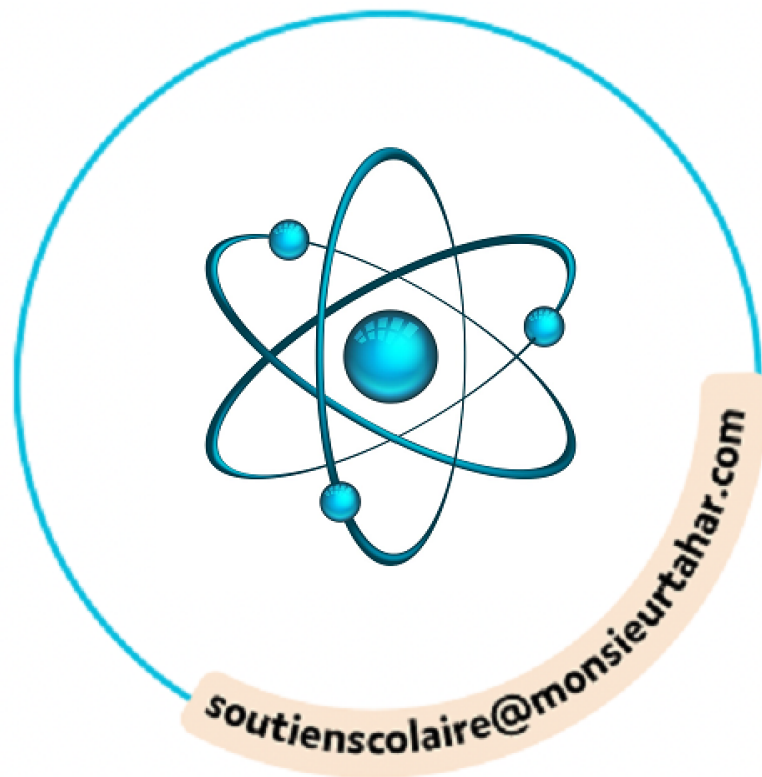
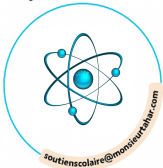


CHAPITRE 1

EXERCICES SERIE 1



**La transmission du patrimoine génétique
chez les eucaryotes**



QCU

Pour chaque question, indiquer la proposition exacte.

1 À la fin de la méiose :

- on obtient quatre cellules avec la même quantité d'ADN que la cellule initiale.
- on obtient deux cellules avec chacune un exemplaire de chaque chromosome homologue de la cellule initiale.
- on obtient quatre cellules avec chacune une chromatide de chaque chromosome de la cellule initiale.
- on obtient deux cellules avec chacune la moitié des chromosomes de la cellule initiale.

2 La molécule d'ADN se condense :

- au cours de la prophase.
- au cours de la phase S de l'interphase.
- au cours de la télophase.
- uniquement au cours de la mitose.

3 Au cours de l'interphase :

- chaque chromosome fabrique sa deuxième chromatide.
- chaque chromosome fabrique son homologue.
- trois phases se succèdent : G1, G2, S.
- la réplication est conservative.

4 En considérant une cellule à $2n = 6$ chromosomes (n étant le nombre de paires), on schématiserait la fin de l'anaphase d'une mitose :

- avec 6 chromosomes en tout, répartis en 2 lots de 3 chromosomes à deux chromatides aux pôles.
- avec 12 chromosomes en tout, répartis en 2 lots de 6 chromosomes à une chromatide aux pôles.
- avec 6 chromosomes en tout, répartis en 3 lots de 2 chromosomes à deux chromatides aux pôles.
- avec 12 chromosomes en tout, répartis en 2 lots de 6 chromosomes à deux chromatides aux pôles.

5 Affirmations à corriger

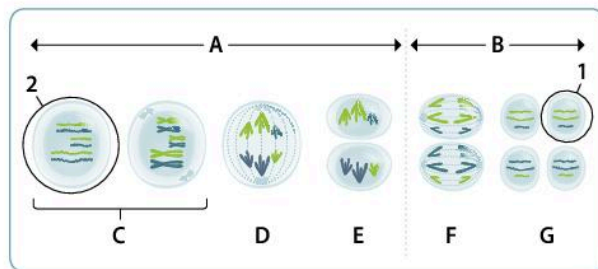
Modifier ces fausses affirmations pour les transformer en phrases justes.

- Au cours de la méiose, la quantité d'ADN est divisée par deux.
- Lors de la métaphase II de la méiose, les chromosomes homologues se répartissent de part et d'autre du plan équatorial.

- La réplication de l'ADN permet la formation de deux chromosomes homologues identiques.
- La décompaction de l'ADN facilite la séparation des chromosomes homologues au cours de la mitose.

6 Schéma à légender

Ajouter les légendes sur le schéma suivant. télophase II, première division, anaphase I, cellule haploïde, prophase I, anaphase II, seconde division, cellule diploïde, télophase I.



7 Phrases à construire

Écrire une phrase qui contient les mots suivants.

- méiose, divisions cellulaires, séparation des chromatides, séparation des chromosomes homologues
- réplication, brin nouveau, brin matrice, chromatide
- chromosomes visibles, condensation, molécules d'ADN, structurantes

8 Vrai/faux

Indiquer si les affirmations suivantes sont exactes en justifiant votre réponse.

- au cours de la mitose, on passe d'une cellule diploïde à une autre cellule diploïde.
- au cours de la méiose, le nombre de chromosomes est divisé par deux.
- lors de la première division de la méiose, on passe de chromosomes à deux chromatides à des chromosomes à une chromatide.
- un chromosome à deux chromatides est fait de deux molécules d'ADN différentes.
- dans un clone, les cellules formées contiennent toutes la même information génétique.

9 Les expériences historiques de Meselson et Stahl



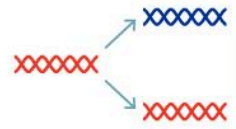
Interpréter des résultats et en tirer des conclusions

Déduire des résultats des expériences de Meselson et Stahl les arguments permettant de réfuter une hypothèse et de valider l'autre.

En 1953, Francis Crick et James Watson, deux biologistes, établissent la structure en double hélice de l'ADN. Ils émettent aussi l'hypothèse que cette double hélice pourrait « s'ouvrir » afin de permettre la synthèse de nouveaux brins, complémentaires des brins originaux. L'ADN servirait de matrice pour sa propre réplication. Meselson et Stahl ont cherché à comprendre selon quelles modalités se réalisait cette réplication. Trois hypothèses ont été proposées (mode conservatif, semi-conservatif, dispersif), toutes utilisant la molécule d'ADN « mère » comme matrice. Ici, seules deux seront étudiées.

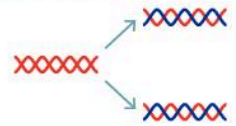
Mode conservatif de la réplication de l'ADN

Une nouvelle molécule d'ADN est formée à partir d'une molécule d'ADN « mère ». La molécule d'ADN « mère » est conservée à l'identique tout en permettant la création d'une nouvelle molécule « fille ».



Mode semi-conservatif de la réplication de l'ADN

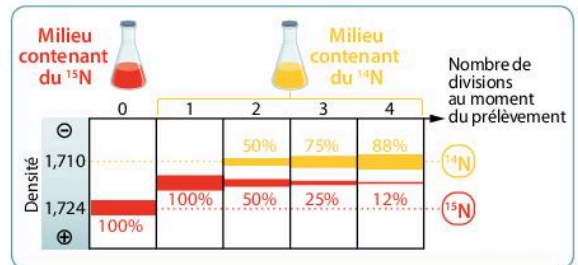
Les deux brins de la molécule d'ADN « mère » sont séparés et chaque brin sert de matrice à la synthèse d'un brin nouveau complémentaire.



■ brin d'ADN matrice ■ brin d'ADN nouvellement produit

1 Deux des hypothèses des mécanismes de réplication

Placée sur un milieu de culture favorable, la bactérie *Escherichia coli* se divise activement (une génération toutes les demi-heures environ) ; la réplication de l'ADN y est donc très active. Meselson et Stahl cultivent des bactéries sur un milieu dans lequel les nucléotides contiennent de l'azote « lourd » ou ^{15}N . Certaines bactéries sont ensuite prélevées et transférées sur un nouveau milieu dont les nucléotides contiennent de l'azote léger : ^{14}N . Des bactéries sont prélevées à différents moments correspondant à 1, 2, 3... n divisions. Leur ADN est extrait et centrifugé 24 heures à grande vitesse. La position de l'ADN dans les tubes de centrifugation est repérée par mesure de la densité optique.



Représentation schématique des résultats de Meselson et Stahl. Les bandes colorées correspondent aux ADN de chaque tube

2 Protocole et résultats des expériences

Méthode

Extraire des informations relatives à la division de *E. coli*, génération 1 (Doc. 2)

Mettre en relation ces informations avec celles du document 1 puis faire une déduction sur l'hypothèse du mécanisme conservatif de la réplication (Doc. 1)

Extraire des informations relatives à la division de *E. coli*, génération 1. Vérifier la pertinence du mode semi-conservatif de la réplication en comparant les résultats attendus pour la génération 3 et ceux obtenus pour la génération 2 des schémas peuvent être réalisés (Doc. 2)

Valider la bonne hypothèse

Justifier et conclure

Solution

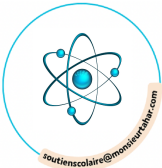
Analyse du Doc. 2 : Les résultats montrent qu'après une 1^{ère} division cellulaire dans le milieu contenant de l'azote léger ^{14}N , toutes les molécules d'ADN formées ont la même densité qui correspond à une densité moyenne entre celle de l'ADN uniquement formé avec des nucléotides ^{15}N et celle de l'ADN uniquement formé avec des nucléotides ^{14}N .

Analyse du Doc. 1 : Si la réplication se faisait selon un modèle conservatif, on devrait obtenir deux types d'ADN : un contenant uniquement du ^{15}N (bande à 1,724) et un autre uniquement du ^{14}N (bande à 1,710) : ce n'est pas le cas, le mécanisme conservatif n'est donc pas validé.

Après la 2^e division, deux bandes apparaissent : une moitié de l'ADN présentant une densité intermédiaire et l'autre moitié, une densité de 1,710. Le premier est constitué d'un brin contenant du ^{15}N et d'un nouveau brin contenant du ^{14}N . L'ADN léger est formé d'un brin formé lors de la 1^{ère} division et d'un nouveau brin contenant aussi du ^{14}N .

Le mécanisme semi-conservatif est donc le mécanisme validé.

À la 3^e division, on note $\frac{3}{4}$ d'ADN léger et $\frac{1}{4}$ d'ADN hybride. Il y a eu 3 réplications successives, formation de 8 molécules d'ADN dont seules 2 sont hybrides et 6 légères : les résultats attendus sont donc validés, justifiant un mode semi-conservatif de la réplication. Les résultats de Meselson et Stahl permettent donc de valider le mode semi-conservatif de réplication de l'ADN.

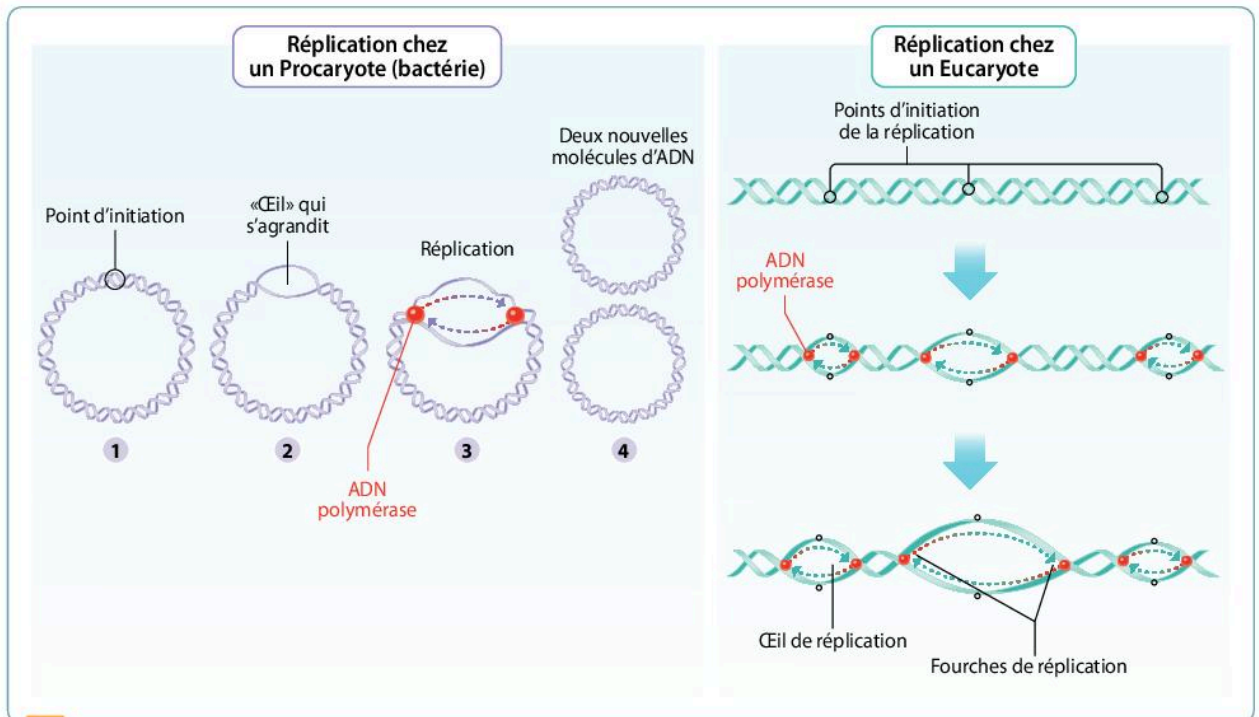


10 La réplication, plus rapide chez les Procaryotes ou les Eucaryotes ?

L'ADN polymérase est une enzyme présente chez les Procaryotes (bactéries) et les Eucaryotes (Homme, par exemple). Elle permet la réplication de l'ADN. Au cours de ce mécanisme, l'ADN bactérien constitué d'un chromosome circulaire unique et l'ADN des Eucaryotes, formé de chromosomes linéaires, sont dupliqués selon le même mécanisme : l'ADN polymérase ouvre les deux brins de la molécule d'ADN, utilise un brin comme modèle et fabrique un nouveau brin complémentaire.

	Nombre de nucléotides (paire de nucléotides)	Vitesse de réplication (paires de nucléotides par seconde)
Eucaryotes (Homme)	$3,4 \times 10^9$	100
Procaryotes (bactérie <i>E. coli</i>)	$4,64 \times 10^6$	2000

1 Quelques données concernant la réplication chez les Procaryotes et chez les Eucaryotes.



2 La réplication de l'ADN chez les Procaryotes et les Eucaryotes

Raisonner avec rigueur et formuler une hypothèse. Réaliser un calcul

- Calculer** la durée théorique de la réplication de l'ADN chez une bactérie et chez un Eucaryote.
- Des mesures *in vitro* montrent que la réplication de l'ADN dure environ 10 h chez l'Homme. En vous aidant du document 2, **formuler** une hypothèse pour expliquer la différence constatée.

11 VERS L'ÉCRIT La conservation de l'information génétique de génération en génération

Toutes les cellules d'un clone possèdent le même caryotype, c'est-à-dire des chromosomes identiques en nombre et en forme. Ces caractéristiques se conservent également d'une génération à l'autre.

Communiquer dans un langage scientifiquement correct

Exposer comment deux mécanismes cellulaires permettent cette conservation des caractéristiques du caryotype de génération en génération. Votre réponse prendra la forme d'un texte structuré et illustré de schémas.

➤ Questionnement différencié



12 Le cycle cellulaire des cellules humaines

On réalise une culture de cellules humaines synchrones : toutes les cellules sont au même moment dans les mêmes phases du cycle cellulaire. Leur temps de génération de 24 h se répartit ainsi :

G1	S	G2	M	=	Mitose
12 h	6 h	5 h	1 h		

Une fraction de cette culture est régulièrement prélevée au cours d'un cycle cellulaire complet, puis les cellules sont marquées à l'iodure de propidium (marqueur qui se fixe entre les nucléotides de chaque molécule d'ADN). La fluorescence moyenne des cellules est quantifiée.

Temps (h)	0	8	12	14	16	18	23	24
Fluorescence moyenne (unités arbitraires)	200	202	201	263	335	403	401	202

1 Évolution de la quantité d'ADN au cours d'un cycle cellulaire



2 État des chromosomes au cours d'un cycle cellulaire

Communiquer dans un langage scientifiquement correct : schéma

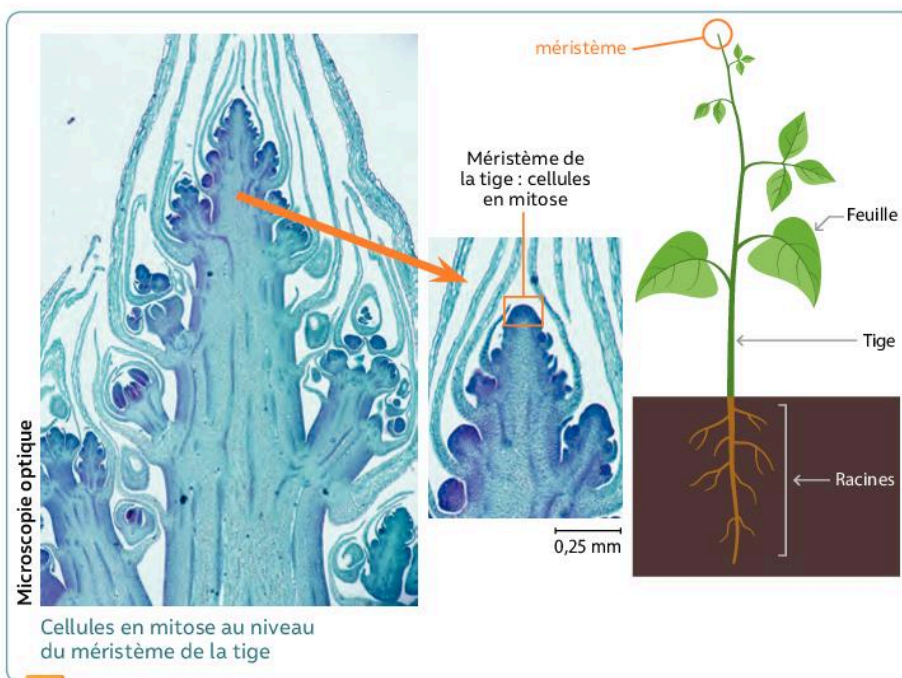
Construire un bilan sous forme de schéma de ce qui se passe au cours d'un cycle cellulaire dans lequel seront représentés :

- le graphique représentant l'évolution de la quantité d'ADN en fonction du temps au cours d'un cycle cellulaire ;
- l'état des chromosomes ;
- les légendes associées.

13 VERS L'ORAL Comment visualiser des zones de divisions actives ?

Chez les végétaux, le méristème apical présent à l'extrémité des tiges permet l'allongement des tiges. Les cellules de ce tissu se divisent activement et conservent très longtemps cette capacité à se diviser. Ce type de tissu existe dans tous les organes en croissance.

On cherche à vérifier, par l'observation de cellules, qu'un méristème existe aussi dans la racine.



1 Localisation du méristème de la tige chez un végétal

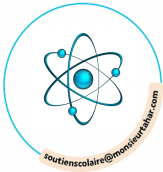
Colorant	Mode d'action	Coloration
Bleu de méthylène	se fixe essentiellement au noyau	bleu
Rouge neutre	pénètre dans les vacuoles	rouge
Carmin vert d'iode	colore les parois des vaisseaux conducteurs de sève	vert et rouge
Orcéine acétique	se fixe aux chromosomes	rouge

2 Quelques colorants et leur mode d'action

Communiquer sur ses démarches, ses résultats et ses choix, en argumentant

- Proposer une stratégie de résolution réaliste à partir des ressources proposées.
- Présenter et argumenter votre stratégie à l'oral.

Questionnement différencié



Des protéines indispensables à la division cellulaire

Dans le processus de cancérisation, une cellule anormale entre en division spontanément, sans contrôle de la part de son environnement et les cycles cellulaires s'enchaînent pour former un clone de cellules cancéreuses. Une piste dans la recherche de thérapies contre le cancer serait le blocage des divisions cellulaires à l'origine du clone (tumeur). Des scientifiques se sont interrogés sur le rôle de certaines protéines présentes dans la cellule permettant la compaction de l'ADN et l'entrée en mitose des cellules. De tels médicaments agissant sur ces protéines seraient susceptibles de bloquer la division cellulaire et donc de limiter la prolifération des cellules cancéreuses.

1 Les résultats des expériences de Rao et Johnson

En 1970, des chercheurs de l'université du Colorado, Potu Rao et Robert Johnson, biologistes cellulaires travaillant sur le cancer, ont voulu savoir si le cytoplasme des cellules contenait des facteurs de régulation contrôlant le cycle cellulaire. Pour cela, ils ont fusionné des cellules (A) en mitose avec des cellules (B) se trouvant en stade G1 et G2.

chromosome condensé à une chromatide de cellule (B) en phase G1

chromosomes mitotiques de cellule (A)

chromosomes mitotiques condensés de cellule (A)

chromosomes décondensés

chromosomes mitotiques condensés de cellule (A)

chromosome condensé à deux chromatides de la cellule (B) en phase G2

Fin de l'expérience de fusion d'une cellule (A) en mitose et d'une cellule (B) en phase G1

Début de l'expérience de fusion d'une cellule (A) en mitose et d'une cellule (B) en interphase (phase G1 ou G2)

Fin de l'expérience de fusion d'une cellule (A) en mitose et d'une cellule (B) en phase G2

Source : Karp G., *Biologie cellulaire et moléculaire*, 3^e ed., De Boeck, 2015.

2 Dosage d'une molécule cytoplasmique, le *Mitosis Promoting Factor* (MPF)

Les expériences précédentes sont reconduites mais cette fois-ci on fusionne une cellule en mitose, dont on a retiré l'ADN, avec différentes cellules en interphase possédant toujours leur ADN. Les résultats obtenus sont les mêmes que sur les photos du document 1. Des analyses biochimiques du contenu du cytoplasme de différentes cellules sont consignées dans le tableau ci-dessous :

	Cellule en phase G1 de l'interphase	Cellule en phase S de l'interphase	Cellule en phase G2 de l'interphase	Cellule en mitose
Dosage du MPF cytoplasmique	présent	présent	présent	présent
État du MPF	inactif	inactif	inactif	actif

3 Les condensines, des protéines modifiant la structure de l'ADN

La condensine II est une protéine localisée dans le noyau des cellules alors que la condensine I se trouve dans le cytoplasme.

Phase du cycle cellulaire	Fin de phase G2 - Début de prophase	Fin de prophase	Début de métaphase
Modélisation moléculaire du changement d'organisation de l'ADN au cours du cycle cellulaire			
Action des condensines au cours du cycle cellulaire			
État de compaction de l'ADN	ADN peu compacté	1 ^{er} niveau de compaction	2 ^{ème} niveau de compaction

a. Schémas explicatifs de la modélisation moléculaire
Source : *Science*, 359 (2018)

b. L'activation des condensines dans les cellules par une réaction chimique



Consigne

! Résoudre une question scientifique

Mettre en relation les informations des documents et vos connaissances pour montrer que l'entrée en mitose et la condensation de l'ADN sont contrôlées par des molécules cytoplasmiques et nucléaires.