

CLASSE DE 1^{ère} S - DURÉE 3H00

DST DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

CALCULATRICES INTERDITES

1) RESTITUTION ORGANISÉE DES CONNAISSANCES (8 PTS)

Le cycle cellulaire est marqué par deux grandes étapes : la duplication de l'ADN et la mitose.

Montrez comment la duplication de l'ADN et la mitose se complètent afin les cellules filles soit des copies conformes de la cellule-mère qui leur donne naissance.

(N'oubliez pas de faire un plan).

Introduction.

Le cycle cellulaire est l'ensemble des étapes de la vie d'une cellule, depuis sa naissance à l'issue d'une mitose jusqu'à la fin de sa division en deux cellules filles. Le cycle cellulaire comprend deux grandes phases : l'interphase et la mitose ; l'interphase étant subdivisé en phases G1, S, G2. C'est au cours de la phase S qu'à lieu la duplication du matériel génétique.

Nous verrons comment duplication et mitose se complètent pour assurer une reproduction des cellules-filles conformes à la cellule-mère.

La duplication.

La duplication (ou réplication) de l'ADN se fait par ouverture de la double chaîne d'ADN. Les bases adénine-thymine et guanine-cytosine des deux chaînes (ou des deux brins) sont séparées et il y a incorporation de nucléotides nouveaux sur chaque chaîne ouverte par complémentarité avec les nucléotides anciens. Il se forme ainsi une nouvelle molécule dans laquelle un brin est ancien et l'autre est nouveau ; on dit que la réplication est **semi-conservative**.

Les mécanismes de réplication sont assurés par des complexes enzymatiques (ADNpolymérase, ADNréparase...). L'observation microscopique montre que plusieurs enzymes travaillent simultanément sur la duplication ; il se forme alors des yeux de réplication qui grossissent et fusionnent.

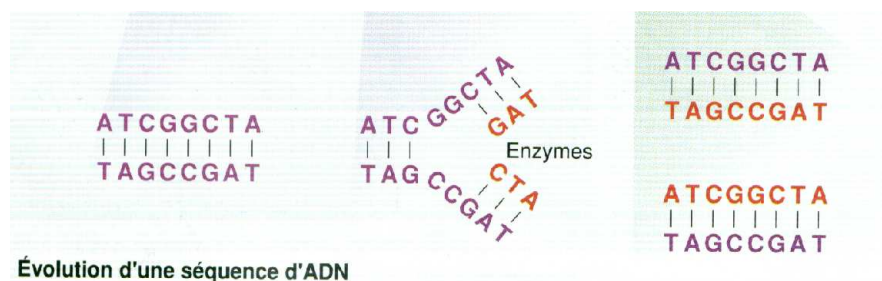


Schéma montrant la duplication d'une molécule d'ADN

Les deux molécules néoformées contiennent des informations rigoureusement identiques et rigoureusement identiques aux informations de la molécule mère. Elles formeront les deux chromatides du chromosome métaphasique.

La mitose

La mitose est une division cellulaire au cours de laquelle une cellule-mère donne naissance à deux cellules-filles. C'est un phénomène continu d'une durée d'une heure environ que l'on découpe arbitrairement en 4 phases : **prophase**, **métaphase**, **anaphase**, **télophase**.

Lorsque la cellule n'est pas en division, elle est en repos mitotique, elle est en **interphase**.

Prophase (avec schéma) : C'est la phase la plus longue de la mitose (30 mn environ).

Grossissement du noyau ;

Condensation de la chromatine qui donne naissance à des chromosomes formés de 2 chromatides réunies par le centromère ;

Disparition des nucléoles ;

Disparition de l'enveloppe nucléaire ;

Apparition d'un fuseau de fibres achromatiques entre les deux pôles de la cellule.

Métaphase (avec schéma):

Positionnement des chromosomes au centre de la cellule, le centromère dirigé vers l'intérieur de la cellule ; ils se disposent sur une plaque équatoriale (plaque située à l'équateur de la cellule). Un fuseau kinétochorien double le fuseau achromatique.

Anaphase (avec schéma):

Les fibres kinétochoriennes se raccourcissent, ce qui entraîne un clivage du centromère et la séparation des chromatides de chaque chromosome. Les deux chromatides deviennent des chromosomes fils qui s'écartent l'un de l'autre et migrent vers des pôles opposés.

Télophase (avec schéma):

Les chromosomes fils sont arrivés aux pôles de la cellule et se décondensent pour redonner de la chromatine ;

Formation d'un noyau à chaque pôle avec réapparition de membrane nucléaire ;

Réapparition des nucléoles ;

Division du cytoplasme par constriction dans le cas de cellules animales et par apparition d'une paroi épaisse dans le cas de cellules végétales.

La cytodiérèse marque la séparation des deux cellules filles.

Les deux cellules filles ainsi créées ont le **même nombre de chromosomes** que la cellule-mère qui leur a donné naissance ; elles entrent en interphase.

Complémentarité de la duplication et de la mitose

A l'issue de la duplication de l'ADN, les deux molécules néoformées contiennent des informations rigoureusement identiques et rigoureusement identiques aux informations de la molécule mère. Elles formeront les deux chromatides des chromosomes métaphasiques.

Au cours de la mitose, les chromatides de chaque chromosome se séparent et migrent vers des pôles opposés.

Ainsi chaque cellule fille va recevoir un nombre de chromosomes égal à celui de la cellule-mère, contenant exactement les mêmes informations que la cellule-mère.

Conclusion.

La fécondation est à l'origine d'une cellule-œuf qui, par mitoses successives, donne naissance à un organisme complet composé de milliards de cellules. L'information génétique contenue dans la cellule œuf est transmise intégralement à toutes les cellules de l'organisme. Quel processus permet la différenciation des cellules et leur spécialisation ?

2) EXPLOITATION DE DOCUMENTS (6 POINTS)

Problématique :

L'ADN est la molécule qui détient l'information génétique présidant à la synthèse des protéines. Or l'ADN ne sort jamais du noyau et la synthèse des protéines se fait dans le cytoplasme. Il doit donc exister une molécule intermédiaire capable de transmettre les plans de fabrication des protéines depuis le noyau vers le lieu de synthèse.

1) *En vous basant sur vos connaissances, émettez une hypothèse sur la nature de cette molécule intermédiaire (votre réponse doit exposer, en 5 à 10 lignes, vos connaissances sur la structure du noyau).*

Le noyau d'une cellule présente 2 types d'acides nucléiques : l'ADN et l'ARN. L'ADN forme des amas accolés à la paroi nucléaire, ce sont les amas de chromatine. L'ARN est diffus dans le nucléoplasme et forme des amas localisés plutôt vers le centre de la cellule, ce sont les nucléoles.

L'ADN contient l'information génétique présidant à la synthèse des protéines, mais ne sort pas du noyau. L'ARN pourrait-il être cette molécule intermédiaire capable d'exporter l'information ?

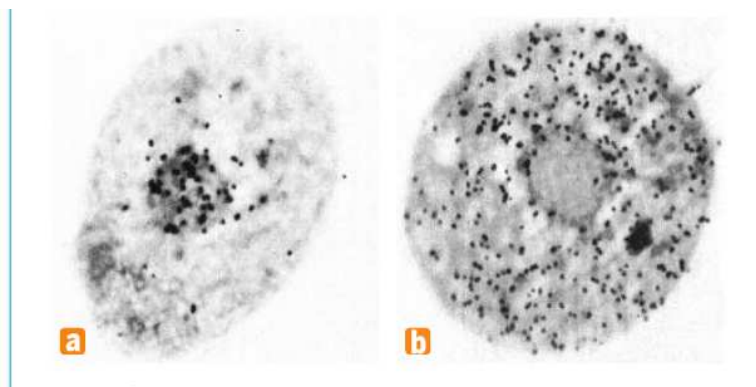
2) *Proposez une expérience permettant d'éprouver votre hypothèse (précisez les modalités de l'expérience, en 5 à 10 lignes, sans exposer de résultats).*

Pour éprouver cette hypothèse, on peut utiliser un matériel biologique simple, gros producteur de protéines comme les cellules acineuses de pancréas. On effectue un pulse (une culture) de quelques minutes avec un précurseur radioactif caractéristique de l'ARN (on choisira l'uridine, nucléotide propre à l'ARN). Le pulse est suivi d'une chasse en milieu froid c'est à dire que le matériel biologique est replacé dans un milieu contenant de l'uridine normale. A intervalles de temps définis, on prélève des cellules et on effectue une autoradiographie.

3) En 1951 Brachet montra cette relation. Les deux photographies ci-dessous montre deux cellules :

- la première (a) cultivée 15 minutes sur milieu chaud puis soumise à autoradiographie.
- la seconde (b) cultivée 15 minutes sur milieu chaud, puis 90 minutes sur milieu froid, puis soumise à autoradiographie

Exploitez ces résultats pour répondre à la problématique.



On observe sur la photographie A des impacts de radioactivité concentrés au niveau du noyau (et quelques impacts dans le cytoplasme). L'apparition de radioactivité traduit l'utilisation de l'uridine chaude par la cellule, donc la fabrication d'ARN.

On observe sur la photographie B la disparition de la radioactivité dans le noyau en même temps que l'apparition d'impacts dans le cytoplasme. Le matériel cellulaire ayant été placé en milieu froid, la synthèse nouvelle d'ARN n'est plus visible et seule reste présente la radioactivité précédente. Il s'agit donc d'un déplacement de radioactivité donc un déplacement de l'ARN précédemment synthétisé. L'ARN se déplace vers le cytoplasme.

En conclusion : l'ARN est synthétisé dans le noyau (là où se trouve l'ADN c'est à dire l'information génétique) et se déplace vers le cytoplasme (là où a lieu la synthèse des protéines). Bien que cette expérience ne montre pas que l'ADN sert de matrice à l'ARN, non plus que l'ARN migre très précisément vers le réticulum endoplasmique, lieu de synthèse des protéines, l'ARN étant la seule molécule du noyau en plus de l'ADN, il est vraisemblable qu'elle est la molécule intermédiaire transmettant les plans de fabrication des protéines.

3) RÉOLUTION D'UN PROBLÈME (6 POINTS)

Lorsqu'une cellule est cultivée dans un milieu contenant de la **BrdU** (bromodésoxyuridine), cette substance est incorporée lors de la synthèse de l'ADN à la place des nucléotides à thymine. A chaque réplication de l'ADN dans ce même milieu les nouveaux brins formés sont ainsi dépourvus de thymine (remplacée par la BrdU).

Cette incorporation de BrdU a une conséquence observable si on traite les chromosomes mitotiques par le colorant de Giemsa : les chromatides sont très peu colorées si leur ADN a incorporé la BrdU sur les deux brins ; en revanche elles sont normalement colorées si un seul brin de leur ADN a incorporé de la BrdU.

Des cellules de hamster, cultivées jusque là sur un milieu normal, sont prélevées en tout début d'interphase puis placées dans un milieu de culture où la thymine est remplacée par la BrdU. Au cours d'un des cycles cellulaires suivants, une observation des chromosomes en mitose est réalisée après coloration au Giemsa (voir dessin).



- 1) Schématisez la structure d'une portion de la molécule d'ADN au début de l'expérience (en interphase, avant culture sur BrdU - choisissez arbitrairement une séquence d'une dizaine de paires de bases).

ATAGCTATGCTTTAAA...

TATCGATACGAAATTT...

- 2) A l'aide de schémas, expliquez le devenir de cette molécule dans le milieu de culture contenant la BrdU (vous représenterez la BrdU en rouge), pendant 1 cycle cellulaire jusqu'à la métaphase.

En phase G1, l'ADN est une molécule double brin.

ATAGCTATGCTTTAAA...

TATCGATACGAAATTT...

En phase S, l'ADN Il y a synthèse de 2 nouveaux brins, par complémentarité avec les brins anciens, la BrdU remplaçant la thymidine :

CTTTAAA...

GAAA**BrBrBr**...

ATAGCTATG

TATCGATAC

GAAA**BrBrBr**...

CTTTAAA...

En phase G2, l'ADN a été entièrement dupliqué et il y a 2 molécules identiques qui formeront les chromosomes métaphasiques :

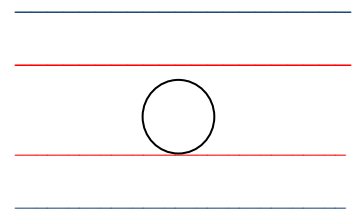
ATAGCTATGCTTTAAA...

BrABrCGABrACGAAA**BrBrBr**...

symbolisation :

BrABrCGABrACGAAA**BrBrBr**...

TATCGATAC CTTTAAA...



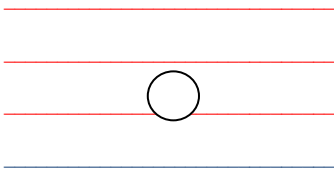
- 3) Indiquez à quel moment précis et au cours de quel cycle cellulaire a été réalisée l'observation traduite par le dessin – Si vos explications doivent s'accompagner de schémas complémentaires, vous pourrez simplifier vos schémas et représenter les brins sous forme de traits ; vous utiliserez la couleur rouge pour les brins à BrdU.

Il faut que les deux brins aient incorporé la BrdU pour que la chromatide soit colorée. Ce n'est pas le cas ici, donc ce n'est pas en métaphase de 1ère mitose que la photo a été prise.

A la fin de la première mitose, les chromatides se séparent et chaque cellule fille est pourvue du même type de chromosome :



En prolongeant la culture sur milieu à BrdU, les deux nouveau brins seront marqués à leur tour et donneront naissance à des chromosomes métaphasiques différents :



L'une des chromatide ayant 2 brins à BrdU apparaîtra colorée et l'autre non.

Ceci est conforme à l'observation, donc la photographie a été réalisée en métaphase à la 2ème mitose.

4) *Immédiatement après la division dessinée ici, les cellules filles sont replacées dans un milieu normal (milieu sans BrdU, à thymine normale). Définissez l'aspect (ou les aspects) prévisibles(s) des chromosomes à la division suivante.*

Les cellules étant placée dans un milieu sans BrdU, les nouveaux brins synthétisés ne comporteront pas de BrdU. Aucune chromatide n'aura ses 2 brins marqué par la BrdU et tous les chromosomes seront normalement colorés.