

11.07 / 20

Epreuve - Matière : 102 - 7063 Session : 2025

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuillet officiel, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Remplir soigneusement le cadre relatif au concours OU à l'examen qui vous concerne.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuillet officiel.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) sur le nombre total de pages que comporte la copie (y compris les pages vierges).
- Placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre de numérotation des pages.

Les chromosomes eucaryotes

Au sein de notre système solaire, la planète Terre a la particularité d'abriter la vie ; elle est la seule planète habitée actuellement connue. Il y existe une très grande biodiversité, qui repose sur la présence d'écosystèmes variés, au sein desquels les êtres vivants (la biocénose) évoluent dans un environnement (le biotope) qui leur est propice.

L'ensemble des êtres vivants présente une très grande diversité, mais également une unité commune dans leur organisation : la cellule, renfermant un matériel génétique, l'ADN, dont la variabilité est à l'origine de la très grande biodiversité à l'échelle des espèces. Ce matériel génétique peut être présent sous forme libre et circulaire (nommé plasmide) dans le cytoplasme des cellules procaryotes, comme les bactéries, par exemple, ou encore en interaction avec d'autres molécules, formant ainsi des

11.07 / 20

chromosomes, situés dans des compartiments (les organites comme les mitochondries, les chloroplastes ou encore le noyau) cytoplasmiques chez les organismes eucaryotes. Les chromosomes constituent ainsi le support de l'information génétique de ces organismes eucaryotes.

Nous nous intéresserons par la suite aux chromosomes situés dans le noyau des cellules eucaryotes, dont la double membrane nucléaire punctuée de pores de petit diamètre, les limite dans ce compartiment et empêche leur présence dans le cytoplasme.

En quoi l'organisation de ces chromosomes au niveau moléculaire assure un patrimoine génétique unique des organismes eucaryotes, à l'origine de leur phénotype, et présent intégralement dans chacune de leurs cellules ?

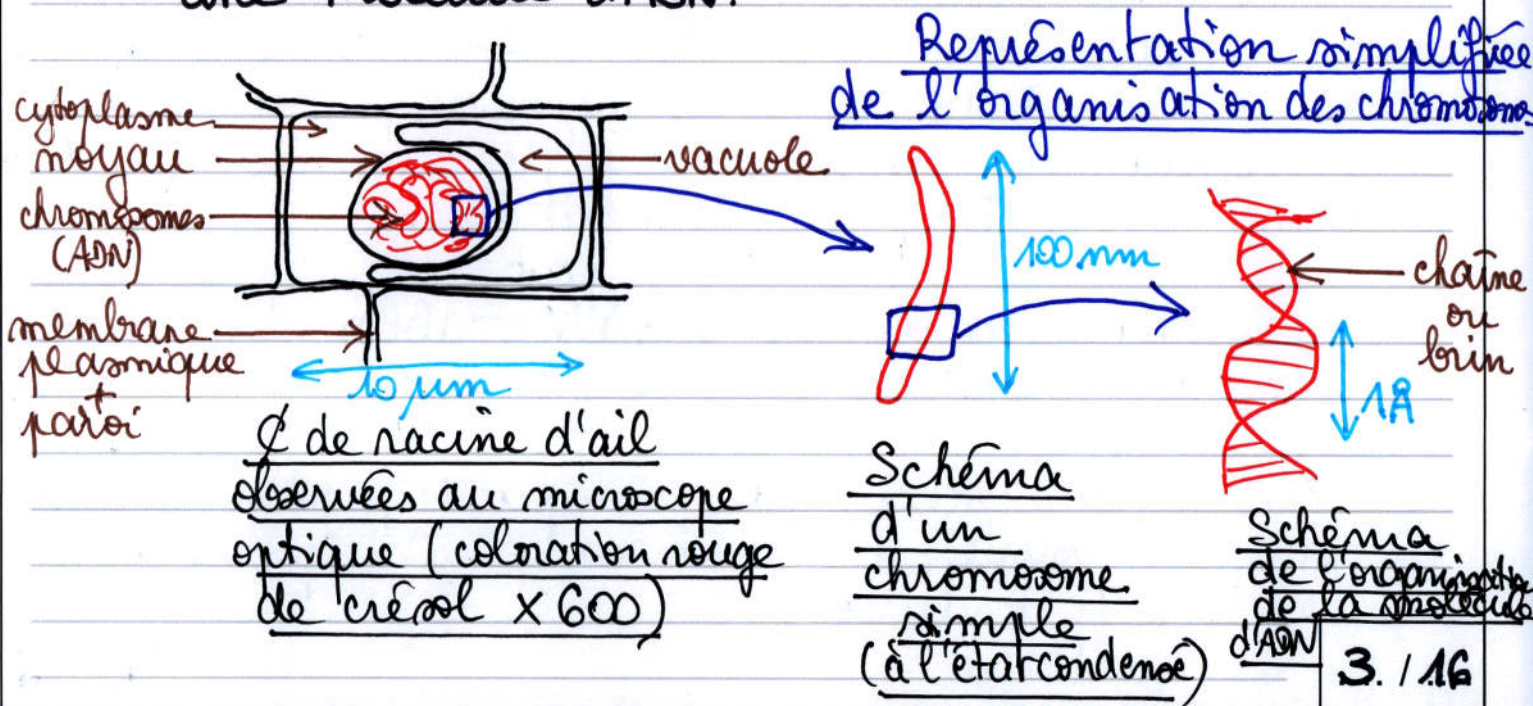
Nous venons ainsi dans une première partie l'organisation particulière de cet assemblage moléculaire, en lien avec leur rôle de support de l'information génétique. La deuxième partie permettra de comprendre comment ces chromosomes peuvent assurer la réalisation du phénotype des individus, dont les cellules renferment toutes le même matériel génétique. Et enfin nous venons en troisième partie en quoi les chromosomes entraînent une biodiversité génétique des organismes eucaryotes.

I. Une organisation moléculaire particulière des chromosomes au sein des cellules eucaryotes

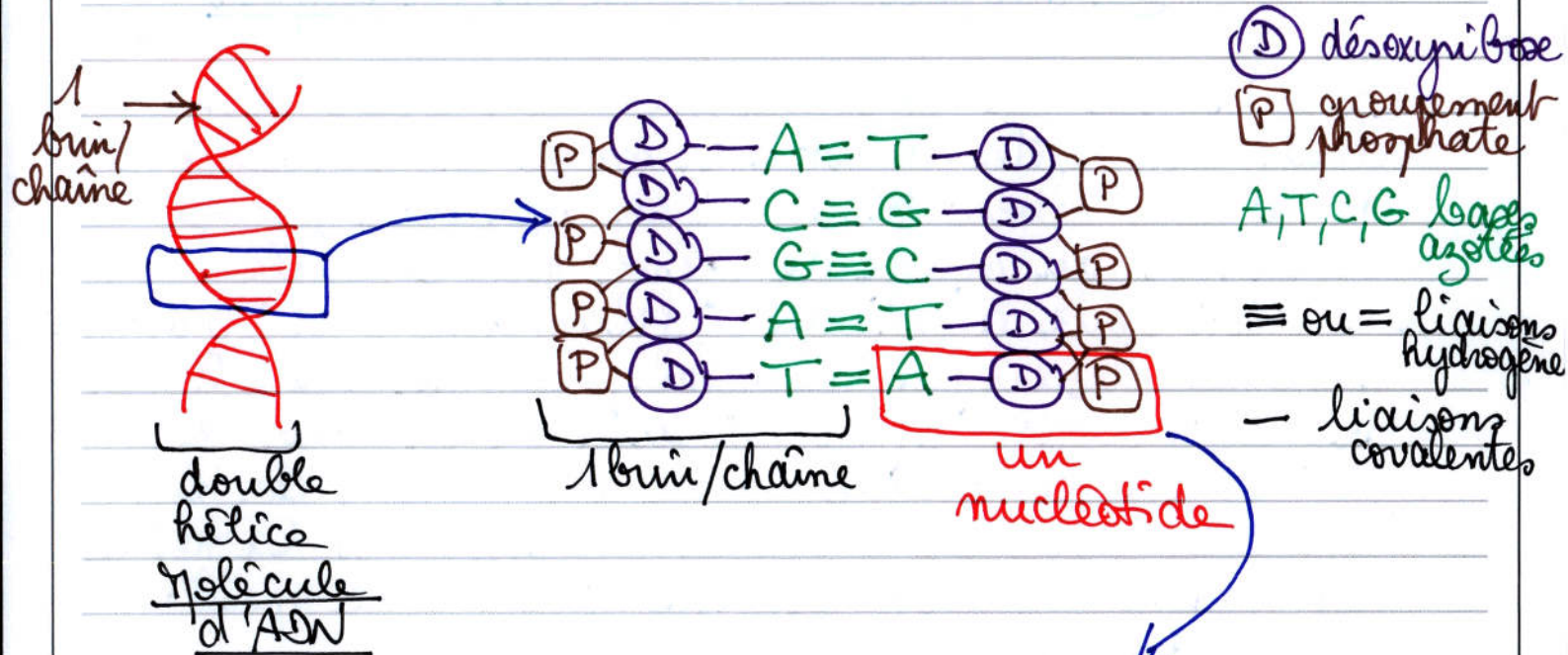
1) Une interaction moléculaire organisée au niveau du noyau des eucaryotes.

La présence des chromosomes au sein des cellules eucaryotes peut être mise en évidence lors d'une observation microscopique, avec coloration au rouge de crésol par exemple. On distingue ainsi des "filaments" ou "pelotes" dans le noyau des cellules, comme les cellules de racine d'ail (au niveau de la zone de ^{elongation} croissance cellulaire, juste au-dessus de la zone subapicale) par exemple, dont la taille est suffisamment grande pour une meilleure observation.

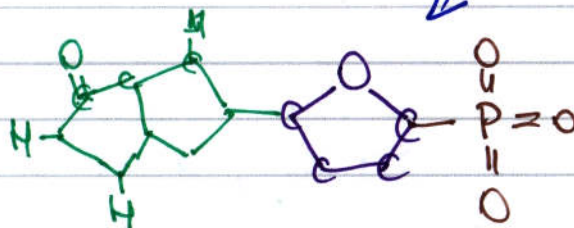
La structure moléculaire des chromosomes repose sur la molécule d'ADN (Acide Désoxyribonucléique), dont l'organisation a été mise en évidence en 1954 par Watson et Crick, grâce à des techniques de diffraction des rayons X. Chaque chromosome est ainsi formé par une molécule d'ADN.



La molécule d'ADN a une structure en double hélice, formée par un assemblage de molécules plus petites, les nucléotides, dont la succession au sein de chaque chaîne est appelée la séquence en nucléotides.



Organisation moléculaire de la molécule d'ADN



La séquence en nucléotides repose ainsi sur l'ordre des nucléotides (dont il existe quatre différents : à adénine, à thymine, à cytosine et à guanine) au niveau de chacun des deux brins de l'ADN, complémentaires.

Chaque molécule d'ADN ^{peut} établir des liaisons avec des protéines appelées histones, autour desquelles elle s'enroule pour former une structure moléculaire, compacte, plus épaisse et plus courte, le chromosome. On parle ainsi de l'ADN condensé à l'état.

11.07 / 20

Epreuve - Matière : 102-7063 Session : 2025

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuillet officiel, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Remplir soigneusement le cadre relatif au concours OU à l'examen qui vous concerne.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuillet officiel.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) sur le nombre total de pages que comporte la copie (y compris les pages vierges).
- Placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre de numérotation des pages.

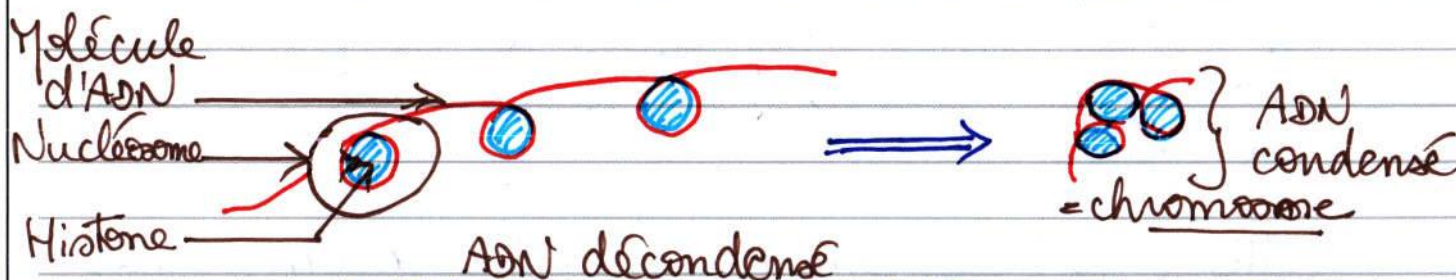


Schéma représentant la condensation de l'ADN lors des divisions cellulaires

La condensation de l'ADN a lieu à certains moments de la vie cellulaire, lors des divisions cellulaires. Les chromosomes peuvent alors être visibles au niveau du cytoplasme de la cellule eucaryote, dont la membrane nucléaire a disparu.

On parle dans ce cas de chromosomes condensés. Certains ne parlent que de "chromosomes" lors de ces périodes courtes du cycle cellulaire ; le reste du cycle, l'ADN y est à l'état décondensé.

Les chromosomes reposent donc sur une organisation moléculaire organisée et complexe, dont la molécule d'ADN en est la base. Chaque chromosome est ainsi formé par une seule molécule d'ADN.

11.07 / 20

mais peut à un moment précis du cycle cellulaire, former une structure double, à deux molécules d'ADN. On parle alors de chromosome à 2 chromatides (chaque molécule d'ADN formant une chromatide), reliées par un centromère par attraction / liaison entre atomes.

Cet état "double" du chromosome est observable dans les cellules en début de division cellulaire et en interfase (vu par la suite dans la seconde partie).

Cette structure moléculaire du chromosome eucaryote est observable dans toutes les cellules eucaryotes (cellules de racines de jacinthe, comme les cellules de l'épithélium buccal de l'Homme par exemple), animales comme végétal. Le chromosome est donc une structure commune, support de l'information génétique. universelle

2) Une structure moléculaire, support de l'information génétique des eucaryotes

La comparaison des chromosomes entre deux organismes reflète des différences au niveau de la séquence en nucléotides de la molécule d'ADN.

Grâce à des techniques de séquençage de l'ADN, on peut ainsi déterminer

la séquence précise de chaque chromosome, ainsi que le nombre de nucléotides formant chacun des chromosomes.

Des logiciels de traitement de ces données permettent alors des comparaisons de séquences (logiciel Anagène ou encore Geniege avec des bases de données de l'information génétique de nombreux organismes). On distingue ainsi des gènes, qui correspondent à des fragments de chromosomes, dont la modification (appelée mutation) peut être à l'origine de modifications de caractères de l'organisme, le phénotype. Les chromosomes ont alors été définis comme un ensemble de gènes, responsables des phénotype des individus.

La comparaison de la séquence en nucléotides de gènes chez des individus d'une même ^{même} espèce a présenté des variations d'une ou plusieurs bases azotées; on parle ainsi d'allèles, qui correspondent aux versions d'un gène donné. Chaque allèle peut être dominant ou récessif.

En observant l'ensemble des chromosomes d'une cellule d'un eucaryote, on peut voir que les chromosomes existent en plusieurs exemplaires (par paires chez l'être humain, ou en 3 exemplaires chez le riz par exemple).

On note ainsi une formule chromosomique pour chaque organisme eucaryote:

$$2n = 46 \text{ pour l'Homme.}$$

chaque
chromosome existe en 2 exemplaires

Celle-ci indique aussi le nombre de chromosomes présent dans chacune des cellules eucaryote. La comparaison du nombre de chromosomes entre différents organismes eucaryotes indique un nombre différent de chromosomes (par exemple 46 soit 23 paires chez l'Homme).

Les chromosomes définissent ainsi la notion d'espèce à l'échelle moléculaire génétique: chaque eucaryote possède un nombre donné de chromosomes, présent en 2 exemplaires (on dit alors que l'organisme est diploïde) ou 3 exemplaires (organisme triploïde), voire davantage (polypléidie).

Un individu possède ainsi un jeu de chromosomes unique, chacun formé par un ensemble de gènes, présents en 2 exemplaires chacun.

Un individu peut ainsi être homozygote pour un gène donné, ou hétérozygote pour ce gène.

Exemple: drosophile (organisme)

→ gène responsable de la longueur des ailes (gène existe en 2 allèles vg^+ et vg)

→ organisme homozygote:

(génotype) $\left(\frac{vg^+}{vg^+}\right)$ ou $\left(\frac{vg}{vg}\right)$

$\neq$ hétérozygote: $\left(\frac{vg^+}{vg}\right)$

Les chromosomes constituent ainsi le support de l'information génétique, à l'origine du phénotype de chaque individu.

11.07 / 20

Epreuve - Matière : 102-7063

Session : 2025

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuillet officiel, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Remplir soigneusement le cadre relatif au concours OU à l'examen qui vous concerne.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuillet officiel.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) sur le nombre total de pages que comporte la copie (y compris les pages vierges).
- Placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre de numérotation des pages.

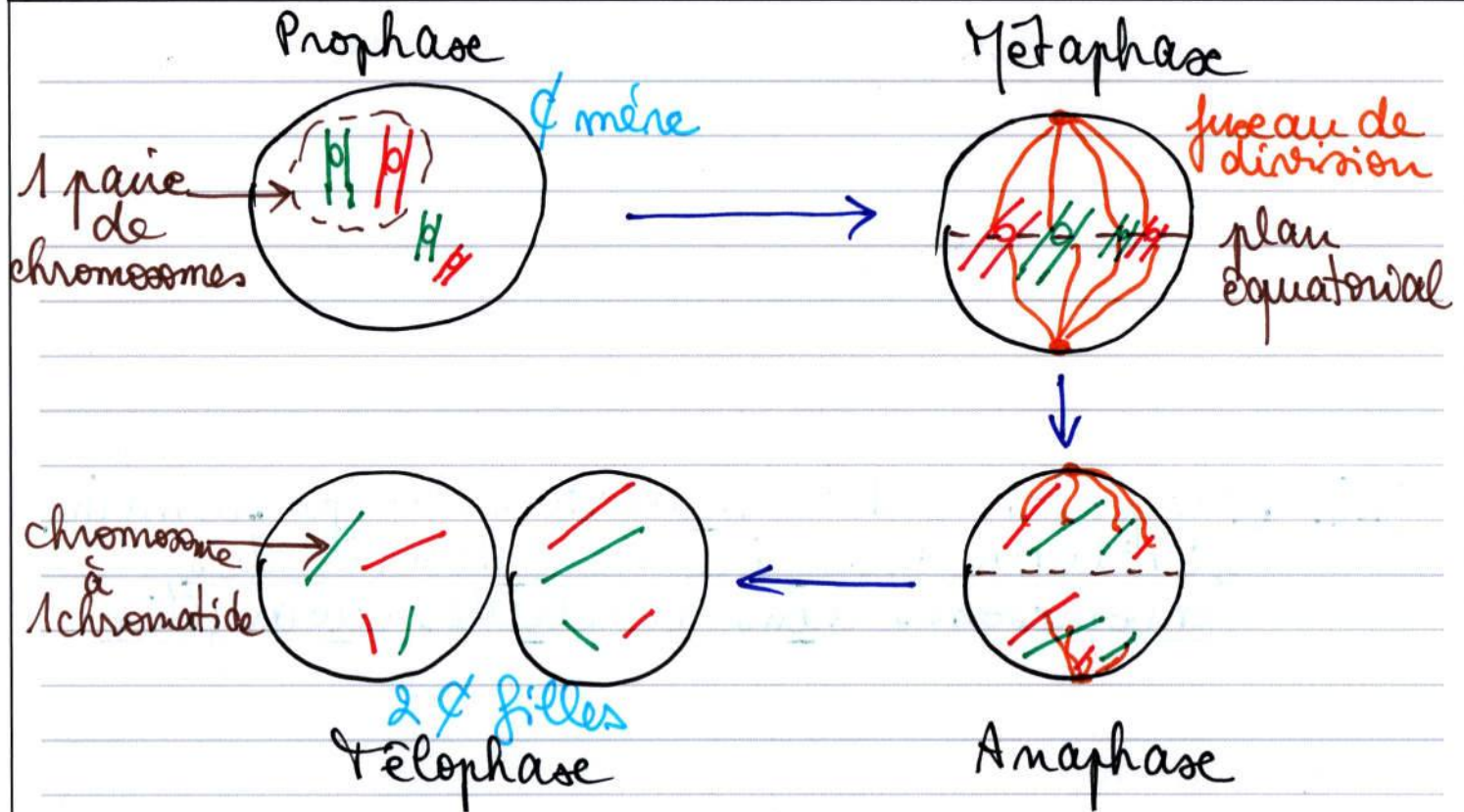
II. L'expression et le maintien du patrimoine génétique : le rôle et le devenir des chromosomes dans les cellules eucaryotes

En comparant les cellules d'un même organisme, on constate qu'elles possèdent toutes le même nombre et les mêmes chromosomes. On parle de caryotype lorsque l'on présente ces chromosomes par paires, et par taille rangés.

Le caryotype des cellules d'un même individu eucaryote est donc identique (exception des cellules germinales...)

Les chromosomes, lors des divisions cellulaires, sont ainsi réorganisés, afin de conserver et transmettre l'information génétique aux cellules filles. Il y a maintien du patrimoine génétique au sein des cellules d'un même organisme eucaryotes :

11.07 / 20



centromère
 origine paternelle
 origine maternelle
 chromosomes doubles à 2 chromatides

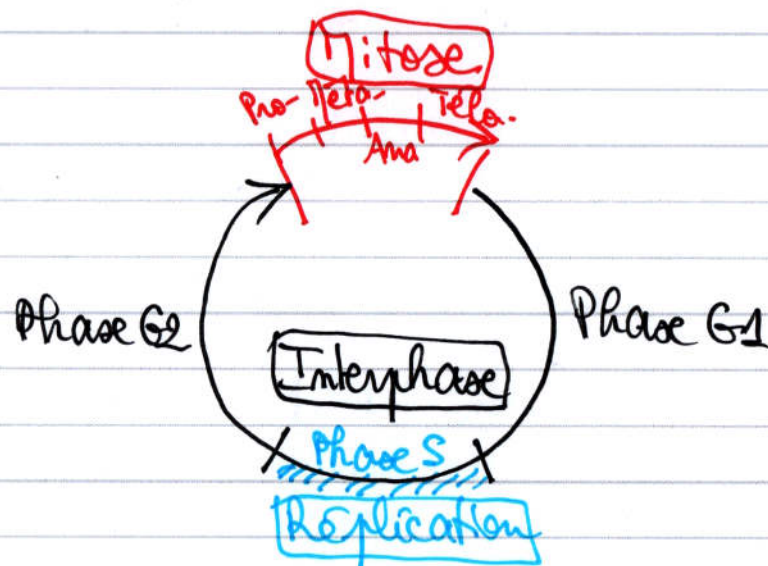
Etapes d'une mitose (division cellulaire) d'une cellule à $2n=4$

Par la répartition des chromosomes (séparation des 2 chromatides de chaque chromosome par rupture de leur centromère en anaphase), le patrimoine génétique est conservé au sein de chacune des cellules filles.

Chaque cellule eucaryote en fin de mitose conserve donc un nombre de chromosome identique à la cellule mère et de toute

cellule de l'organisme, mais possède une quantité d'ADN réduite de moitié (les cellules sont haploïdes et non plus diploïdes).
 $\rightarrow n = 46$ pour l'Homme
 (formule chromosomique)

Les chromosomes sont alors à une seule chromatide. Une étape de répllication semi-conservative va alors avoir lieu au niveau cellulaire:



Le cycle cellulaire

Les scientifiques Meselson et Stahl ont mis en évidence, grâce à des expériences de réplifications successives de cellules bactériennes (sur milieu contenant de l'azote ^{15}N puis ensuite sur un milieu contenant du ^{14}N), que l'ADN était répliqué au cours de l'interphase entre 2 divisions cellulaires successives. Chaque brin d'ADN sert de modèle à une protéine, l'ADN polymérase, pour synthétiser un brin néo-formé. A la fin de la répllication semi-conservative, chaque chromosome est ainsi formé de deux chromatides, formés chacun 11/16.

d'une molécule d'ADN, formée elle-même par un brin matrice et un brin néo-formé. Les chromosomes en fin de phase S du cycle cellulaire, possèdent donc une quantité doublée d'ADN et sont visibles au microscope à l'état "double".

Une nouvelle division cellulaire ou mitose peut alors avoir lieu, permettant ainsi le maintien du nombre de chromosomes (donc du caryotype) au sein de toutes les cellules d'un organisme eucaryote.

Les individus gardent ainsi le même patrimoine génétique tout au long de leur vie, à l'origine de l'ensemble de leurs caractères, que l'on appelle le phénotype.

Les chromosomes et donc l'ADN sont ainsi à l'origine de la formation de molécules, les protéines, responsables du phénotype des individus eucaryotes.

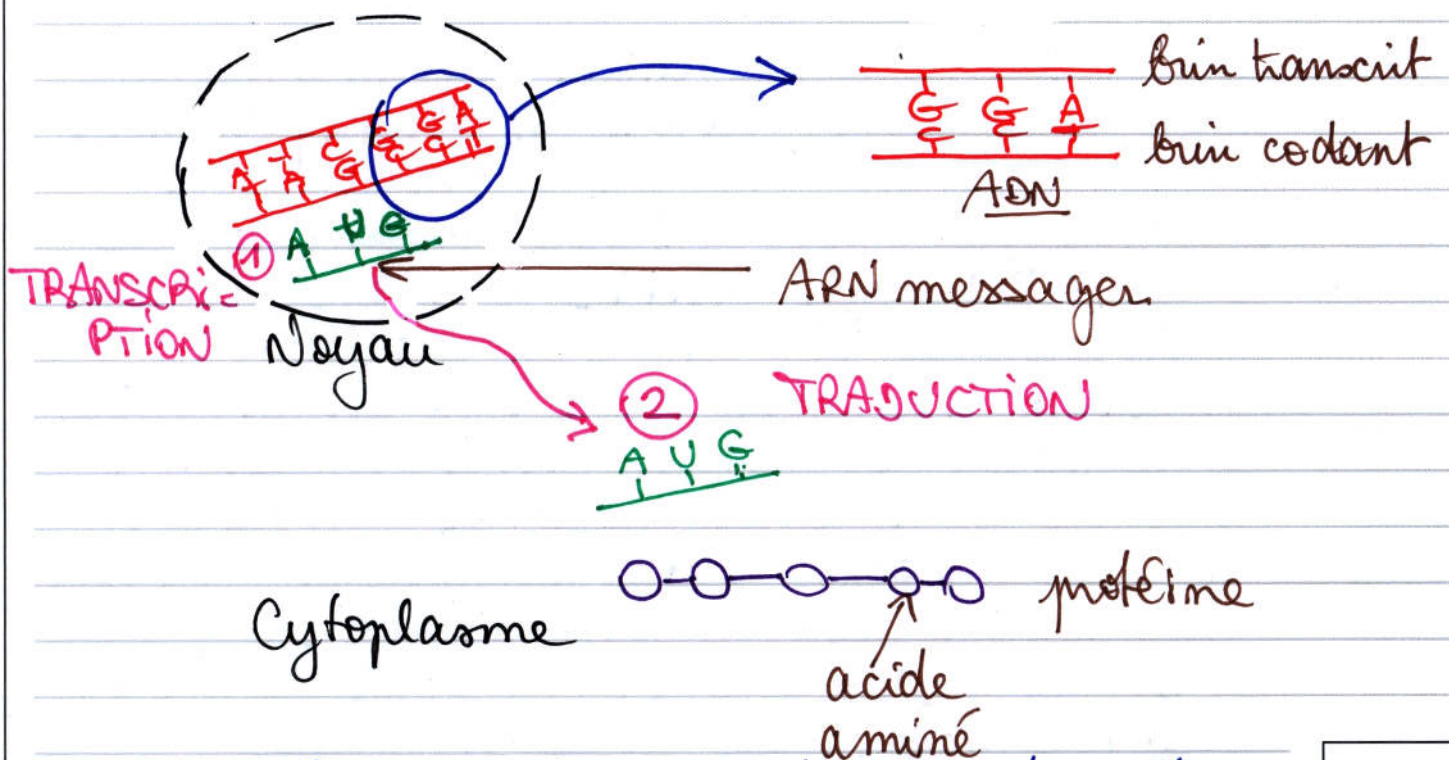


Schéma des étapes de la formation d'une protéine : transcription et traduction

11.07 / 20

Epreuve - Matière : 102 - 7063 Session : 2025

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuillet officiel, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Remplir soigneusement le cadre relatif au concours OU à l'examen qui vous concerne.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuillet officiel.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) sur le nombre total de pages que comporte la copie (y compris les pages vierges).
- Placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre de numérotation des pages.

Les chromosomes sont ainsi transcrits: grâce à une protéine, l'ARN polymérase, l'un des 2 brins de chaque molécule d'ADN de chaque chromosome, le brin transcrit, va servir de modèle pour former par complémentarité des bases azotées, une molécule d'ARN simple brin.

L'ensemble des chromosomes n'est pas transcrit. Il existe en effet des séquences non codantes au début de chaque gène.

Les chromosomes, support de l'information génétique au cours de la vie des cellules, subissent différentes modifications de leur organisation, qui sont transitoires (séparation des 2 brins de la molécule d'ADN lors de la réplication, ou encore rupture du centromère et séparation des 2 chromatides lors de l'anaphase de la mitose), mais nécessaires au maintien du patrimoine génétique dans chaque cellule d'un organisme eucaryote, et permettant l'expression de ce patrimoine à l'échelle de l'organisme, assurant

11.07 / 20

un ensemble de caractères à chaque individu.
Ce phénotype est le témoin de la diversité des organismes eucaryotes.
Cette biodiversité repose ainsi sur la variabilité de l'information génétique chez les eucaryotes.

III. La variabilité des chromosomes, à l'origine de la diversité des eucaryotes

- 1) Variabilités au sein d'individus d'une même espèce :
 - anomalies du nombre de chromosomes (ex. trisomie 21 chez l'Homme) et crossing-over à l'origine d'un brassage de l'information génétique lors de la méiose
 - lors de la fécondation, transmission de la moitié du patrimoine génétique de chaque parent $\Rightarrow$ diversité génétique de la descendance.
Peut entraîner une dérive génétique au sein des populations
 - mutations entraînant de nouvelles allèles
 - crossing-over inégaux entraînant des changements de chromosomes par translocation ou duplication puis transposition $\Rightarrow$ familles multigéniques d'espèces
- 2) Entre organismes différents : transferts

horizontaux (ex: syncytine humaine issue d'un virus)

- 3) Impact de l'Homme: transgénèse, formation d'OGM (organismes génétiquement modifiés), thérapie génique
- 4) Impact de l'environnement: épigénétique

les chromosomes représentent donc, par leur structure moléculaire, le support de l'information génétique. La molécule d'ADN, ainsi que les autres molécules impliquées, est l'organisation de ces chromosomes, commune ^{à l'origine de} chez tous les eucaryotes.

Au cours de la vie des cellules de ces organismes, les chromosomes assurent le maintien du patrimoine génétique unique de chacun, et l'expression de celui-ci, à l'origine d'un ensemble de caractères précis pour chaque individu: ils sont donc responsables de la biodiversité à l'échelle des espèces, par la diversité des gènes et allèles que chaque organisme possède.

Cette variabilité des chromosomes est issue de différentes

