

La vie, l'organisation du vivant : transmission, variation et expression du patrimoine génétique

I. Les divisions des cellules eucaryotes

1. Le cycle cellulaire

Chaque cellule d'un organisme possède une copie de l'information génétique¹⁷. Comment cette information génétique est-elle transmise au cours des divisions cellulaires ?

a) Les chromosomes sont des structures permanentes de la cellule

 A1D1 Relation entre chromosome, chromatide et ADN

Un chromosome est constitué d'une seule chromatide (chromosome simple) ou de deux chromatides (chromosome double ou dupliqué). Une chromatide est une molécule d'ADN plus ou moins "enroulée" sur elle-même, associée à des protéines.

Les chromosomes existent en permanence dans la cellule ; cependant, ce n'est que lorsque les molécules d'ADN sont **condensées** (donc pendant une division) que les chromosomes sont visibles au microscope optique ; le reste du temps, ils forment la **chromatine** à l'intérieur du noyau.

C'est pourquoi l'ADN, les chromosomes et le noyau peuvent être colorés avec les mêmes produits.

b) Réplication de l'ADN et division cellulaire sont indissociables

Les cellules filles produites par une mitose ont la même quantité d'ADN que la cellule mère. La quantité d'ADN de la cellule mère est donc doublée *avant* d'être équitablement répartie dans les cellules filles (pendant la division). Une division cellulaire est donc obligatoirement *précédée* par une phase de synthèse d'ADN (**phase S** ou **réplication**).

L'ensemble des deux phénomènes (réplication, division) constitue le **cycle cellulaire** : une **interphase** puis une division.

La plupart des cellules *ne se divisent pas* : elles restent en phase G1 de l'interphase. Certaines cellules (êtres vivants unicellulaires ou cellules souches des multicellulaires), à certains moments, entrent en division : elles passent alors de la phase G1 à la phase S, puis à la phase G2, puis se divisent (mitose ou première division de méiose).

G1, G2 : pour « gap » ou « intervalle »

2. La mitose, une « reproduction conforme »

La mitose est un phénomène commun à toutes les cellules eucaryotes (végétaux, animaux et champignons). Elle intervient au cours de la multiplication des cellules, lors de la croissance et du renouvellement des tissus chez les multicellulaires.

 A1D2 La mitose, une reproduction conforme (de la cellule et de l'information génétique)

La mitose répartit les molécules d'ADN (après réplication) de la cellule mère entre deux cellules filles. On distingue arbitrairement 4 phases caractérisées par les déplacements et les modifications de la structure des chromosomes :

¹⁷ NB : on ne dit pas "programme" génétique mais "information" génétique (ou "patrimoine" génétique).

- **La prophase** : l'ADN des chromosomes se condense pendant que l'enveloppe nucléaire se désagrége. Les chromosomes deviennent de plus en plus courts et épais jusqu'à devenir visibles au microscope optique. Ils possèdent chacun 2 chromatides (chromosomes doubles ou dupliqués).
- **La métaphase** : condensation maximale de l'ADN, les chromosomes sont réunis sur le plan de l'équateur¹⁸ de la cellule ;
- **L'anaphase** : les deux chromatides de chaque chromosome se séparent et migrent vers les pôles opposés de la cellule, tractés par les fibres du fuseau ;
- **La télophase** : les chromosomes (simples, à une seule chromatide) se décondensent et l'enveloppe du noyau se reconstitue dans chaque cellule fille.

Les deux cellules filles s'individualisent par la formation d'une nouvelle paroi (cellules végétales) ou un étranglement de la membrane (cellules animales). Elles sont à nouveau en interphase.

Chaque cellule fille contient donc une copie de chaque molécule d'ADN de la cellule mère : d'un point de vue génétique, les deux cellules filles sont identiques entre-elles et à la cellule mère.

➔ *La mitose maintient le caryotype propre à l'espèce (nombre, taille et forme des chromosomes) : c'est une « reproduction » conforme de la cellule qui aboutit à la formation de clones.*

3. La méiose, une « réduction chromatique »

 A1D3 La méiose, une production de gamètes

La méiose est une succession de deux divisions cellulaires qui aboutit à la formation des cellules reproductrices (ou gamètes ou cellules germinales).

Quatre cellules filles sont donc formées au cours des deux divisions qu'on divise chacune arbitrairement en quatre étapes : prophase I, métaphase I, anaphase I, télophase I puis prophase II, métaphase II, anaphase II, télophase II.

a) Première division de méiose (division « réductionnelle »)

- prophase I :
 - phase très longue (jusqu'à 90 % de la durée totale de la méiose)
 - condensation de l'ADN
 - Les chromosomes homologues de chaque paire sont appariés (« bivalents »). On verra (en terminale) que des échanges de fragments de chromatides ont lieu au niveau de ces zones, permettant des « recombinaisons génétiques ».
- métaphase I : les chromosomes se répartissent sur la « plaque équatoriale »
- anaphase I :
 - séparation des chromosomes (doubles) de chaque paire et migration à un pôle de la cellule : la cellule passe de l'état diploïde ($2n$) à l'état haploïde (n)
 - Allongement de la cellule
- télophase I : très courte, la deuxième division débute presque immédiatement.
 - individualisation des 2 cellules filles
 - formation de l'enveloppe nucléaire et décondensation de l'ADN

b) Seconde division de méiose (division « équationnelle »)

- anaphase II
 - Séparation des chromatides de chaque chromosome
 - Migration des chromatides vers les pôles de la cellule

¹⁸ Au cours d'une division, on compare une cellule à une planète et on parle d'équateur et de pôles.

Si elle ressemble à une mitose du point de vue des mouvements chromosomiques, elle est très différente du point de vue génétique :

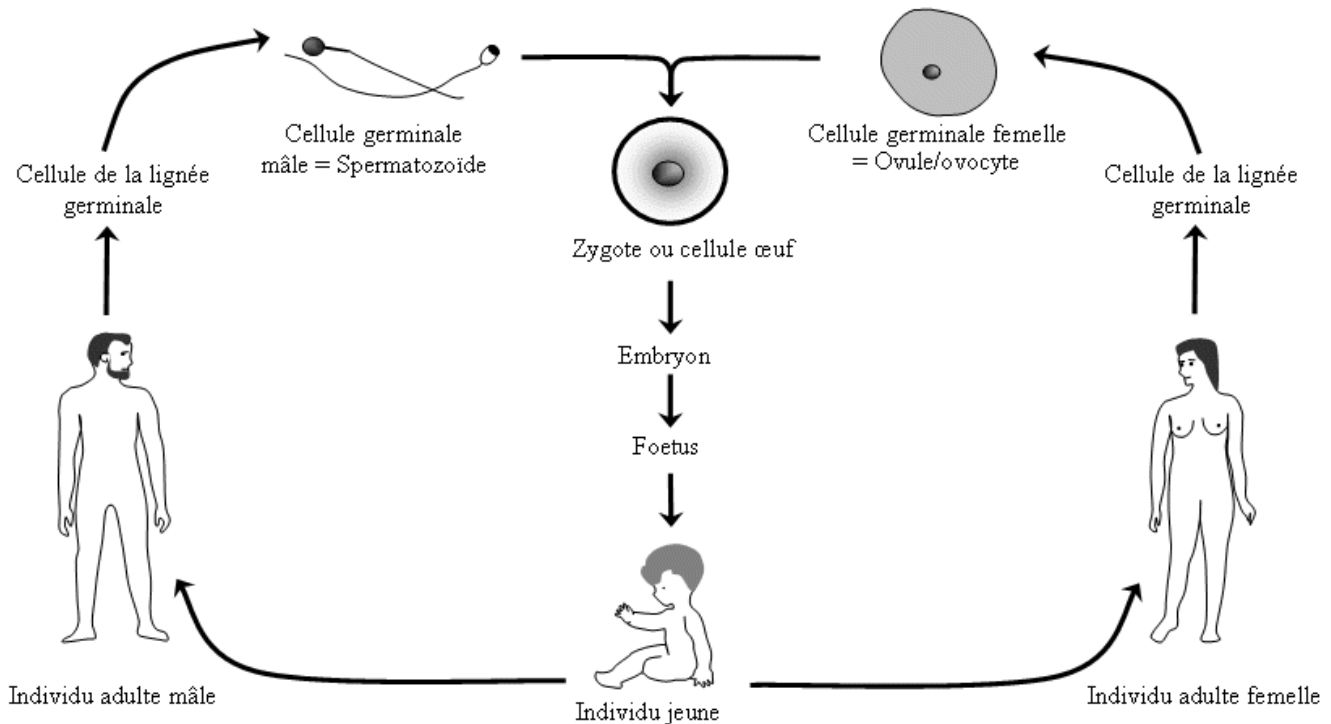
- Chaque cellule fille ne possède plus qu'un seul allèle par gène (cellule haploïde)
- Les cellules-filles ne portent pas la même information génétique

Ce n'est donc pas une reproduction conforme.

➔ *Le méiose, en formant des cellules haploïdes, permet la formation de cellules aptes à la fécondation.*

📖 Le cycle de développement chez l'humain (source inconnue)

Le cycle de développement d'un mammifère, l'Homme.



4. Le fuseau mitotique (et le fuseau méiotique)

📖 A1D4 Le fuseau mitotique (ou méiotique)

Le **fuseau** est un ensemble de fibres protéiques se mettant en place avant une division, et se défaisant après. C'est le raccourcissement des fibres reliées aux centromères qui est à l'origine du mouvement (passif) des chromosomes (à une ou deux chromatides) au cours des divisions cellulaires.

Après les division cellulaires, les protéines des fibres sont recyclées par la cellule.