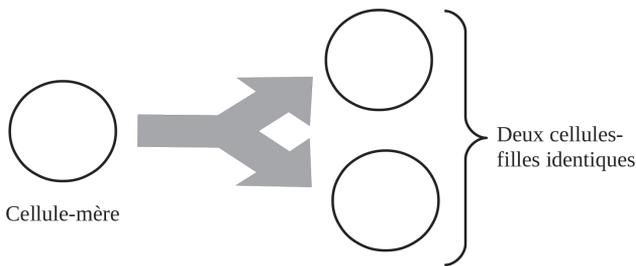


1. Les grands modes de reproduction...

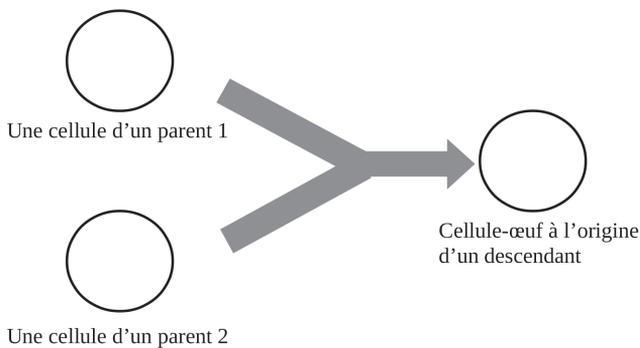
Il existe schématiquement deux grands modes de reproduction des êtres vivants :

- **Reproduction conforme (= asexuée)** : elle assure la multiplication des organismes unicellulaires et elle permet le développement des organismes pluricellulaires à partir d'une cellule-œuf unique. Dans le cadre de cette reproduction, une cellule donne naissance à deux cellules qui lui sont identiques.



Principe général de la reproduction conforme

- **Reproduction sexuée (= biparentale)** : elle permet la reproduction des organismes pluricellulaires. Deux parents, en assurant une fusion de cellules qu'ils produisent, engendrent une cellule-œuf, à l'origine d'un descendant différent de ses parents.

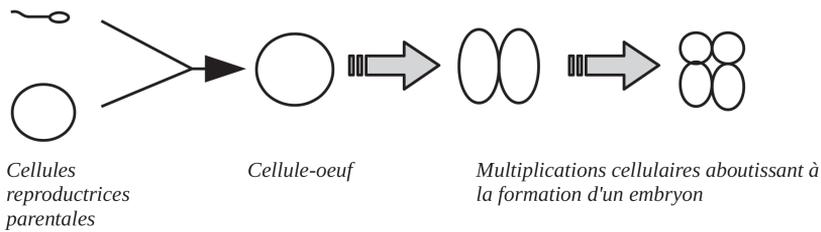


Principe général de la reproduction sexuée

Dans les deux cas, le principe est de transmettre tout ou partie de l'information génétique de l'individu. Dans le cas de la reproduction conforme, c'est la totalité de l'information génétique qui est transmise, les cellules-filles recevant l'intégralité

de l'information génétique de la cellule-mère (ce qui assure la conformité de ce mode de reproduction). Dans la reproduction sexuée, une moitié seulement de l'information génétique de chaque parent est transmise au descendant, ce qui assure une certaine diversité au sein des populations.

Il est notable que, chez les organismes pluricellulaires (par exemple un organisme humain, formé d'un nombre de cellules dont l'ordre de grandeur est voisin de 30 000 milliards, mais qui s'édifie à partir d'une cellule-œuf unique), les deux modes de reproduction se complètent : reproduction sexuée qui permet, à partir de deux parents, de former une cellule-œuf, puis reproduction conforme qui permet la multiplication de cette unique cellule initiale.



Complémentarité des deux modes de reproduction dans l'édification d'un organisme complexe

Dans le cas de la reproduction sexuée, pour conserver le nombre de chromosomes de génération en génération, une étape de réduction du nombre de chromosomes est indispensable. Cette réduction chromatique s'opère lors d'une division se déroulant dans les glandes génitales et aboutissant à la formation des cellules reproductrices. Cette division (ou, plus exactement cette double division, puisqu'il y a deux divisions successives lors de ce phénomène qui sera détaillé au chapitre suivant) qui est la méiose, est précédée d'une étape de copie du matériel héréditaire. Il faut remarquer que les individus nouveaux formés par ces mécanismes seront, à leur tour, capables de fabriquer des cellules reproductrices, l'ensemble formant un cycle, de génération en génération.

Dans le cas de la reproduction conforme, la division cellulaire est une mitose (détaillée, elle aussi dans le chapitre suivant), qui permet de constituer deux cellules identiques l'une à l'autre. Mais, pour que chaque cellule reçoive la même information génétique que la cellule-mère, il est impératif que cette information génétique, là encore, soit doublée.

Encore une fois, il est à noter que les deux cellules-filles formées pourront à leur tour répliquer leur ADN pour ensuite se diviser, l'ensemble constituant un cycle cellulaire.

Dans les deux cas, il apparaît donc qu'il doit se produire une division cellulaire et que cette division doit être précédée d'une étape de copie de l'information génétique.

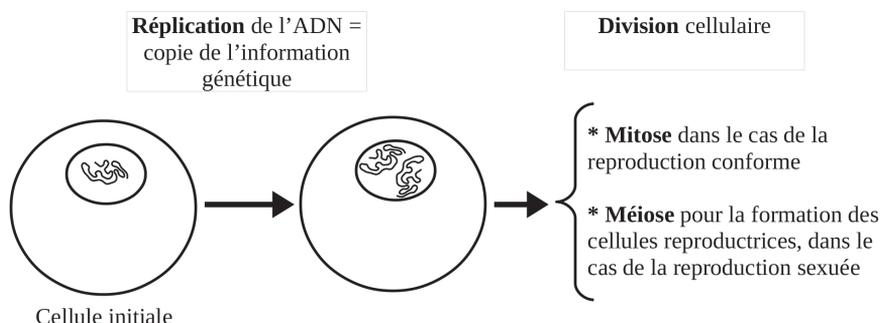
Il faut alors se souvenir que l'information génétique des cellules est portée par une molécule bien particulière, l'ADN (acide désoxyribonucléique). Copier l'information génétique avant toute division revient donc à faire des copies des molécules d'ADN présentes dans les cellules. Ce doublement de la quantité d'ADN, copie de l'information génétique, est la réplication.

Réplication

Mécanisme de copie des molécules d'ADN d'une cellule, préalablement à toute division (mitose ou méiose).

Il peut être noté que les cellules procaryotes (bactéries par exemple), même si elles ne présentent pas de mitose ni de méiose, ont tout de même, pour leur multiplication, des phases de division (par scissiparité) qui sont également précédées d'une réplication des molécules d'ADN.

Le principe général exposé précédemment devient alors :



Complémentarité des phénomènes de réplication et de division dans les cycles de vie

2. La réplication des molécules d'ADN

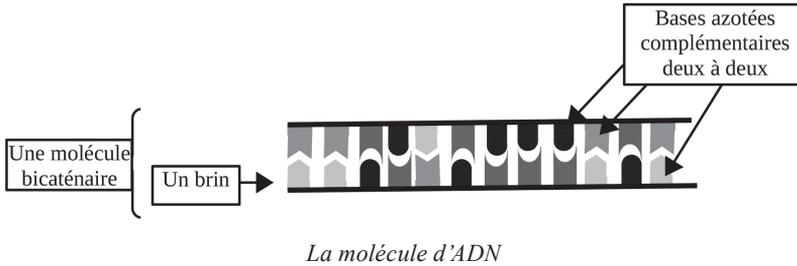
Rappel : la structure de l'ADN

Les molécules d'ADN sont de longs polymères de nucléotides. Ce sont des molécules bicaténaires, c'est-à-dire formées de deux brins complémentaires. La complémentarité entre les brins est assurée par l'association spécifique des bases azotées constitutives des nucléotides. Il existe quatre bases azotées dans l'ADN : Adénine (A), Thymine (T), Cytosine (C) et Guanine (G). Ces bases sont complémentaires deux à deux : A sur un brin s'associe toujours avec T sur le brin complémentaire, et C s'associe toujours avec G. De cette façon, la structure d'un brin détermine de manière absolue la succession des nucléotides du brin complémentaire.

Un nucléotide est constitué d'un sucre à 5 carbones : le désoxyribose, d'un phosphate et d'une base azotée.

Ce sont les molécules d'ADN qui déterminent les caractéristiques héréditaires des organismes. L'ADN contient, de manière codée, les informations nécessaires au développement et au fonctionnement de l'organisme.

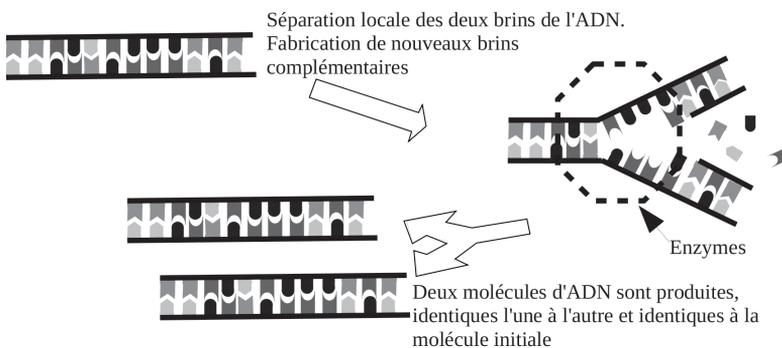
Sur le plan fonctionnel, on peut subdiviser l'ADN en sous-unités qui sont les gènes : un gène code pour un caractère en dirigeant la fabrication d'une protéine (cf. chapitre 3).



Le mécanisme de la réplication de l'ADN

Il s'agit d'un mécanisme de copie des molécules d'ADN (et donc de l'information génétique qu'elles portent), qui s'effectue au sein du noyau, au cours de périodes nommées interphases, entre les périodes de division, et plus particulièrement au cours d'une phase « de synthèse » dite phase « S ».

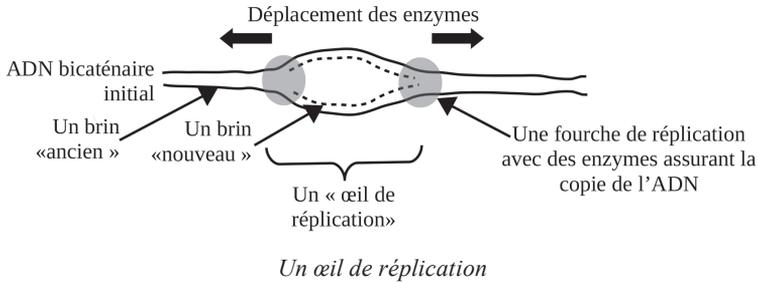
Tout le principe de cette réplication, qui doit impérativement, pour être conforme, conserver l'ordre d'enchaînement des nucléotides de l'ADN, repose sur le fait que l'ADN est constitué de deux brins strictement complémentaires.



Au sein du noyau, au cours de la phase S, des enzymes (ADN-Polymérases) vont se positionner sur l'ADN et écarter les deux brins complémentaires, de manière

progressive, en avançant le long de la molécule. Au fur et à mesure de l'avancée des enzymes, des nucléotides complémentaires aux nucléotides de l'ADN existant sont placés, de manière à constituer deux chaînes complémentaires aux chaînes en cours de séparation.

À partir d'un point d'initiation de la réplication, des enzymes partent dans deux directions opposées en répliquant l'ADN. Des « yeux de réplication » apparaissent.



Suite à cette réplication, les molécules d'ADN formées sont identiques deux à deux. Ces molécules sont constituées d'un brin provenant de la molécule initiale (brin dit « ancien ») et d'un brin nouvellement formé (brin « néoformé »), complémentaire au brin ancien. Autrement dit, chacune des molécules ainsi formées conserve la moitié de la molécule initiale. La réplication est dite « semi-conservative », ainsi que l'a montré l'expérience historique de Meselson et Stahl (1958). À l'issue de ce phénomène, les deux molécules formées, sauf erreur en cours de réplication, sont identiques l'une à l'autre et identiques à la molécule initiale. Il existe donc à présent deux exemplaires identiques de chaque molécule d'ADN.

En réalité, lors de cette réplication, il n'y a pas une, mais plusieurs enzymes qui vont simultanément travailler. Ceci permet d'augmenter considérablement la vitesse de réplication (voir exercice 4, page 17).

3. Chromosomes et caryotypes

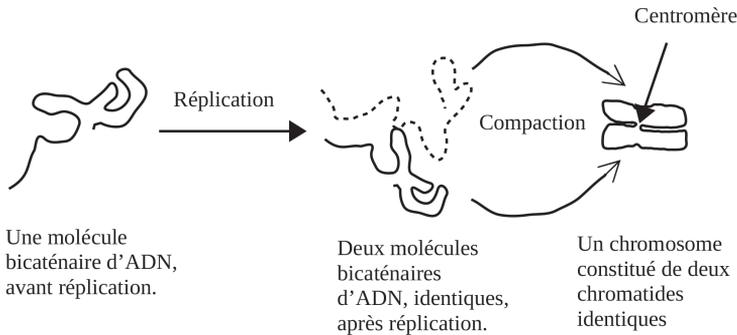
La réplication de l'ADN se déroule avant les divisions cellulaires. Lorsque les cellules se divisent, l'ADN va être compacté, condensé, et cette forme condensée de l'ADN est visible au microscope, sous forme de petits bâtonnets : les chromosomes.

Les chromosomes représentent la forme condensée de l'ADN qui se trouvait dans le noyau sous forme décondensée. Chromosomes et noyau ne sont donc pas simultanément visibles (même si, par abus de langage on parle parfois de chromosomes à propos des molécules d'ADN dans un état interphasique décondensé).

Un chromosome « classique » est bichromatidien, c'est-à-dire constitué de deux chromatides. Chaque chromatide est une molécule bicaténaire d'ADN, associée

à des protéines, ce qui permet la compaction. Ces deux chromatides sont reliées par un centromère. Les deux chromatides d'un même chromosome, sont génétiquement identiques, c'est-à-dire qu'elles sont formées de molécules d'ADN identiques.

Suite à la réplication, les deux molécules d'ADN produites à partir d'une molécule initiale sont restées associées et, à l'entrée en division elles se compactent en restant encore accolées.



La constitution des chromosomes

L'ensemble des chromosomes d'un organisme (c'est le même pour toutes les cellules d'un même organisme, à l'exception des cellules reproductrices) peut être visualisé sous la forme d'un caryotype. Sur un tel document, on ne voit pas les gènes, mais on ne peut observer que le nombre et la forme des chromosomes présents. Le caryotype n'est donc pas spécifique à un individu, mais il est caractéristique d'une espèce.

À partir du caryotype, on peut donner la formule chromosomique caractéristique de l'espèce, c'est-à-dire donner le nombre de chromosomes, en précisant le sexe de l'individu et la ploïdie de la cellule (chromosomes allant ou non par paire).

Dans l'espèce humaine, la formule chromosomique normale est :

$$2n = 46, XY \text{ pour un individu masculin}$$

$$2n = 46, XX \text{ pour un individu féminin}$$

Les chromosomes d'une paire (c'est ce que signifie le « $2n$ » : les chromosomes vont deux par deux) sont semblables morphologiquement, mais pas identiques génétiquement. En un même endroit d'un chromosome on va trouver un gène, et ce gène sera localisé au même endroit sur l'autre chromosome de la paire (la localisation d'un gène sur un chromosome se nomme un locus). Mais, sur le locus considéré, il est tout à fait possible de trouver un allèle sur l'un des homologues et un autre allèle du même gène sur l'autre homologue.

Les deux chromatides d'un chromosome sont identiques, mais les deux chromosomes d'une paire ne sont qu'homologues.

Un caryotype permet de découvrir des anomalies chromosomiques, de nombre (aneuploïdies : trisomies, monosomies...) ou de structure (perte de morceaux de chromosomes, translocations de morceaux de chromosomes sur d'autres...).

4. Réplication et mutations

La réplication, du fait de la stricte complémentarité entre les bases azotées, est un mécanisme « Haute-Fidélité ». Il arrive toutefois que des erreurs de copies soient commises. Il s'ensuit une modification de la séquence des nucléotides de l'ADN : substitution, délétion ou insertion.

Ces modifications brutales, aléatoires du patrimoine héréditaire sont à l'origine d'une diversité allélique. Tous les allèles d'un gène se sont formés par des mécanismes de mutation.

Toutefois, si les mutations génèrent de nouveaux allèles, elles ne provoquent pas nécessairement l'apparition d'un caractère nouveau.

Les conséquences des mutations, très variables, seront abordées à la suite de l'étude de la synthèse protéique (chapitre 3).

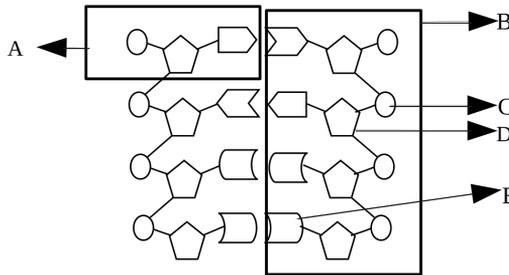
Énoncés des exercices

* Exercice 1 – Q.C.M.

🕒 15 min

Parmi les propositions suivantes, retrouvez l'(les) affirmation(s) correcte(s).

1. La réplication de l'ADN au cours du cycle cellulaire :
 - a. est conservatrice.
 - b. se déroule au cours de la phase G2 de l'interphase.
 - c. est assurée par des ADN-polymérases.
 - d. se déroule au cours de la phase S de la mitose.
2. Dans le schéma ci-après :



La molécule d'ADN

- a. A est un nucléon.
 - b. C est l'acide phosphorique.
 - c. E est le désoxyribose.
 - d. C est le désoxyribose.
3. Soit le brin d'ADN suivant :
 ---AATCCTAGGTGTCAGCGTCAA---
 Le brin complémentaire du brin donné ici est :
 - a. ---AATCCTAGGTGTCAGCGTCAA---
 - b. ---AACTGCGACTGTGGATCCTAA---
 - c. ---TTAGGATCCACAGTCGCAGTT---
 - d. ---CCGAAGCTTGTGACTATGACC----
 4. On cultive des bactéries dans un milieu de culture contenant uniquement de l'azote lourd « 15 N ». D'autres bactéries sont cultivées dans un milieu normal, c'est-à-dire contenant de l'azote ordinaire « 14 N » ou azote léger.