

# Transmission, variation et expression du patrimoine génétique

---

Les êtres vivants sont constitués de cellules qui contiennent chacune un **programme génétique** sous forme de molécules d'ADN réparties dans des **chromosomes**. Ce programme est **transmis** dans toutes les cellules d'un nouvel organisme en construction mais aussi de génération en génération.

Le programme génétique est un ensemble cohérent d'informations exécutables qui contrôle en grande partie les caractères des cellules et permet à chaque organisme d'acquérir les **caractères héréditaires** de son espèce ainsi qu'une partie de ses caractères individuels propres.

Nous allons décrire la manière dont les cellules **transmettent** leur programme génétique lors de la construction de l'organisme mais aussi lors de la reproduction qui donne naissance à une nouvelle génération. Nous étudierons ensuite la manière dont le programme génétique peut **se diversifier** et permettre une grande variété de caractères individuels. Enfin, nous verrons comment le programme génétique d'une cellule **contrôle** ses caractères.

## Chapitre 1 - Les divisions cellulaires des eucaryotes

### 1. L'équipement chromosomique de nos cellules

Le programme génétique d'une cellule se présente sous la forme de **chromosomes**. Les chromosomes sont constitués de **chromatine**, un édifice supramoléculaire constitué de **molécules d'ADN** (acide désoxyribo-nucléique) associées à des protéines, les **histones**.

Le plus souvent, on ne peut distinguer les chromosomes au microscope parce que la chromatine est **décondensée** (déroulée). Les différents chromosomes sont donc décondensés et enchevêtrés dans le noyau. Au début de chaque division, la chromatine se condense et chaque chromosome devient visible. Il devient possible de détailler **l'équipement chromosomique** de la cellule.

Les chromosomes sont de tailles différentes : ils contiennent différentes parties du programme génétique. Dans le cas de l'Homme, on distingue **23 tailles de chromosomes**, mais ce nombre de tailles varie selon les espèces. Le nombre de tailles différentes, noté  $n$ , est propre à chaque espèce.

La plupart des cellules d'un être humain possèdent non pas 23 mais 46 chromosomes. En effet, la plupart de nos cellules contiennent non pas un mais deux chromosomes de chaque taille, appelés **chromosomes homologues**, l'un d'origine maternelle, l'autre d'origine paternelle. Ces cellules possèdent donc deux lots complets de  $n$  chromosomes, elles sont dites **diploïdes**, de formule chromosomique  $2n = 46$ <sup>1</sup>. C'est le cas de la plupart de nos cellules et de la plupart des cellules des organismes complexes.

---

<sup>1</sup> On appelle **pléïdie** le nombre de jeux différents de chromosomes présents dans la cellule.

Mais certaines de nos cellules ne sont pas diploïdes. C'est le cas des gamètes, spermatozoïdes et ovules. Ces cellules possèdent seulement un chromosome de chaque taille donc un seul lot complet de  $n$  chromosomes ; elles sont dites **haploïdes**, de formule chromosomique  $n = 23$ .

Ainsi un organisme eucaryote comme l'Homme est constitué de cellules diploïdes et de cellules haploïdes :

- Les cellules **somatiques** (cellules de l'ensemble du corps à l'exception des cellules reproductrices) sont diploïdes ;
- Les cellules **germinales** (cellules reproductrices) sont diploïdes ou haploïdes.

---

### Résumé :

- L'état haploïde est noté à l'aide du symbole  $n$ . On parle de  $n$  chromosomes pour un état haploïde et de  $2n$  chromosomes pour un état diploïde.
  - Une cellule haploïde possède  $n$  chromosomes c'est-à-dire un seul lot de chromosomes : elle possède un seul exemplaire de chaque chromosome.
  - Une cellule diploïde possède  $2n$  chromosomes c'est-à-dire 2 lots de chromosomes homologues : elle possède des paires de chromosomes homologues.
- 

Selon les cellules et le moment auquel on les observe, les chromosomes peuvent être constitués d'un seul filament ou de deux filaments associés au niveau d'une zone appelée centromère. Ces filaments, ou **chromatides**, comportent chacun 1 molécule d'ADN enroulée associée à des protéines. Ainsi :

- Les chromosomes à une chromatide, **monochromatidiens**, contiennent une seule molécule d'ADN.
- Les chromosomes à deux chromatides, **bichromatidiens**, contiennent chacun deux molécules d'ADN identiques. (les deux chromatides associées sont appelées chromatides sœurs)

Le nombre de chromatides des chromosomes d'une cellule est indépendant de sa ploïdie.

L'équipement chromosomique d'une cellule est représenté par son **caryotype** : une photographie des chromosomes de la cellule rangés par tailles et (éventuellement) assemblés par paires. Toutes les cellules d'un organisme pluricellulaire eucaryote ont le même caryotype à l'exception de certaines cellules reproductrices ; et ce caryotype est héréditaire : tous les individus d'une même espèce ont le même caryotype. Qu'est-ce qui permet le **maintien du caryotype** :

- Dans toutes les cellules d'un même individu ?
- Dans les individus des générations successives ?

## 2. les divisions cellulaires et le maintien du caryotype

Le cycle de vie d'une espèce comme l'Homme implique de nombreuses divisions cellulaires. Chaque division cellulaire fait partie d'une succession d'événements appelée **cycle cellulaire**. Chez les eucaryotes, le cycle cellulaire des cellules de la lignée somatique est constitué d'une **interphase** suivie d'une **mitose ou division cellulaire conforme**.

L'interphase comprend trois étapes, la phase G1, la phase S et la phase G2.

- Pendant la **phase G1**, les chromosomes sont constitués d'une chromatide (une molécule d'ADN).
- Pendant la **phase S**, les chromosomes se dupliquent à l'identique (voir chapitre 2)
- Pendant la **phase G2**, tous les chromosomes sont constitués de deux chromatides identiques (deux molécules d'ADN).

La **mitose** est une division cellulaire précédée d'une interphase pendant laquelle les chromosomes se dupliquent (en phase S de l'interphase). Elle permet de produire à partir d'une cellule somatique initiale diploïde, deux cellules filles diploïdes génétiquement identiques entre elles et à la cellule initiale. La mitose est donc une **reproduction conforme**.

La **méiose** est une succession de deux divisions cellulaires précédée d'une interphase pendant laquelle les chromosomes se dupliquent (en phase S de l'interphase). Elle permet la production des gamètes : à partir d'une cellule germinale initiale diploïde, on obtient quatre cellules germinales haploïdes génétiquement différentes entre elles et différentes de la cellule initiale.

La méiose est donc une **reproduction non conforme**.

Le maintien du caryotype dans toutes les cellules d'un organisme pluricellulaire est assuré par la mitose. En effet, toutes les cellules d'un organisme sont issues de la cellule œuf par des mitoses successives.

Le maintien du caryotype au sein d'une espèce est assuré par la méiose et par la fécondation. En effet, la méiose produit des cellules à  $n$  chromosomes et la fécondation, en fusionnant deux gamètes à  $n$  chromosomes, produit des cellules à  $2n$  chromosomes.

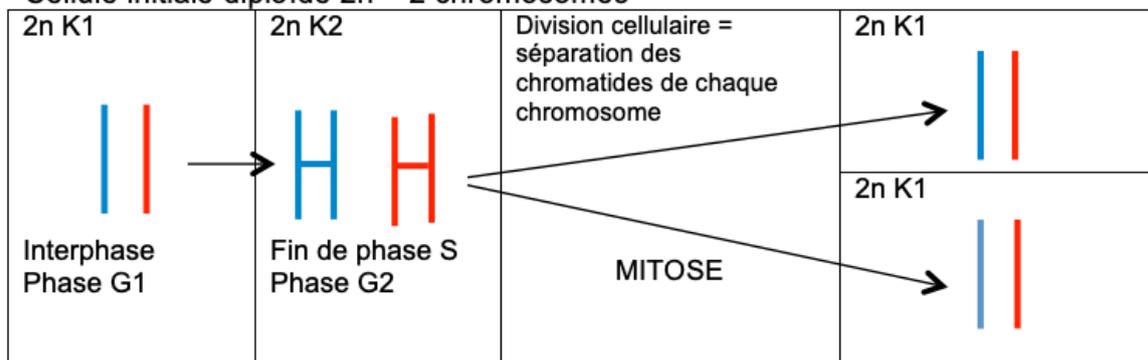
### 3. La répartition des chromosomes lors des divisions cellulaires

#### La mitose

La mitose est une reproduction conforme des cellules.

#### Répartition des chromosomes au cours d'un cycle cellulaire

Cellule initiale diploïde  $2n = 2$  chromosomes



La mitose, se subdivise en 4 phases (prophase, métaphase, anaphase, télophase).

- Au cours de la **prophase**, chaque chromosome est composé de deux chromatides identiques très condensées bien visibles reliées par un **centromère**. L'enveloppe nucléaire disparaît.
- Au cours de la **métaphase**, les centromères, fixés sur les fibres du **fuseau mitotique**, sont alignés au milieu (à l'équateur) de la cellule. Les chromosomes sont groupés dans le plan équatorial du fuseau mitotique.
- Au cours de l'**anaphase**, les centromères se scindent en deux et les deux chromatides de chaque chromosome se séparent. Chacune d'elle migre vers un pôle de la cellule. Ce processus est guidé par le fuseau mitotique. A chaque pôle de la cellule, on obtient deux lots identiques de chromosomes constitués chacun d'une chromatide.

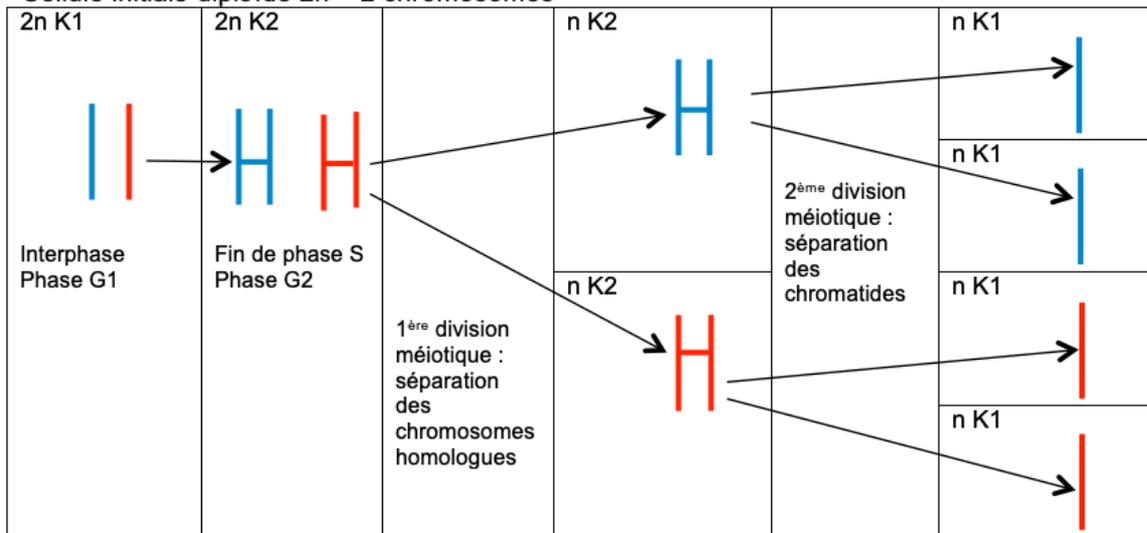
- À la **télophase**, les deux cellules issues de la division se séparent. Elles contiennent les mêmes chromosomes donc le même programme génétique que la cellule initiale

### La méiose

La méiose, succession de deux divisions cellulaires, est une reproduction non conforme des cellules.

#### Evolution du nombre de chromosomes au cours des deux divisions méiotiques

Cellule initiale diploïde  $2n = 2$  chromosomes



K2 : chromosome bichromatidien ; K1 chromosome monochromatidien.

Chaque division méiotique comporte 4 phases (prophase, métaphase, anaphase, télophase).

Seule la 1<sup>ère</sup> division méiotique est précédée d'une interphase avec duplication des chromosomes. La cellule qui entre en méiose est diploïde et possède  $2n$  chromosomes à 2 chromatides.

- Au cours de la **prophase I**, il y a appariement des chromosomes homologues. Chaque paire de chromosomes homologues à deux chromatides est appelée **tétrade** ou **bivalent**.
- Au cours de **l'anaphase I**, les chromosomes homologues de chaque tétrade se séparent, ce qui permet de passer de l'état diploïde à l'état haploïde. La 1<sup>ère</sup> division méiotique est **réductionnelle**.
- On obtient deux cellules haploïdes à  $n$  chromosomes à 2 chromatides.
- La courte **interphase** qui précède la 2<sup>ème</sup> division méiotique est sans duplication des chromosomes. Au cours de **l'anaphase II**, il y a séparation des chromatides de chaque chromosome. La 2<sup>ème</sup> division méiotique est **équationnelle**.

Le fuseau méiotique mis en place au cours des deux divisions méiotiques assure la migration des chromosomes aux pôles opposés de la cellule.

En fin de méiose, on obtient quatre cellules haploïdes à  $n$  chromosomes à 1 chromatide qui seront à l'origine des cellules reproductrices (gamètes).