

*Biologie - Partie IV - La biodiversité et sa dynamique*

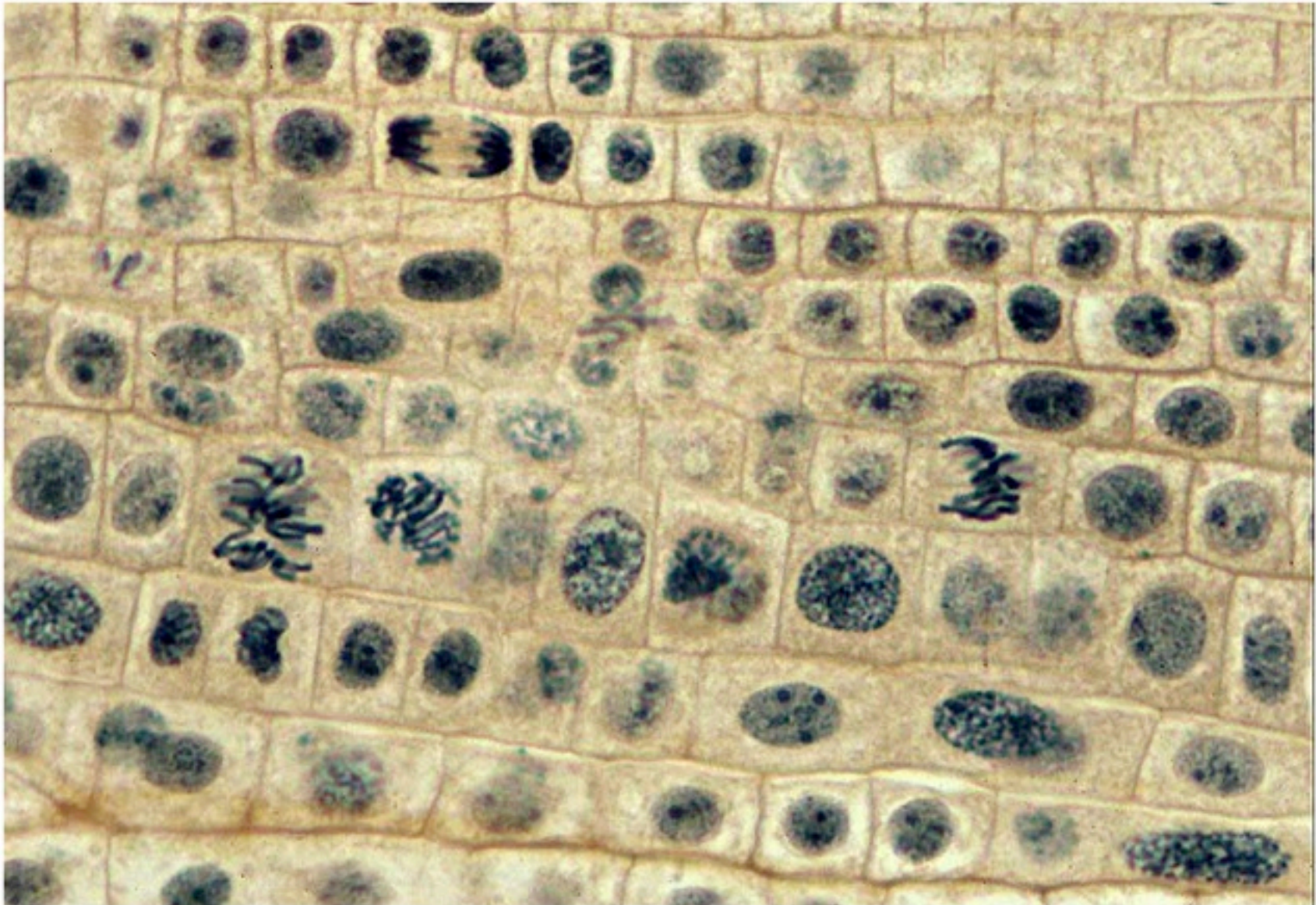
B - Réplication de l'information génétique et mitose

## **Chapitre 2**

# **Cycle cellulaire, mitose et répartition du matériel génétique**

# 1. Les phases du cycle cellulaire

# Une racine en croissance observée au MP



# Observation de cellules en culture

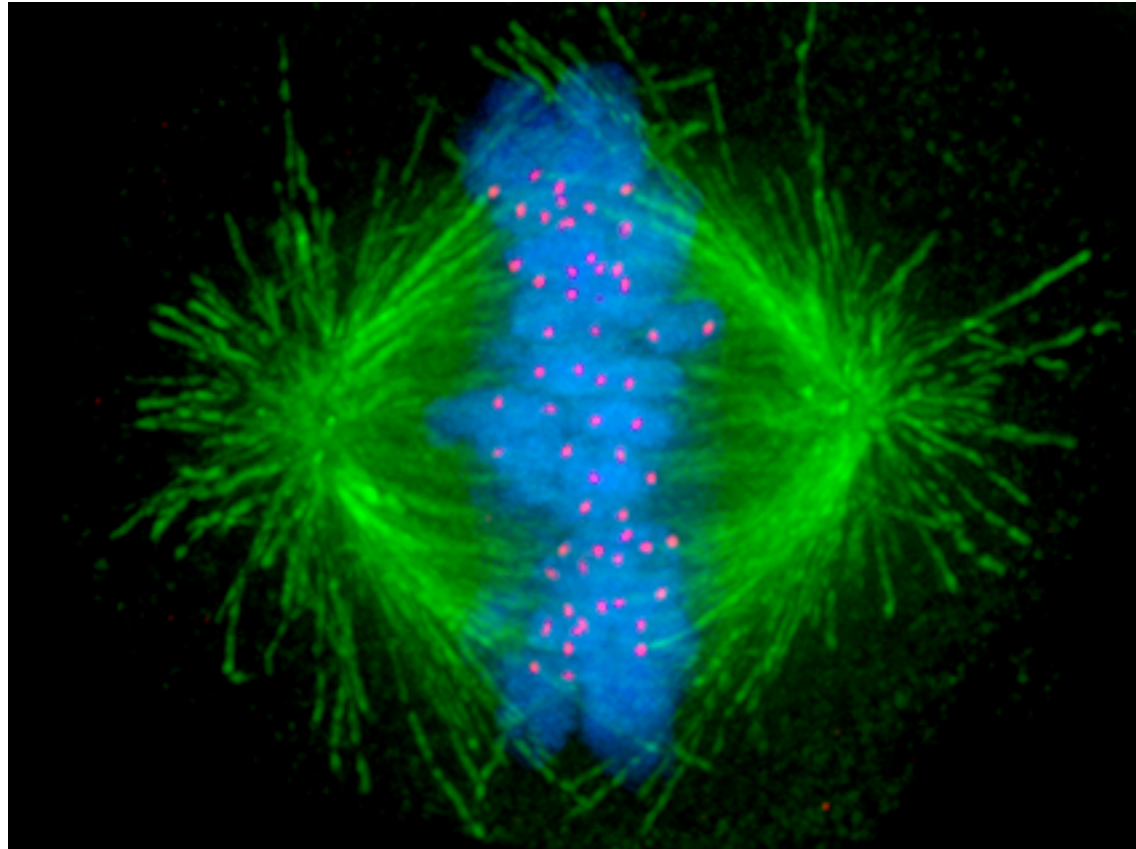
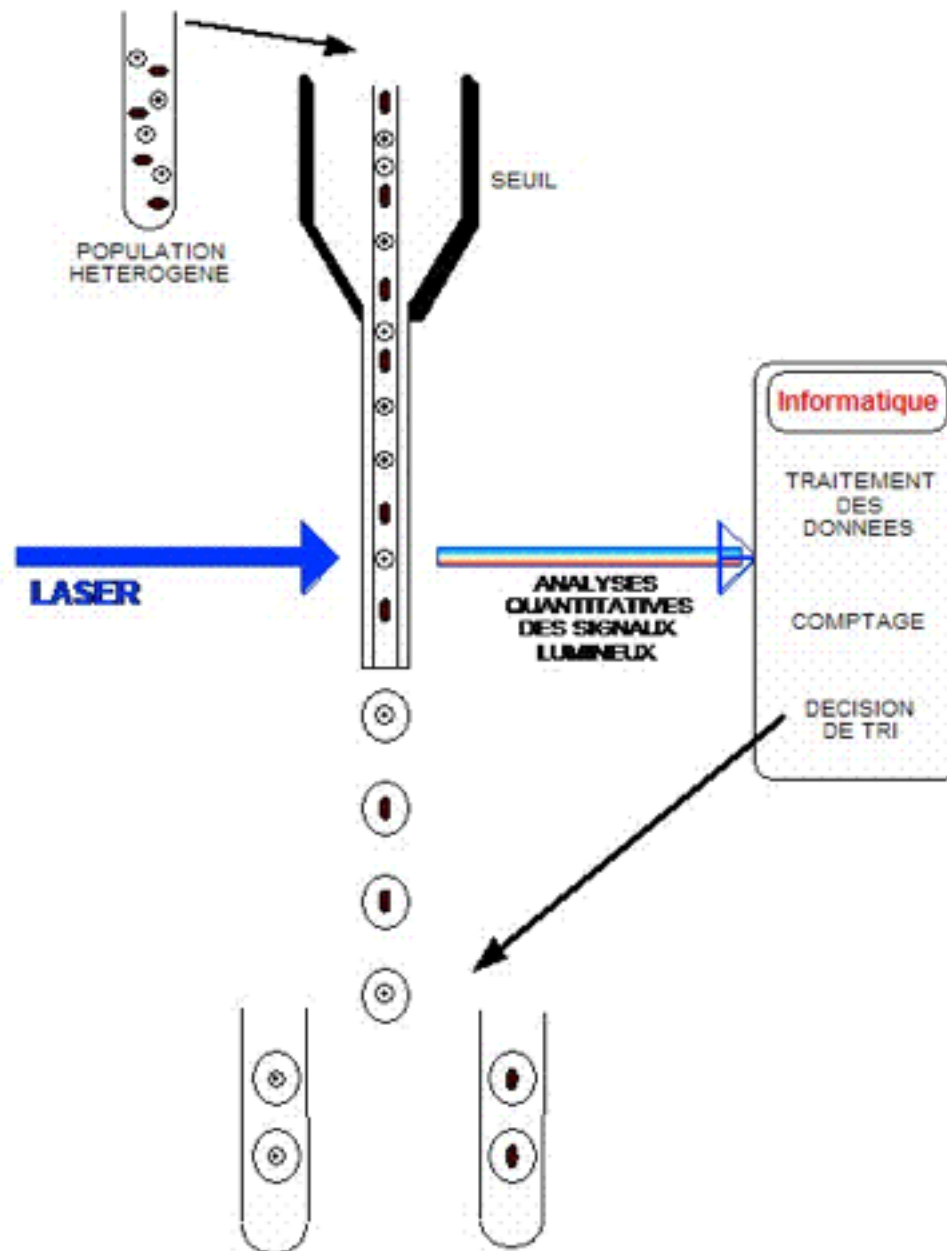


Image d'une cellule humaine avec:  
microtubules en vert, chromosomes (ADN)  
en bleu et kinétochores en rose

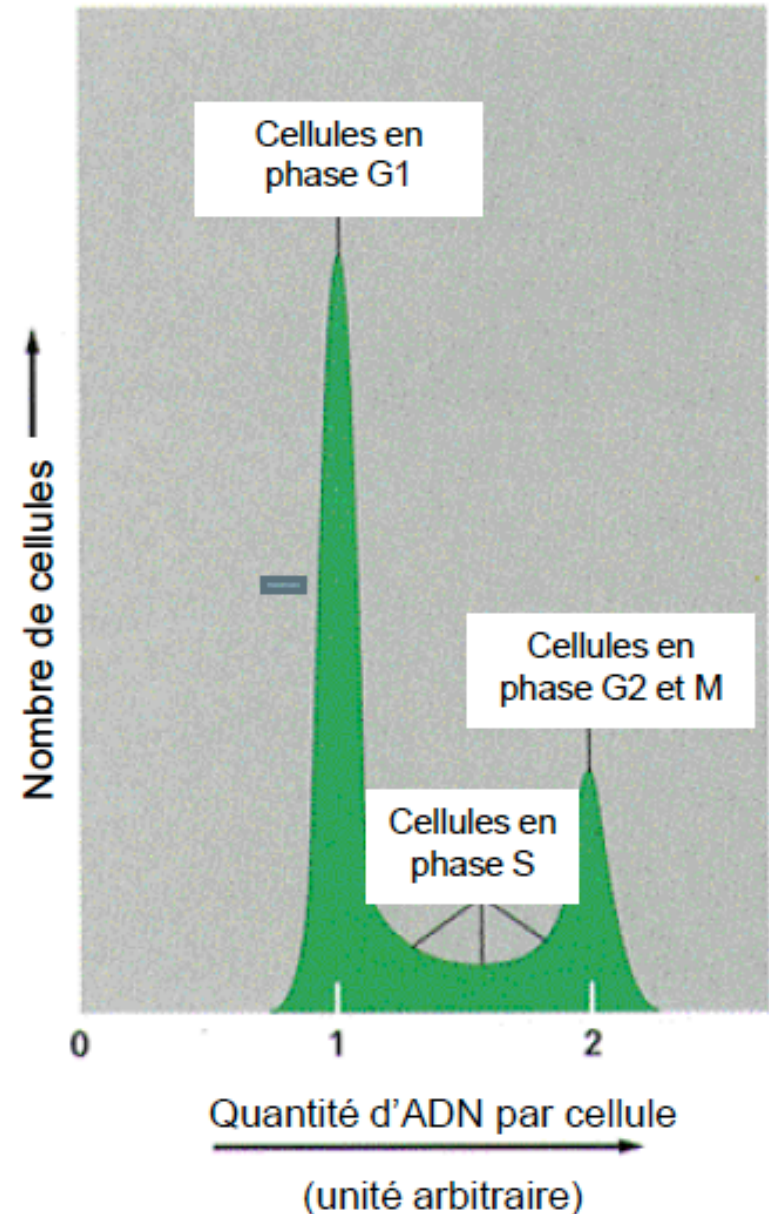
# Un cytomètre de flux



# Le cytomètre de flux

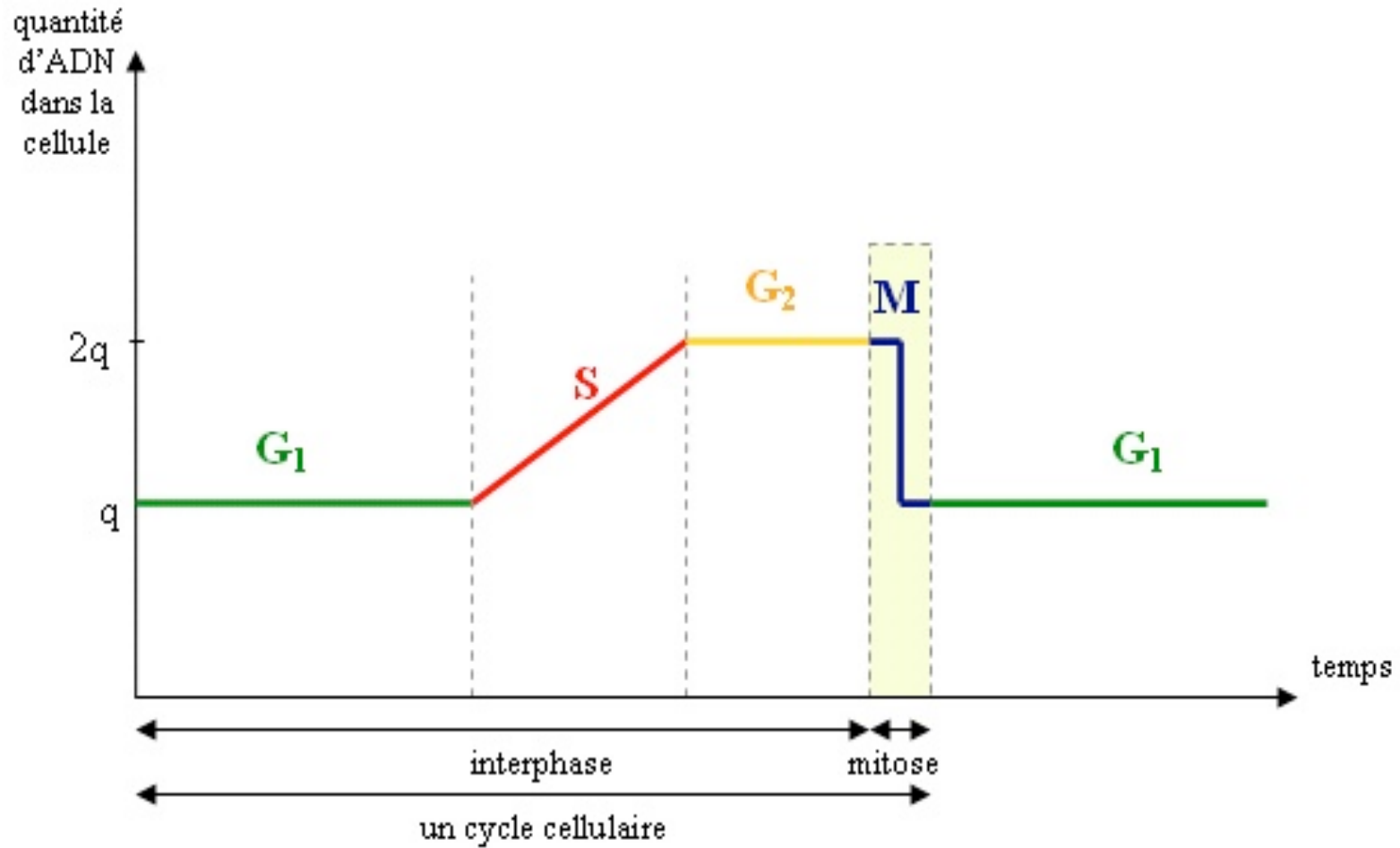
Les cellules sont cultivées en présence d'une molécule fluorescente qui se lie à l'ADN

A l'aide d'un cytomètre en flux, on mesure la fluorescence dans chaque cellule:



Illustrations de  
<http://www.pasteur.fr/recherche/genopole/PF8/equipement.html>  
Et « Molecular Biology of the Cell » Albert et al. Garland Publishing  
Inc.

# Le cycle cellulaire des Eucaryotes



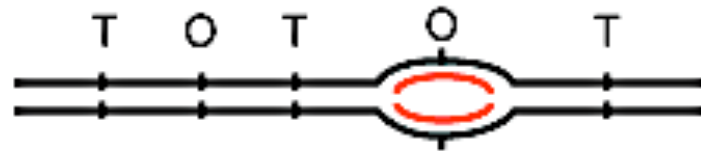
# La réplication des Eucaryotes



	Procaryotes	Eucaryotes
Origine de réplication	une seule : ori	nombreuses (jusqu'à 35 000)
primase	oui	
ADN polymérase	ADN pol III en dimère	ADN pol $\delta + \epsilon$
polymérase remplaçant les amorces + correction	ADN pol I	RNase + ADN pol $\alpha$ ou $\beta$
Ligase	oui	
Toposiomérases	oui	
Protéine stabilisant le simple brin	SSB	RFA
Fragment d'Okazaki	1500 nt	200 nt
Vitesse	1000 à 1500 nt.s <sup>-1</sup>	500 à 800 nt.s <sup>-1</sup>



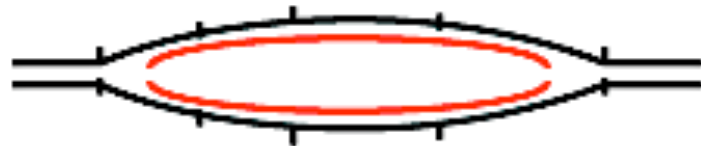
# Plusieurs réplicons chez les Eucaryotes



Formation d'un oeil de réplication



Démarrage de la réplication d'un second réplicon



Fusion des 2 yeux de réplication

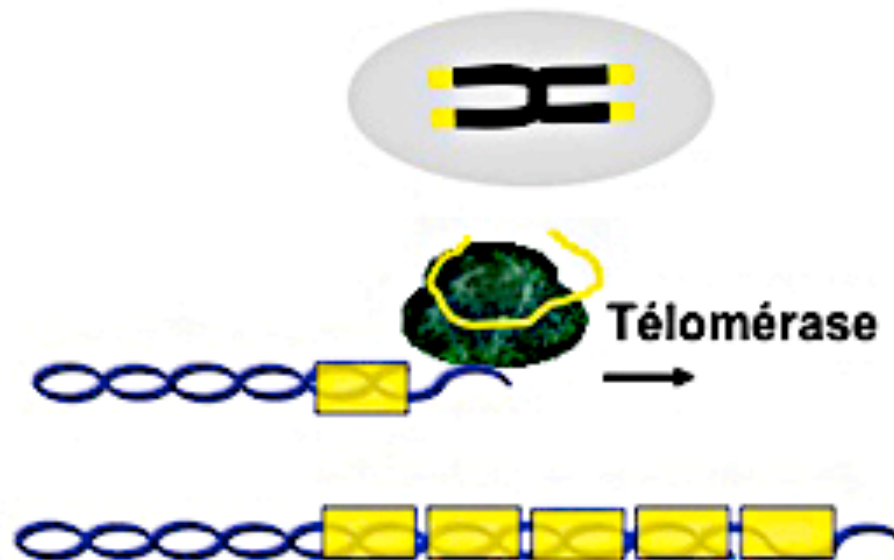
O : origine de réplication.  
T : point de terminaison

Chaque réplicon fait 30 000 à 300 000 pb. Ils ne sont pas synchronisés.

# La réplication des télomères



Mise en jeu de télomérase pour ajouter les séquences répétées rétablissant la longueur du télomère

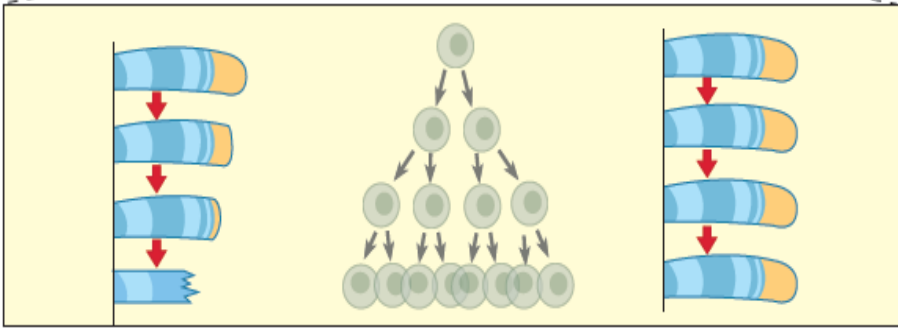


[inserm.fr](http://inserm.fr)

# Les télomérases

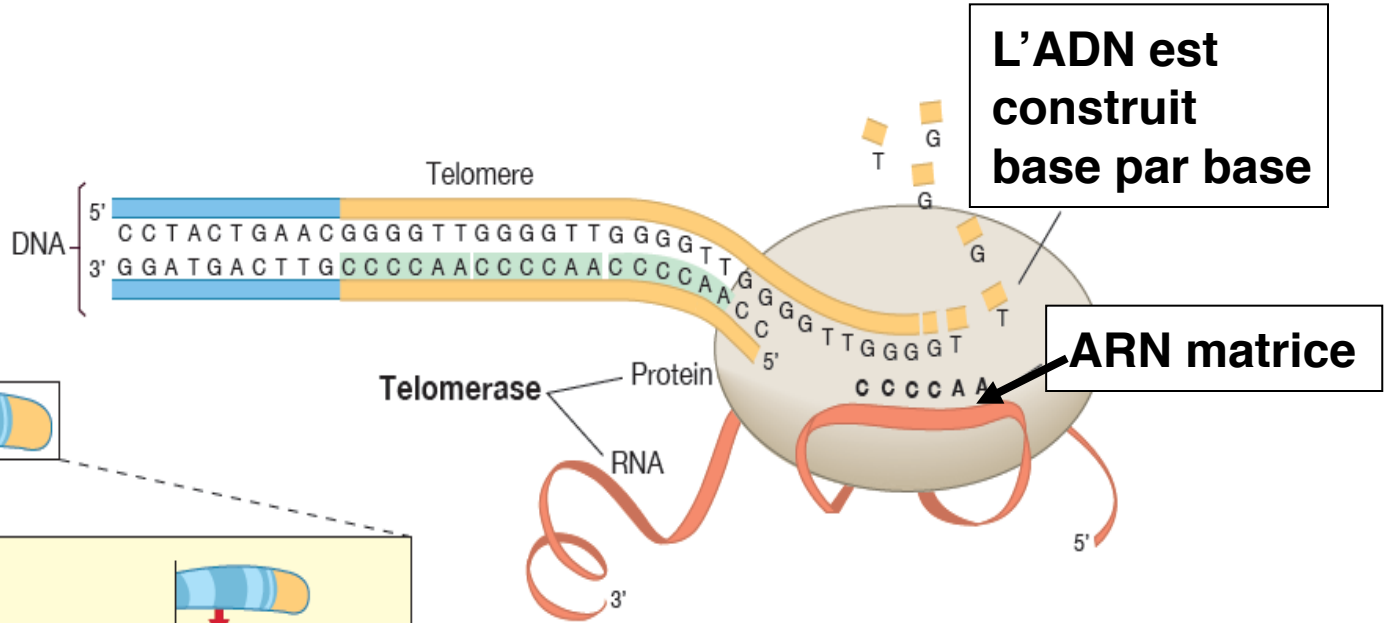


**La télomérase  
« fabrique »  
les télomères**



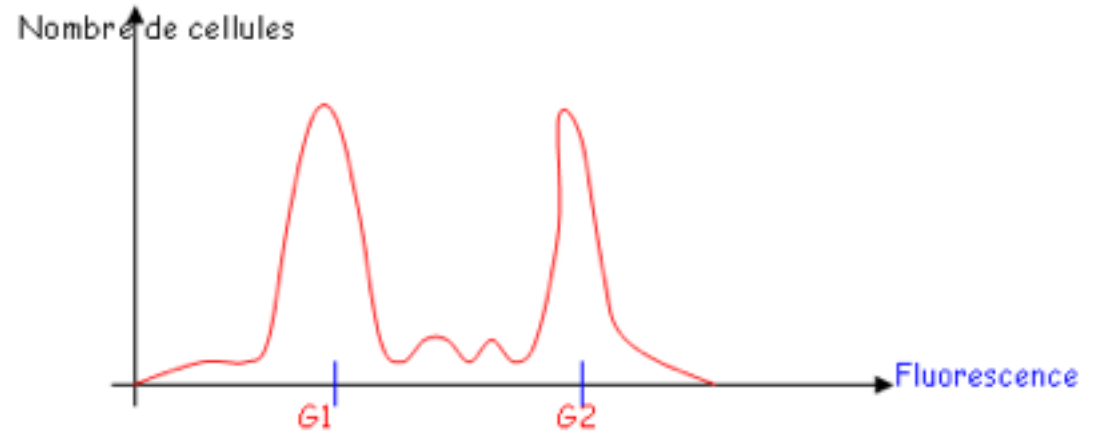
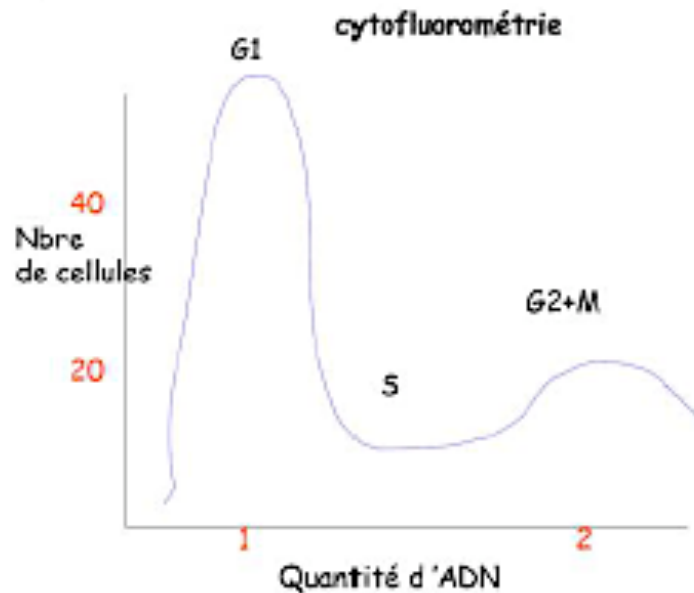
**Sans télomérase, le chromosome raccourcit à chaque division cellulaire, jusqu'à ce que le télomère disparaisse, alors c'est le chromosome lui-même qui est altéré.**

**La télomérase maintient les télomères aux extrémités de l'ADN. Ceci permet aux chromosomes d'être intégralement dupliqués à chaque division cellulaire**



**La télomérase agit aux extrémités des chromosomes. C'est une enzyme faite d'un ARN associé à une protéine. L'ARN est une matrice qui guide la synthèse de l'ADN**

# Durée des phases du cycle cellulaire



## Calculer la durée des différentes phases du cycle : exemple

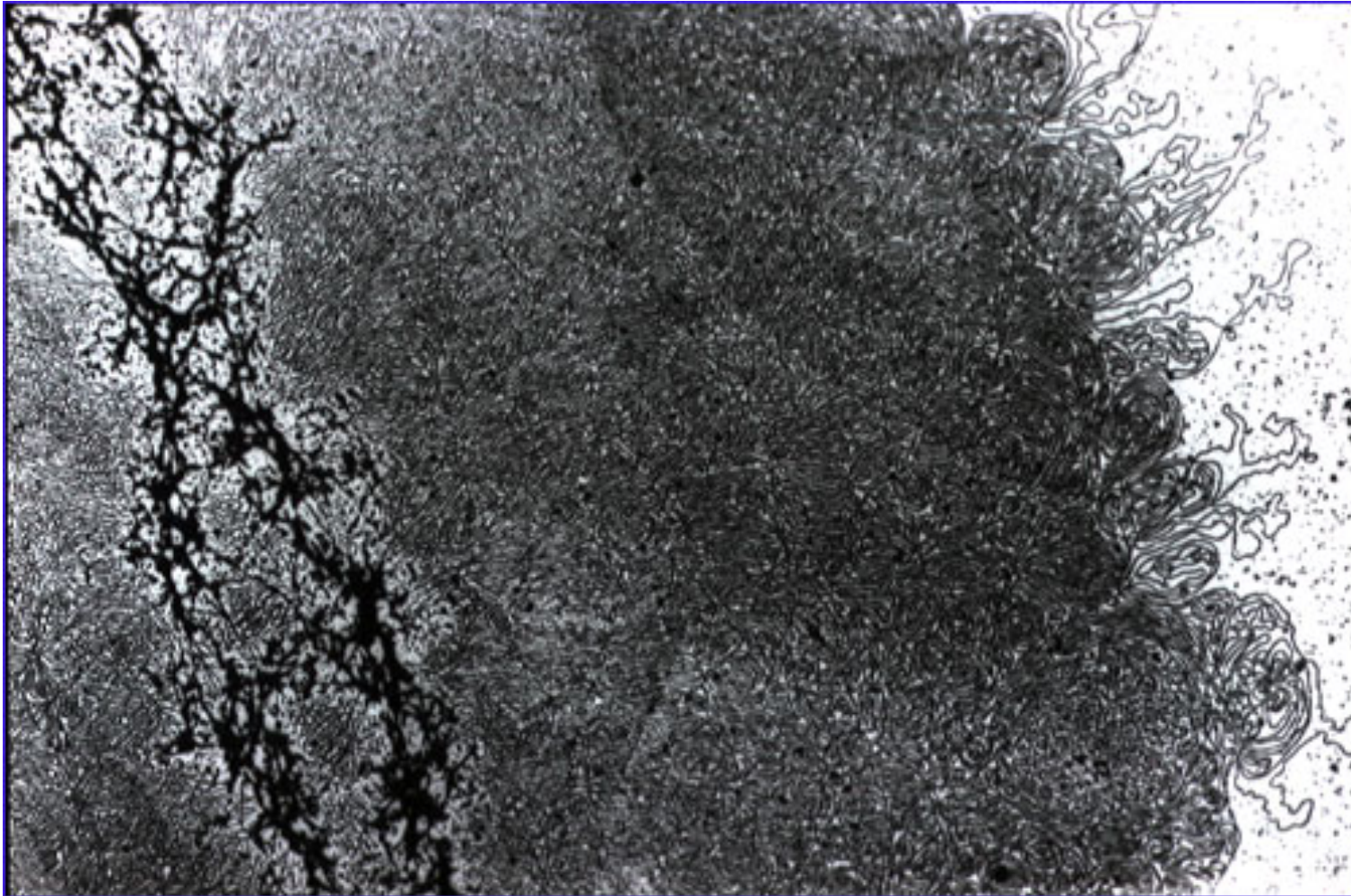
- Règle de base : la durée d'une phase est proportionnelle au pourcentage de cellules qui sont dans cette phase
- On calcule la durée totale du cycle (temps de doublement) = 20h
- 5% des cellules sont en mitose : durée de la phase M = 1h
- Sur le fluoromètre, le 1<sup>er</sup> pic contient 80% des cellules : durée de la phase G1 = 16h
- Avec l'autoradiographie à la thymidine, 10% des cellules sont marqués : phase S = 2h
- Durée phase G2 =  $20 - (1+16+2) = 1h$

# Quelques durées de cycle cellulaire

	durée du cycle cellulaire
Levure	2 h
Cellule intestinale	20 h
Fibroblaste	22 h
Cellule souche des globules rouges	24 h
Cellule germinative de la peau	16 jours
Cellule de follicule pileux	28 jours
Cellule hépatique	1 an
Cellule de racine de Fève	19 h
Cellule embryonnaire de grenouille	2 h

## **2. La mitose, une reproduction conforme ?**

# Expérience de Paulson et Laemmli



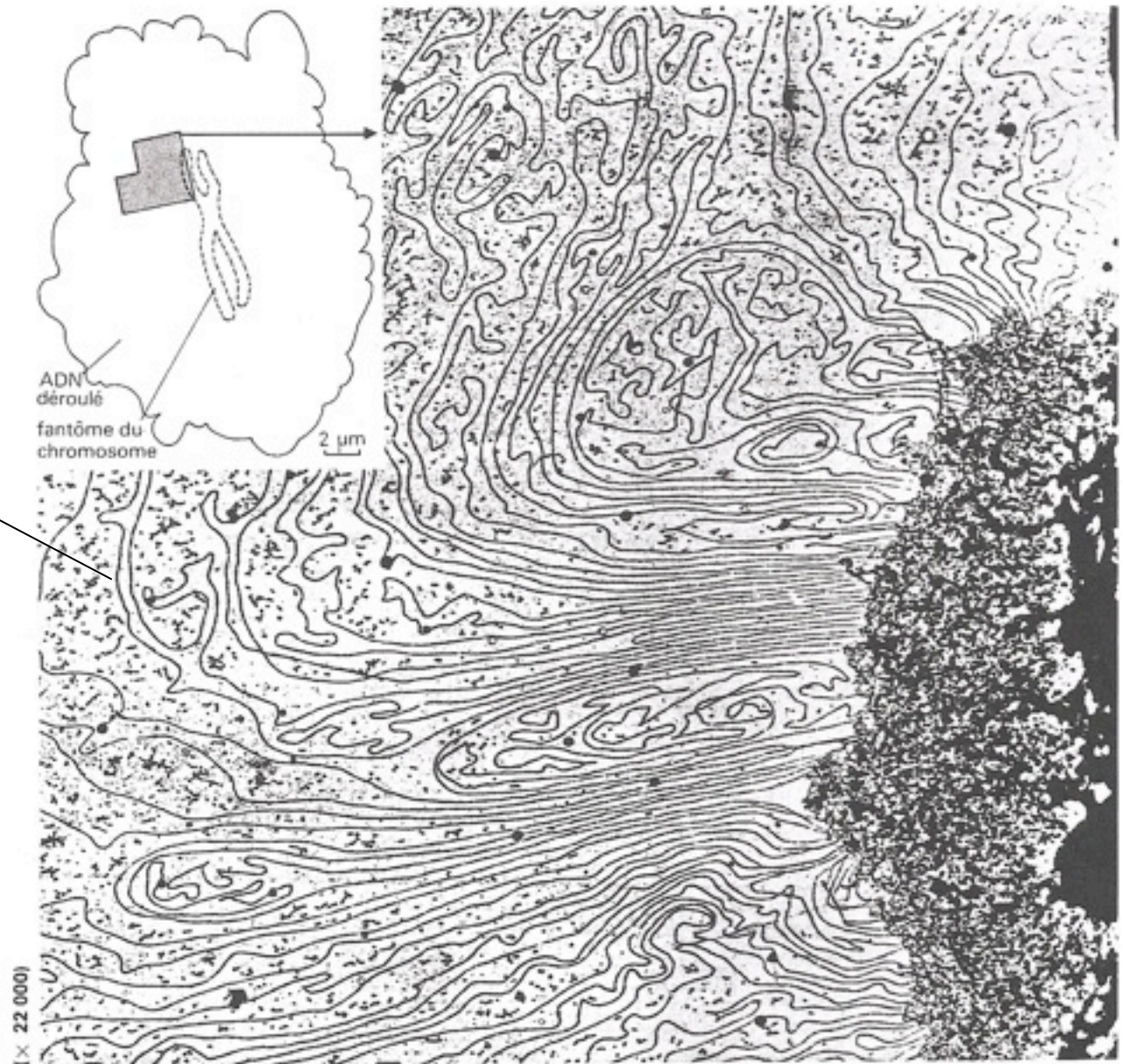
[medidacte.timone.univ-mrs.fr](http://medidacte.timone.univ-mrs.fr)

# Protéolyse du chromosome



2,3 m  
∅ 2 nm

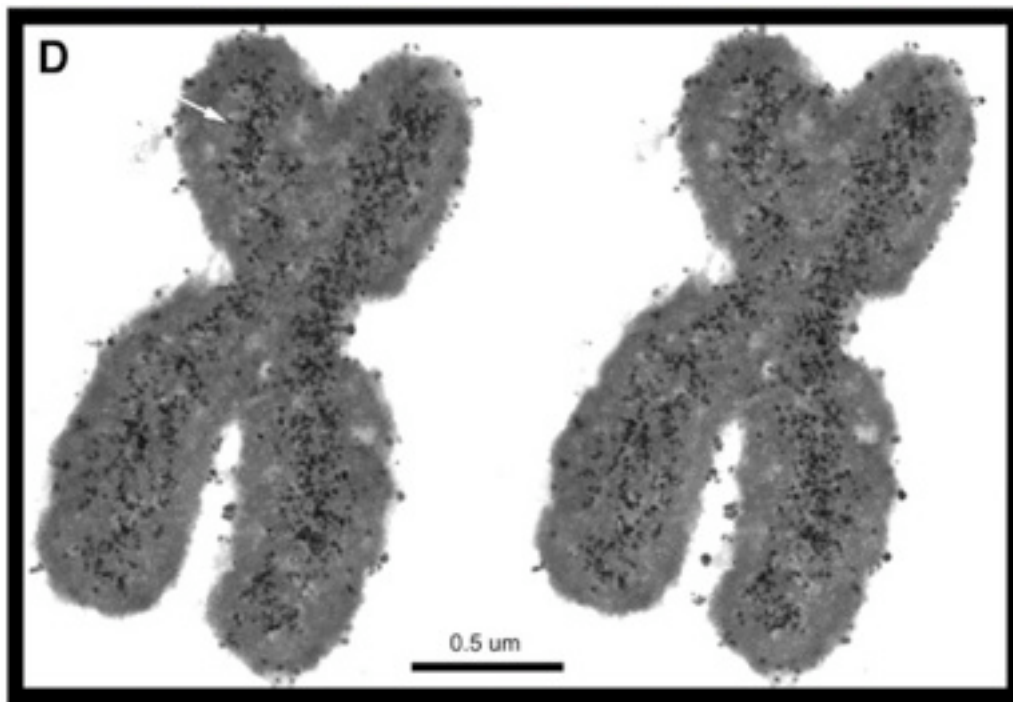
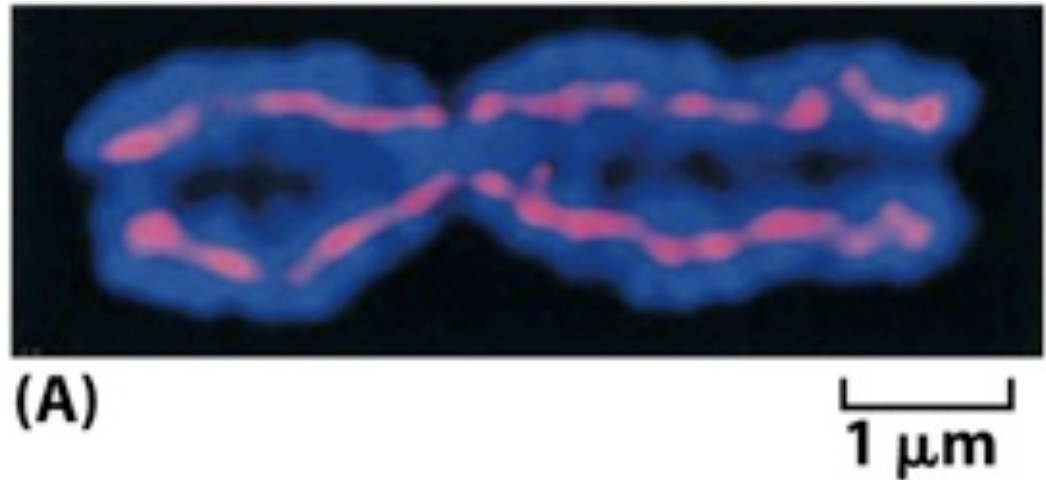
**Chromatine**  
**=**  
**ADN + protéines**





# Le squelette protéique du chromosome

Immunofluorescence  
anti-topoisomérase II



Immunogold anti-condensine

# Pontage par des condensines en mitose

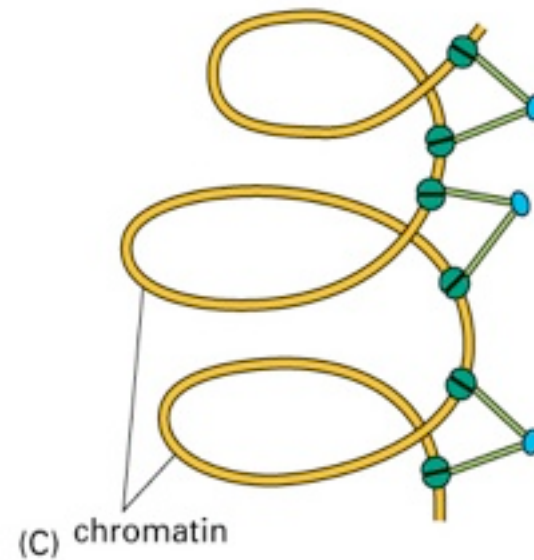
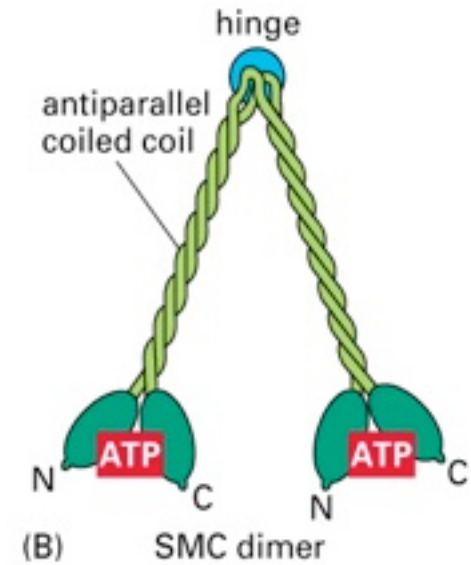
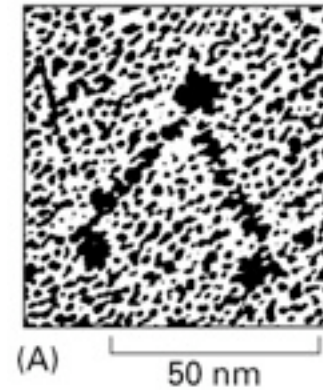
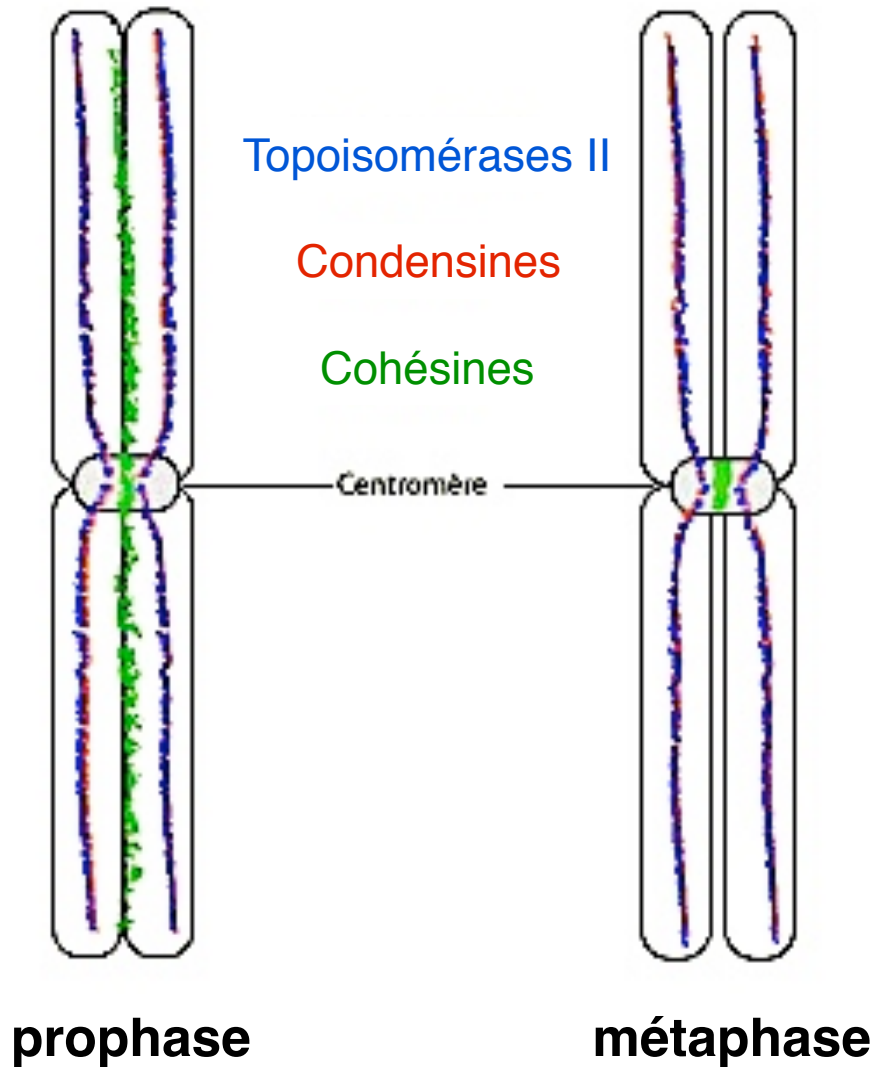


Figure 4-56. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

# Les protéines chromosomiques



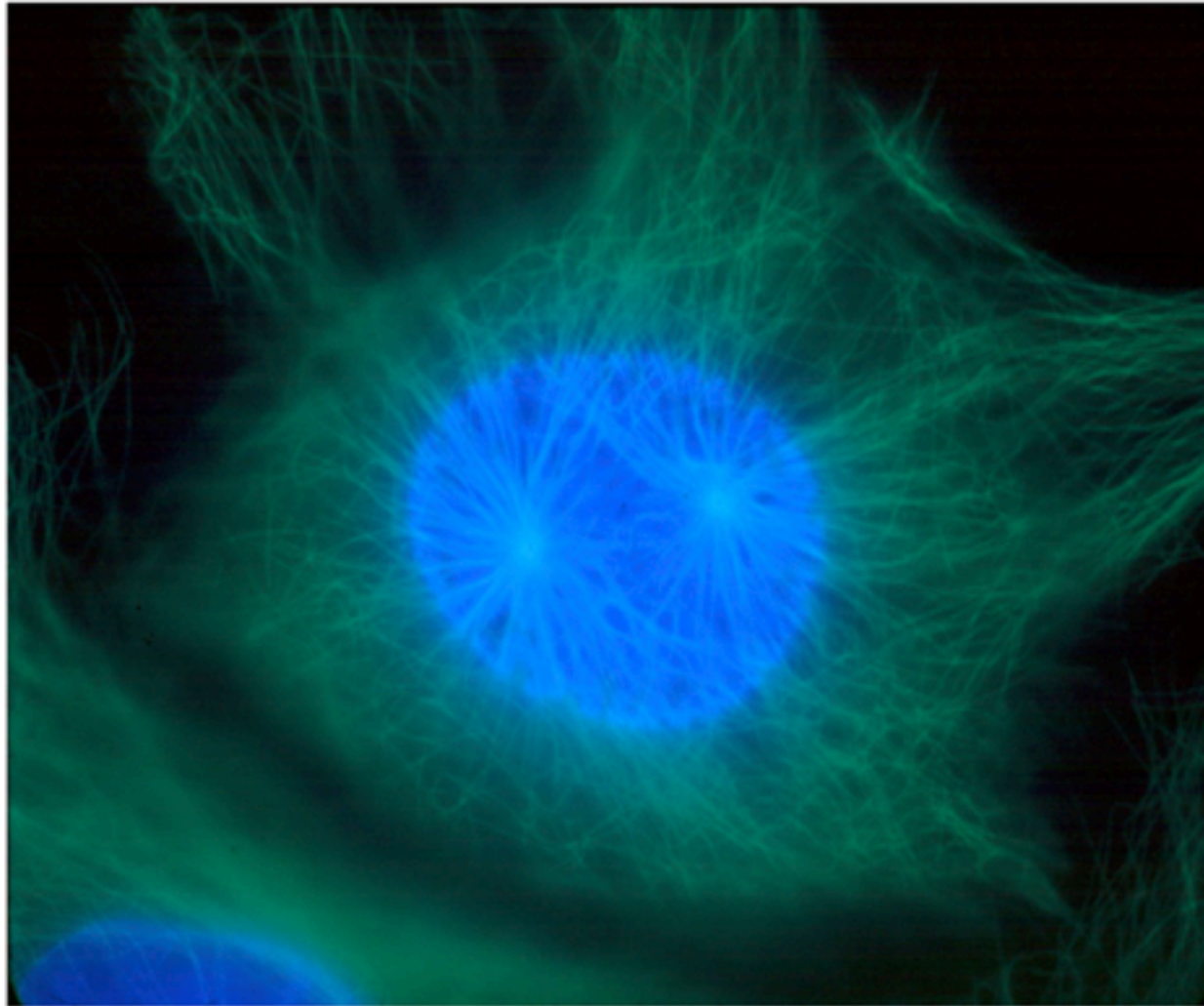
**Cohésines**



**Kinétchores**

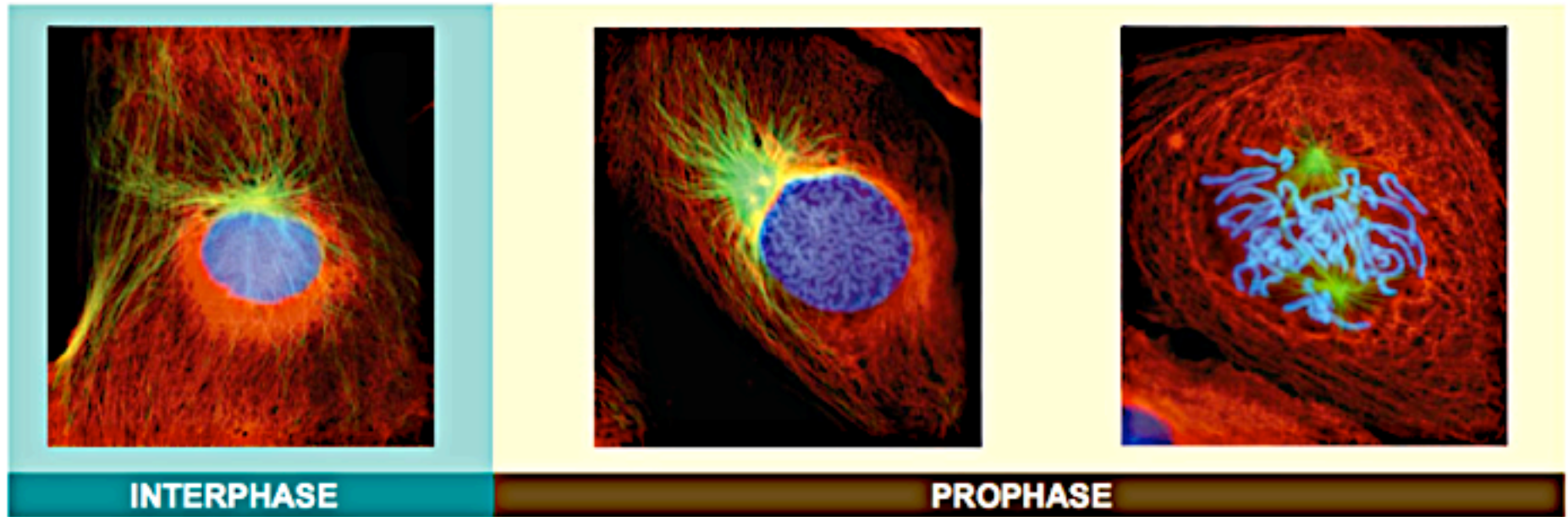
# La prophase

Chaque aster organise un faisceau de microtubules : ils s'éloignent peu à peu jusqu'à être opposés.



2 asters de microtubules dynamiques

# La prophase



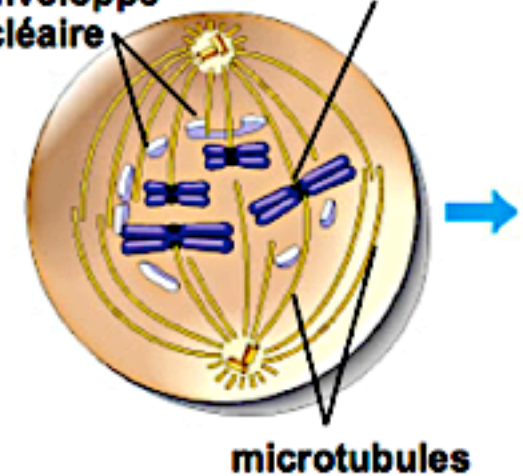
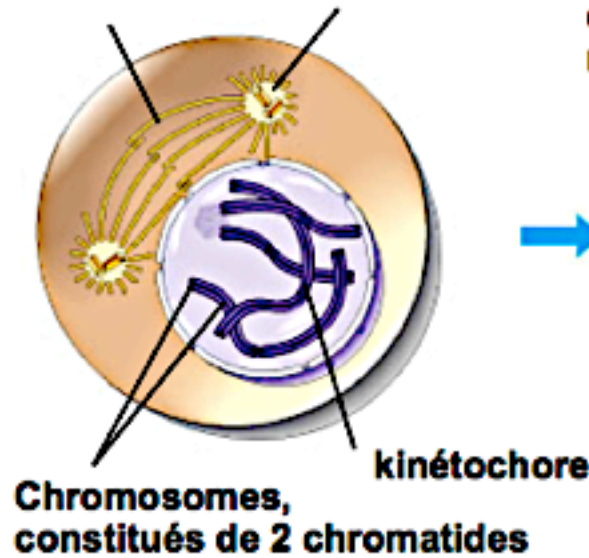
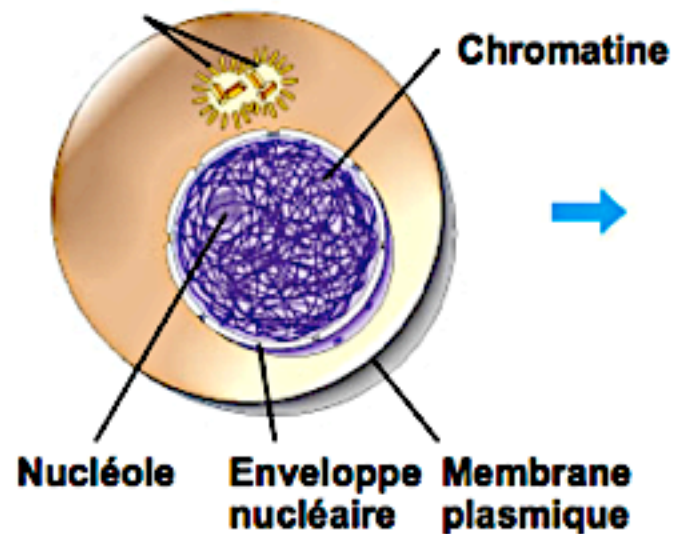
**Centrosomes**

**fuseau**

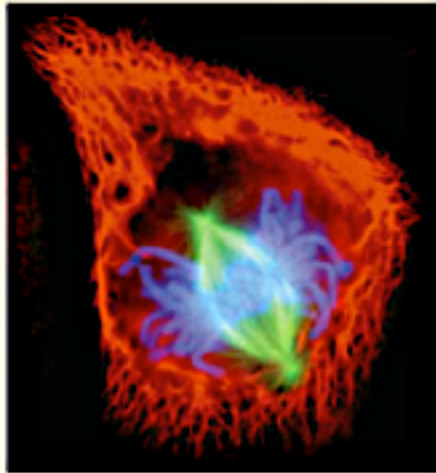
**Centrosome**

**Fragments  
d'enveloppe  
nucléaire**

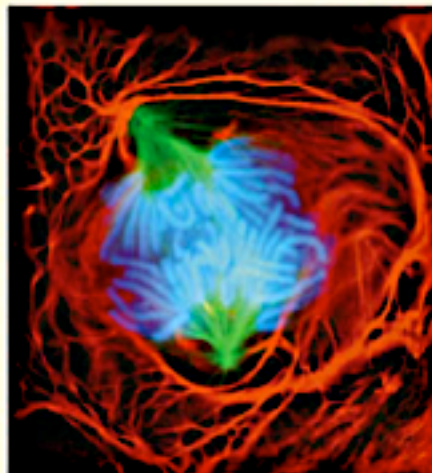
**Kinétochore**



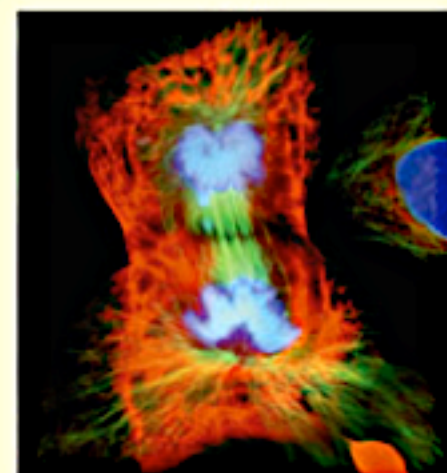
# Fin de mitose



**METAPHASE**

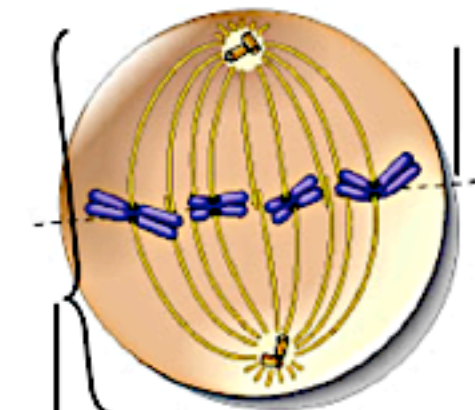


**ANAPHASE**

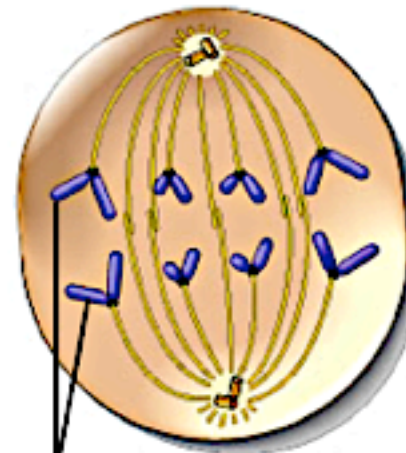


**TELOPHASE AND CYTOKINESIS**

**Plaque métaphasique**



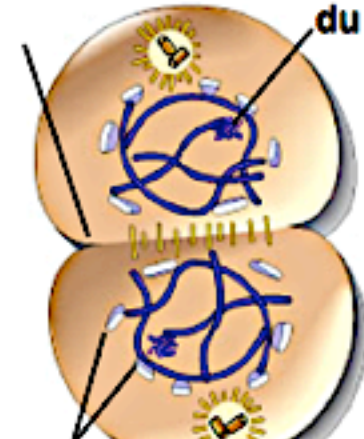
**fuseau**



**Chromosomes fils  
(ex-chromatides)**



**Sillon de division      Reformation  
du nucléole**

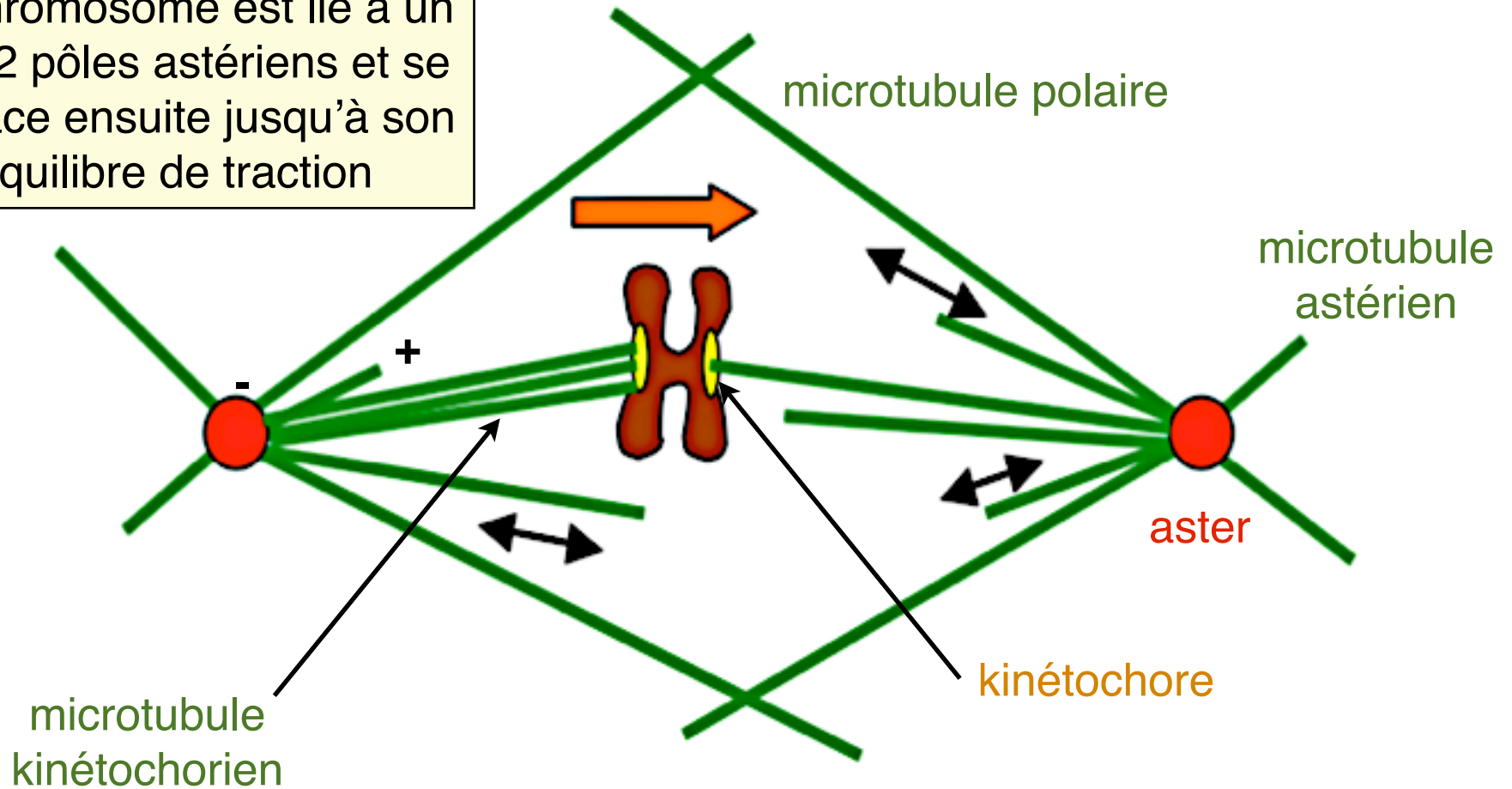


**Réassemblage de l'enveloppe  
nucléaire**

# Fixation des chromosomes au fuseau

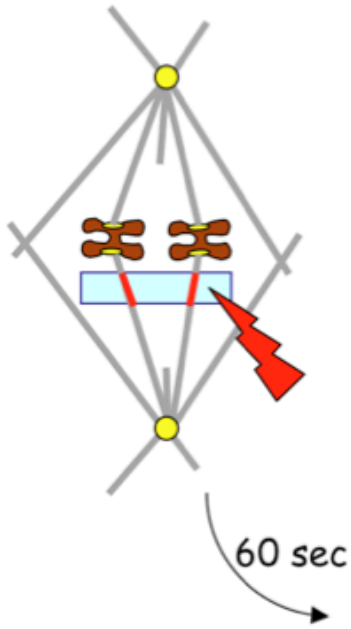


Le chromosome est lié à un puis 2 pôles astériens et se déplace ensuite jusqu'à son équilibre de traction

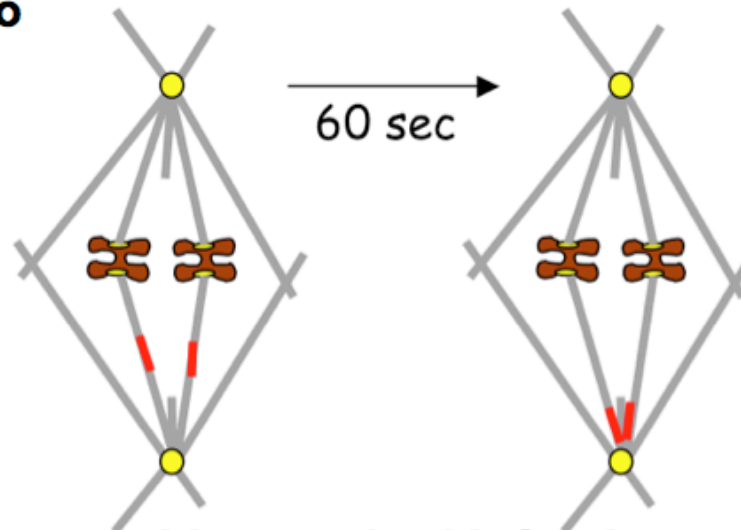


# Aspect dynamique de la métaphase

**Micro-injection de tubuline marquée par un fluorophore masqué (caged-fluorescent tubuline) dans une cellule en interphase**



**En métaphase: démasquage du fluorophore au LASER dans une fenêtre précise, et suivie de la fluo**



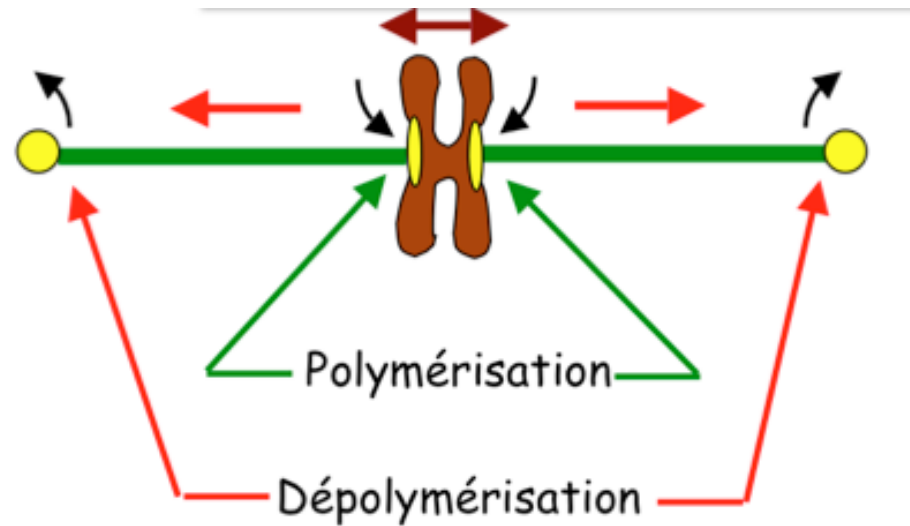
**La fluorescence se déplace rapidement des kinétochores vers le centrosome puis y disparaît**



# Anaphase A : raccourcissement des microtubules

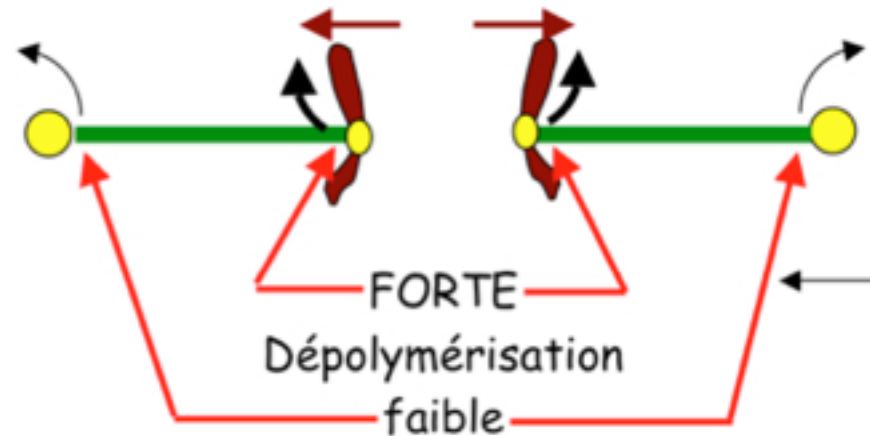
## Métaphase

équilibre polymérisation  
et dépolymérisation

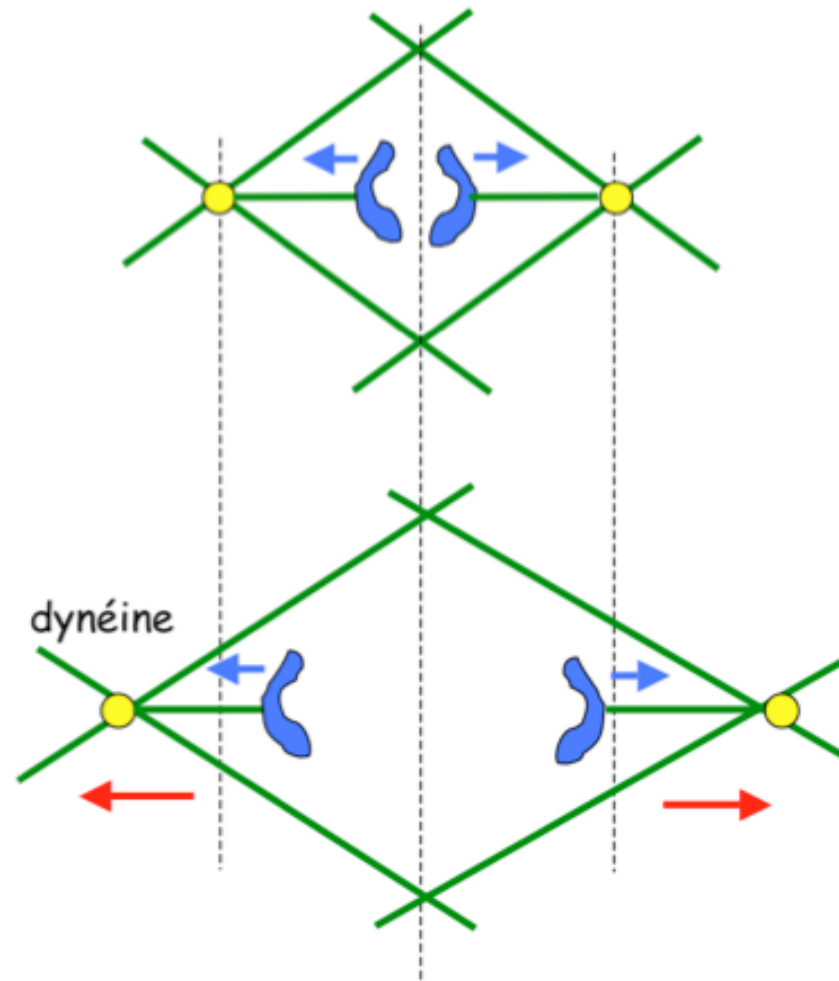


## Anaphase

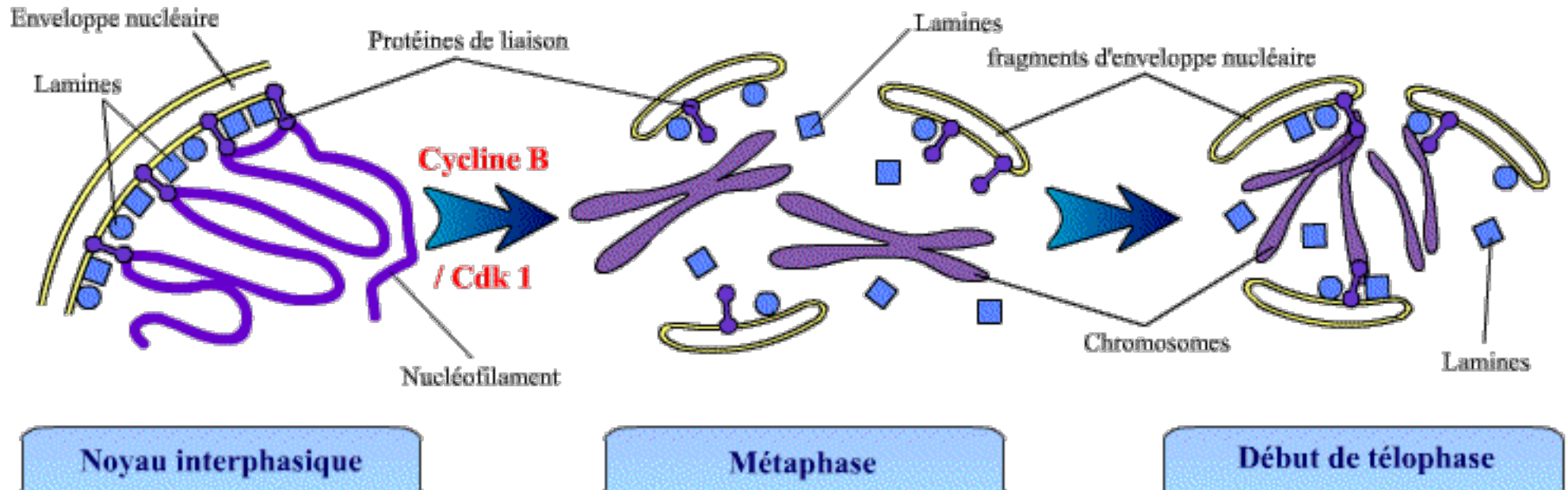
polymérisation  $\ll$   
dépolymérisation



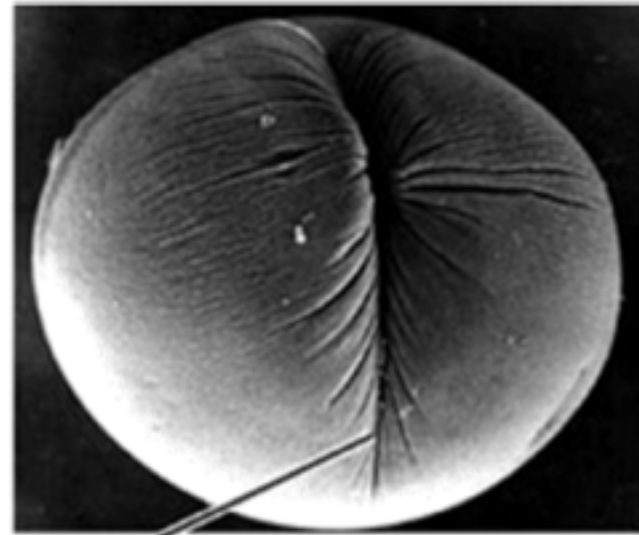
# Anaphase B : éloignement des pôles



# Dynamique de l'enveloppe nucléaire

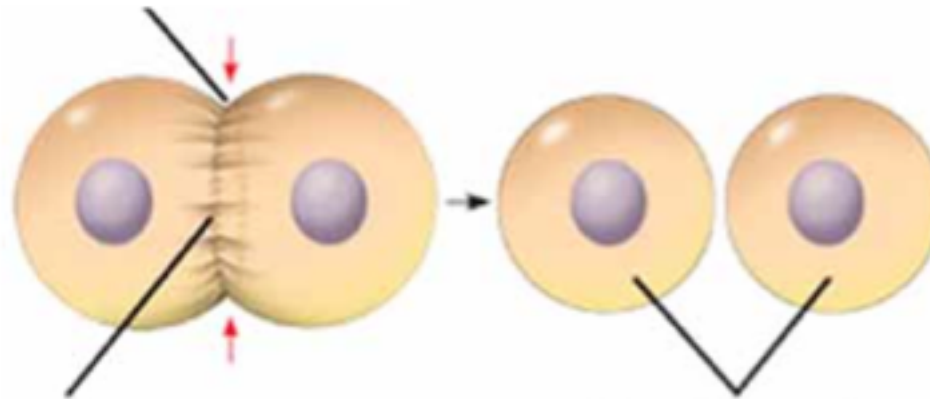


# Le sillon de division



100 μm

**Sillon de clivage**



**Anneau contractile de  
microfilaments**

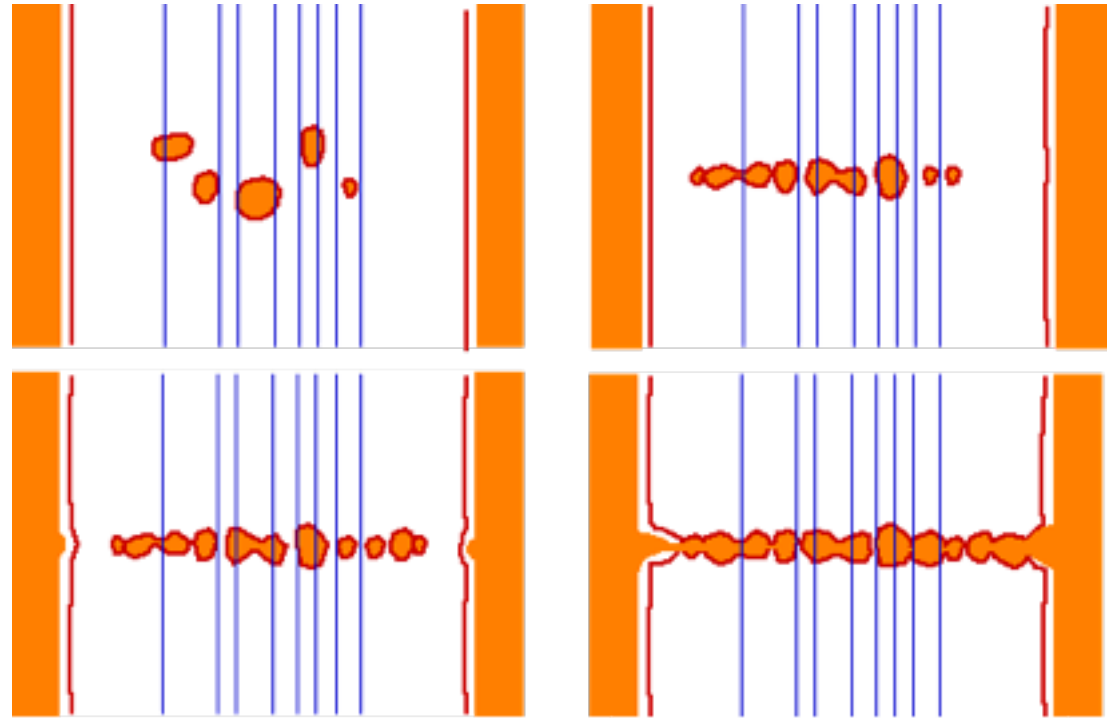
**Cellules filles**

# Le phragmoplaste des végétaux



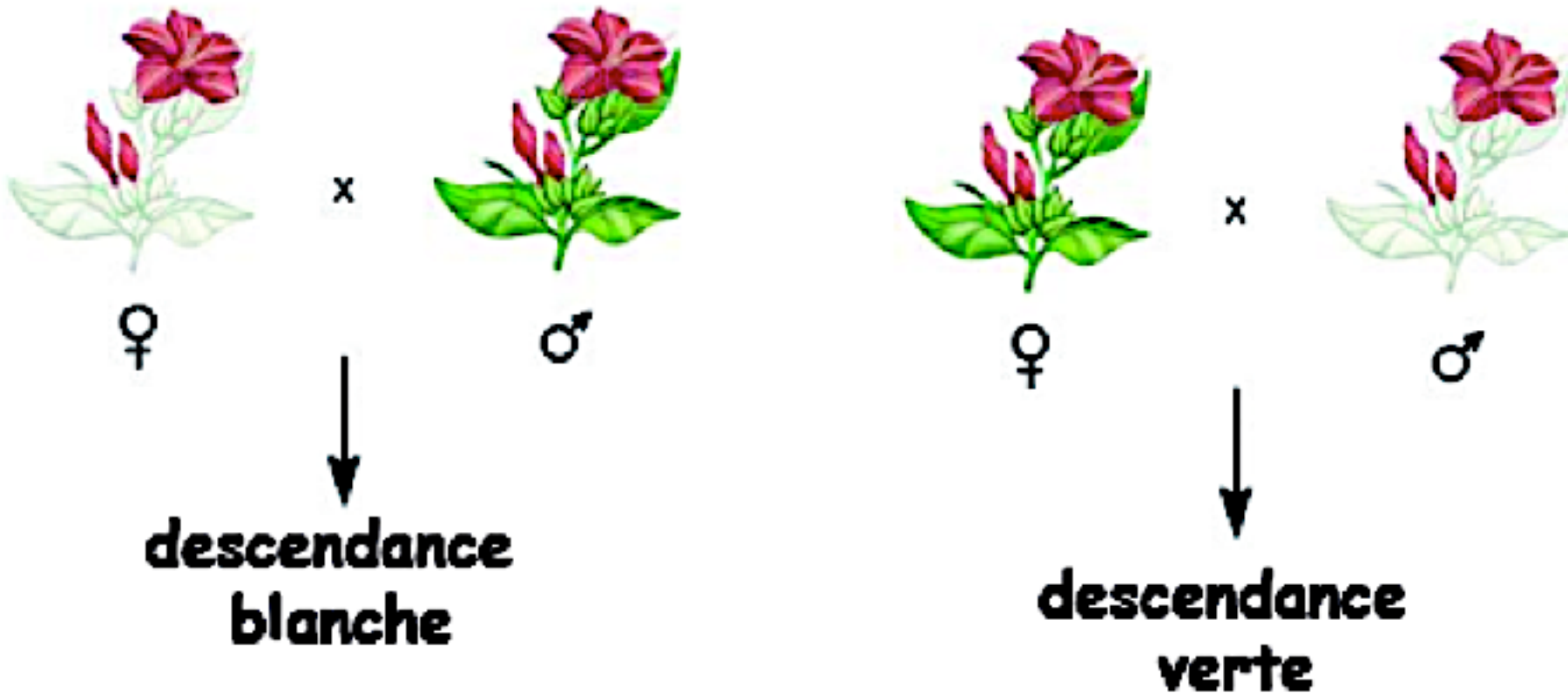
Les vésicules confluent vers l'équateur et produisent 2 nouvelles membranes + parois + 1 lamelle moyenne

phragmoplaste



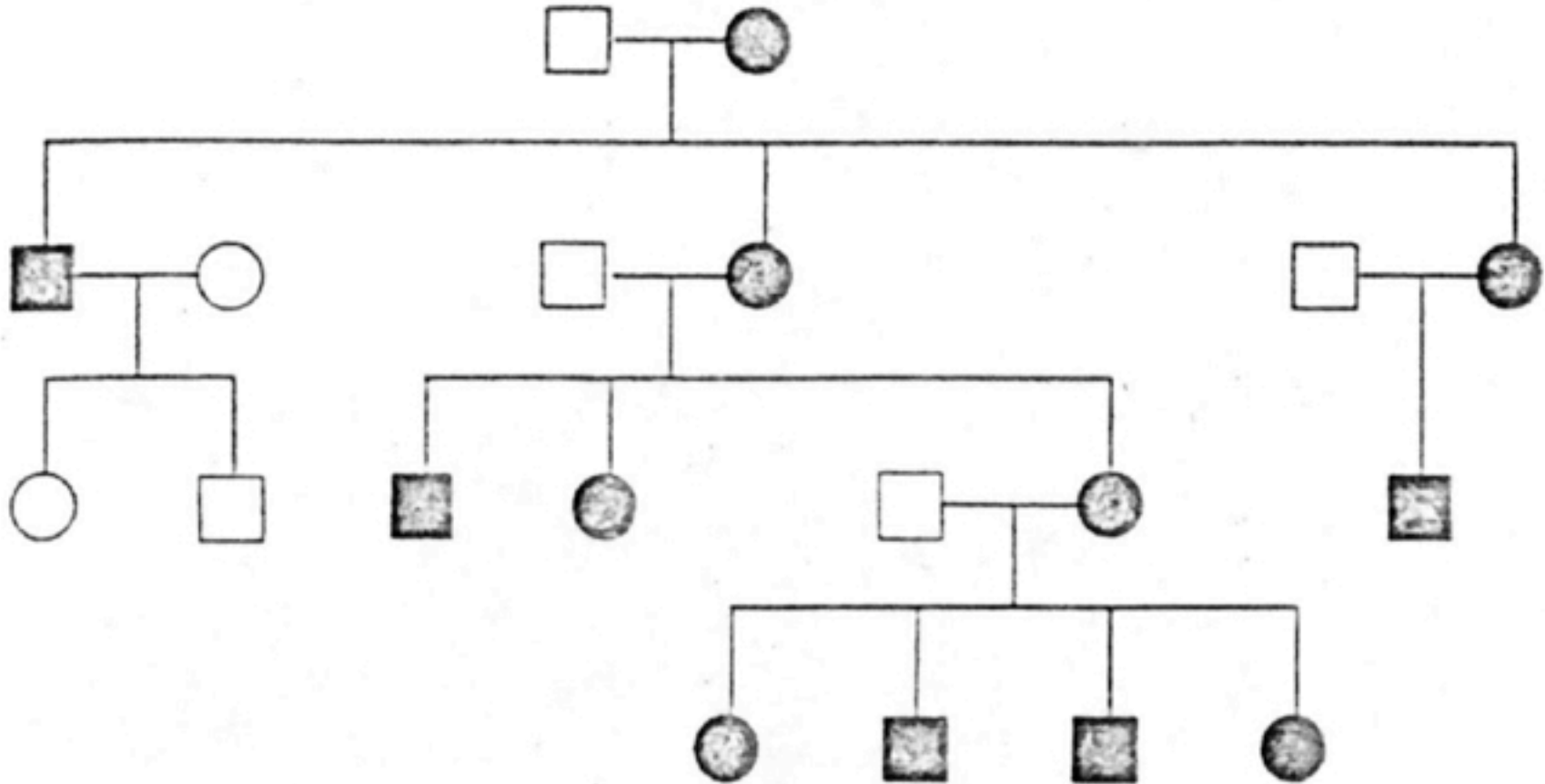
# Hérédité cytoplasmique

Travaux de Correns (1908) sur la Belle de nuit



Le phénotype est toujours celui de la mère

# Hérédité cytoplasmique



Transmission de la maladie LHON  
(neuropathie optique héréditaire de Leber)

# Mutation «petite» chez la Levure

## Mutation *petite* chez la levure *Saccharomyces*

- 1956 Boris Ephrussi : mutation causant une déficience de la respiration cellulaire impliquant un transport d'électrons défectueux



Colonies normales



mutation « petite »



# Les points de contrôle du cycle cellulaire

Tout l'ADN répliqué?

Environnement favorable?

Cellule suffisamment grosse?

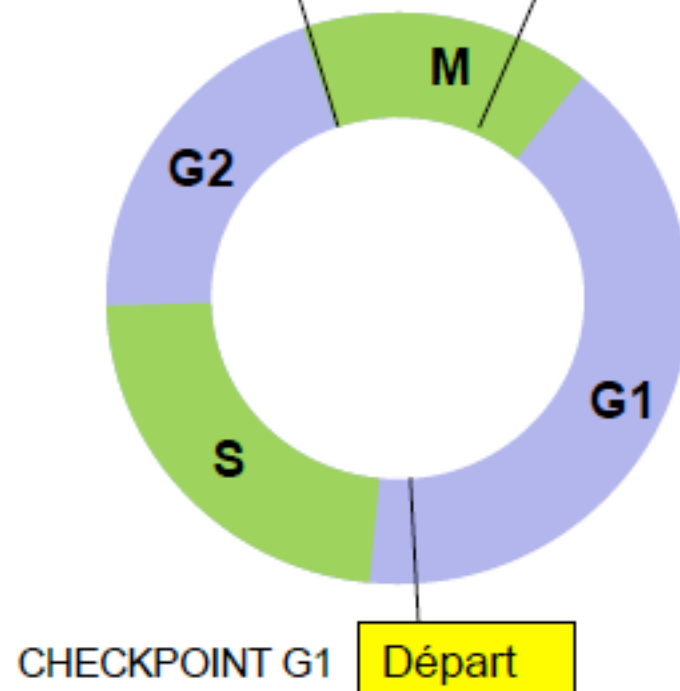
Chromosomes alignés sur fuseau mitotique?

CHECKPOINT G2

Entrée M

Sortie M

CHECKPOINT METAPHASE



Cellule suffisamment grosse?

Environnement favorable?

# DOCTOR FUN presents BLOBS

blobs-001



"And that concludes today's lecture demonstration of mitosis."

Copyright © 2001 David Farley, d-farley@ibiblio.org  
<http://ibiblio.org/Dave/drfun.html>

This cartoon is made available on the Internet for personal viewing only. Opinions expressed herein are solely those of the author.