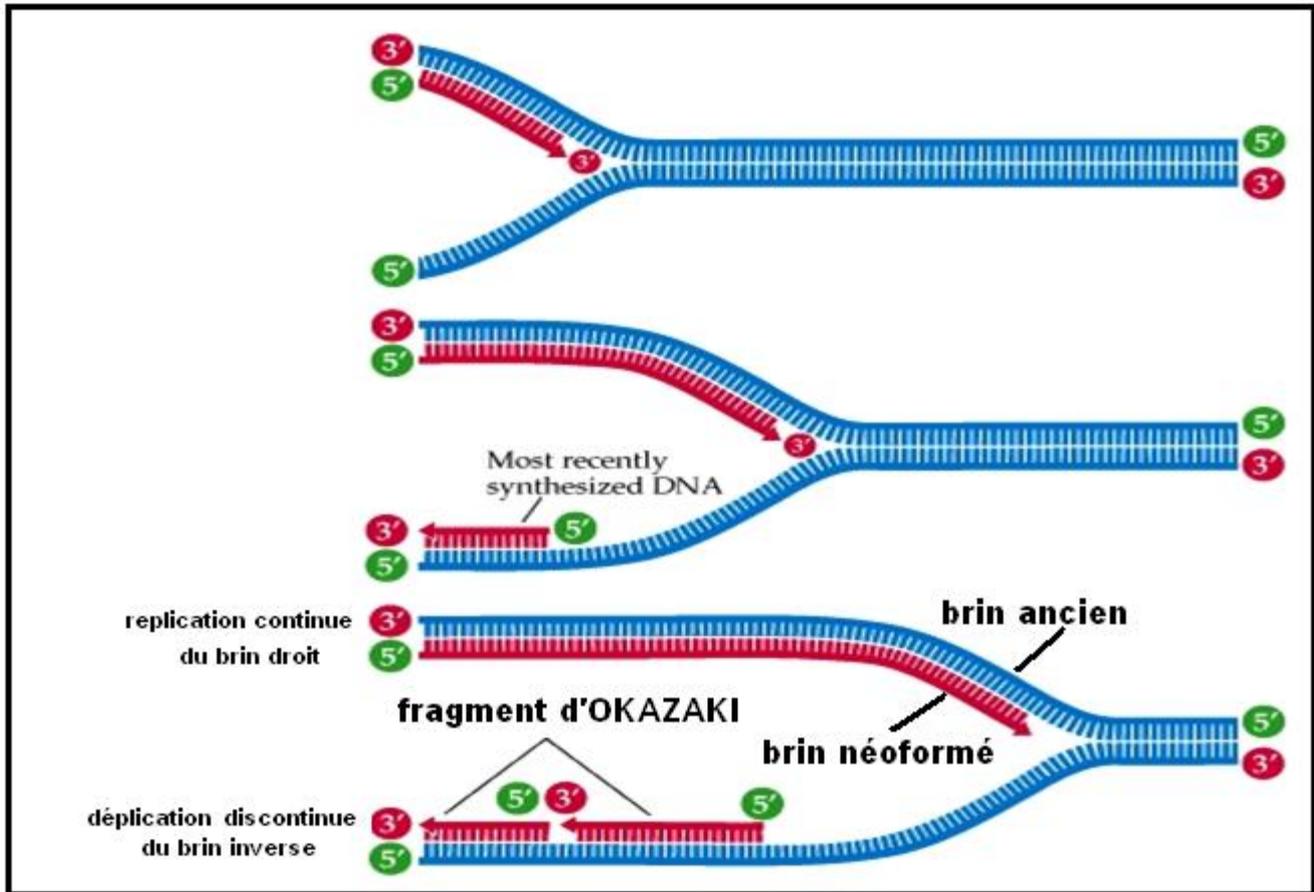
L'ADN est constituée de deux chaînes de nucléotides antiparallèles, l'apparition des œillets de réplifications pendant la phase S est due à l'écartement des deux chaînes, chaque chaîne est répliqué par utilisation des nucléotides du milieu en se basant sur la complémentarité entre les bases puriques et pyrimidiques :



#### d- Conclusion :

La réplication de l'ADN nécessite deux types d'enzymes :

- L' helicase : casse les liaisons hydrogènes entre les nucléotides de la double hélice ; les deux brins s'écartent et forment les œillets de réplifications
- L'ADN polymérase : utilise les nucléotides pour construire un nouveau brin d'ADN complémentaire à l'ancien brin dans le sens 3' vers 5'

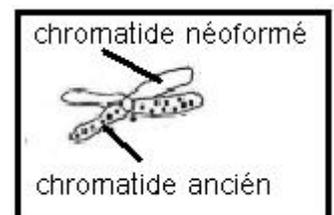


A la fin de la réplication chaque nouvelle molécule d'ADN est formé d'un brin ancien qui était chez la cellule mère et d'un brin néoformé , la duplication de l'ADN chez les bactéries est qualifiée de semi conservative .

La comparaison de la composition nucléotidique de l'ADN des 3 générations montre la même composition et la même répartition des nucléotides , les 3 générations ont donc la même information génétique ; la mitose permet donc une reproduction conforme , elle produit des cellules identiques génétiquement , on parle de clone .

#### e- Remarque :

Taylor a montré que chez les eucaryotes la réplication de l'ADN est conservative , après duplication les anciens brins se réassocient et forme un chromatide ancien ,les brins néoformés s'associent et forment le nouveau nucléotide

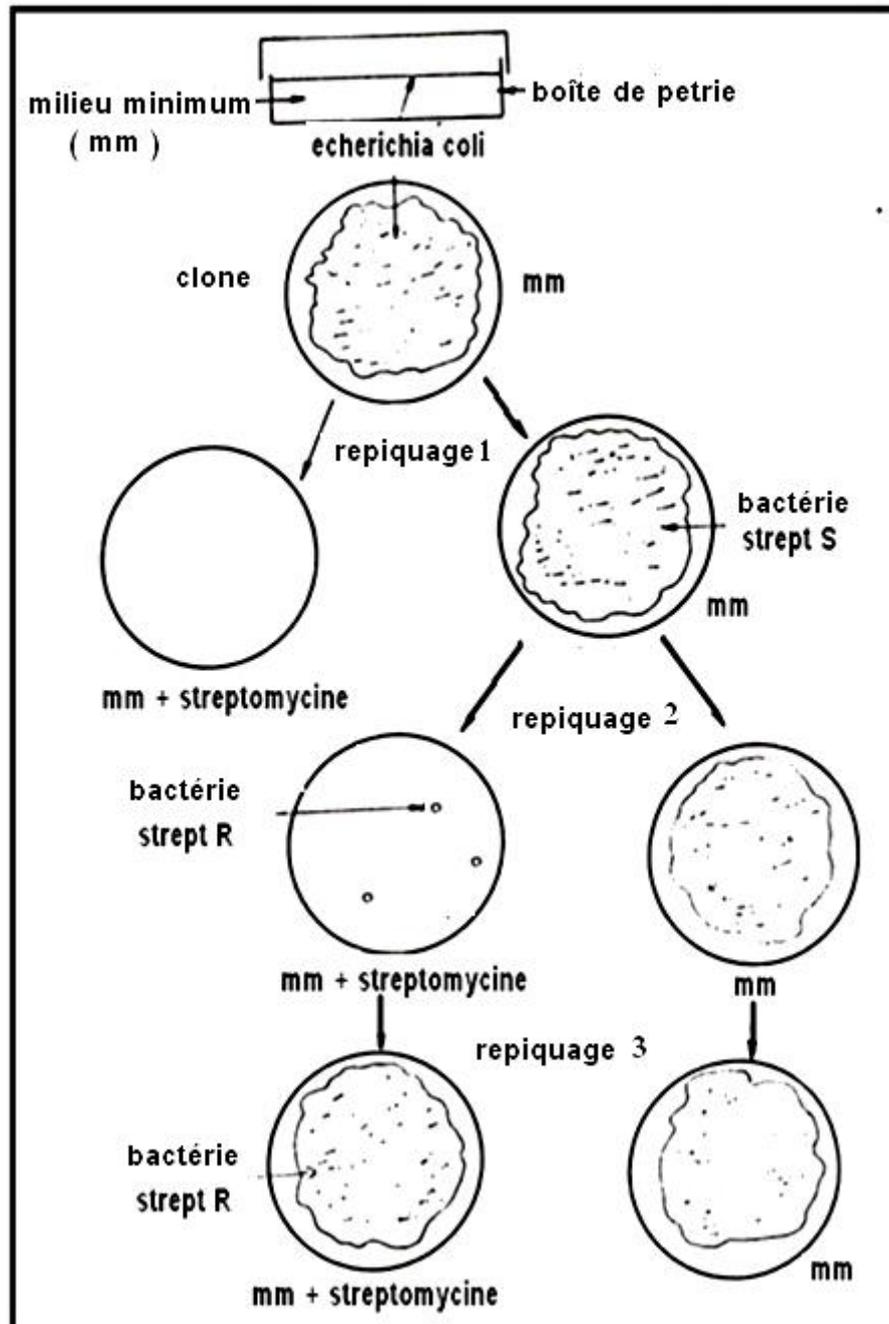


### 3-5- notion de gène, d'allèle et de mutation :

#### a- Expérience :

La souche sauvage d'Escherichia coli est capable de se développer et de se multiplier sur un milieu minimum (mm) contenant du sucre et des sels minéraux , la bactérie se multiplie et forme un clone à partir du quel on fait des repiquage dans différents milieux :

#### b- Résultats :



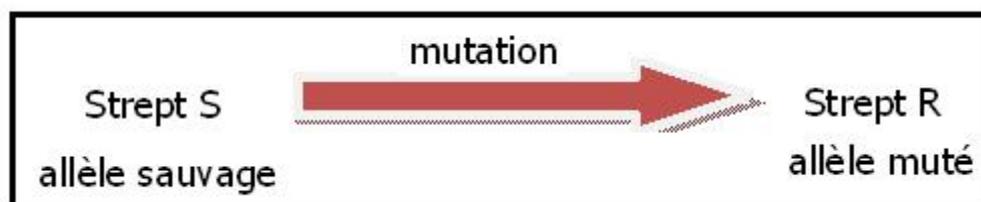
### c- Interprétation :

- Repiquage 1 : dans le milieu mm apparait une très grande colonie bactérienne  
Dans le milieu mm + streptomycine n'apparait aucune colonie bactérienne , la bactérie est Sensible à cet antibiotique, c'est son caractère sauvage , on le symbolise par strept S
- Repiquage 2 : dans le milieu mm apparait une très grande colonie bactérienne  
Dans le milieu mm + streptomycine apparait de rares colonies bactériennes, la bactérie a acquit une résistance à cet antibiotique, ce brusque changement de caractère héréditaire est appelé mutation, le nouveau caractère est appelé caractère muté, on le symbolise par strept R .
- Repiquage 3 : dans le milieu mm apparait une très grande colonie bactérienne  
Dans le milieu mm + streptomycine apparait une très grande colonie bactérienne strept R , le caractère muté est conservé dans l'information génétique de la bactérie et transmis aux descendants , la mutation est stable et héréditaire .

### d- Conclusion :

Chaque caractère héréditaire est déterminé par un fragment d'ADN ( séquence de nucléotides ) appelé gène

Le gène peut subir une mutation et déterminer un nouveau aspect du même caractère, les différents aspects d'un même caractère sont appelés les allèles :



On appelle :

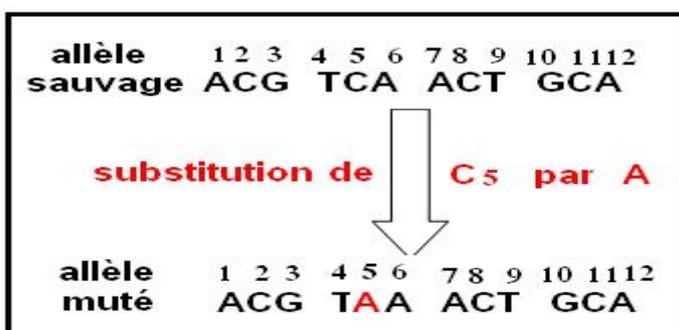
- Génotype : l'ensemble des allèles présents chez un individu
- Phénotype : l'ensemble des allèles qui apparaissent chez un individu
- Génome : l'ensemble des allèles présents chez tous les individus de la même espèce

### e- La mutation :

Tout changement qui affecte l'ADN est appelé mutation , la mutation est imprévue , spontanée , rare , héréditaire et stable .

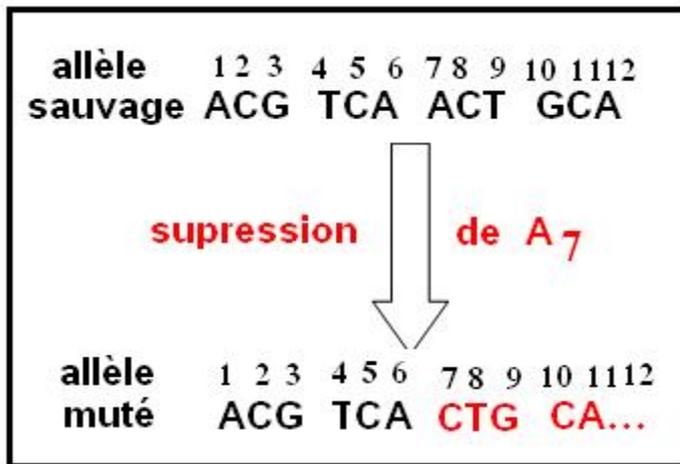
On distingue 3 types principaux de mutations :

- Par substitution : dans ce cas un nucléotide de l'ADN sauvage est substitué par un autre :



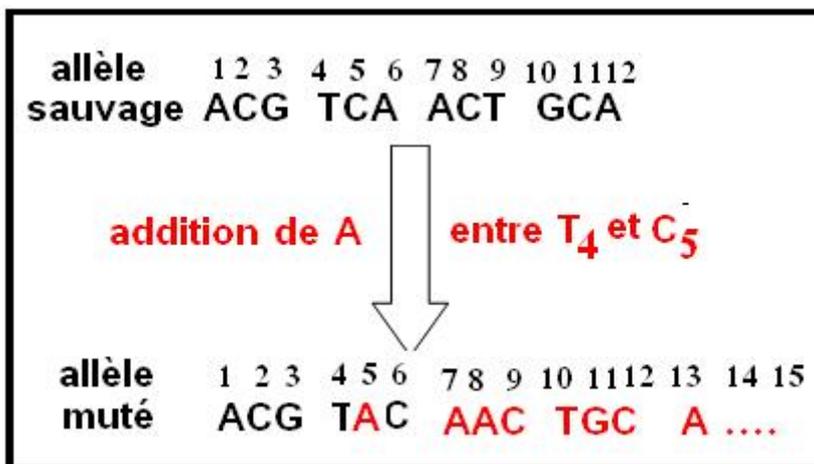
l'effet de la mutation de substitution est locale , elle ne change pas la position des autres nucléotides de l'allèle .

- Par délétion : dans ce cas il y a suppression d'un ou de plusieurs nucléotides de l'allèle :



La suppression de A<sub>7</sub> entraîne un changement dans la position des nucléotides suivants ,et apparition de nouveaux tri nucléotides dans l'allèle muté

- par addition : dans ce cas il y a ajout d'un ou de plusieurs nucléotides dans l'allèle :

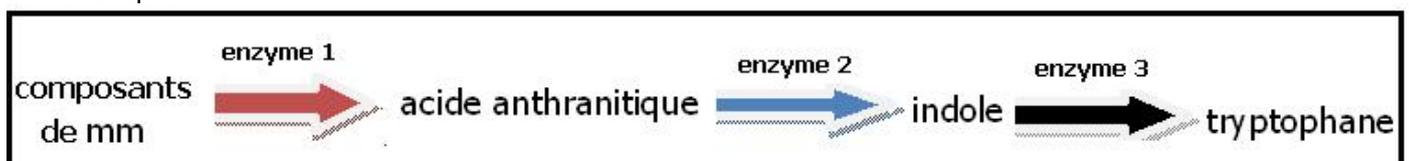


L'addition de A entre T<sub>4</sub> et C<sub>5</sub> entraîne un changement dans la position des nucléotides suivants ,et apparition de nouveaux tri nucléotides dans l'allèle muté

Dans les conditions naturelles les mutations sont très rares et sont dues à des erreurs de réplication des nucléotides pendant la phase S , dans les conditions expérimentales les mutations sont induites par l'expositions aux rayonnements X , j , B , laser etc .

#### f- Détermination du génotype d'une bactérie :

Les bactéries ont un seul chromosome cyclique, chaque gène est présent sous forme d'un seul allèle , et par conséquent le génotype est équivalent au phénotype . Une souche bactérienne sauvage est capable de se développer et de se multiplier dans un milieu mm , elle possède dans son génotype tous les allèles sauvages permettant la synthèse de différents produits à partir des composants du milieu mm . Par exemple :



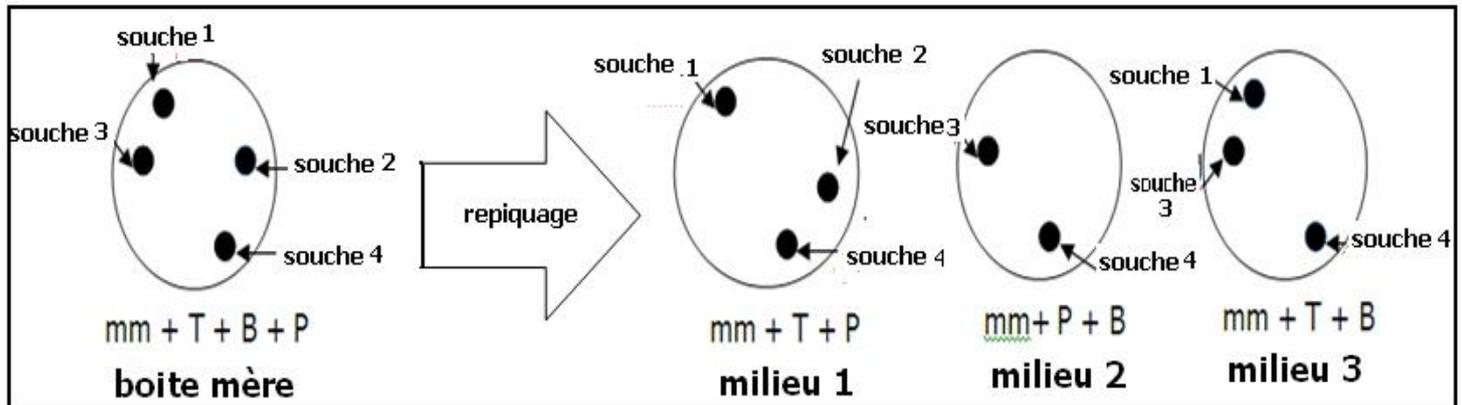
si l'un des 3 gènes qui déterminent la synthèse de ces 3 enzymes est muté , il produira un enzyme inactif , et les réactions ne peuvent se poursuivre , ainsi la bactérie mutée perd la capacité de se

développer et de se multiplier dans un milieu mm , sauf si on ajoute au milieu mm la substance qu'elle ne synthétiser .

Le repiquage de souches bactériennes dans des milieux de compositions différentes permet de déterminer leurs génotypes vis-à-vis de certaines substances , on exprime le génotype par un symbole de la substance muni de + si la souche est sauvage capable de la synthétiser , ou muni de - si la souche est muté incapable de la synthétiser .

Application :

A partir de culture de 4 souches bactériennes dans un milieu mm additionné de 3 substances B, P et T , on repique chaque souche dans 3 milieux différents , et on remarque la formations de nouveaux clones bactériens , les résultats sont représentés par le schéma suivant :



A partir des résultats obtenus, déterminer le génotype de chaque souche bactérienne vis-à-vis des substances B, P et T ?

Solution :

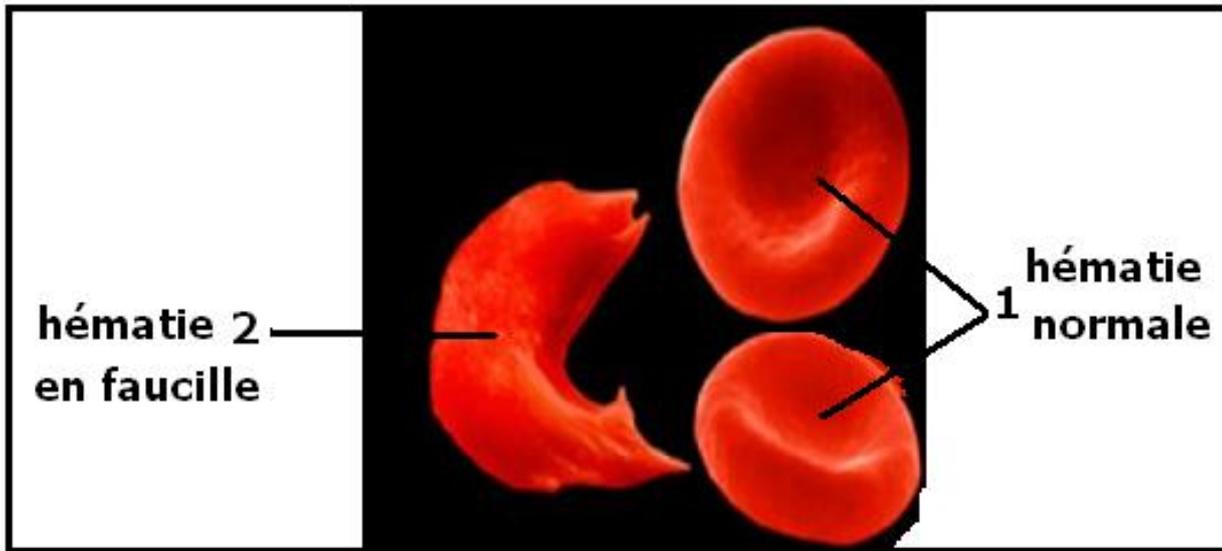
Souche bactérienne	génotype
1	B <sup>+</sup> P <sup>+</sup> T <sup>-</sup>
2	B <sup>+</sup> P <sup>-</sup> T <sup>-</sup>
3	B <sup>-</sup> P <sup>+</sup> T <sup>+</sup>
4	B <sup>+</sup> P <sup>+</sup> T <sup>+</sup>

4- expression de l'information génétique :

4-1- mise en évidence de la relation gène – protéine – caractère :

a- Observation : cas de l'anémie falciforme :

L'observation microscopique du sang d'une personne atteinte de l'anémie falciforme montre :



Le sang contient de types d'hématies ; 50 % de forme ronde normale assurant la fixation et le transport du dioxygène ; 50 % d'hématie en forme de faucille ne peuvent fixer ni transporter le dioxygène.

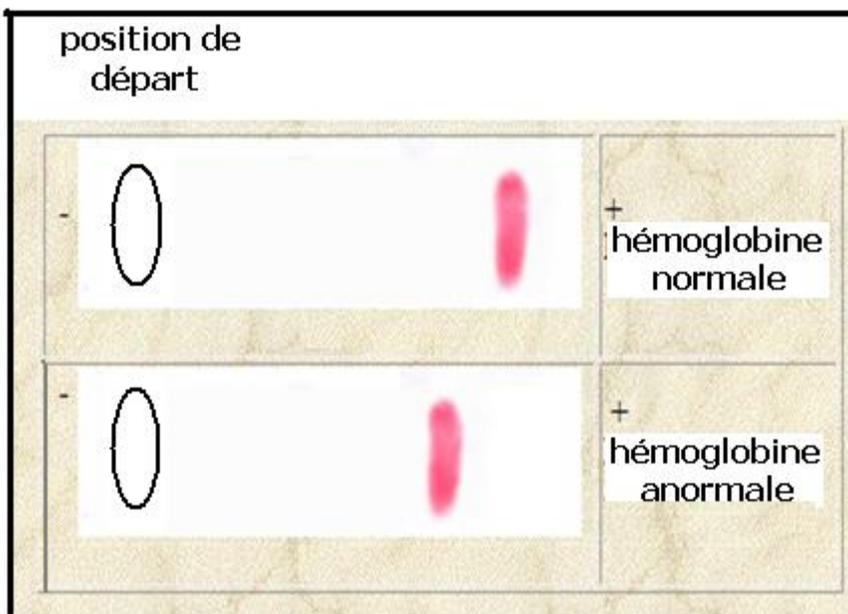
### b- Interprétation :

La forme de l'hématie est déterminée par son composant cytoplasmique principale, une protéine l'hémoglobine

L'électrophorèse de l'hémoglobine des deux types d'hématies montre :

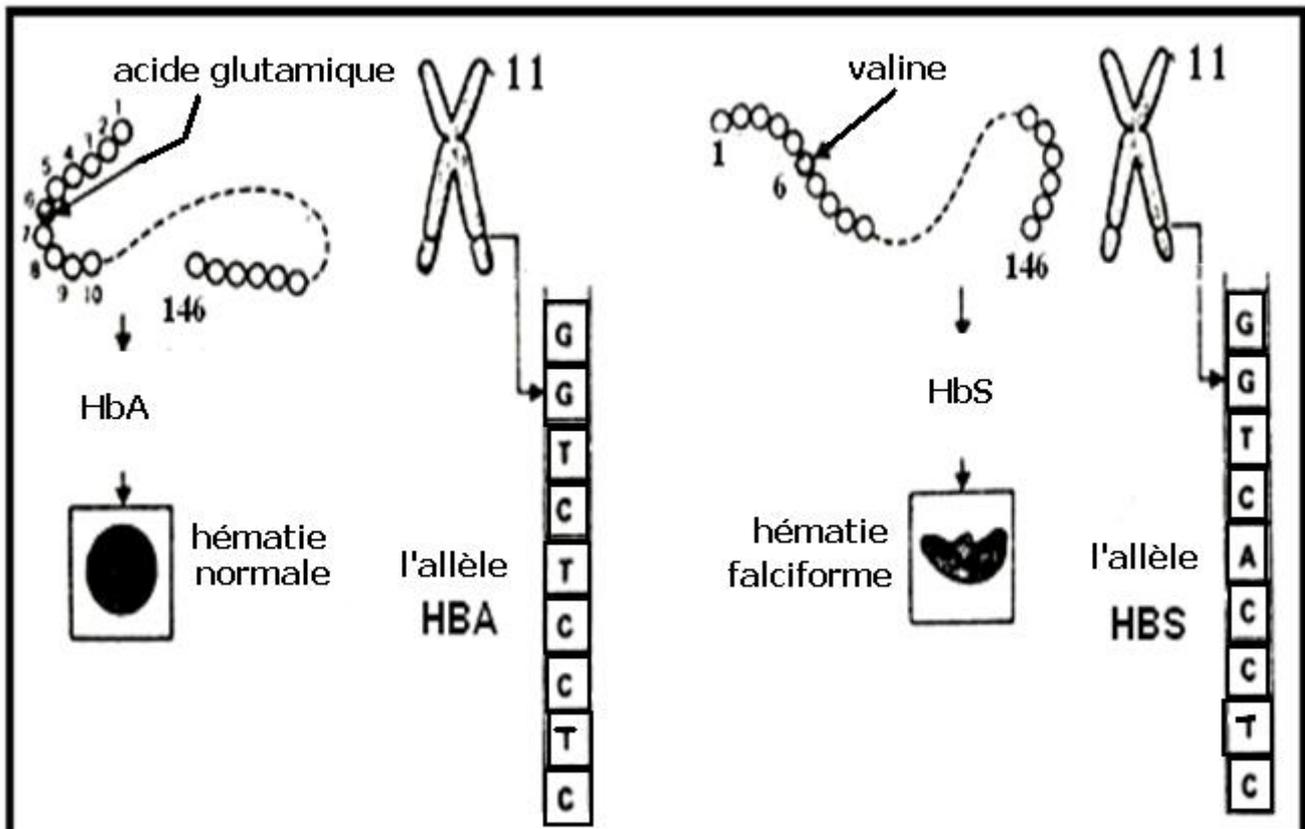
Le stationnement différent des deux hémoglobines indique une différence dans leurs compositions en acides aminés

L'hémoglobine normale est appelée HbA , l'hémoglobine anormale est appelée HbS .



La chaîne de l'hémoglobine est constituée de 146 acides aminés , la comparaison des acides aminés des protéines HbA et HbS , montre une seule différence au niveau de l'acide aminé n° 6 : acide glutamique dans HbA et valine dans HbS

Pour déterminer l'origine de cette différence , on analyse la succession nucléotidique des deux allèles qui se situent sur le chromosome 11 .



Les deux allèles diffèrent par un seul nucléotide : T dans l'allèle HbA, A dans l'allèle HbS  
 L'allèle HbS est donc le résultat d'une mutation de substitution de T de l'allèle sauvage HbA par A dans l'allèle muté HbS.

### c- Conclusion :

La forme de l'hématie est un caractère héréditaire, déterminé par une protéine l'hémoglobine codé par un allèle.

L'allèle sauvage produit une protéine normale qui donne à l'hématie sa forme ronde alors que l'allèle muté produit une protéine anormale qui donne à l'hématie sa forme de faucille

On déduit donc la relation gène , protéine et caractère .

## 4-2- mécanisme de l'expression de l'information génétique :

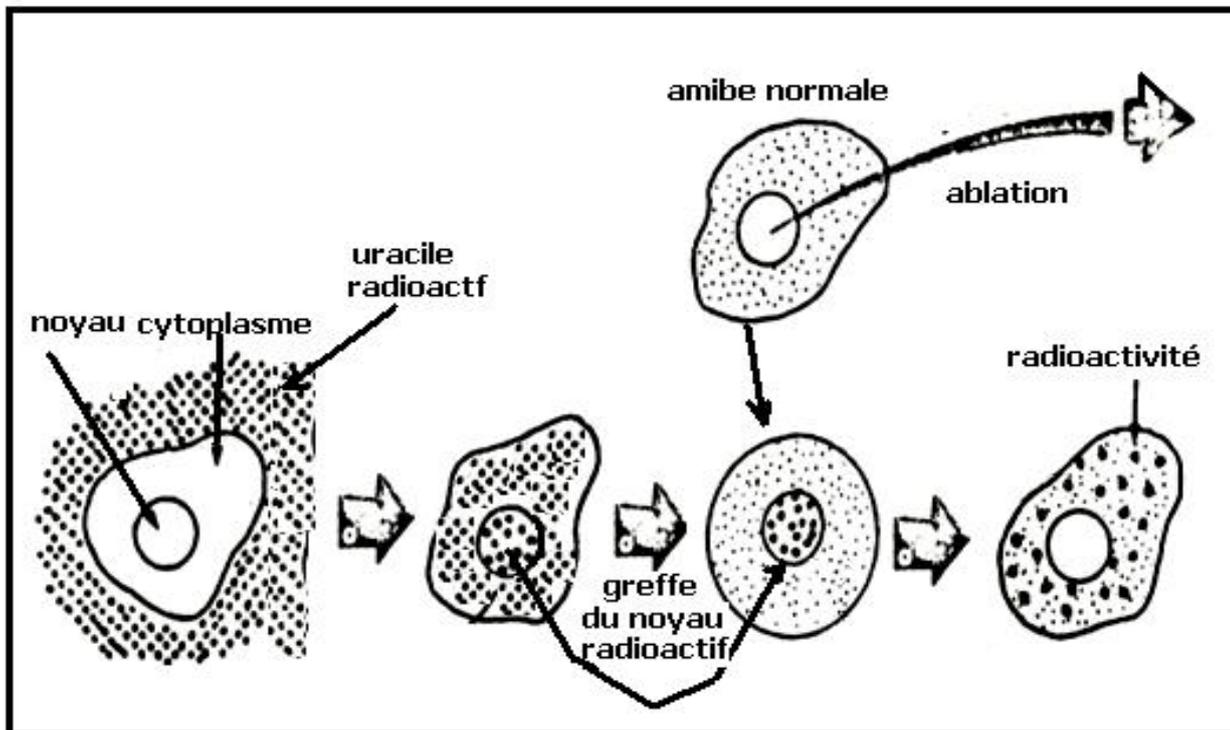
Les protéines sont très variées, elles diffèrent par le nombre d'acides aminés, la nature des acides aminés et leurs répartitions dans les protéines

Les gènes sont dans le noyau, alors que la synthèse des protéines se fait dans le cytoplasme par les ribosomes, comment s'informe le ribosome des constituants d'une protéine ?

### 4-2-1- nécessité d'une intermédiaire entre l'ADN et les ribosomes :

#### a- Expérience : mise en évidence de l'intermédiaire :

On cultive l'amibe dans un milieu contenant de l'uracile radioactif , l'uracile diffuse à travers la membrane cytoplasmique , le cytoplasme et le noyau deviennent radioactif , le noyau radioactif est greffé dans un cytoplasme d'amibe sans noyau .



#### b- Résultat :

La radioactivité apparaît dans le cytoplasme

#### c- Conclusion :

La communication entre le noyau et le cytoplasme se fait par l'intermédiaire d'une substance qui intègre l'uracile

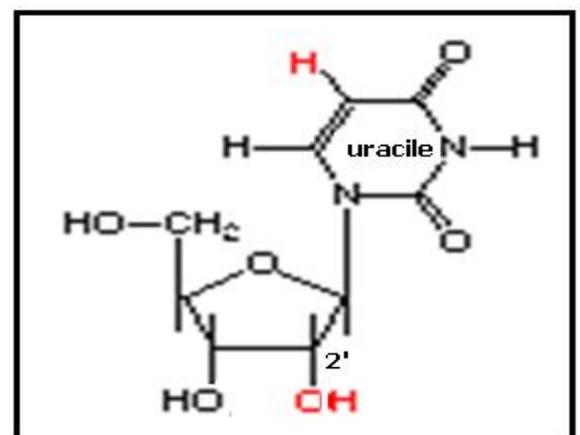
L'isolement de cette substance a permis la mise en évidence d'un acide nucléique appelé ARN ; cet ARN est le message du noyau au ribosome , il est nommé ARN messenger ou ARNm

#### d- ARN ou acide ribonucléique :

C'est un polymère de nucléotides, le nucléotide de l'ARN est composé :

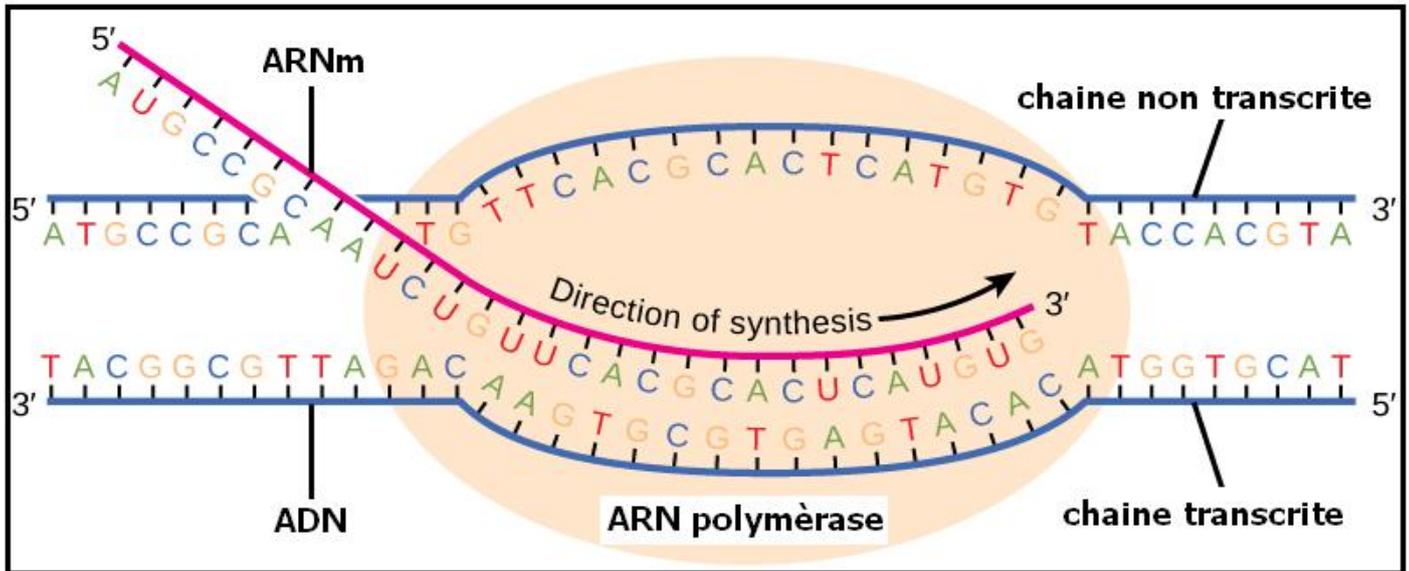
- D'un acide phosphorique  $H_3PO_4$
- Du ribose  $C_5H_{10}O_5$
- et d'une base azotée C, G, A et uracile U

l'ARNm est synthétisée au niveau du noyau par un complexe enzymatique appelé ARN polymérase ; cette opération est appelée transcription.

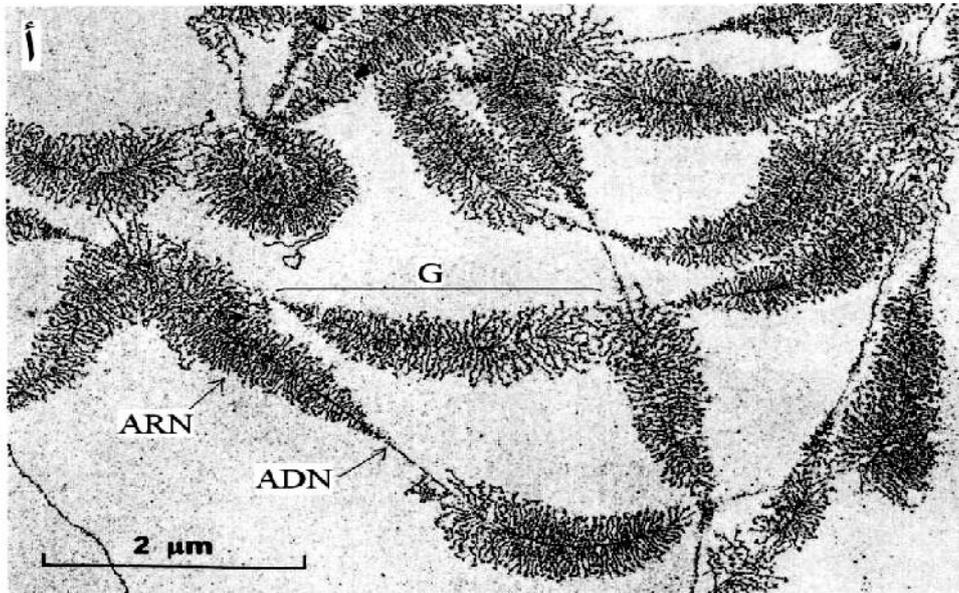


## e- la transcription :

en un site précis de l'ADN les liaisons hydrogène entre les bases azotées se brisent, le brin transcrit s'éloigne du brin non transcrit ; et l'ARN polymérase synthétise l'ARNm à partir du brin transcrit dans le sens 3' vers 5' en utilisant les nucléotides de l'ARN .



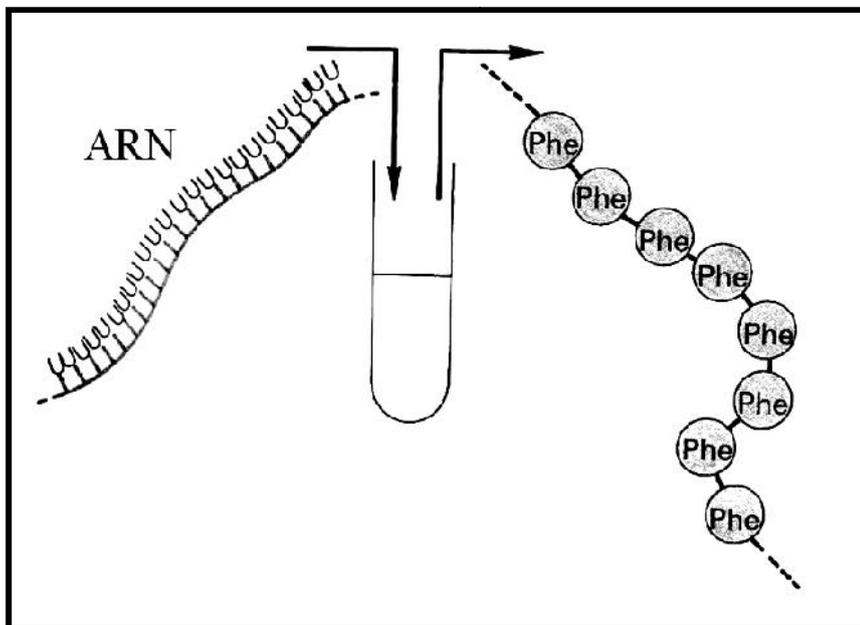
Une fois l'allèle est transcrit, l'ARNm , se détache du brin transcrit et quitte le noyau vers le cytoplasme où elle sera accueillie par les ribosomes .



## 4-2-2- nécessité d'un code génétique :

ARNm est un message écrit par u lettres U A C et G , alors que les protéines se composent de 20 acides aminés différents , comment se fait la concordance entre les deux expressions ?

Plusieurs expériences utilisant des ARNm de synthèse formée d'un seul type de nucléotide , ont montré que chaque triplet de nucléotide de l'ARNm code pour un acide aminé déterminé , ce triplet est appelé codon



A partir de A U C G on peut former  $4^3 = 64$  triplets différents, la détermination des acides aminés correspondants à ces triplets a permis la réalisation du code génétique :

1 <sup>er</sup> lettre	2 <sup>e</sup> lettre				3 <sup>e</sup> lettre
	U	C	A	G	
<b>U</b>	UUU] Phé UUC] (Phénylalanine) UUA] Leu UUG] (Leucine)	UCU] Ser UCC] (Sérine) UCA] UCG]	UAU] Tyr UAC] (Tyrosine) UAA] STOP UAG] STOP	UGU] Cys UGC] (Cystéine) UGA] STOP UGG] Trp (Tryptophane)	U C A G
<b>C</b>	CUU] Leu CUC] (Leucine) CUA] CUG]	CCU] Pro CCC] (Proline) CCA] CCG]	CAU] His CAC] (Histidine) CAA] Gln CAG] (Glutamine)	CGU] Arg CGC] (Arginine) CGA] CGG]	U C A G
<b>A</b>	AUU] Ile AUC] (Isoleucine) AUA] AUG] Met (Méthionine)	ACU] Thr ACC] (Thréonine) ACA] ACG]	AAU] Asn AAC] (Asparagine) AAA] Lys AAG] (Lysine)	AGU] Sér AGC] (Sérine) AGA] Arg AGG] (Arginine)	U C A G
<b>G</b>	GUU] Val GUC] (Valine) GUA] GUG]	GCU] Ala GCC] (Alanine) GCA] GCG]	GAU] Asp GAC] (Acide aspartique) GAA] Glu GAG] (Acide glutamique)	GGU] Gly GGC] (Glycine) GGA] GGG]	U C A G

61 triplets codent pour les 20 acides aminés

3 triplets AGA, UAA et UAG sont non sens et représente stop la fin du message .

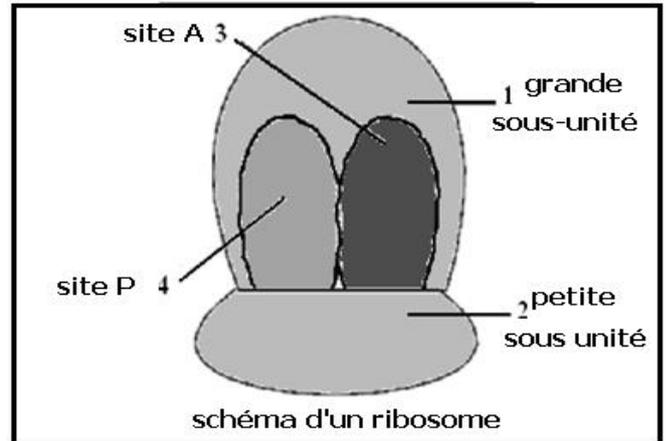
#### 4-2-3- la traduction :

##### a- organites de la traduction :

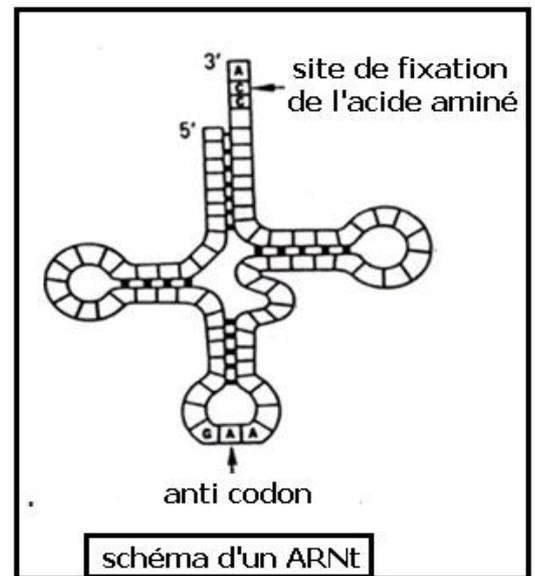
La traduction se fait au niveau du cytoplasme, par une collaboration entre les ribosomes et un type d'ARN appelé ARN de transfert ou ARNt :

le ribosome est un organe cytoplasmique globulaire formé de 2 sous unités une grande et une petite le ribosome est formé de protéines et d'ARNr qui lui permet la reconnaissance de l'ARNm .

le rôle du ribosome est de construire la liaison peptidique entre les acides aminés correspondants à la succession des codons de l'ARNm pendant la traduction .



les ARNt sont des molécules de correspondance entre les codons de l'ARNm et les acides aminés elles portent un site de fixation de l'acide aminé au niveau du cytosole , et un site qui leur permet la reconnaissance du codon correspondant , ce site est appelé anti codon .

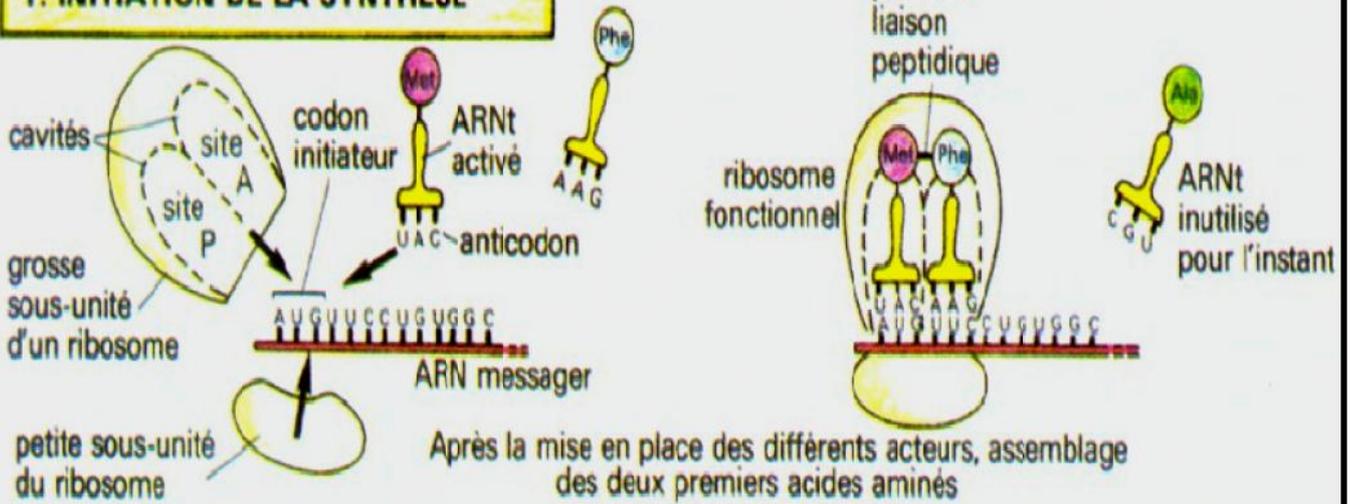


### b- étapes de la traduction :

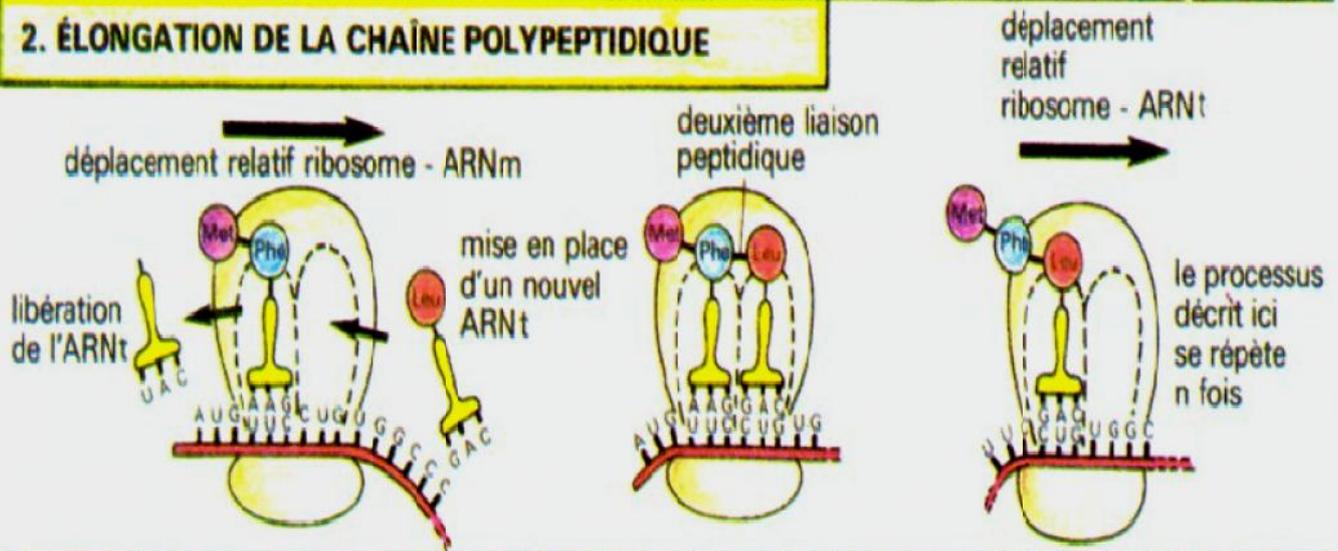
la traduction se déroule en 3 étapes :

- ✓ l'initiation : se fait au niveau du codon initiateur AUG à l'extrémité 5' par fixation du ribosome à l'ARNm et réception des premiers ARNt
- ✓ l'élongation : se fait par liaison peptidique entre les acides aminés des sites P et A ; et progression le long de l'ARNm vers l'extrémité 3' ,d'où intégration à chaque pas d'un acide aminé dans la chaîne peptidique .
- ✓ la terminaison : se fait à l'extrémité 3' à l'encontre d'un codon stop , la protéine se libère et les sous unités du ribosome se détachent de l'ARNm .

### 1. INITIATION DE LA SYNTHÈSE



### 2. ÉLONGATION DE LA CHAÎNE POLYPEPTIDIQUE



### 3. TERMINAISON DE LA SYNTHÈSE

