

## Semaine 1

# Thème 1. La Terre, la vie et l'organisation du vivant

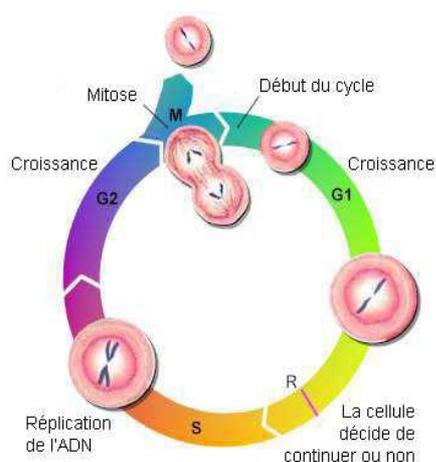
## Sous-Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique

### Chapitre 1 : Les divisions cellulaires des eucaryotes (cycle cellulaire – mitose)

#### I) Le cycle cellulaire : l'interphase

Les cellules eucaryotes (animales et végétales) possèdent la faculté de se diviser. Cette division, appelée mitose, correspond à la division des cellules eucaryotes qui produit deux cellules filles génétiquement identiques entre elles et identiques à la cellule mère. Cette division est qualifiée de reproduction conforme car les deux cellules filles héritent d'une information génétique identique à celle de la cellule mère.

La mitose est **spécifique aux eucaryotes** : les bactéries se divisent par scissiparité et les virus (qui ne sont pas des êtres vivants) parasitent des cellules pour se multiplier.



Le **cycle cellulaire** correspond à la succession des étapes qui sont comprises entre la naissance d'une cellule à partir d'une cellule mère et la fin de sa division en deux cellules filles. Ce cycle se décompose en deux phases :

- l'**interphase** : c'est une phase de préparation à la division cellulaire.
- la **mitose** : c'est-à-dire la phase de division proprement dite.

La durée du cycle cellulaire est très variable d'un type cellulaire à un autre, néanmoins, on peut considérer qu'il dure en moyenne environ 24h.

L'**interphase** correspond à la partie du cycle cellulaire comprise entre deux mitoses. Sa durée représente au moins 90% de la durée du cycle cellulaire. Cette phase se décompose en trois parties :

- la **phase G1** (environ 12 h) (G = Gap ou Growth) : La **phase G1** succède à la mitose. Durant cette période, caractérisée par une **durée variable** (de quelques heures à plusieurs années), la cellule **augmente de taille** et se prépare pour la phase S. Durant cette phase G1, la **synthèse protéique** et lipidique est très intense.

- la **phase S** ou phase de réplication (environ 6h) (S = Synthèse). Durant cette phase, la cellule duplique son ADN.

- la **phase G2** (de 2 à 6 h). Cette phase succède à la phase S. Durant cette période, la cellule se prépare pour la mitose, elle **augmente de taille** (c'est également le cas pour certains organites comme les chloroplastes et les mitochondries). Comme en G1, la **synthèse protéique** est intense.

Une cellule peut cesser, définitivement ou non, de se diviser. Dans certains tissus, certaines cellules peuvent s'arrêter en fin de G1 pendant une période plus ou moins longue (parfois pendant des années. Cette phase de repos est alors nommée **G0**) avant d'entamer parfois de nouveaux cycles de prolifération. Les cellules peuvent regagner le cycle cellulaire suite à la réception d'un signal dit mitogène. Une cellule au repos ayant cette capacité de retour dans le cycle est dite **quiescente**. A l'opposé, une cellule qui perd définitivement sa capacité à réintégrer le cycle cellulaire est dite **post-mitotique** (un neurone par exemple). De manière générale, plus une cellule est différenciée, c'est-à-dire spécialisée pour une fonction donnée et plus ses capacités à se diviser seront faibles. Par exemple, les neurones ou les cellules musculaires sont des cellules post-mitotiques qui ne réalisent plus de division cellulaire. Par contre, les cellules peu ou pas différenciées, comme la cellule œuf ou les cellules embryonnaires, ont un cycle principalement orienté vers une division rapide.

## II) Le cycle cellulaire : la mitose

La **Mitose**, c'est-à-dire la division des cellules eucaryotes qui produit à partir d'une cellule mère, deux cellules filles génétiquement identiques entre elles et identiques à la cellule mère, est un type de division observé dans les organismes et les organes en croissance, mais aussi dans les organes des adultes pour assurer un renouvellement cellulaire.

La mitose est un **phénomène continu et très stéréotypé** qui dure de une à deux heures. Elle se caractérise cytologiquement par **l'apparition de chromosomes visibles** en microscopie optique c'est-à-dire par l'apparition de chromosomes très condensés. Elle est scindée arbitrairement en **4 phases**. A l'issue de ce processus, les deux cellules filles héritent d'un patrimoine génétique identique : elles posséderont donc **les mêmes caryotypes** c'est-à-dire les mêmes structures chromosomiques.

C'est pour cette dernière raison que cette division est considérée comme une **reproduction conforme**.

## A) Déroulement de la mitose au sein d'une cellule animale : Les quatre phases de la mitose sont : (voir schéma à la fin)

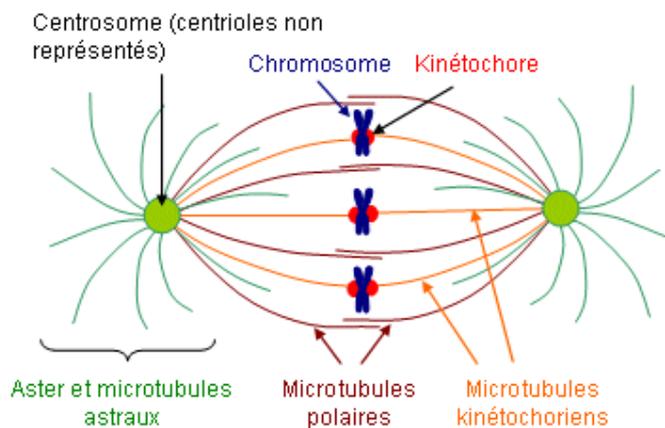
### 1) La prophase

Cette phase dure entre 15 et 60 minutes. Elle est caractérisée par :

- Une **condensation progressive de la chromatine** qui aboutit à une individualisation des chromosomes qui apparaissent sous la forme de bâtonnets. Ces chromosomes sont bichromatidiens depuis la phase S : ils possèdent 2 chromatides reliés au niveau du centromère (donc 2 molécules d'ADN / 4 bras).
- Une **disparition du nucléole**.
- Une **disparition de l'enveloppe nucléaire**.
- Une **mise en place du fuseau de division** composé de microtubules.

La mise en place du fuseau de division s'accompagne d'une migration des centrosomes aux pôles du fuseau de division et de la formation du fuseau. On distingue trois types de fibres au sein du fuseau lors de la mitose :

- les fibres astériennes qui sont associées aux centrosomes. Ces éléments forment l'aster (c'est-à-dire les pôles du fuseau de division).
- les fibres polaires c'est-à-dire les fibres formant le fuseau de division.
- les fibres kinétochoriennes ou fibres chromosomiques c'est-à-dire les fibres qui relient les chromosomes par l'intermédiaire de leurs **kinétochores** (structure protéique assurant le lien entre le centromère et le réseau de microtubules) aux pôles du fuseau de division.



Les 3 types de microtubules du fuseau

### 2) La Métaphase

Durant cette phase, les chromosomes sont condensés au maximum Cette phase très courte (quelques minutes) est caractérisée par le **positionnement des centromères au niveau de l'équateur de la cellule** (ou plan équatorial). Dans ces conditions, les chromosomes forment alors la **plaque équatoriale** ou **plaque métaphasique**. Ce positionnement caractéristique des chromosomes est dû à la traction exercée par les fibres kinétochoriennes.

### 3) L'anaphase

Cette phase débute par le **clivage des centromères**. Les deux lots de chromosomes monochromatidiens ainsi formés migrent chacun vers un pôle du fuseau : c'est l'**ascension polaire**.

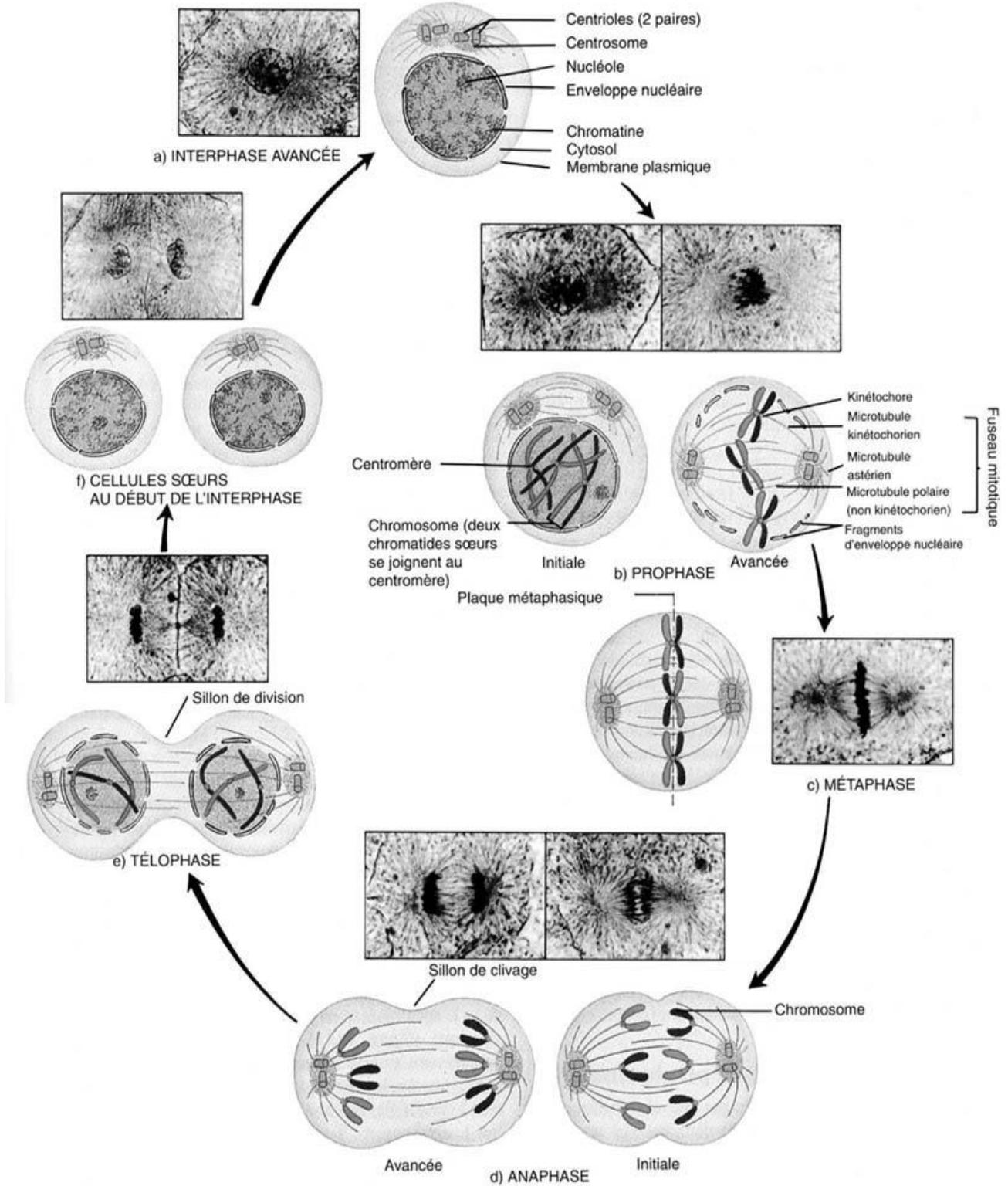
Ce phénomène est dû, notamment, au raccourcissement des fibres kinétochoriennes (et à l'allongement des microtubules polaires qui provoque l'allongement de la cellule et l'éloignement des deux pôles). Ainsi, en quelques minutes (2 ou 3 minutes), le matériel chromosomique est scindé en deux et il est réparti en deux lots équivalents à chacun des pôles de la cellule.

#### 4) La télophase

Cette dernière phase de la mitose est caractérisée par :

- Une **disparition du fuseau de division**.
- Une **apparition des enveloppes nucléaires** qui est associée à une **décondensation des chromosomes** (reformation de la chromatine et du ou des nucléole(s) au sein des 2 noyaux).
- Une séparation du cytoplasme des deux cellules filles : la **cytodiérèse**.

Dans les **cellules animales**, la séparation des cytoplasmes met en jeu un anneau protéique contractile coïncidant avec le plan équatorial du fuseau de division et dont la contraction conduit à l'apparition d'un **sillon de division** qui va séparer les deux cytoplasmes en se creusant de façon centripète (en allant vers le centre).



**La Mitose dans une cellule animale**

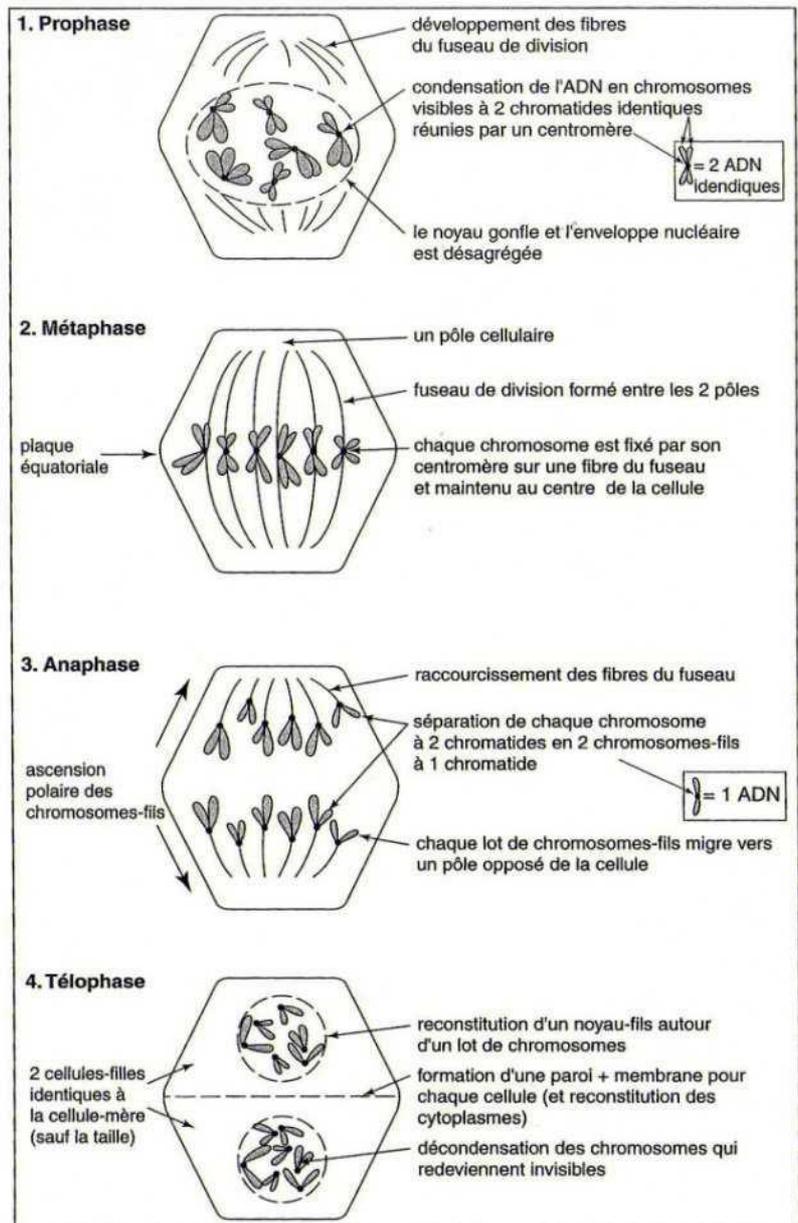
## B) Déroulement de la mitose au sein d'une cellule végétale :

Le processus se déroule globalement de la même façon dans une cellule animale et dans une cellule végétale.

Cependant :

- Il n'y a **pas de centrosome** dans les cellules végétale donc il ne se formera **pas d'aster** (et donc il n'y aura pas de fibres astériennes).

- Lors de la télophase, la **cytotérièse** s'effectue selon des **modalités différentes**. La séparation des cytoplasmes est due à l'apparition d'un **phragmoplaste** c'est-à-dire d'une grande vésicule aplatie qui apparaît dans le plan de séparation des cellules. Cette vésicule provient de la fusion de vésicules golgiennes. La membrane du phragmoplaste deviendra la membrane plasmique des cellules filles et le contenu du phragmoplaste donnera la lamelle moyenne. A l'inverse du sillon de division observé au sein des cellules animales en cours de division, le phragmoplaste se forme et se développe de façon centrifuge (en partant du centre, vers l'extérieur).



## C) Evolution de l'information génétique lors du cycle cellulaire

Les chromosomes sont des **structures permanentes** de la cellule. Cependant, la morphologie des chromosomes, et donc la quantité d'ADN de la cellule, évolue au cours du cycle cellulaire.

Arbitrairement, la **valeur C** désigne la **quantité d'ADN d'un génome haploïde**. Donc chez un **organisme diploïde**, comme l'homme, une **cellule en G1** a une quantité d'ADN égale à

**2C.** Par ailleurs, la valeur arbitraire Q est aussi utilisée pour désigner soit un lot haploïde soit un lot diploïde.

De façon générale,  $Q=2C$  (dans certains concours ou figures, Q peut-être égal à C).

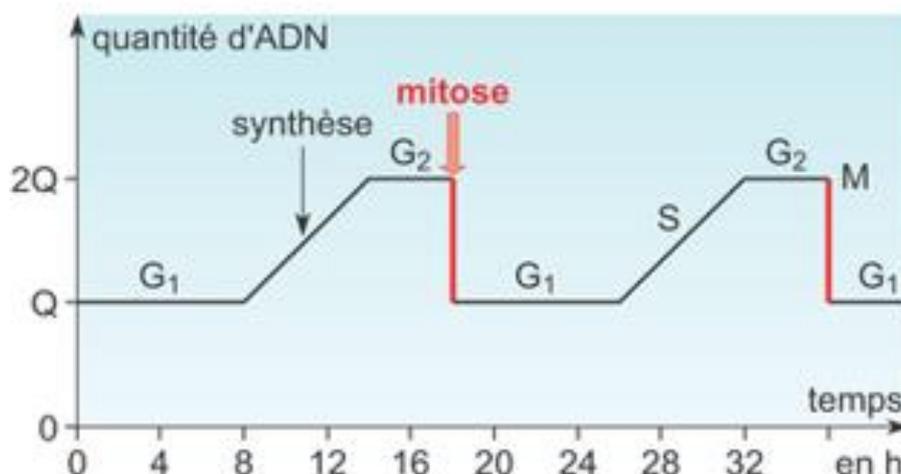
En considérant que  $Q=2C$ , on observe donc durant le cycle cellulaire :

- en G<sub>1</sub> : 2C ou Q avec 2n chromosomes non condensés à 1 chromatide ;
- en phase S : passage progressif de 2C à 4C et donc de Q à 2Q et donc passage progressif de 2n chromosomes non condensés à 1 chromatide à 2n chromosomes non condensés à 2 chromatides ;
- en G<sub>2</sub> : 4C ou 2Q avec 2n chromosomes non condensés à 2 chromatides.

Pour la mitose, la quantité d'ADN par noyau évolue ainsi:

- prophase : 4C ou 2Q avec 2n chromosomes en cours de condensation à 2 chromatides ;
- métaphase : 4C ou 2Q avec 2n chromosomes condensés à 2 chromatides ;
- anaphase : apparition de 2 lots à 2C ou Q : donc chute de la quantité d'ADN au niveau du graphe si l'on ne considère qu'un seul lot de chromosome et apparition de 2 lots de 2n chromosomes condensés à 1 chromatide suite au clivage des centromères ; télophase : 1 lot à 2C ou Q et 1 lot de 2n chromosomes en cours de décondensation à 1 chromatide si l'on ne considère qu'un seul « noyau » .

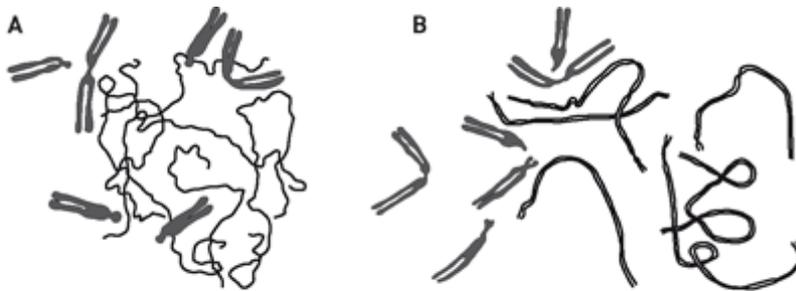
### Variation de la quantité d'ADN au cours du cycle cellulaire



# *Énoncés des exercices non à soumettre en semaine 1*

## **Exercice 1 : Les chromosomes en interphase**

On cherche à préciser la structure du matériel chromosomique au cours de l'interphase. On peut rendre visible son organisation, au cours des phases G1 et G2, en fusionnant des cellules parvenues à ces stades avec des cellules en cours de mitose. Celles-ci induisent une condensation prématurée du matériel chromosomique. Les figures suivantes montrent le résultat de telles fusions entre cellules d'une espèce dont le caryotype est constitué de trois paires de chromosomes homologues.



En vous appuyant sur l'analyse des figures A et B, et en utilisant vos connaissances, déterminez, en explicitant vos arguments, quelle figure représente une phase G1 et quelle figure représente une phase G2.

**Exercice 2 : Légender la figure ci-dessous :**

