Unité 2 : Nature et mécanisme de l'expression du matériel génétique
Transfert de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée

D'après nos acquis, Les individus d'une même espèce se ressemblent grâce à la transmission d'une **information génétique** qui s'exprime en caractères héréditaires. Néanmoins, ils se différencient les uns des autres par des variations individuelles.

La reproduction humaine se fait suite à la **fécondation** d'un ovule (le gamète féminin) par un seul spermatozoïde (le gamète masculin), les deux noyaux s'unissent pour former la cellule-œuf, première cellule, qui par division cellulaire (**Mitose**) forme le futur bébé.

Chez les plantes, les gamètes sont formés par la division (**Méiose**) d'une cellule mère diploïde à 2n chromosomes en quatre cellules (tétrades) haploïdes à n chromosomes.

Cette unité vise à élargir ces notions à l'ensemble du vivant en répondant aux questions suivantes :

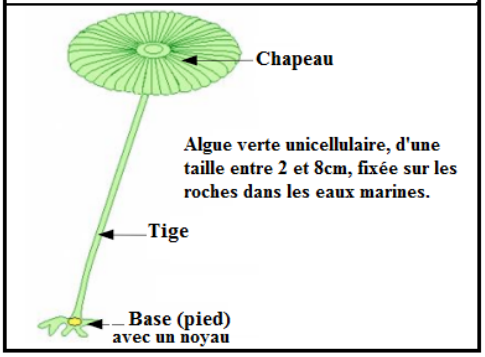
- Quelle est la nature de l'information génétique ?
- Comment s'exprime-elle ?
- Et comment se transmet-elle par la reproduction sexuée ?

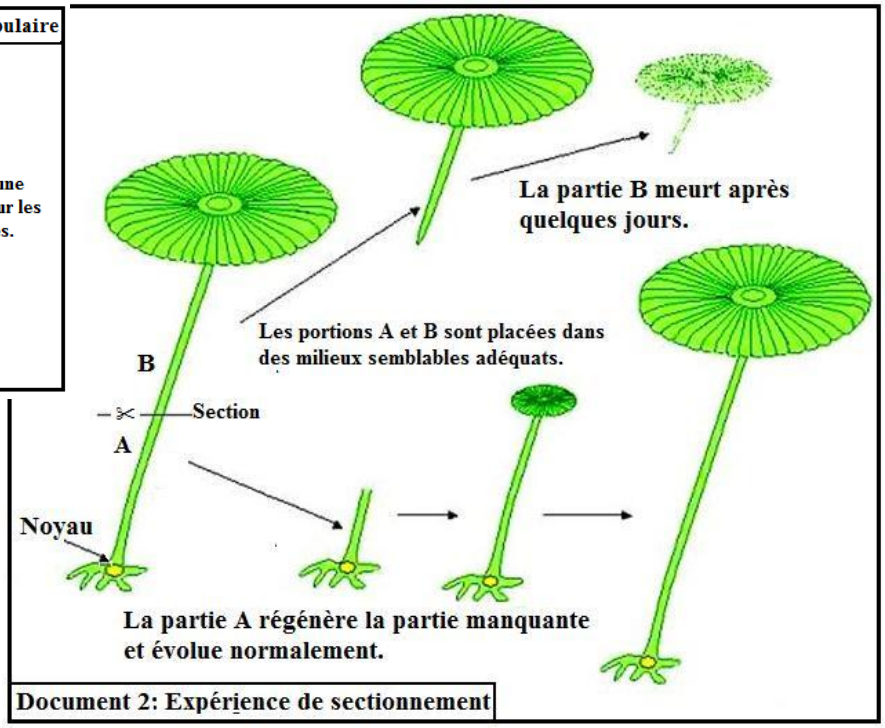
Chapitre 1 : Notion de l'information génétique (8h)

I- Localisation de l'information génétique :

1- Chez des êtres unicellulaires :

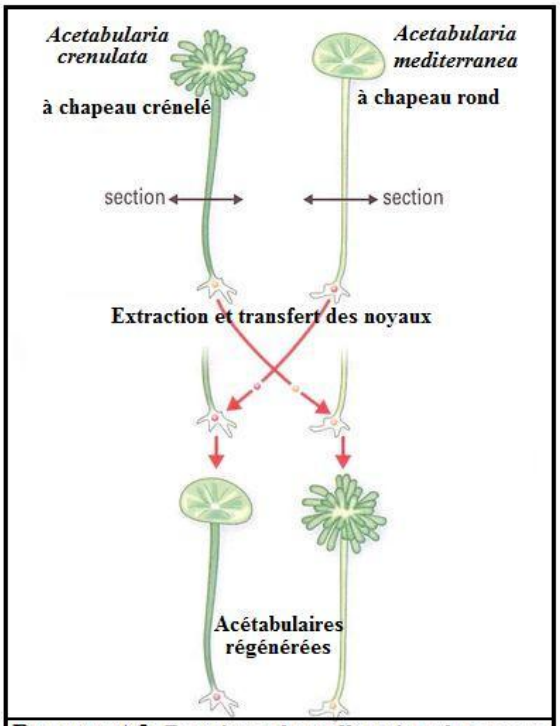
Document 1: Schéma simplifié d'une acétabulaire





Document 2: Expérience de sectionnement

Moutamadris.ma



Document 3: Expérience de greffe croisée des noyaux

Décrivez les étapes des expériences des documents 2 et 3, **déduisez** le rôle du noyau.

☑ **Réponse :**

Lors de l'expérience du document 2, on sectionne une acétabulaire en deux portions (A et B), qu'on place dans des conditions proches du milieu de vie.

On remarque la mort de la partie formée du chapeau, tandis que la partie basale avec le noyau régénère le chapeau et grandit normalement.

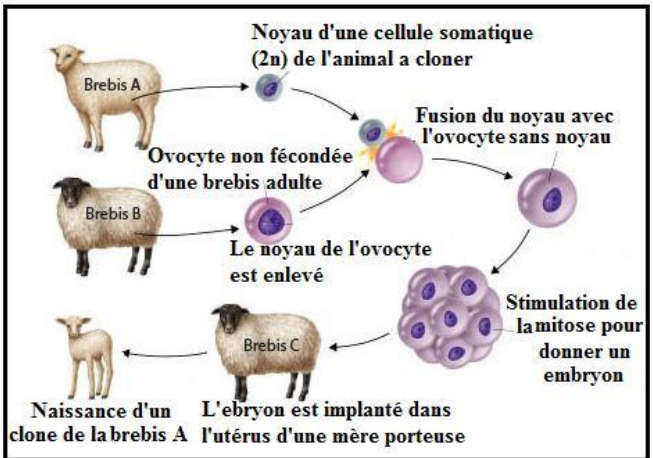
Lors de l'expérience du document 3, on prépare deux pieds énuclées (sans noyau) d'acétabulaire, l'un de l'espèce *Acetabularia mediterranea* à chapeau lisse et l'autre de l'espèce *Acetabularia crenulata* à chapeau crénelé. On greffe dans chaque pied un noyau de l'espèce différente. L'ensemble est placé dans des conditions proches du milieu naturel de vie.

On remarque que les deux pieds nucléés régénèrent la partie manquante de l'algue avec une forme de chapeau correspondante à la plante d'où parvient le noyau.

On déduit que le noyau renferme l'information génétique, qui permet à la partie nucléée de régénérer la totalité de la plante après son sectionnement. Cette information peut être transmise à une autre cellule par le transfert du noyau.

2- Chez des êtres pluricellulaires :

A partir de la technique du clonage reproductif (document 4), **montrez** que les caractères héréditaires sont sous le contrôle de l'information génétique localisé dans le noyau.



Document 4: Technique du clonage reproductif

☑ Réponse :

Le document 4 montre que la technique du clonage reproductif se base sur l'utilisation d'un noyau somatique diploïde (2n) greffé dans un gamète femelle énucléé dans le but d'avoir un œuf à patrimoine génétique

Moutamadris.ma

complétement identique au donneur du noyau. Cet œuf forme par divisions cellulaires (mitose) successives un nouvel individu, dont toutes les cellules contiennent la même information génétique. On remarque que l'individu naissant de ce clonage exprime les caractères héréditaires du donneur du noyau d'espèce différente de la mère porteuse.
On déduit que l'information génétique présente dans le noyau contrôle l'expression des caractères de l'individu.

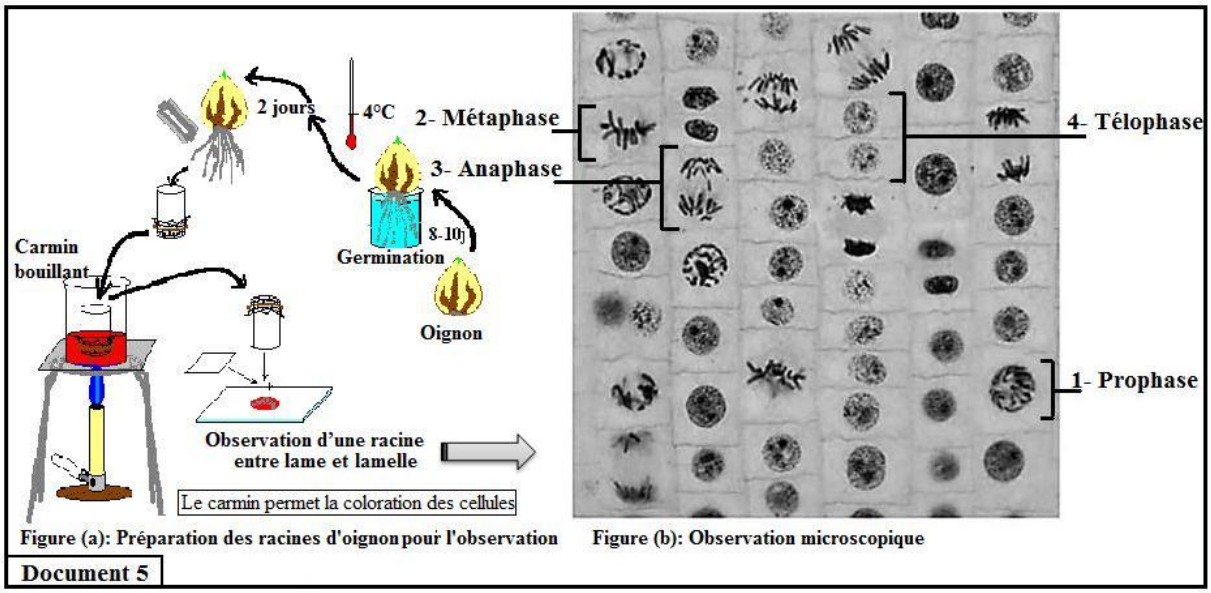
II- Transfert de l'information génétique d'une cellule à une autre :

1- Etapes de la mitose (division cellulaire) :

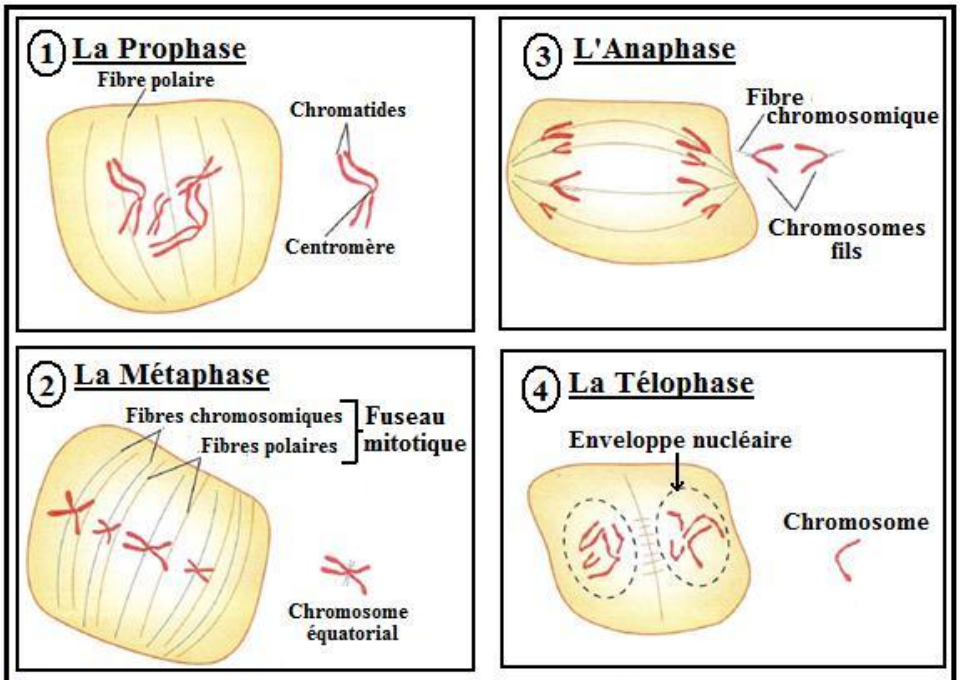
Le programme génétique à l'origine des caractères d'un individu est localisé dans le noyau des cellules sous forme de chromosomes observables lorsque les cellules se multiplient.
La multiplication cellulaire se fait par mitose, un processus continu, mais qu'on peut diviser en quatre phases.

a- La mitose chez une cellule végétale :

On prépare l'extrémité d'une racine d'oignon (région où les cellules se multiplient en grand nombre) (figure a), afin de l'observer au microscope (figure b).



Moutamadris.ma



Document 6.1 : Mitose chez une cellule végétale (2n= 4)

Décrivez les phases de la mitose chez la cellule végétale.

☑ **Réponse :**

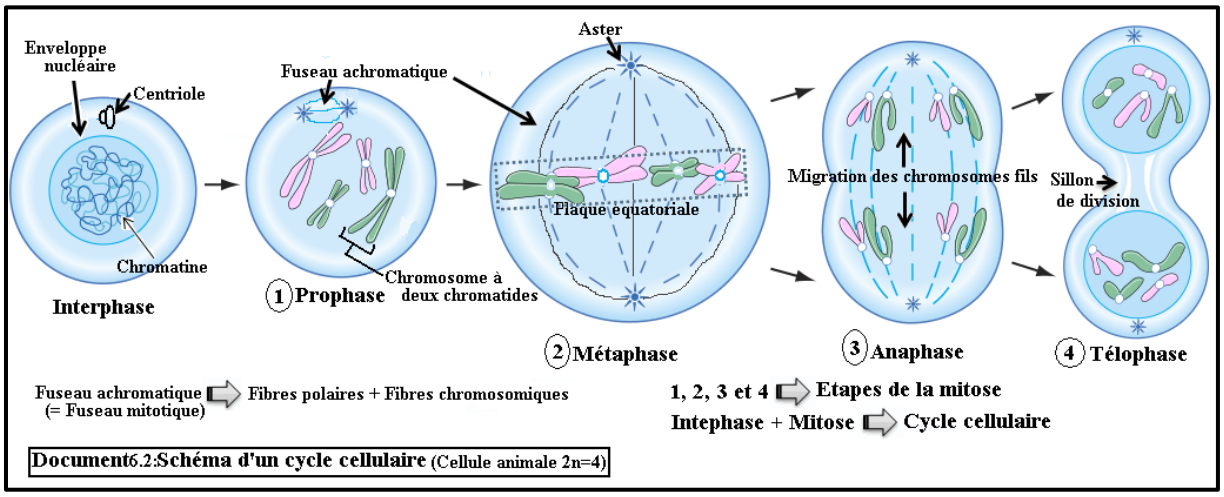
La mitose peut être subdivisée en quatre étapes comme suit :

- **La prophase :** se caractérisant par : La condensation des chromosomes, La disparition de l'enveloppe nucléaire, L'apparition d'un fuseau mitotique auquel s'attachent les chromosomes (par les fibres chromosomiques).
- **La métaphase :** qui se caractérise par : La condensation maximale des chromosomes, le positionnement de tous les centromères à l'équateur de la cellule, les chromosomes forment ainsi la plaque équatoriale.
- **L'anaphase :** qui connait la séparation des chromatides de chaque chromosome par rupture de centromère, puis les chromosomes fils migrent vers l'un des pôles de la cellule.
- **La télophase :** lors de laquelle les chromosomes se décondensent et une enveloppe nucléaire se forme autour de chacun des deux lots chromosomiques. Le cytoplasme se divise (cytodiérèse) par formation d'une nouvelle membrane plasmique et une paroi cellulosique.

b- Chez une cellule animale :

Le document 6.2 représente le schéma d'un cycle cellulaire, incluant la mitose chez une cellule animale :

Moutamadris.ma



Document6.2:**Schéma d'un cycle cellulaire** (Cellule animale 2n=4)

Comparez la mitose chez la cellule animale et chez la cellule végétale.

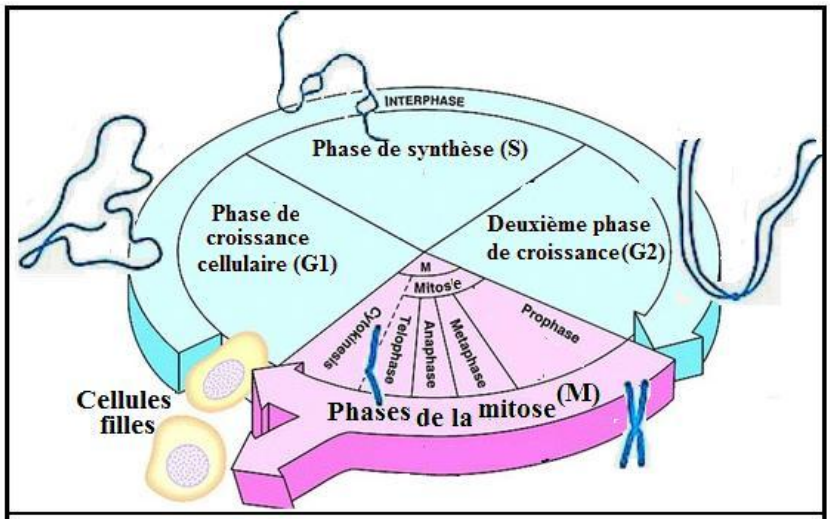
☑ **Réponse :**

La mitose se passe de façon semblable chez les cellules végétales et animales, cependant on distingue chez les cellules animales :

- La présence d'un organite spécifique : le centriole qui forme les asters lors de la division.
- La cytodiérèse se fait par la formation d'un sillon de division suite à un étranglement équatoriale.

2- Le cycle cellulaire :

Le terme « cycle cellulaire » désigne l'ensemble des étapes par lesquelles passe la cellule vivante entre deux divisions successives. Le schéma du document 7 résume les étapes d'un cycle cellulaire ainsi que l'évolution de la forme d'un chromosome.



Document 7: Cycle cellulaire et évolution des chromosomes

Décrivez le cycle cellulaire en **précisant** le rôle de l'interphase pendant ce cycle.

Moutamadris.ma

☑ **Réponse :**

Le cycle cellulaire comporte deux étapes : l'interphase suivie de la mitose.
L'interphase comprend les phases G_1, S et G_2. Lors de l'interphase les chromosomes décondensés se dédoublent (pendant la phase de synthèse S), ils deviennent formés de deux chromatides accolés en un point : le centromère.
La cellule contient alors deux copies de l'information génétique. Lors de la mitose, chaque cellule fille reçoit une copie complète de l'information génétique tout en conservant le nombre de chromosome de la cellule mère.

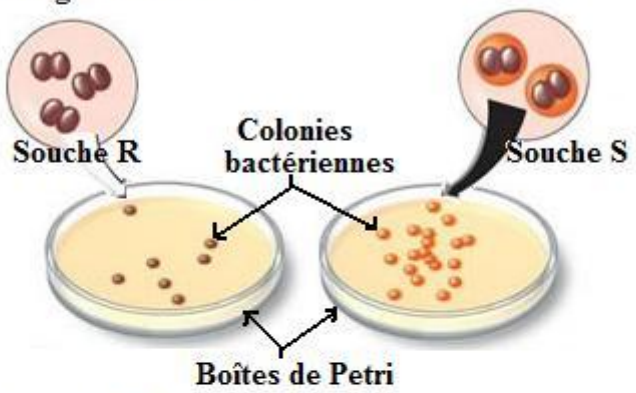
III- Nature chimique du matériel génétique :

1- Mise en évidence de la nature chimique de l'information génétique

a. Expérience de Griffith :

Afin de trouver un vaccin contre la pneumonie, une infection respiratoire aigüe, Fred Griffith a travaillé sur les deux souches de pneumocoques présentées sur le document 8.
Ces expériences ainsi que leurs résultats sont présentés sur le document 9.
Décrivez chaque expérience, que **déduisez**-vous de chacune ?

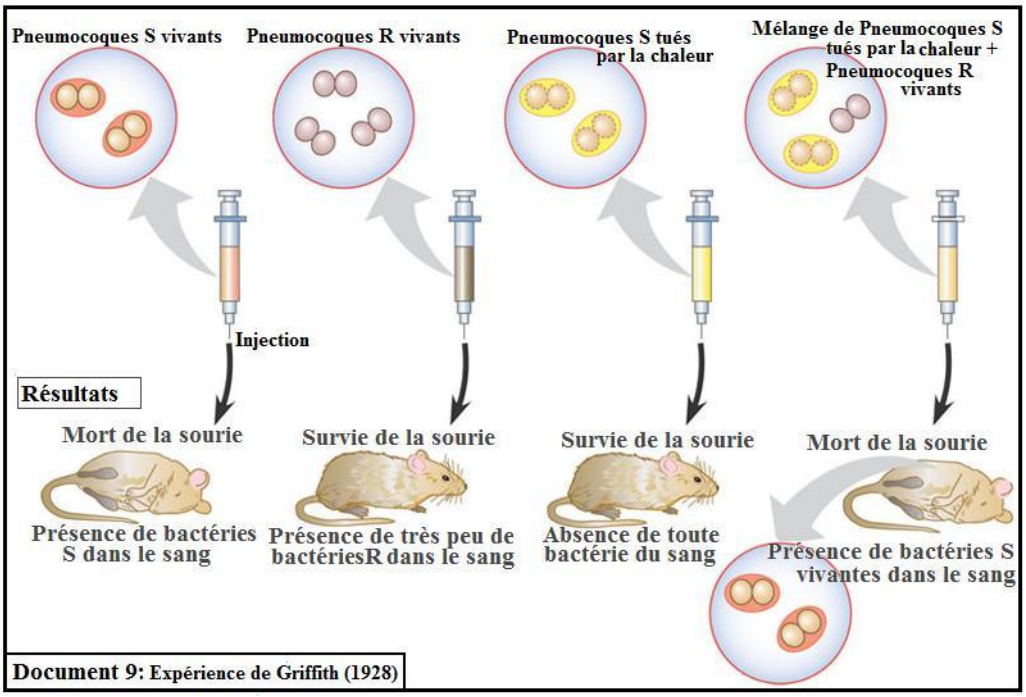
Les pneumocoques sont des bactéries qui se regroupent deux à deux (diplocoque), on en distingue deux souches:



- **La souche S (responsable de la pneumonie) qui donne en culture sur boîte de petri des colonies d'aspect lisse (Smooth). Ce type de bactérie possède une capsule, c'est une épaisse enveloppe de polysaccharides qui entoure la paroi bactérienne.**
- **La souche R qui donne en culture des colonies d'aspect rugueux (Rough). Ce type de bactérie ne possède pas de capsule, car dépourvues d'une enzyme essentielle à la synthèse de la capsule.**

Document 8

Moutamadris.ma



Document 9: Expérience de Griffith (1928)

Réponse :

L'injection des bactéries S vivantes conduit à la mort de la sourie. On déduit que cette souche de pneumocoque, dotée de capsule, est pathogène (mortelle) pour la sourie.

Après l'injection des bactéries R vivantes, on observe que la sourie reste vivante et que son immunité intervient pour réduire le nombre de bactérie R dans le corps. On déduit que cette souche de pneumocoque, est non pathogène pour la sourie.

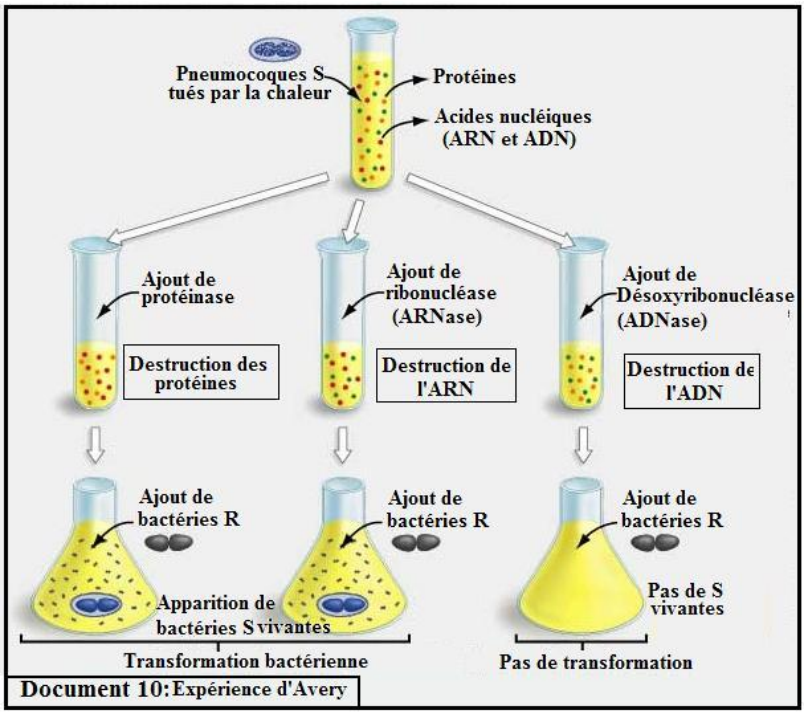
L'injection des bactéries S tuées par la chaleur ne conduit pas à la mort de la souris. On déduit que les pneumocoques S, perdent leur pathogénicité (aptitude à rendre malade) une fois tué par la chaleur.

L'injection du mélange bactérie R vivantes et S tuées conduit à la mort de la souris. On note l'apparition de bactéries S vivantes dans le sang de la souris morte. On déduit que l'un des constituants de la bactérie S (nommé principe transformant par Griffith) permet à des bactéries R de construire une capsule et de se transformer ainsi en bactérie S.

Moutamadris.ma

b. Expérience d'Avery :

Pour révéler la nature du principe transformant supposé par Griffith, Avery disposait en 1944 d'enzymes capables d'éliminer un à un les principaux constituants de la cellule bactérienne, à savoir : Les protéines et deux types d'acide présent dans le noyau : l'acide ribonucléique (ARN) et l'acide désoxyribonucléique (ADN).



Document 10: Expérience d'Avery

Il réalisa alors les expériences du document 10.

- ☑ **Exploitez** les données des expériences d'Avery, pour **révéler** la nature chimique de l'information génétique.

Réponse :

Les expériences d'Avery démontrent que l'apparition de bactéries S vivantes persiste même après l'élimination des protéines ou de l'ARN, on déduit que ces deux éléments n'interviennent pas lors de la transformation bactérienne.

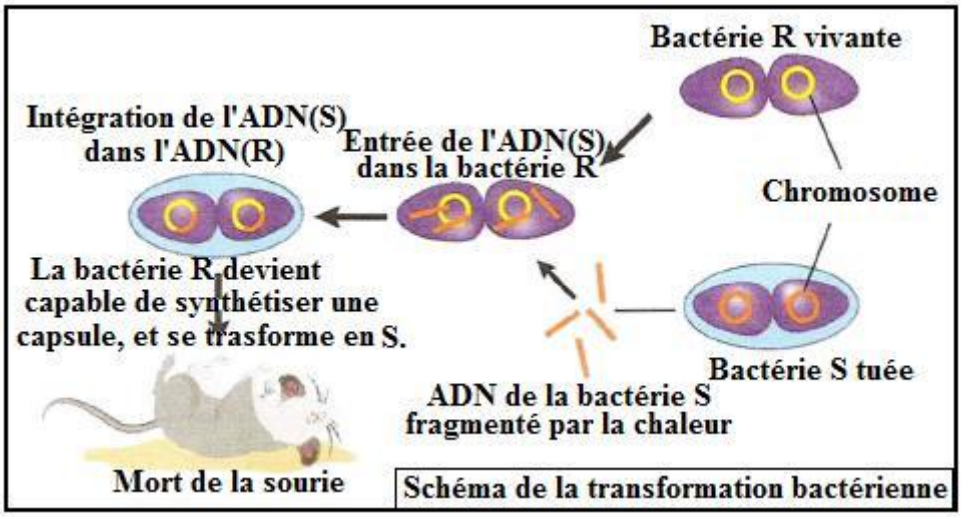
Tandis que lorsqu'on détruit l'ADN, la transformation bactérienne ne s'effectue pas. L'ADN est donc nécessaire pour offrir l'information génétique concernant la synthèse de la capsule aux bactéries R. On déduit que la molécule d'ADN est le support de l'information génétique.

c. Mécanisme de la transformation bactérienne :

Sachant que la chaleur, utilisée pour tuer les bactéries S, fragmente les composants de la cellule, réalisez un schéma résumant les étapes de la transformation bactérienne dans le cas des pneumocoques.

Réponse :

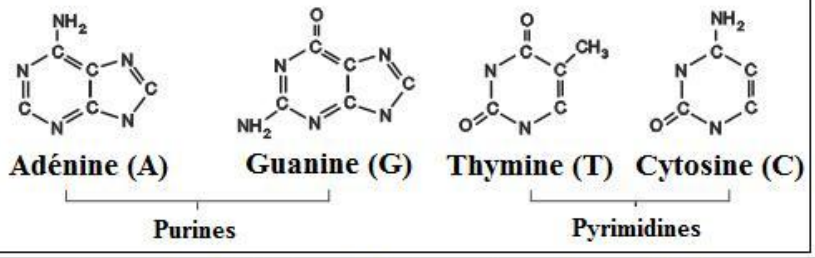
Moutamadris.ma



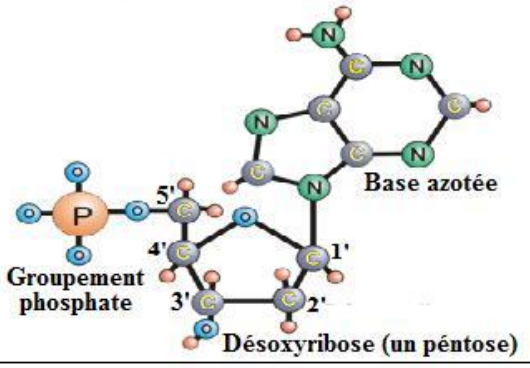
2- Composition et structure de la molécule d'ADN :

Phoebus Levine (1869-1940) avait déterminé que l'ADN contenait un glucide appelé désoxyribose, du phosphore et des bases azotées.

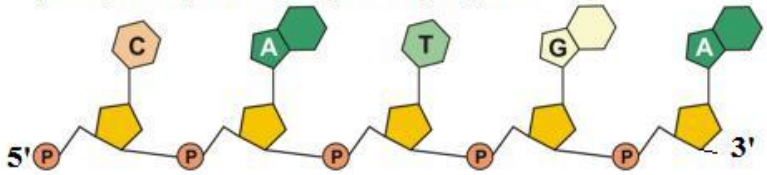
Il y a quatre sortes de bases azotées:



Les constituants de l'ADN s'assemblent pour former des nucléotides:



Les nucléotides peuvent se lier les uns aux autres par leur sucre (désoxyribose) et leur groupement phosphate :



Document 11: Composition chimique de l'ADN

Moutamadris.ma

En 1950, le biochimiste américain E. Chargaff a réussi à quantifier (en %) les nucléotides d'une cellule chez différents organismes. Le tableau suivant présente quelques résultats de Chargaff :

Source d'ADN	Adénine	Guanine	Cytosine	Thymine	A/T	G/C
Homme	30,9	19,9	19,8	29,4		
Poule	28,8	20,5	21,5	29,2		
Blé	27,3	22,7	22,8	27,1		
Levure de bière	31,3	18,7	17,1	32,2		

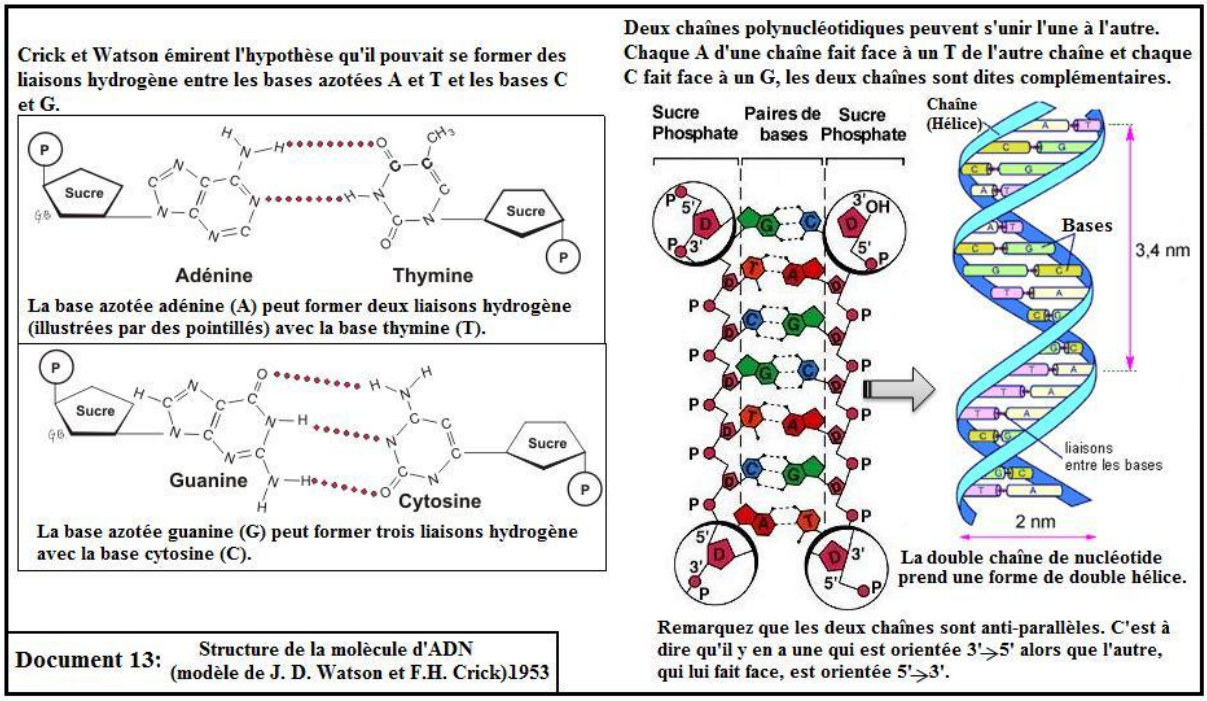
Document 12

☑ **Complétez** le tableau par la détermination pour chaque espèce du rapport A/T et G/C. **Montrez** l'incidence de ces rapports sur la structure de l'ADN.

Réponse :

Source d'ADN	A/T	G/C
Homme	**1,05**	**1,00**
Poule	**0,99**	**0,95**
Blé	**1,01**	**0,99**
Levure de bière	**0,97**	**1,09**

Les valeurs calculées (proche de 1) montrent que quel que soit l'espèce vivante, d'une part, le nombre de base A est égale à celui de T dans son information génétique, d'autre part le nombre de base G est égale à celui de C. Donc la structure de l'ADN doit impérativement lier les A au T et les C au G.



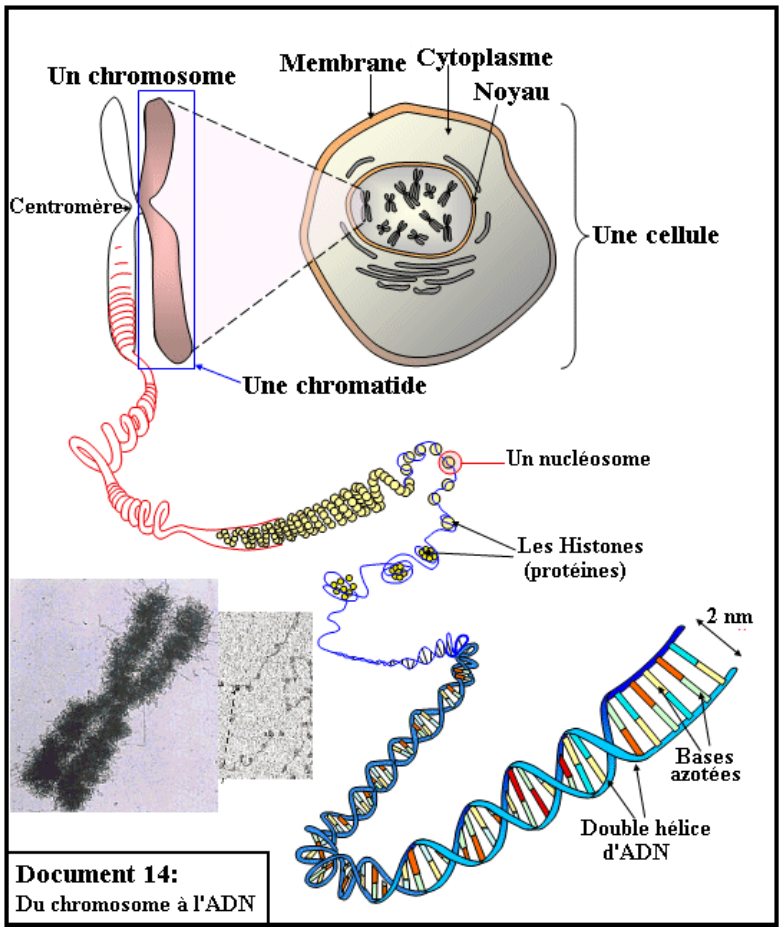
Document 13: Structure de la molécule d'ADN (modèle de J. D. Watson et F.H. Crick)1953

Décrivez la structure de l'ADN proposée par Watson et Crick.

Réponse :

Moutamadris.ma

L'ADN est formé de deux chaines (brins) enroulées l'une autour de l'autre sous forme d'une double hélice.
Chaque brin est formé par une série d'unités appelées nucléotides. Un nucléotide est formé par l'association de trois molécules différentes : Un sucre (désoxyribose), un acide phosphorique et une base azotée parmi l'adénine (A), la cytosine (C), la Guanine (G) et la thymine (T).
Les deux brins d'ADN s'associent par complémentarité de bases, l'A se lie à T par deux liaisons hydrogène et la C se lie à G par trois liaisons hydrogènes.
Les deux chaines complémentaires sont antiparallèles, l'une est orientée 3'→5' et l'autre 5' → 3'.

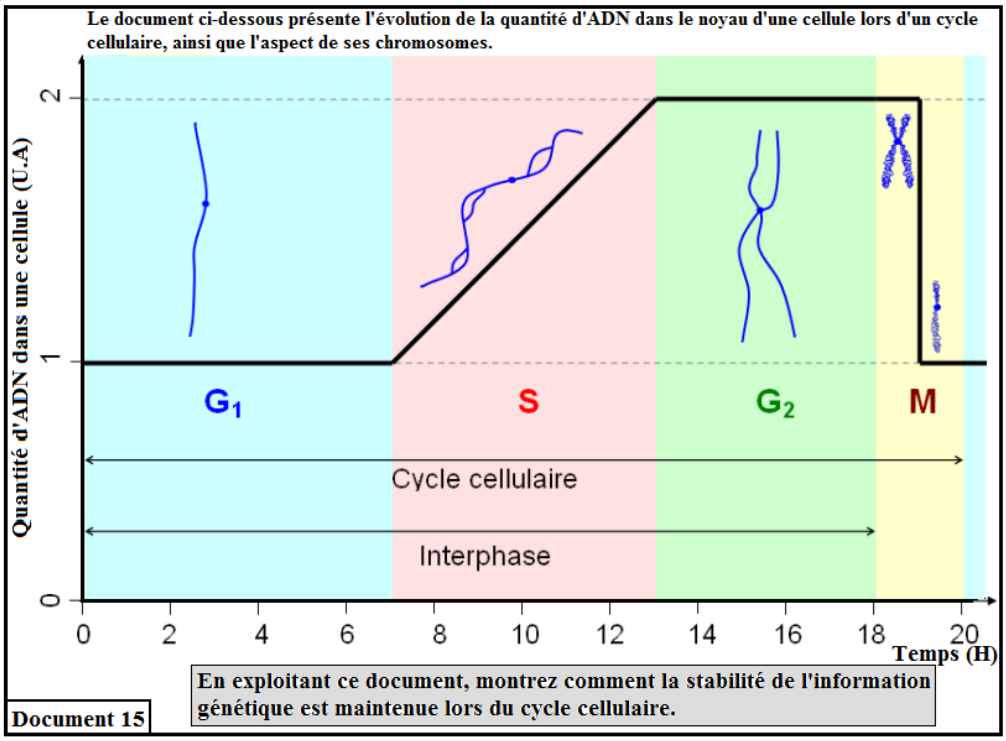


Document 14:
Du chromosome à l'ADN

L'observation de la chromatine décondensée par microscope électronique, montre un nucléofilament formé par une molécule d'ADN, qui s'enroule en plusieurs endroits (nucléosome) autour de protéines associées appelée histones.

Moutamadris.ma

- Exercice formative :



Réponse :

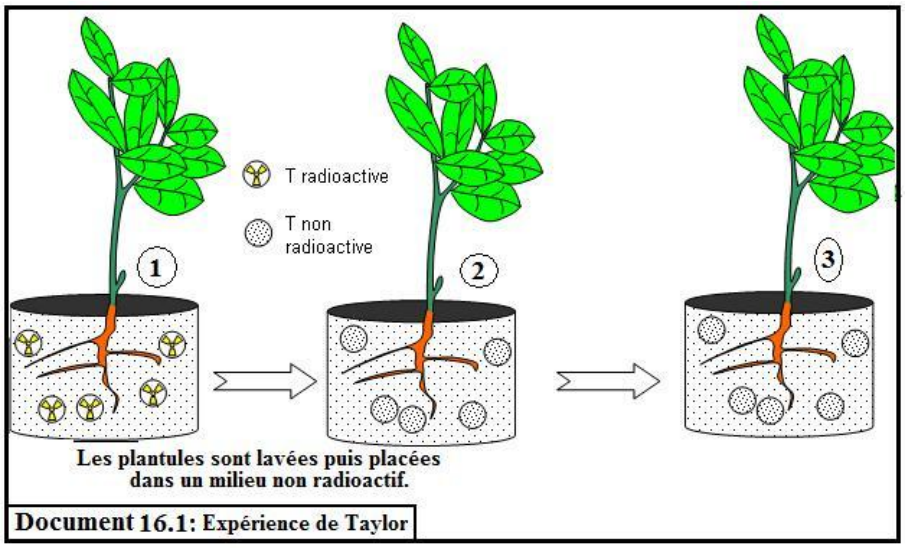
……

3- Mécanisme de la réplication (duplication) de l'ADN :

a. Expérience de Taylor (1957)

La Jacinthe romaine est une plante dont les cellules se divisent à intervalles réguliers. De jeunes racines en croissance sont cultivées sur un milieu contenant de la thymidine radioactive (nucléotide à thymine marqué par de l'hydrogène radioactif) pendant une interphase. Les racines sont alors lavées puis placées dans un milieu contenant de la thymidine non radioactive et enfin traitées à la colchicine (qui bloque les mitoses en métaphase) après 1, 2 ou 3 cycles cellulaires.

Moutamadris.ma



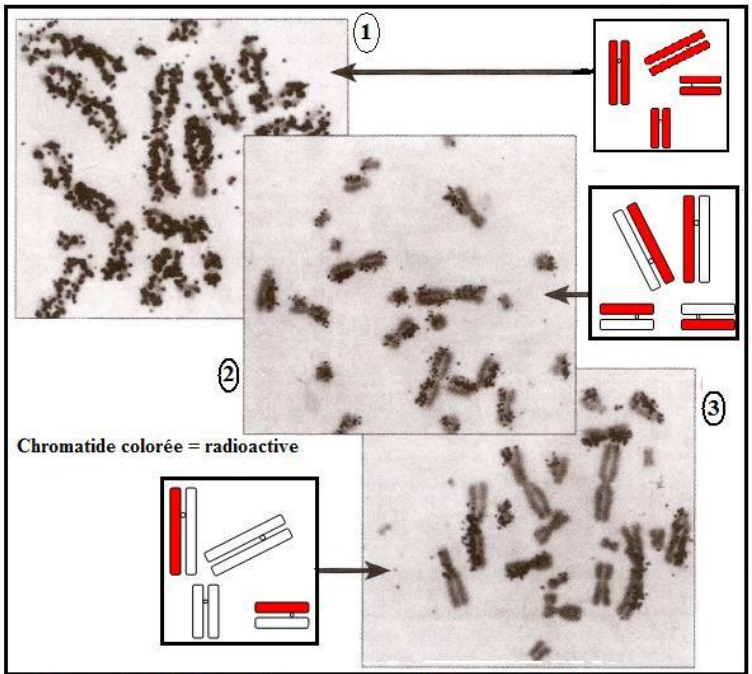
Document 16.1: Expérience de Taylor

Dans chaque cas on réalise une autoradiographie où la thymidine radioactive est localisable par des points noirs.

L'**autoradiographie** est une technique de laboratoire permettant de localiser des molécules sur une préparation microscopique, que l'on dispose sur un film photographique argentique. Celui-ci est impressionné par le rayonnement radioactif. Après développement du film on observe des points noirs sur les clichés aux endroits où se trouvent les molécules radioactives (ici, les thymines marquées sur les molécules d'ADN).

☑ **Schématisez,** d'après cette expérience, la réplication de l'ADN lors de chacun des cycles cellulaires.

Vos schémas devront **mettre en évidence** les brins radioactifs par une couleur spécifique.



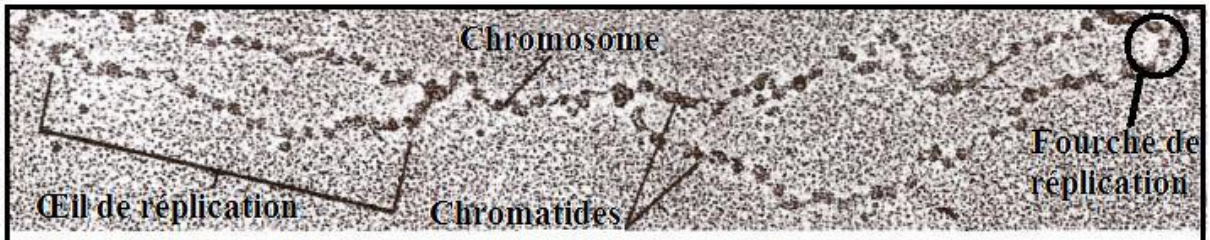
Document 16.2: Aspect des chromosomes (Expérience de Taylor)

Réponse :

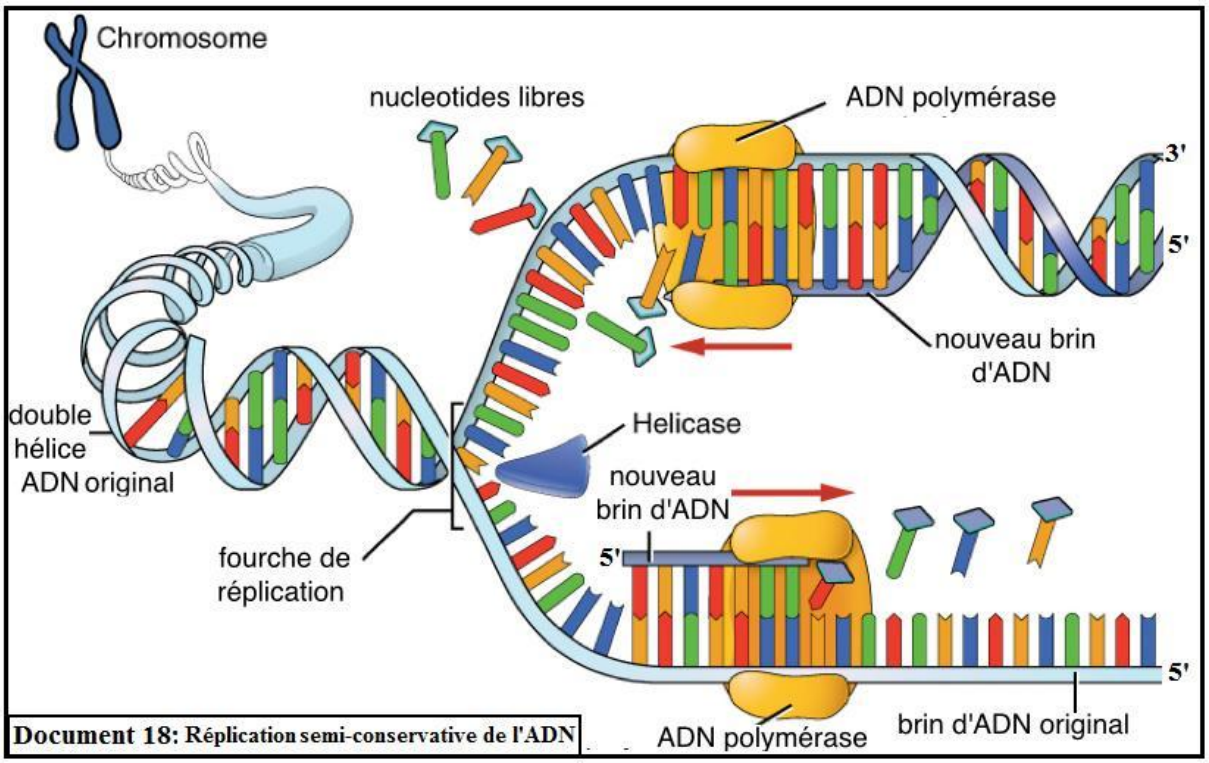
Moutamadris.ma

b. Mécanisme de réplication :

Dans les cellules eucaryotes, la réplication débute en plusieurs endroits de la molécule d'ADN formant ainsi les yeux de réplication (Voir document 17).



Document 17: Chromosome observé par microscope électronique lors de l'interphase



Document 18: Réplication semi-conservative de l'ADN

☑ Décrivez le mécanisme de la réplication de l'ADN.

☑ **Réponse :**

- La réplication de l'ADN commence par la séparation locale des brins au niveau des liaisons faibles d'hydrogènes, sous l'effet d'un complexe enzymatique.
- Chaque brin de la molécule initiale (brin parental) sert de matrice (moule) pour la synthèse d'un nouveau brin complémentaire.
- Au fur et à mesure de l'ouverture de la double hélice, des nucléotides, initialement libres dans le milieu cellulaire, vont s'apparier à des nucléotides du brin parental selon la complémentarité des bases azotées (A<>T et C<>G), cet appariement est réalisé grâce à une enzyme nommée « ADN polymérase ».

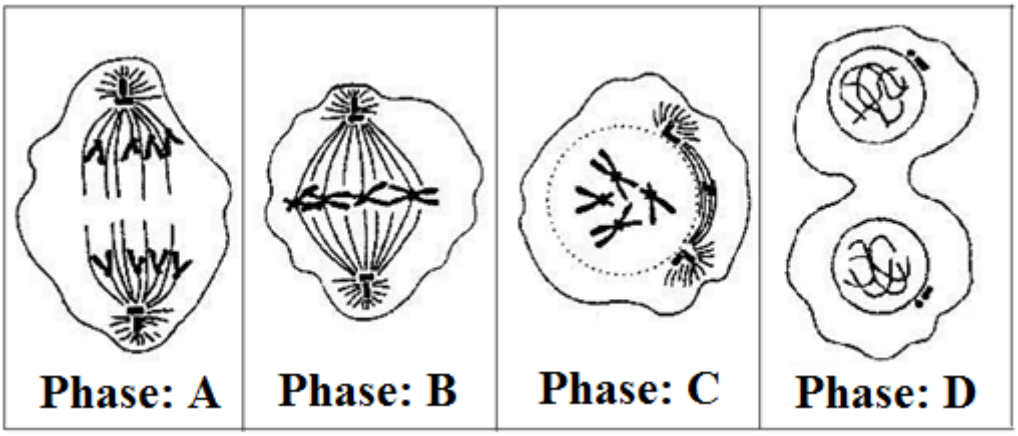
Moutamadris.ma

- La réplication progresse au niveau des fourches de réplication (l'extrémité de chaque œil), jusqu'à ce que toute la molécule d'ADN ait été dupliquée (les yeux de réplication de rejoints).
- Dans chacune des deux molécules d'ADN obtenues, la moitié de la molécule parentale est conservée, c'est pourquoi le mécanisme de réplication est qualifié de semi-conservatif.

Exercices du chapitre :

☑ **Exercice 1:**

Nous proposons le document suivant, qui représentent des schémas d'étapes d'un phénomène cellulaire :

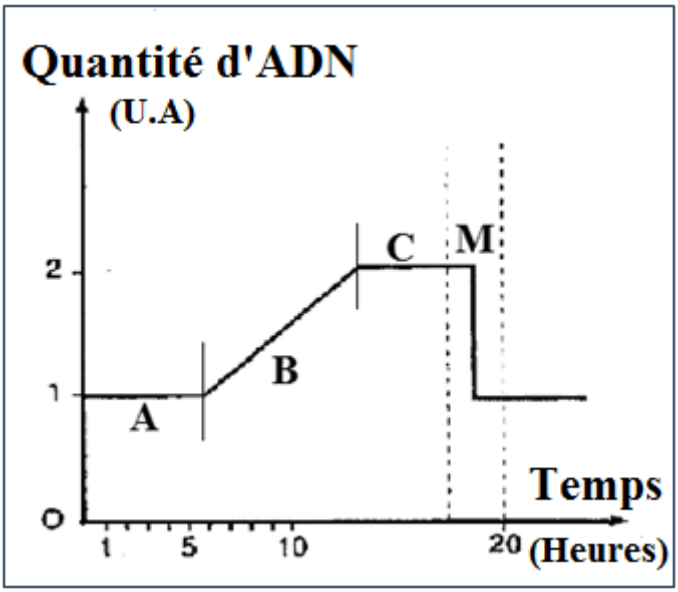


1- Nommez le phénomène en question.
2- Nommez les étapes A, B, C et D.
3- Classez chronologiquement ces étapes.
4- Donnez la formule chromosomique de la cellule représentée.
5- S'agit-il d'une cellule végétale ou animale ? Justifiez votre réponse.

☑ **Exercice 2:**

Le document suivant représente l'évolution de la quantité d'ADN durant un cycle cellulaire.

Moutamadris.ma



1- Déterminez la durée de ce cycle cellulaire.
2- Nommez les phases A, B, C et M qui figurent sur le document.
3- Lors de qu'elle phase de ce graphique se déroule :
   a. La duplication des chromosomes.
   b. La division cellulaire.

☑ **Exercice 3 :** Expérience de Maselson et Stahl

Moutamadris.ma