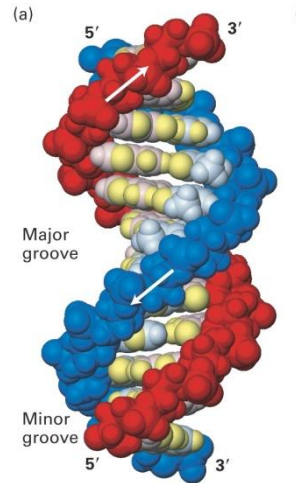


Cours 5

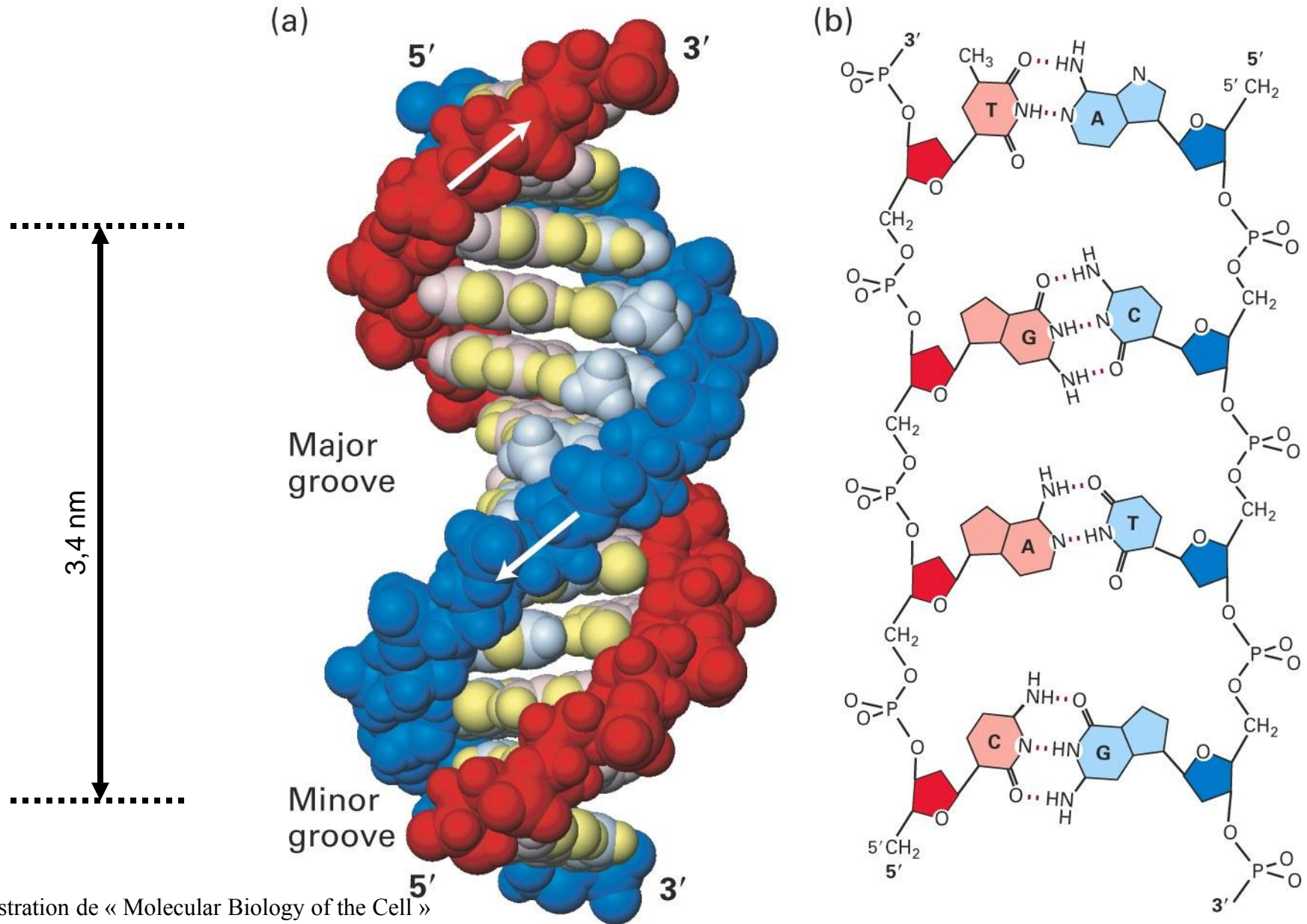
Transmission et remaniement de l'information génétique



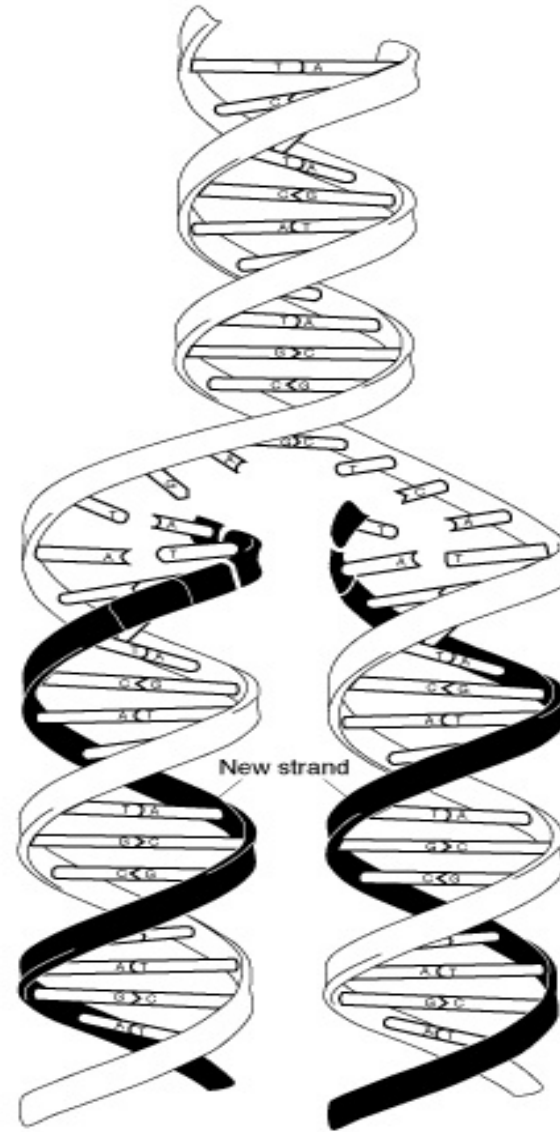
Plan

- Rappels sur la réplication de l'ADN
- Le cycle cellulaire et ses contrôles
- La mitose
- Recombinaisons bactériennes
- La méiose et recombinaison
- Méiose et diversité: gamétogenèse

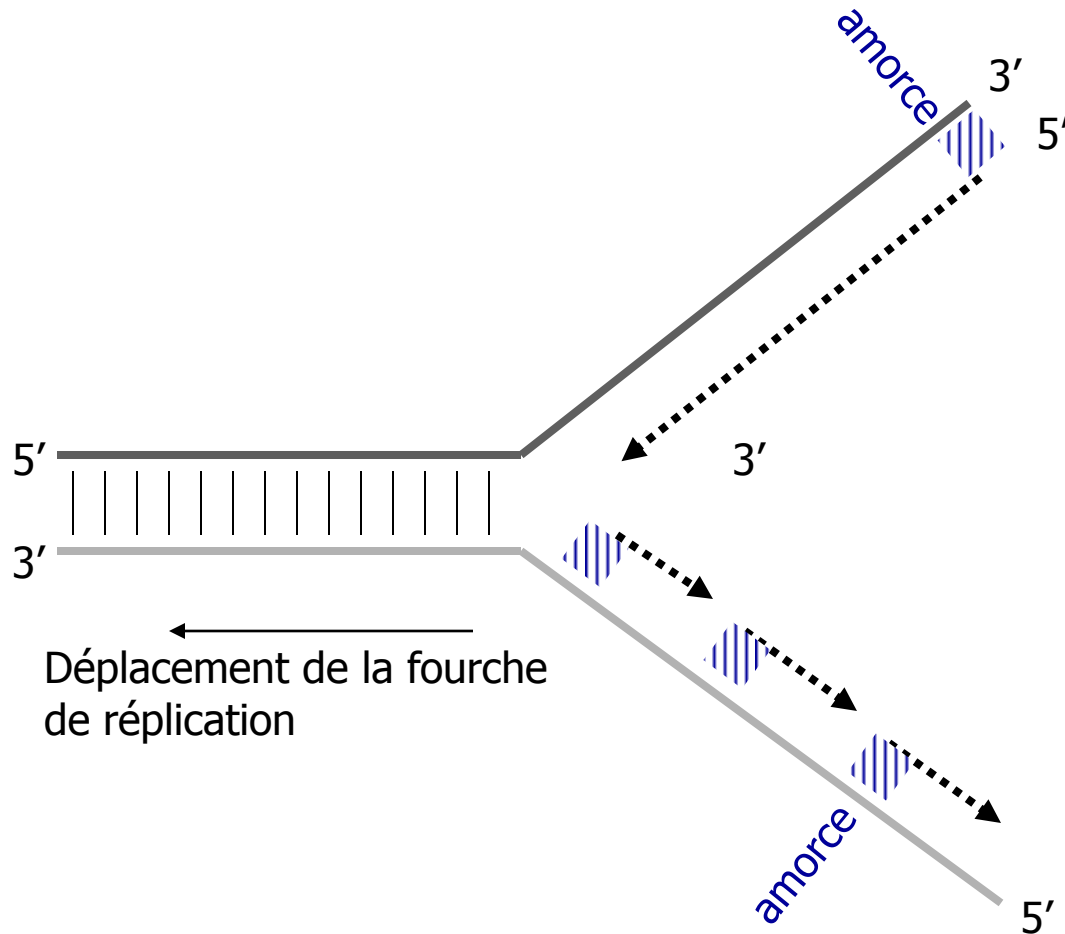
l'ADN, support de l'information génétique



La structure de l'ADN: potentialité de reproduction



la réplication de l'ADN



Brin à synthèse continue

Brin précoce

Leading strand

Brin à synthèse discontinue

Brin retardé

Lagging strand

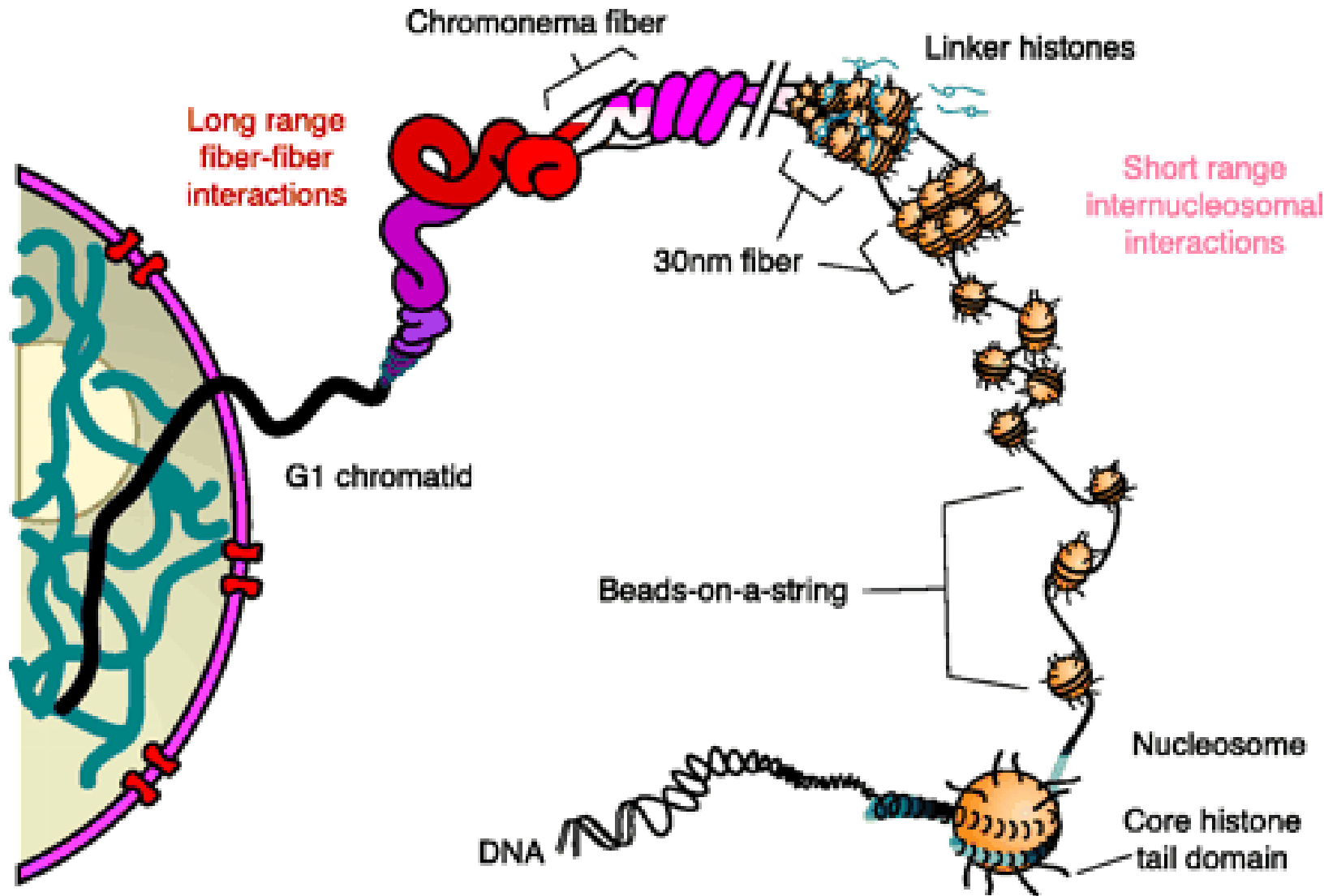
Quantité d'information à répliquer...

1 nucléotide (nt) = 2 bits d'information

Pas de l'hélice (10N) = 34A = 3,4nm

Virus	5 000 à 200 000 nt	1Ko à 40Ko	
E.coli	4 600 000 nt	900 Ko	1,5mm
Levure	12 000 000 nt	2 Mo	4mm
Homme	3 000 000 000 nt	0,5 Go	± 1m

L'ADN est protégé dans la chromatine



Le cycle de division cellulaire

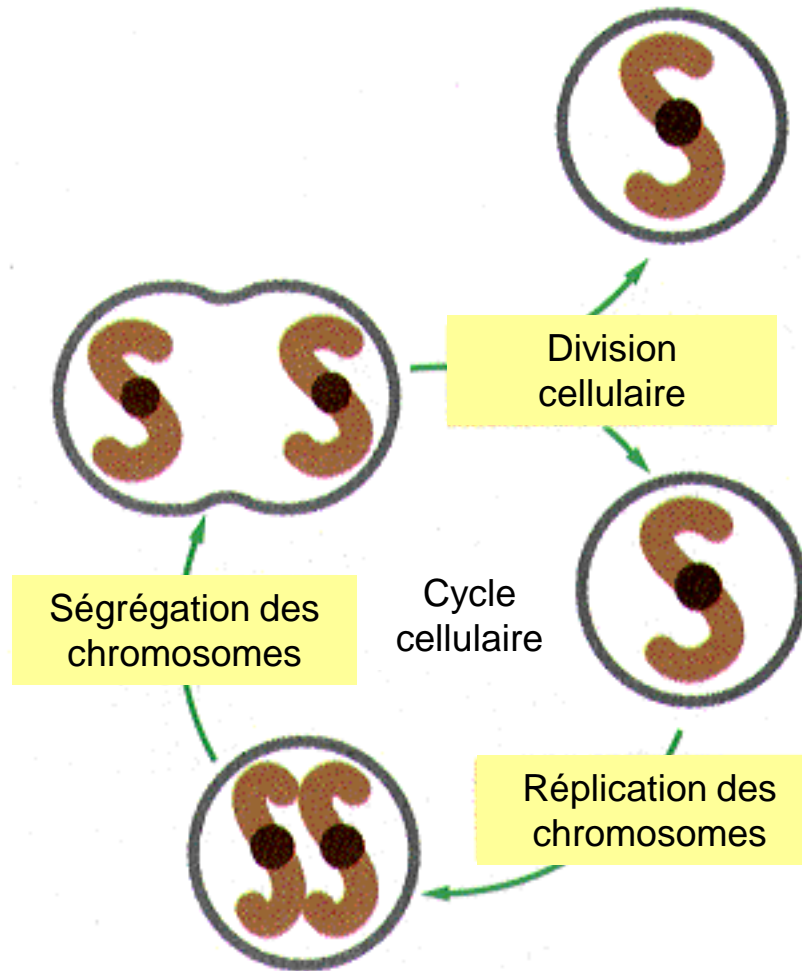
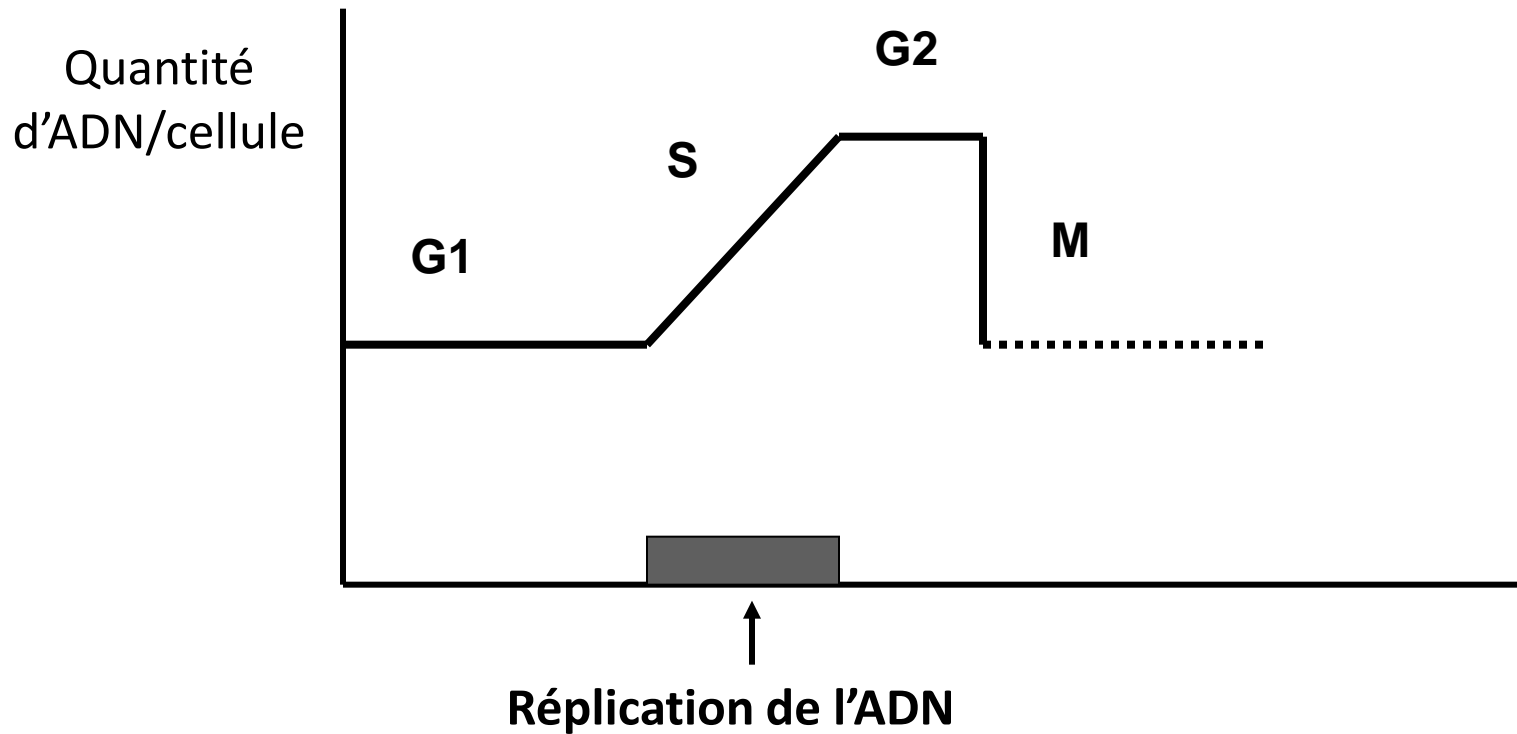


Illustration de « Molecular Biology of the Cell »
Albert et al. Garland Publishing Inc.

Les phases du cycle cellulaire

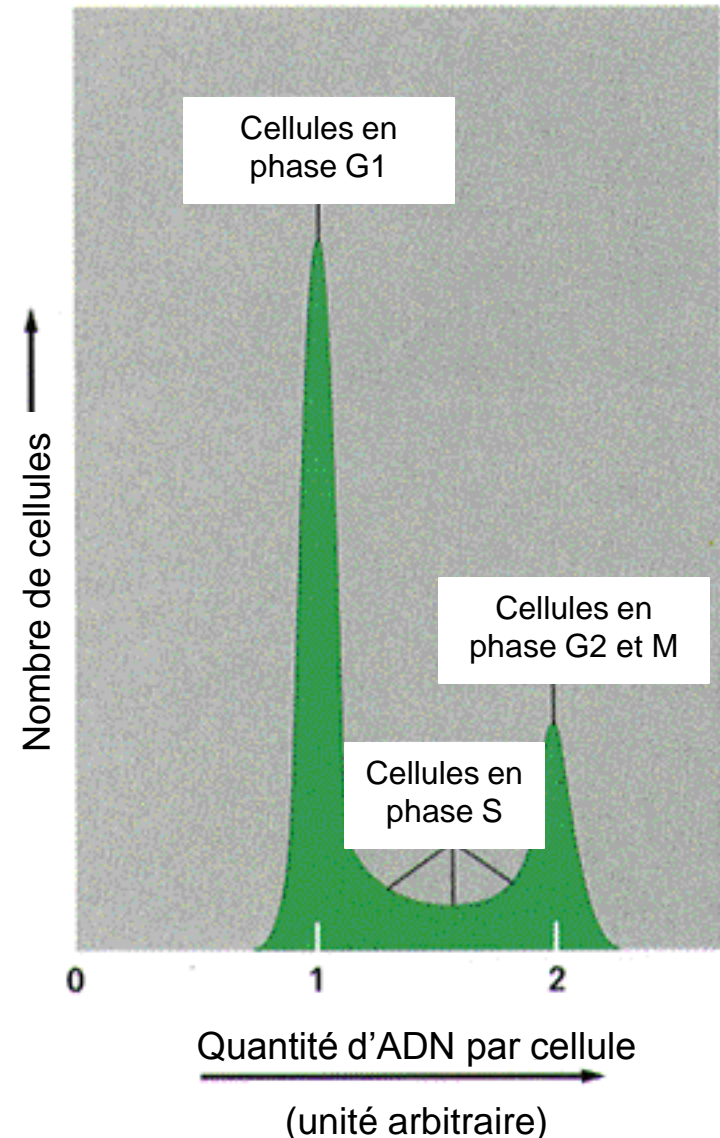


G=interphase (G1,S,G2) – **S**=Synthèse – **M**=mitose

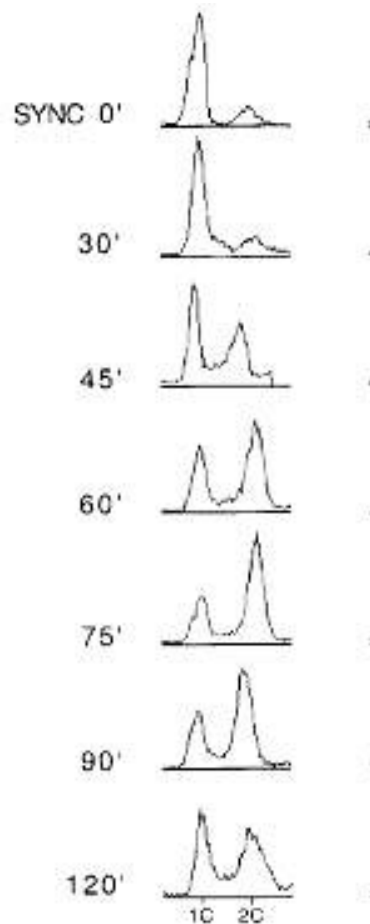
En suivant la quantité d'ADN par cellule, on peut observer les phases du cycle

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:



Evolution de la quantité d'ADN dans les cellules au cours du temps

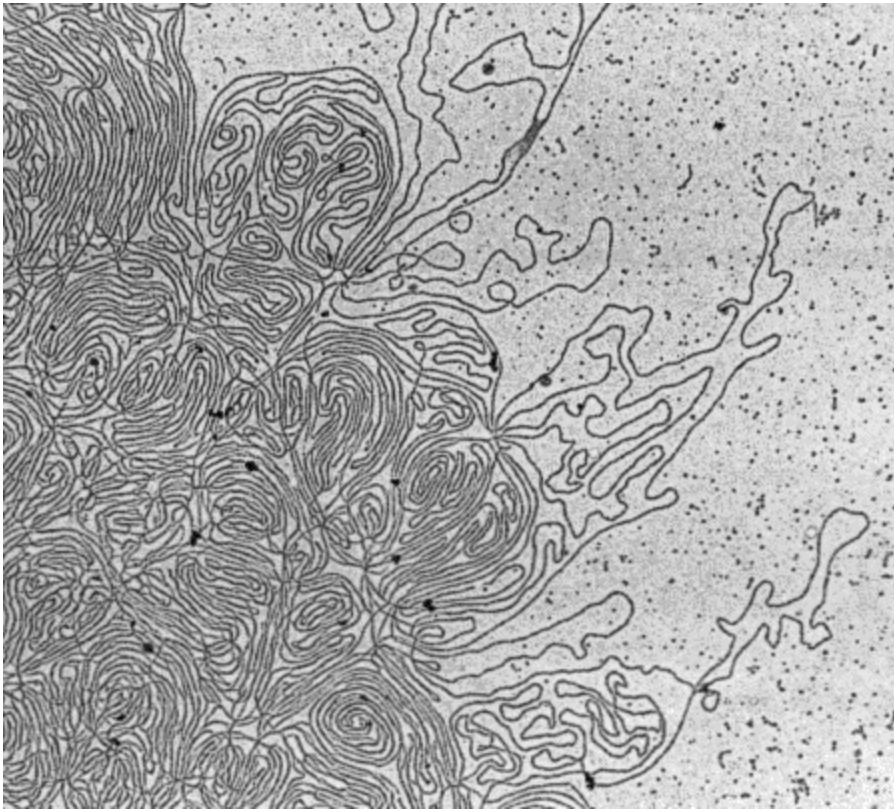


Durée du cycle:

- Cellule animale adulte: 10-30h
- Levure: 2h

La division cellulaire

Ou comment répartir une information génétique identique dans chaque cellule fille?



Duplication des chromosomes
durant la phase S.

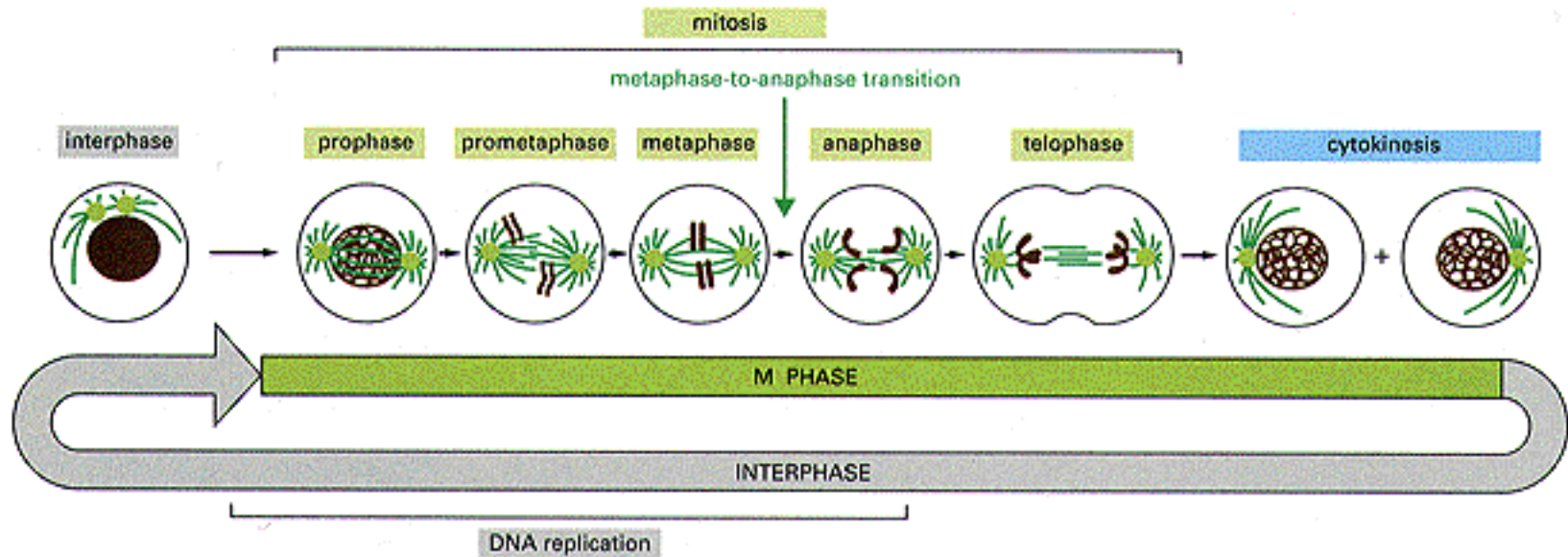
Condenser les chromosomes

Faire disparaître la membrane
nucléaire

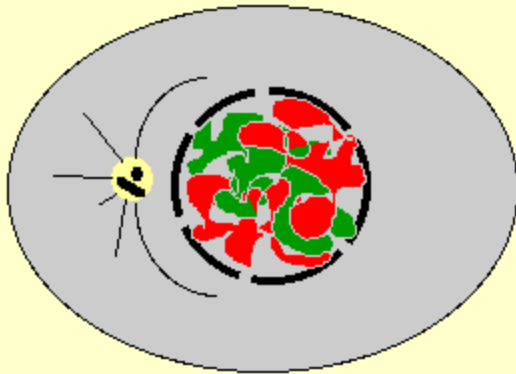
Séparer les chromatides

Les répartir entre les 2 cellules-
filles

Les étapes de la mitose



La mitose - 1

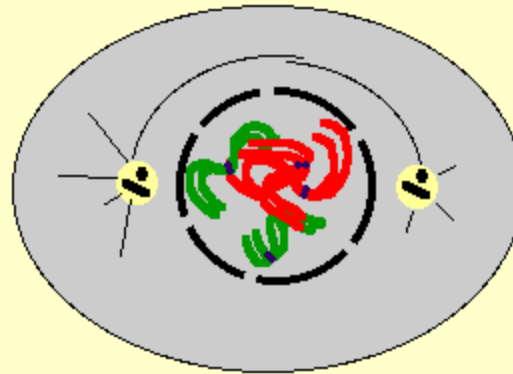


INTERPHASE

Chromosomes non individualisés

Chromatine

1 centrosome

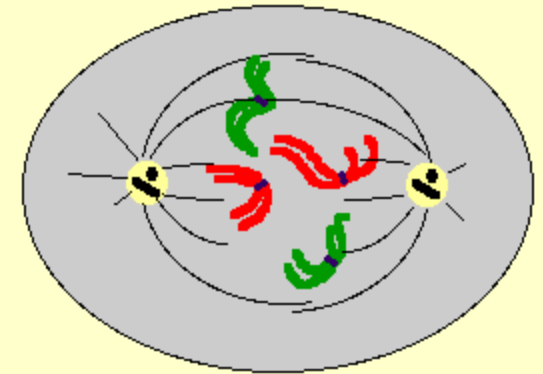


PROPHASE

2 centrosomes

1 Chromosome =

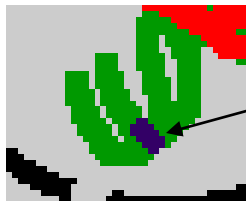
2 chromatides
liées au niveau
des centromères +
2 kinétochores



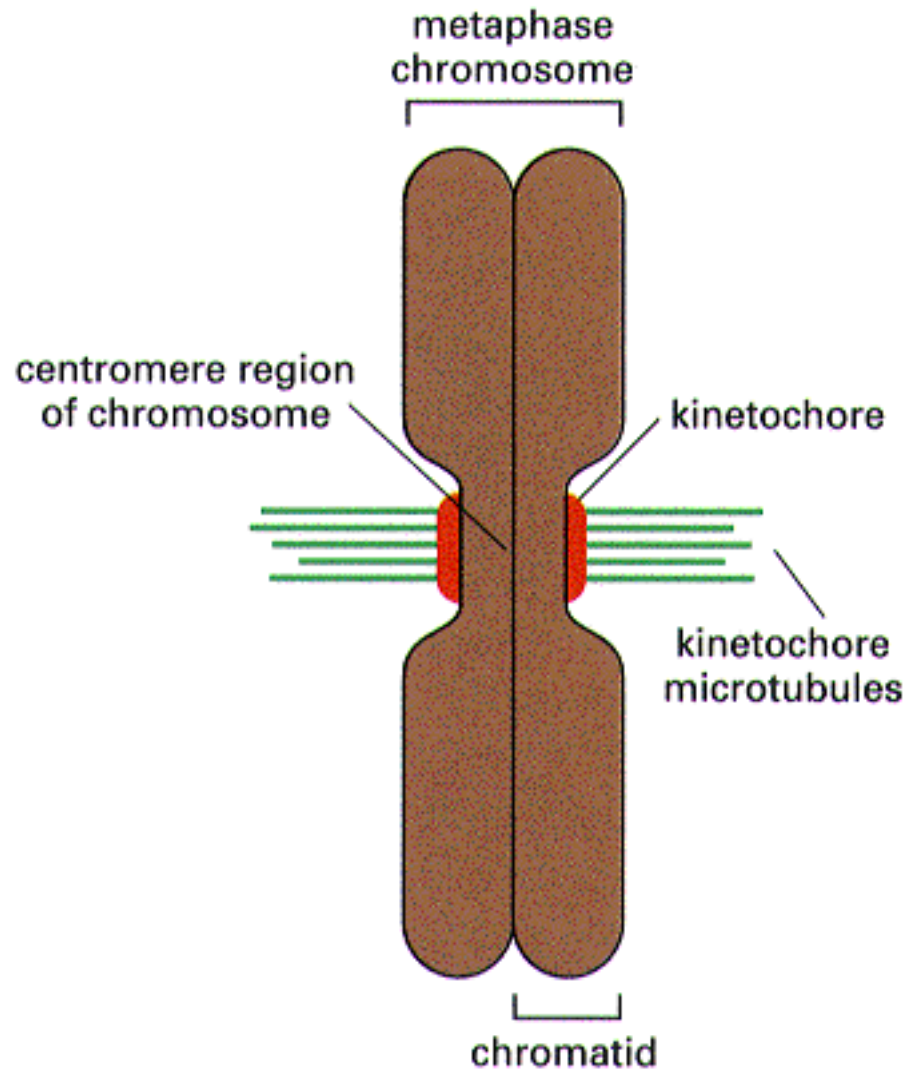
PROMETAPHASE

Plus de membrane nucléaire

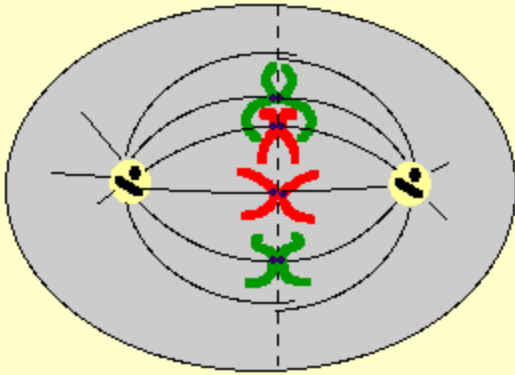
Attachement des
chromosome aux
microtubules via le
centromère



Attachement du chromosome aux microtubules



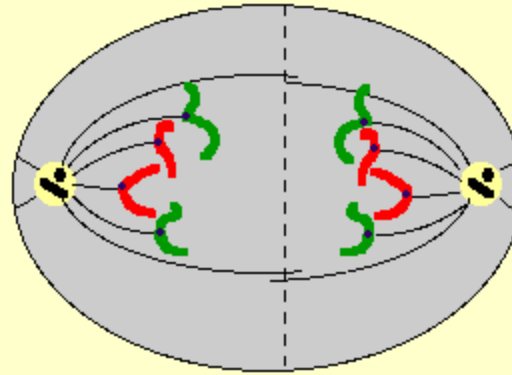
La mitose - 2



METAPHASE

Tous les chromosomes à l'équateur.

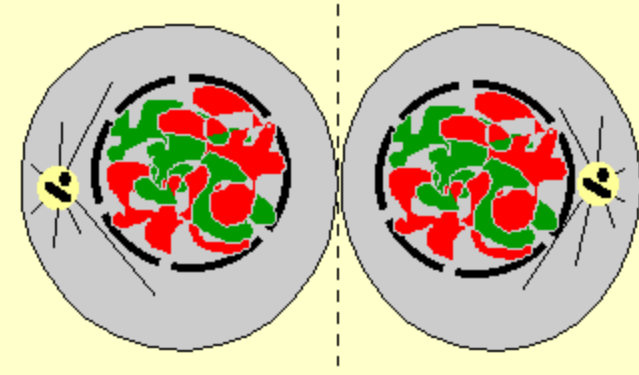
(Un chromosome non aligné envoie un signal inhibiteur)



ANAPHASE

Séparation des kinétochores

Migration des chromatides séparées vers les pôles



TELOPHASE ET CYTOKINESE

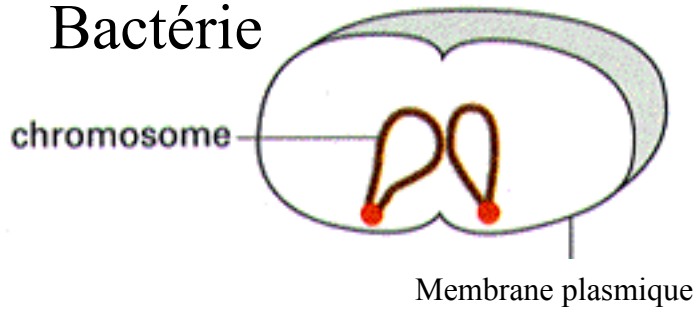
Partage de la cellule

Reconstitution de la membrane nucléaire autour de chaque lot de chromosomes.

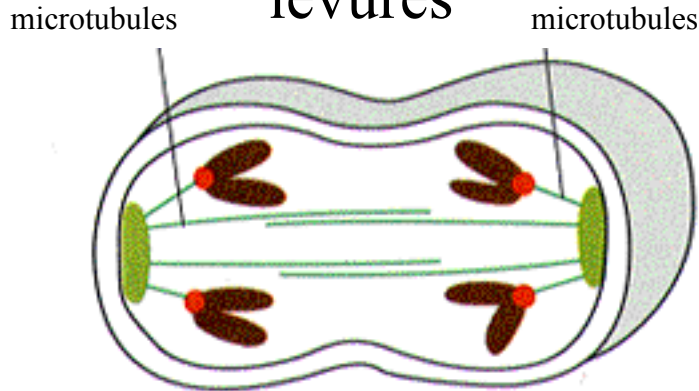
Décondensation des chromosomes

Stratégies de ségrégation des chromosomes

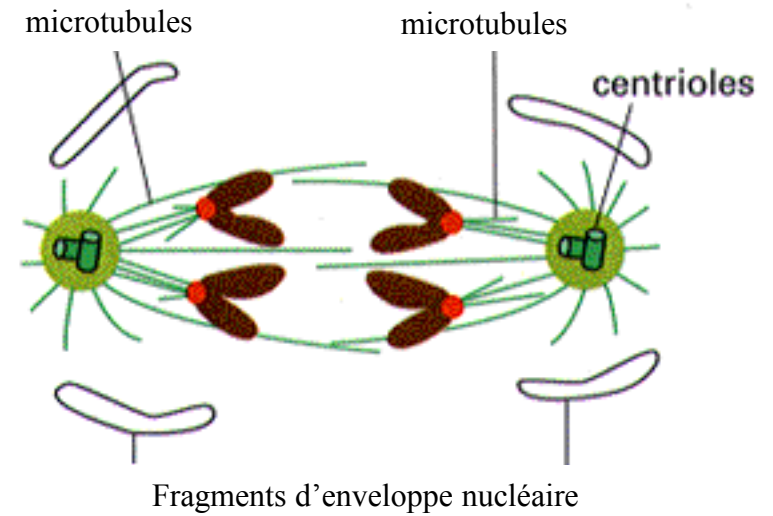
Bactérie



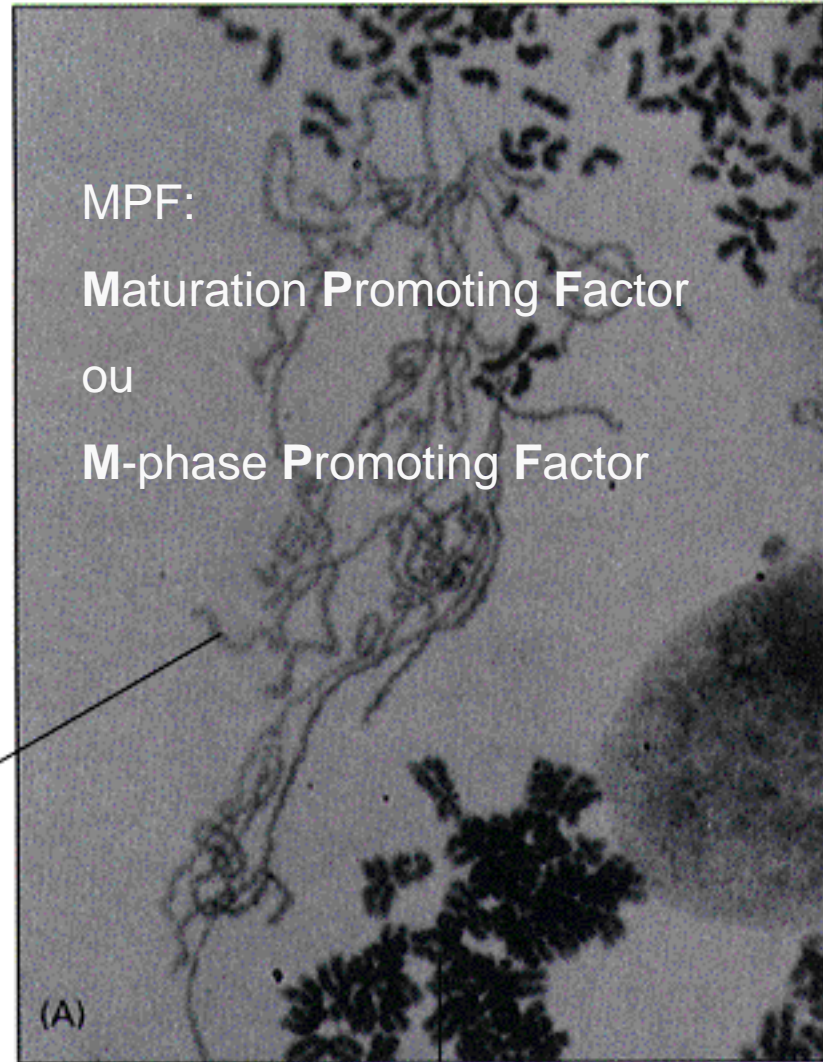
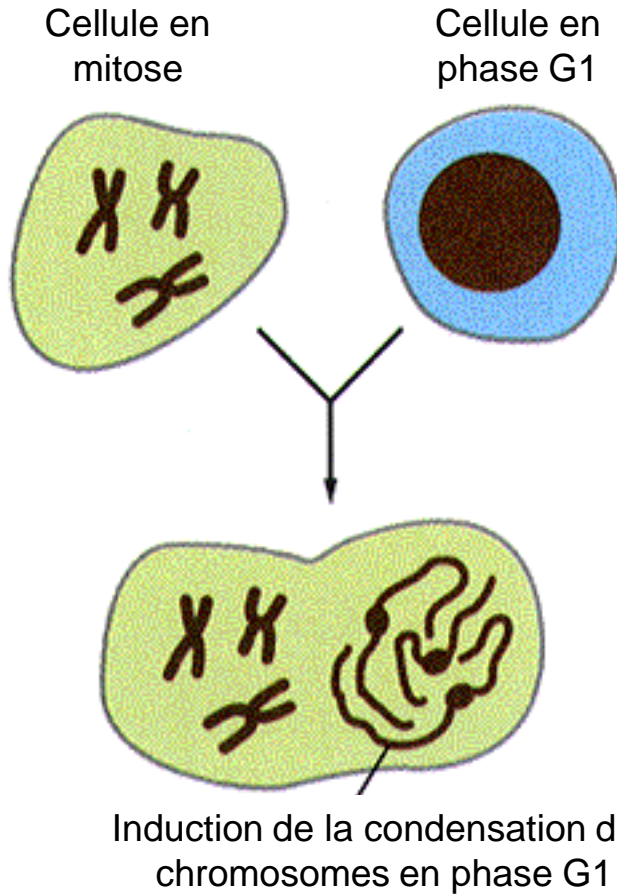
levures



cellules animales



Isolation de MPF: le déclencheur de division

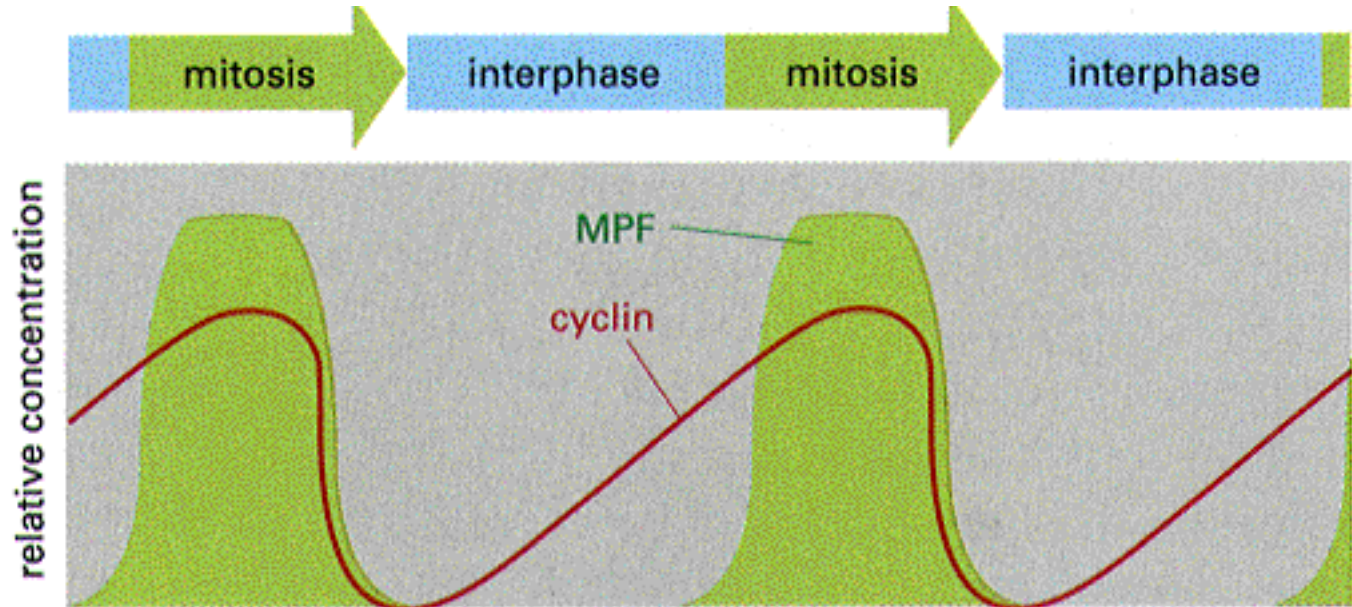


metaphase human chromosomes



Il existe un facteur dans le cytoplasme qui est capable de déclencher la mitose. On l'a appelé MPF.

Le MPF semble avoir un lien avec les cyclines

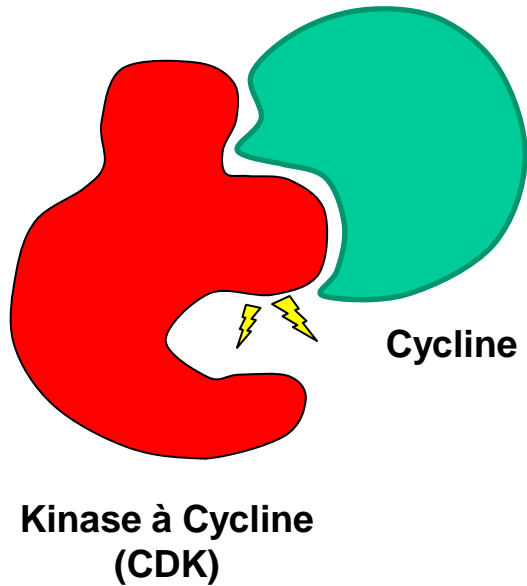


- Deux sortes de cyclines

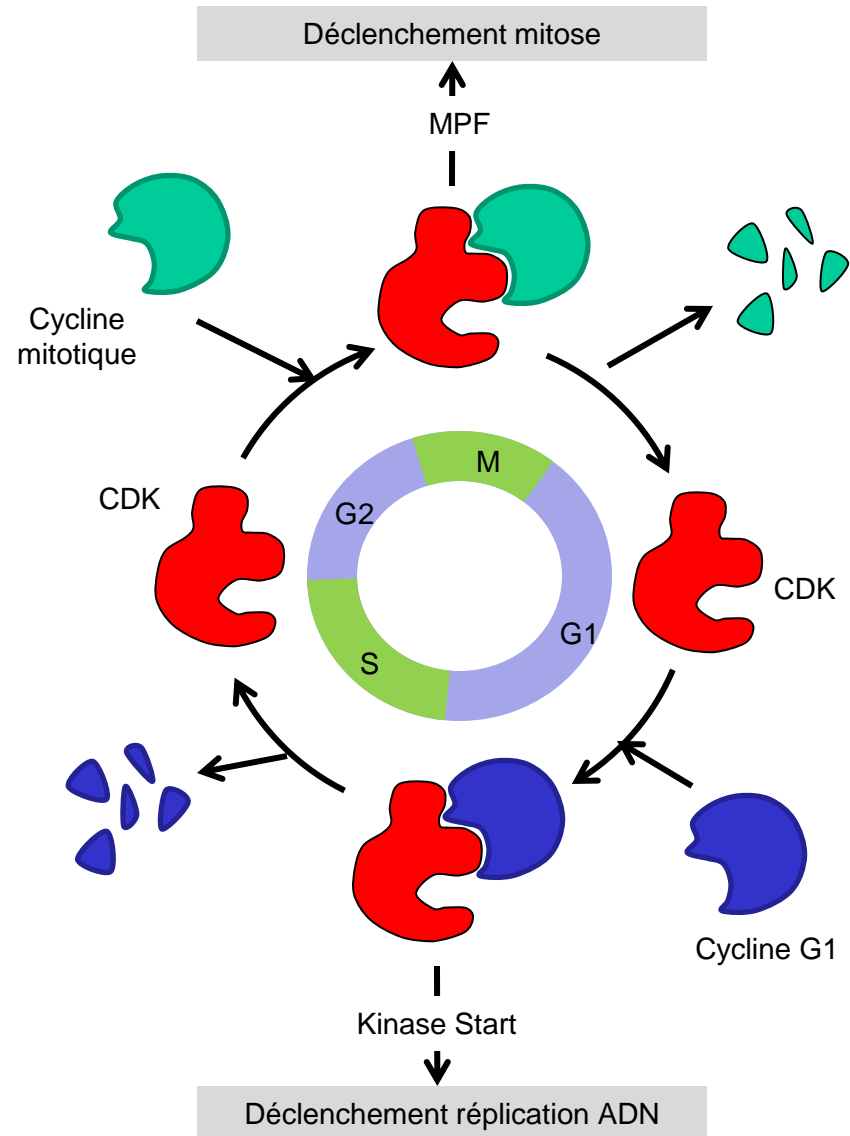
- en G1
- en G2

(Cyclines A et B chez la levure)

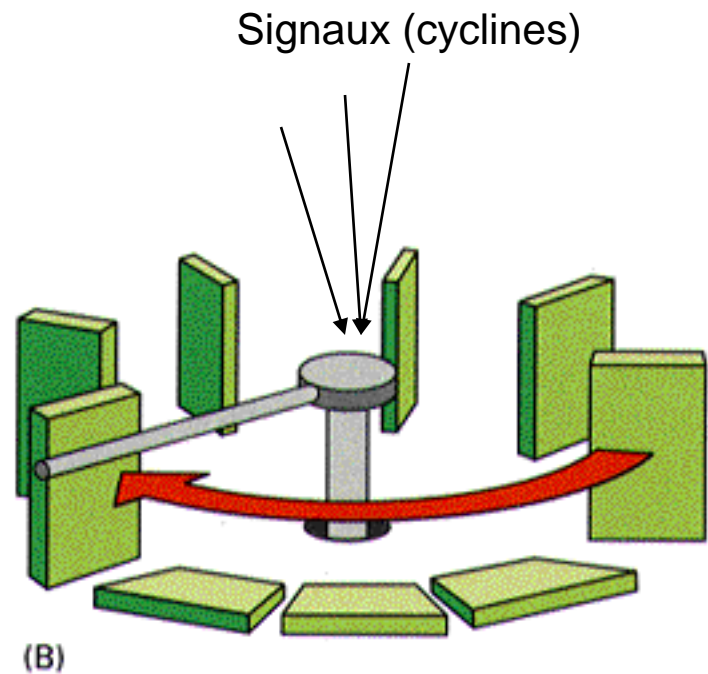
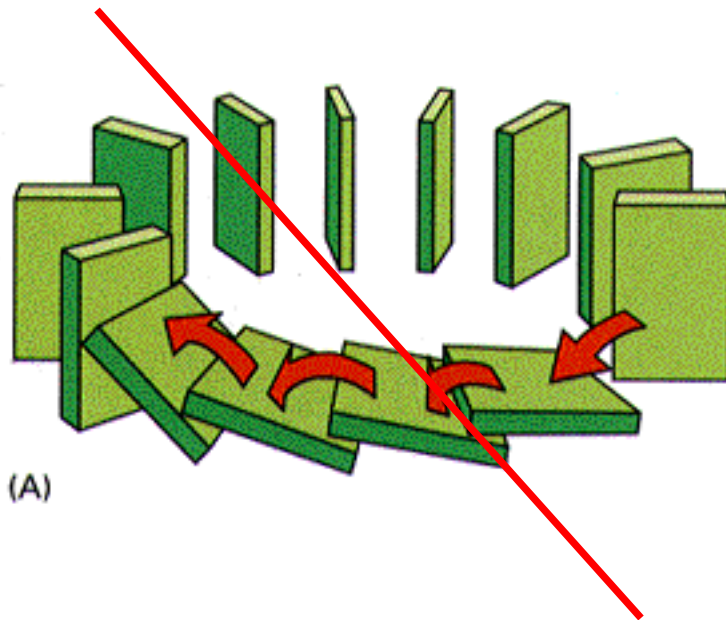
Le chef d'orchestre : la kinase à cycline (cdk)



- CDK: stimule les protéines du cycle
- Sans cycline, CDK inactif
- CDK+Cycline G2 = MPF!



Le « chef d'orchestre » contrôle le cycle cellulaire



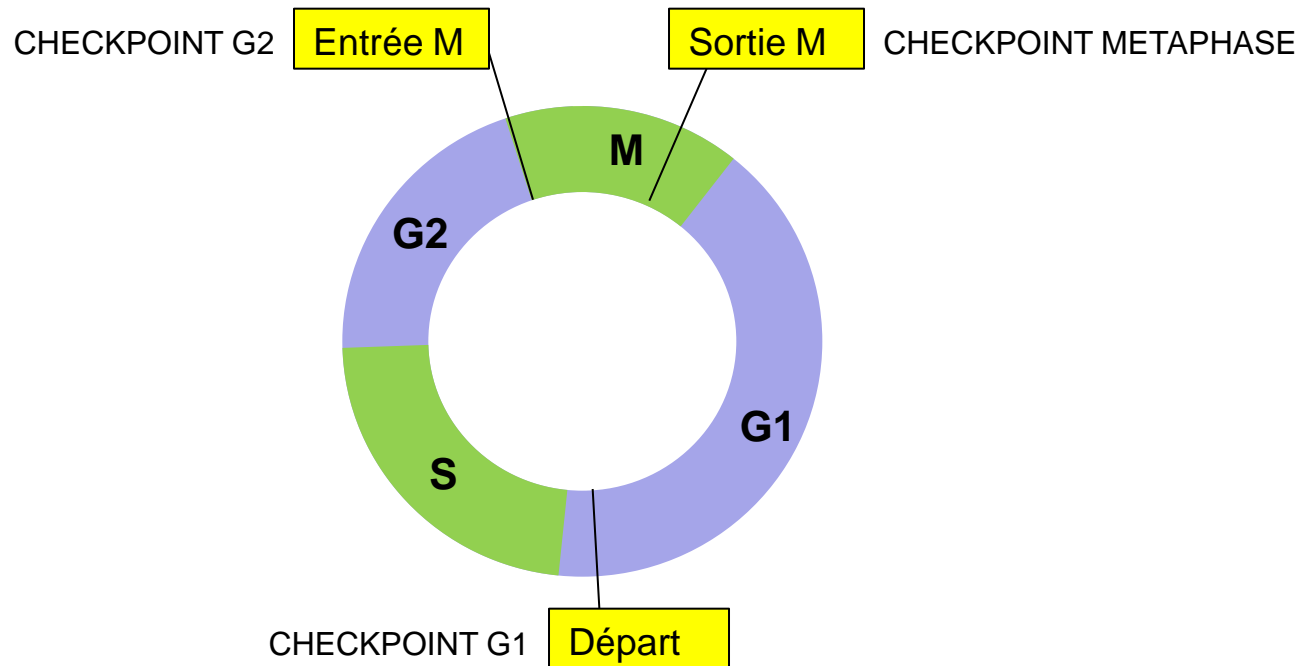
Les points de contrôle

Tout l'ADN répliqué?

Environnement favorable?

Cellule suffisamment grosse?

Chromosomes alignés sur fuseau mitotique?



Cellule suffisamment grosse?

Environnement favorable?

Recombiner pour innover

- La transformation bactérienne et la sexualité
- Le cycle haploïde/diploïde et la génération de diversité biologique
- La méiose pour recombinaison
- L'innovation par la sexualité

La recombinaison

- La principale source de diversité chez les espèces
- Crée les cross-over dans les chromosomes
- La recombinaison se passe:
 - Lors de la méiose chez les eucaryotes
 - Lors de l'intégration d'ADN externe chez les procaryotes

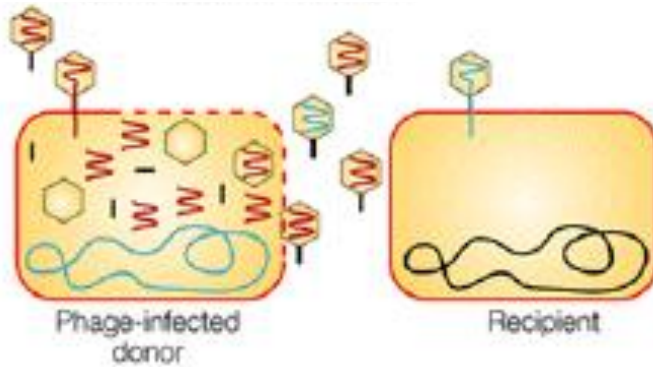


Crossing over:
Illustration originale de Morgan (1916)

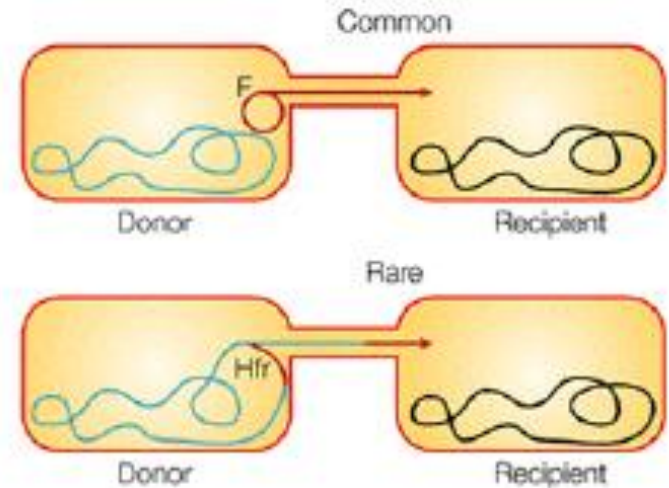
FIG. 64. Scheme to illustrate a method of crossing over of the chromosomes.

Transfert d'ADN chez les bactéries et potentiel de recombinaison

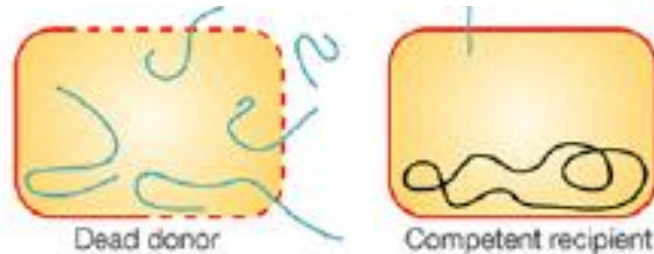
Transduction par bactériophage



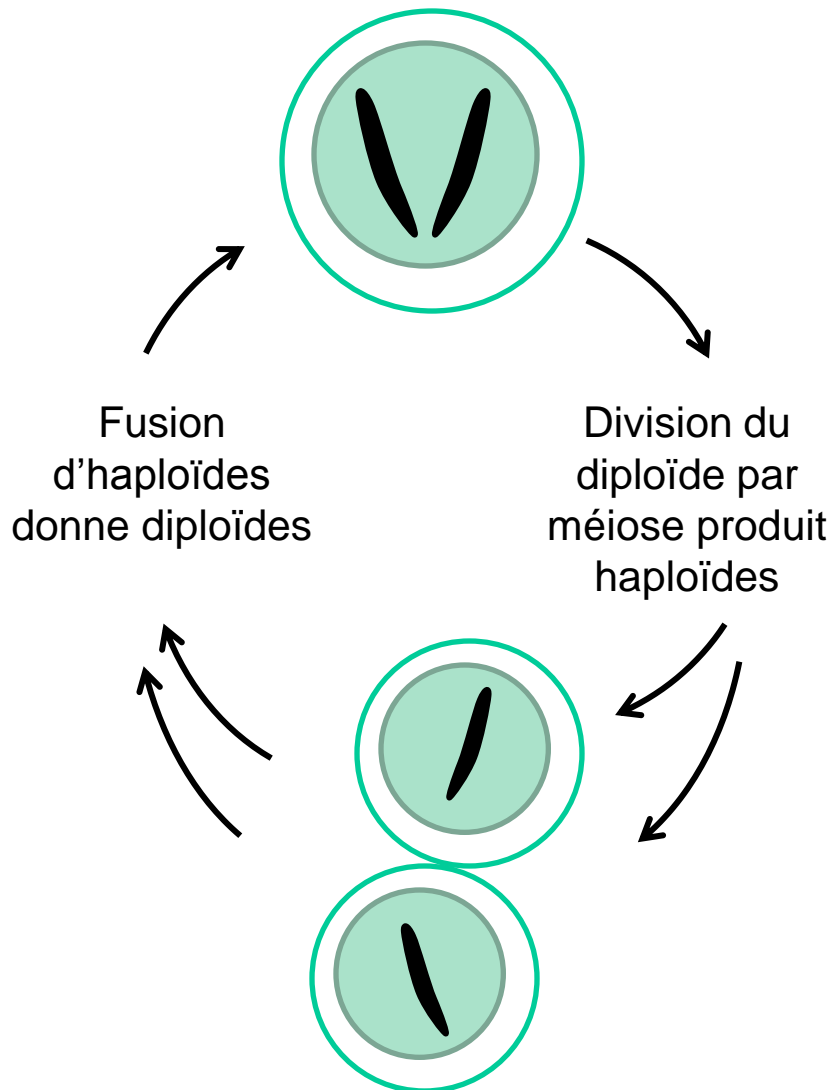
Conjugaison



Transformation par compétence

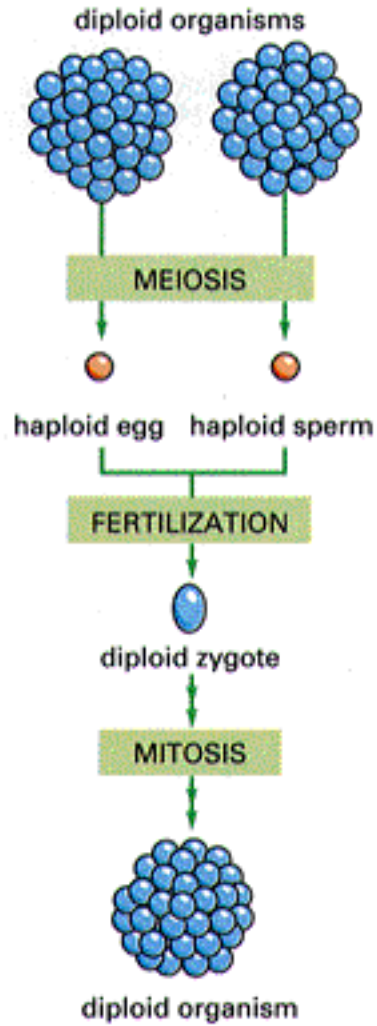


Cycle de vie haploïde/diploïde chez les organismes eucaryotes



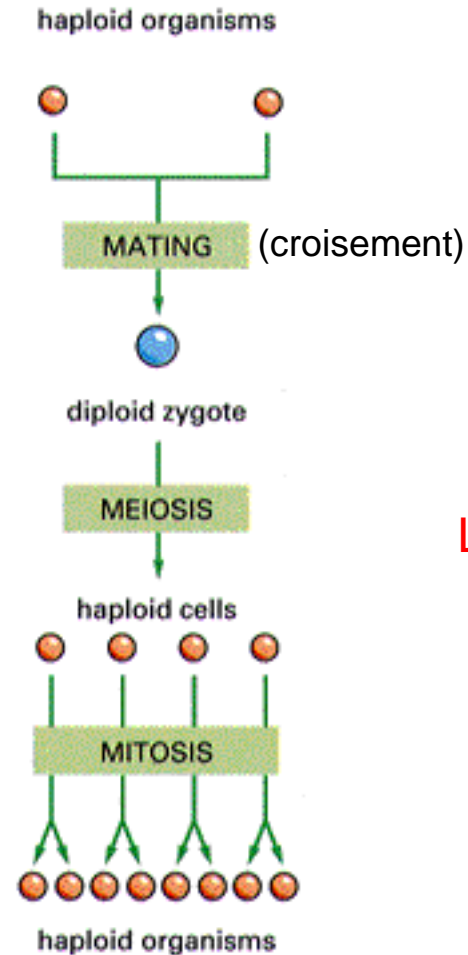
Un moyen de créer de nouvelles combinaisons génétiques

Différents cycles diplo/haplo chez les eucaryotes



Animal
Plante

HIGHER EUKARYOTES

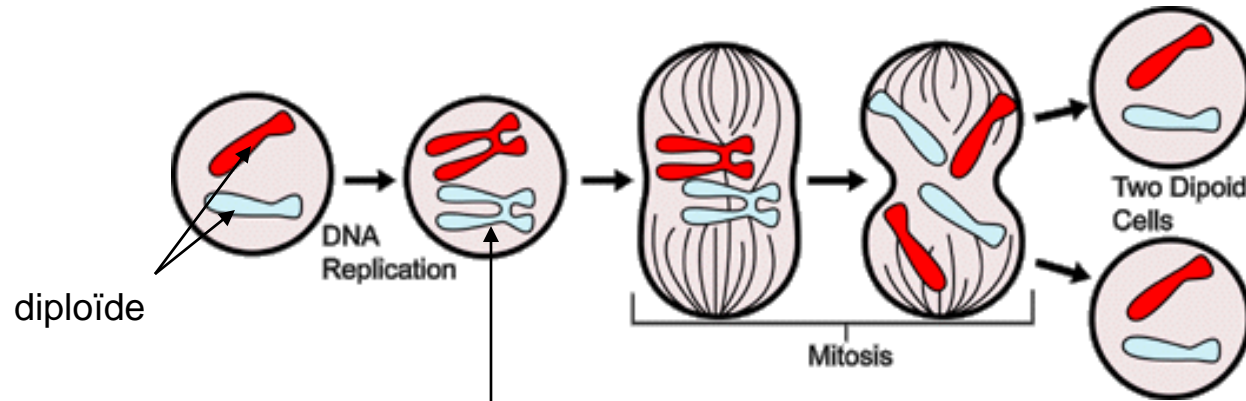


Levure

SOME LOWER EUKARYOTES

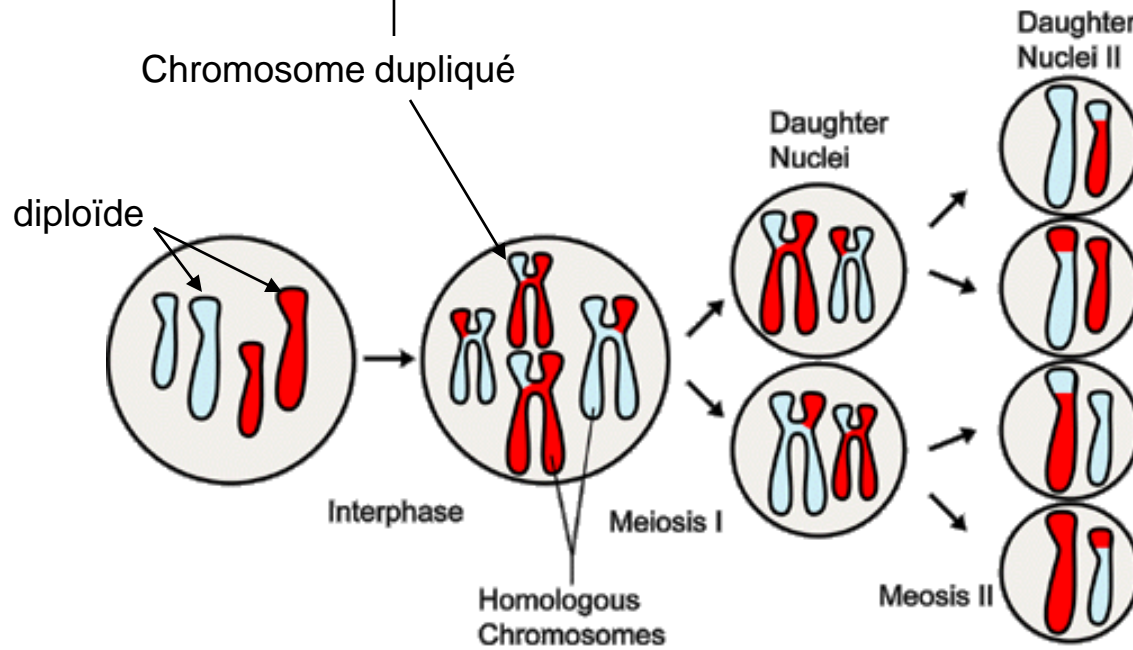
Mitose et méiose

Mitose



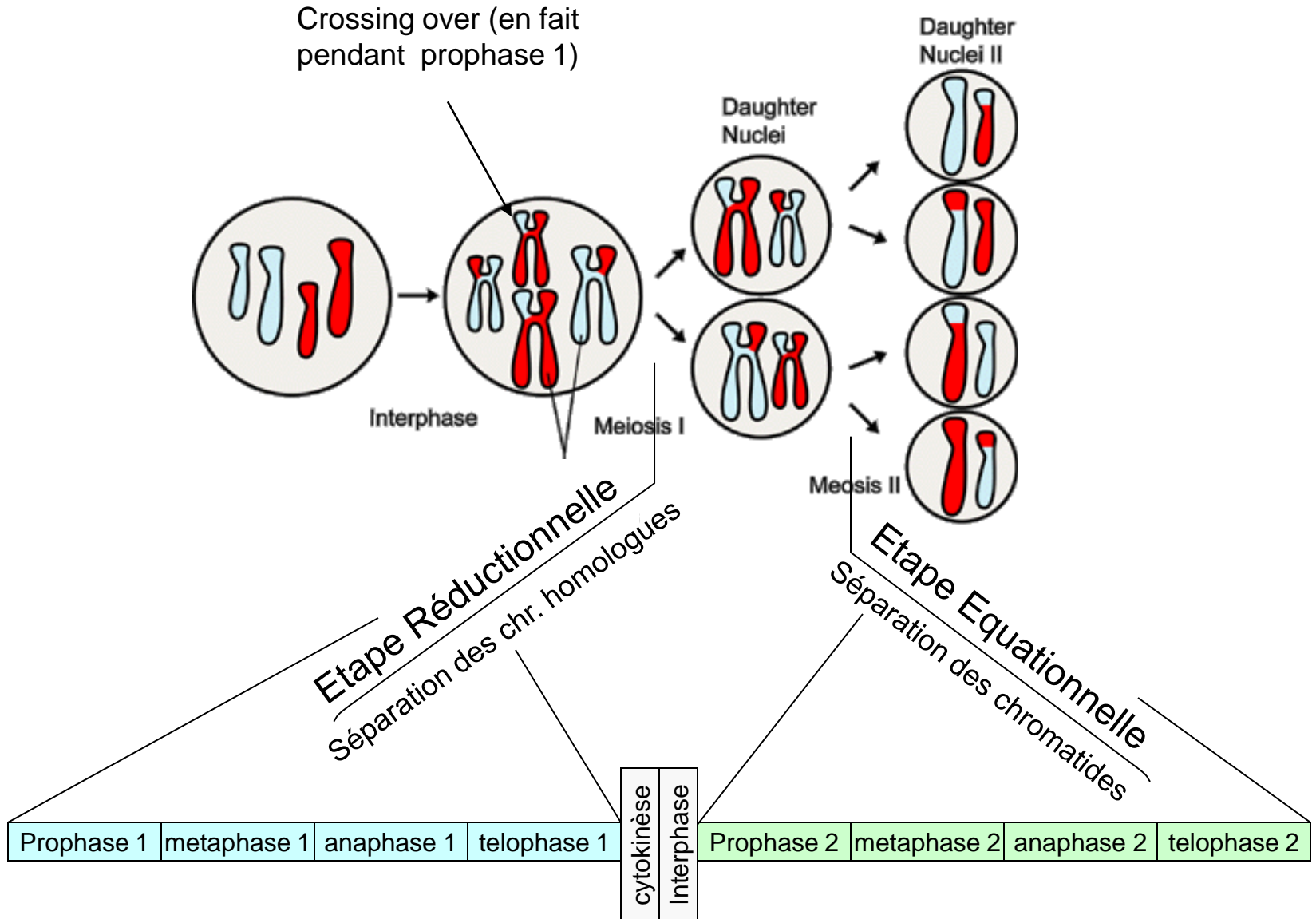
2 cellules diploïdes identiques

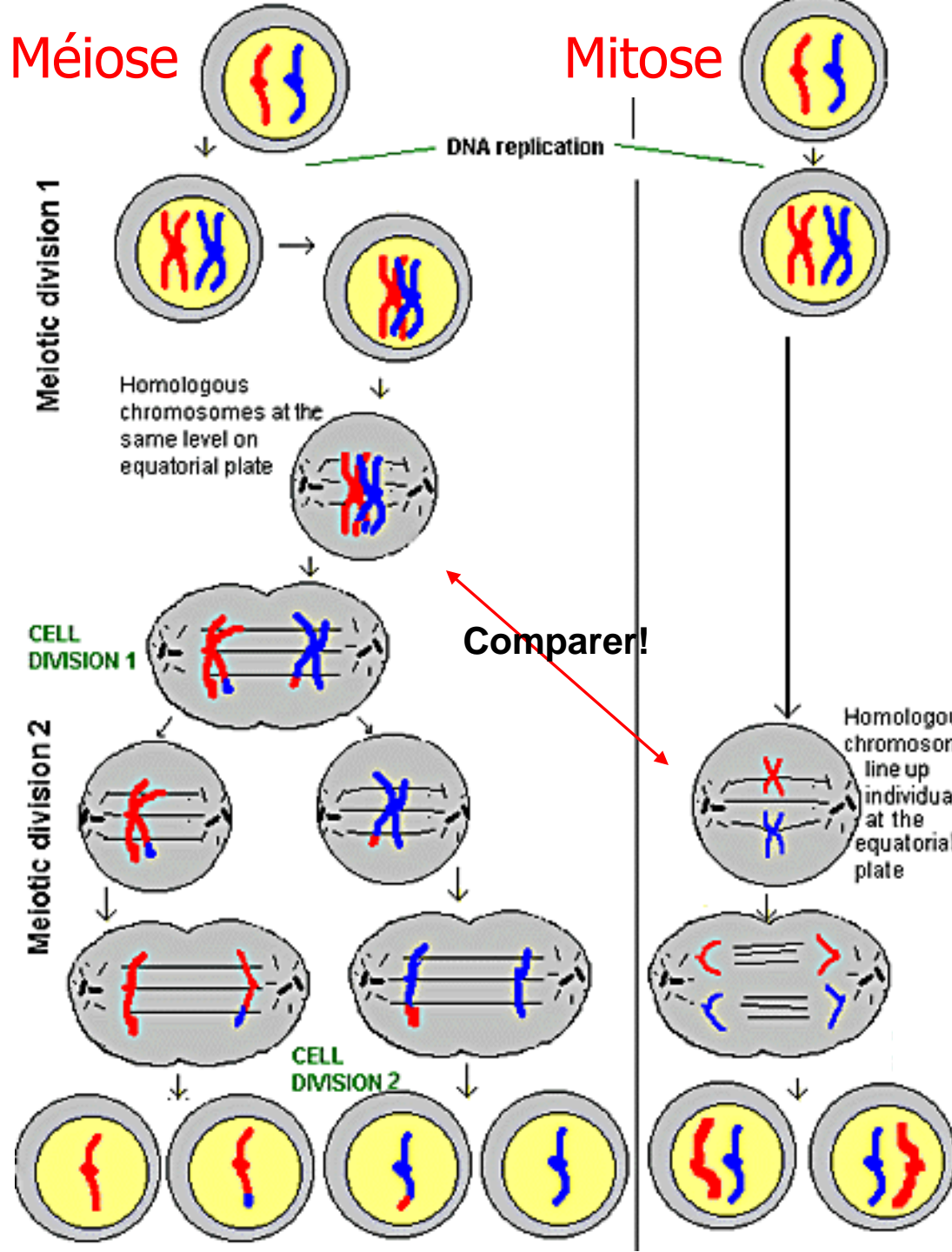
Méiose



4 cellules haploïdes différentes

Les deux divisions de la Méiose



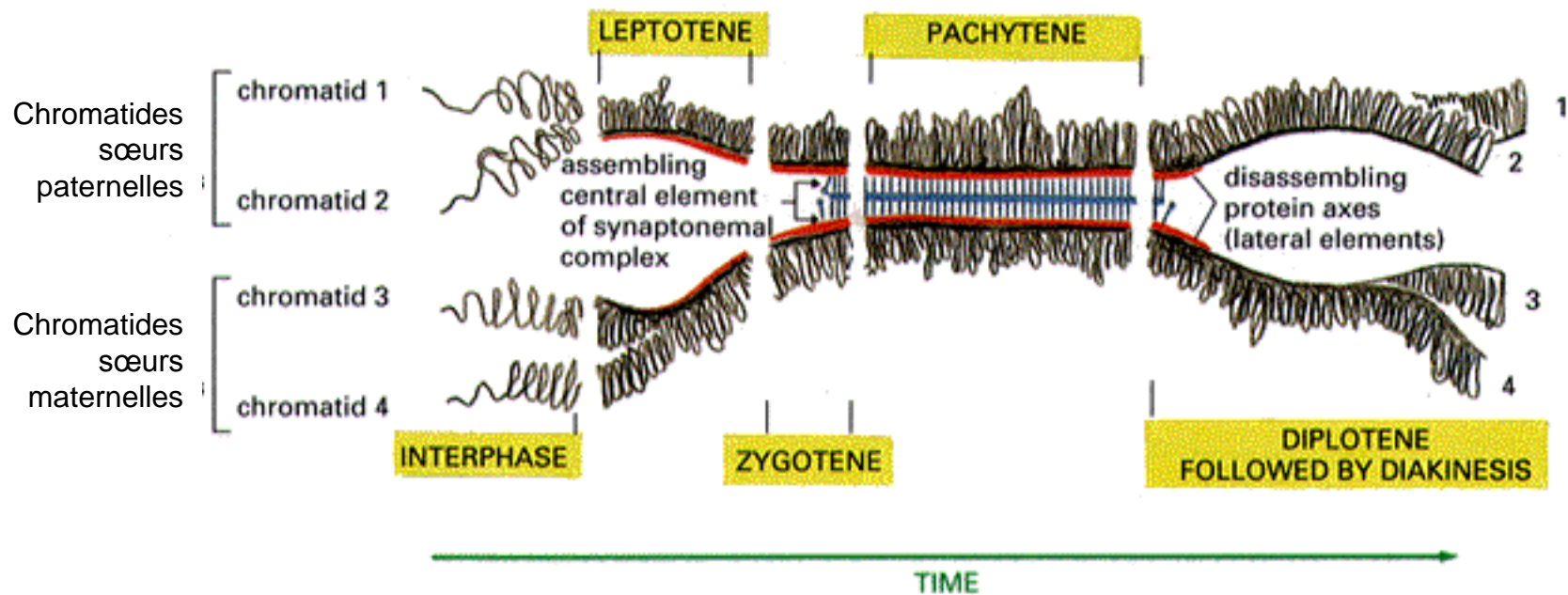


Etape réductionnelle
 1 chromosome (soit paternel soit maternel) à 2 chromatides dans chaque cellule fille

1 chromatide paternelle+1 chromatide maternelle dans chaque cellule fille

Durant la Prophase I: Appariement des chromosomes parentaux

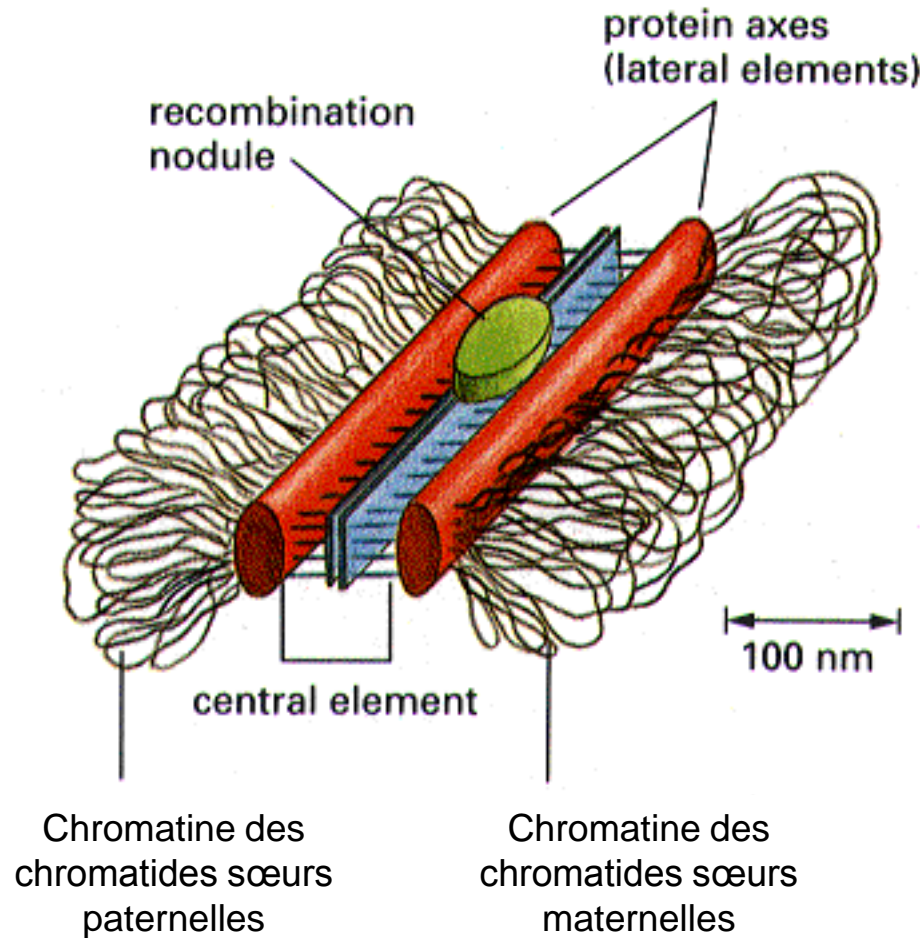
Etapes de la prophase 1



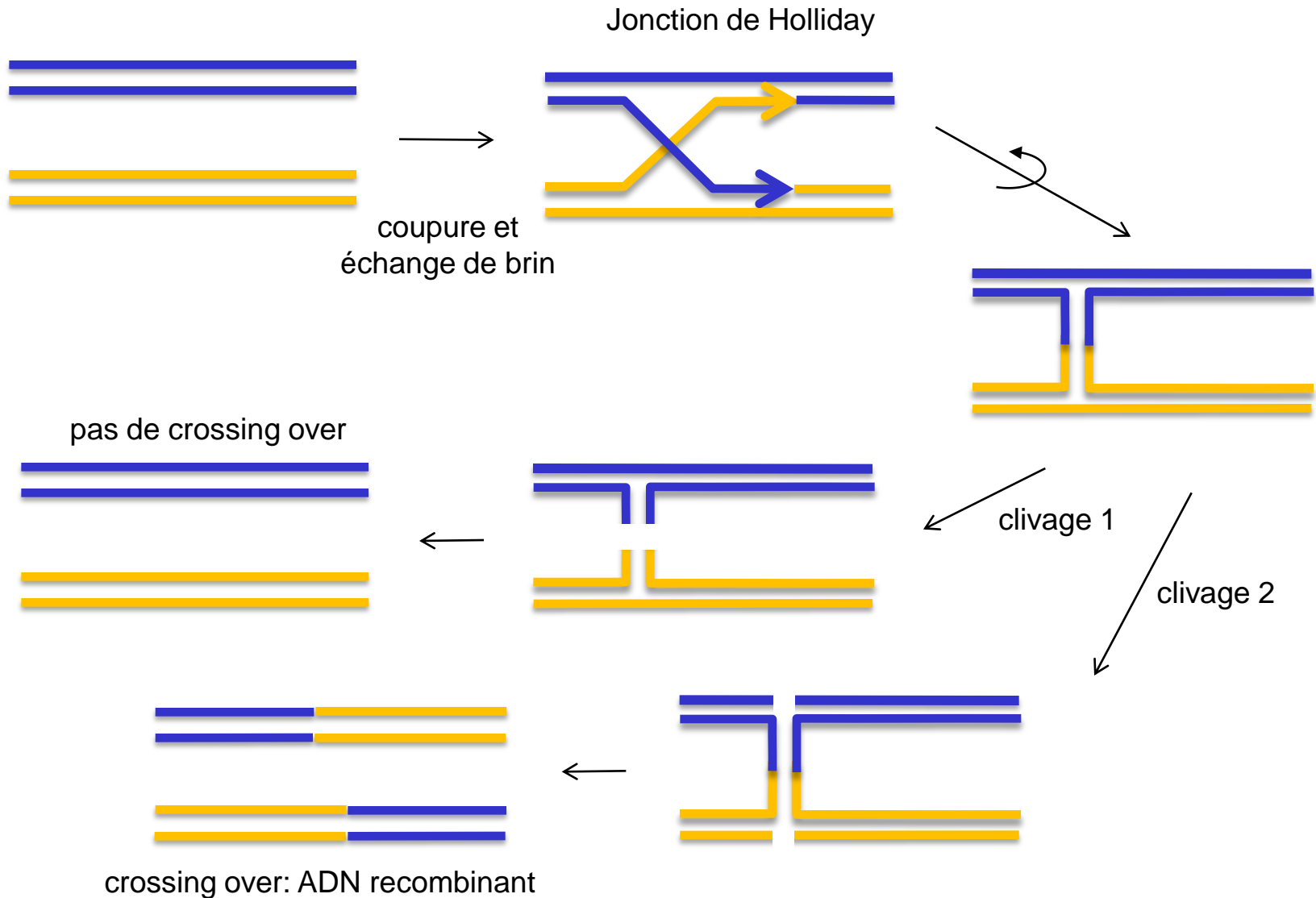
La prophase de la première division est la plus longue étape de la méiose (90% du temps total).

Comprend plusieurs étapes, séparées par des points de contrôle.

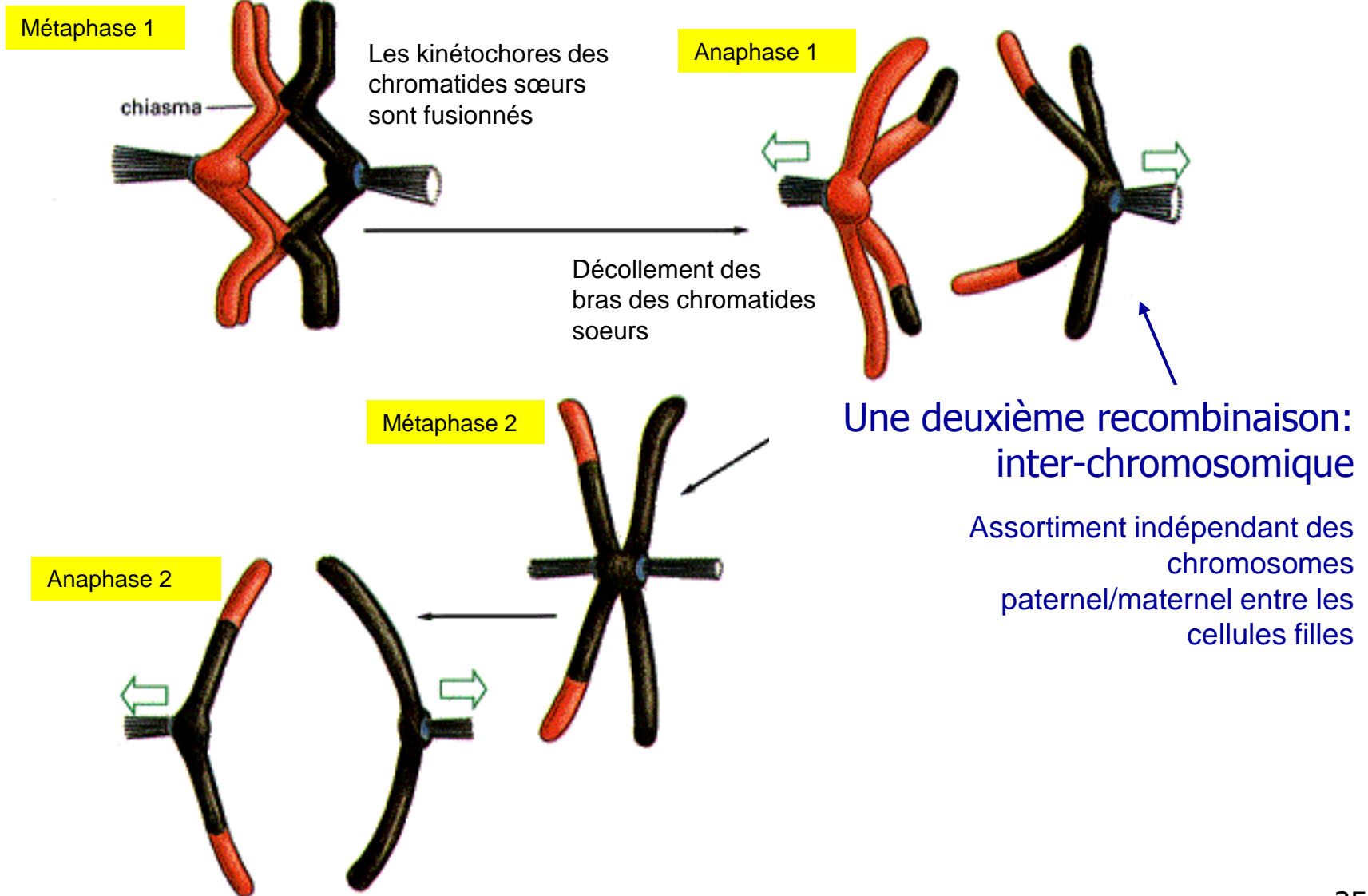
Les « nodules de recombinaison »



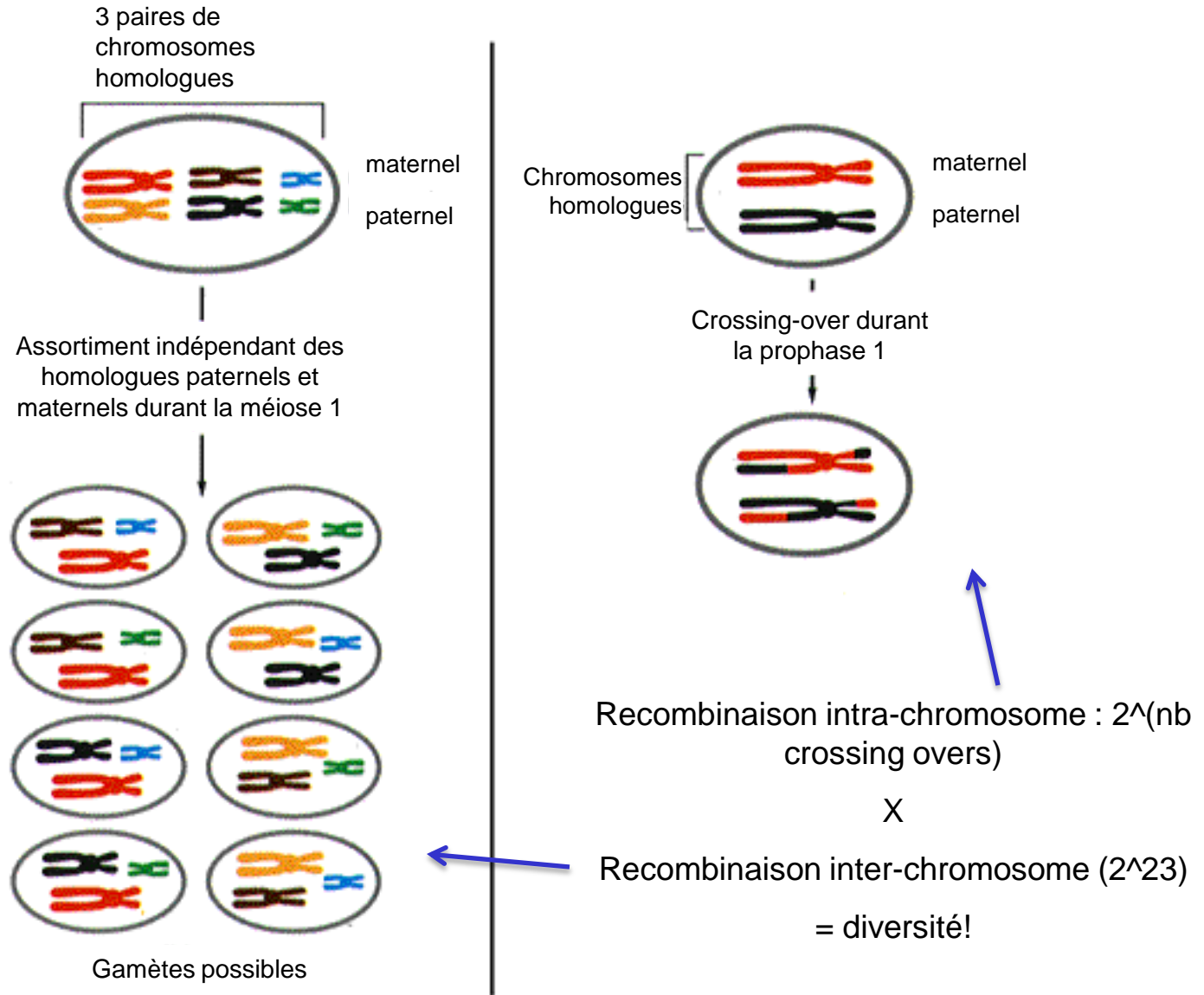
Le modèle de recombinaison par coupure double-brin



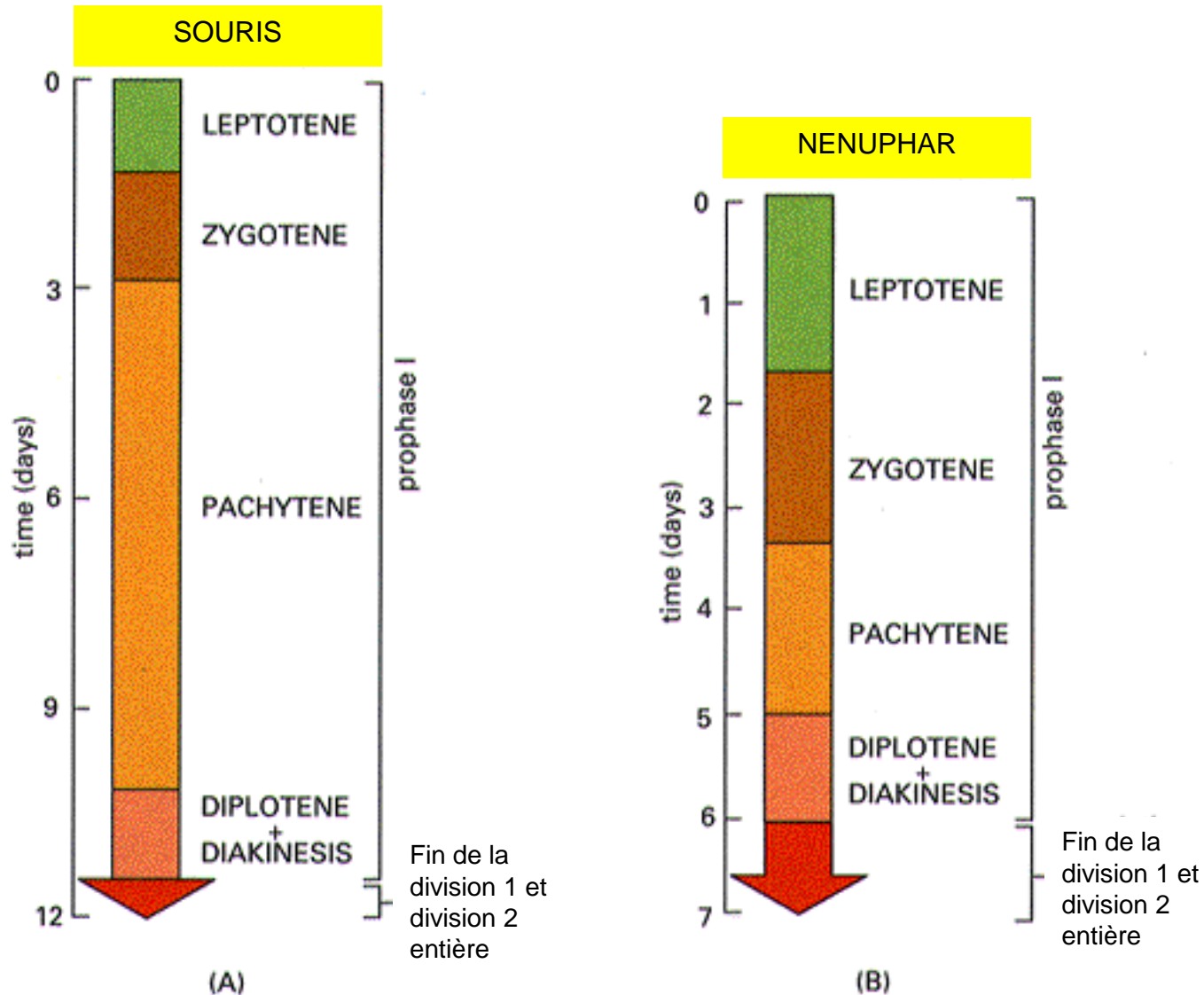
Résolution des « crossing over »



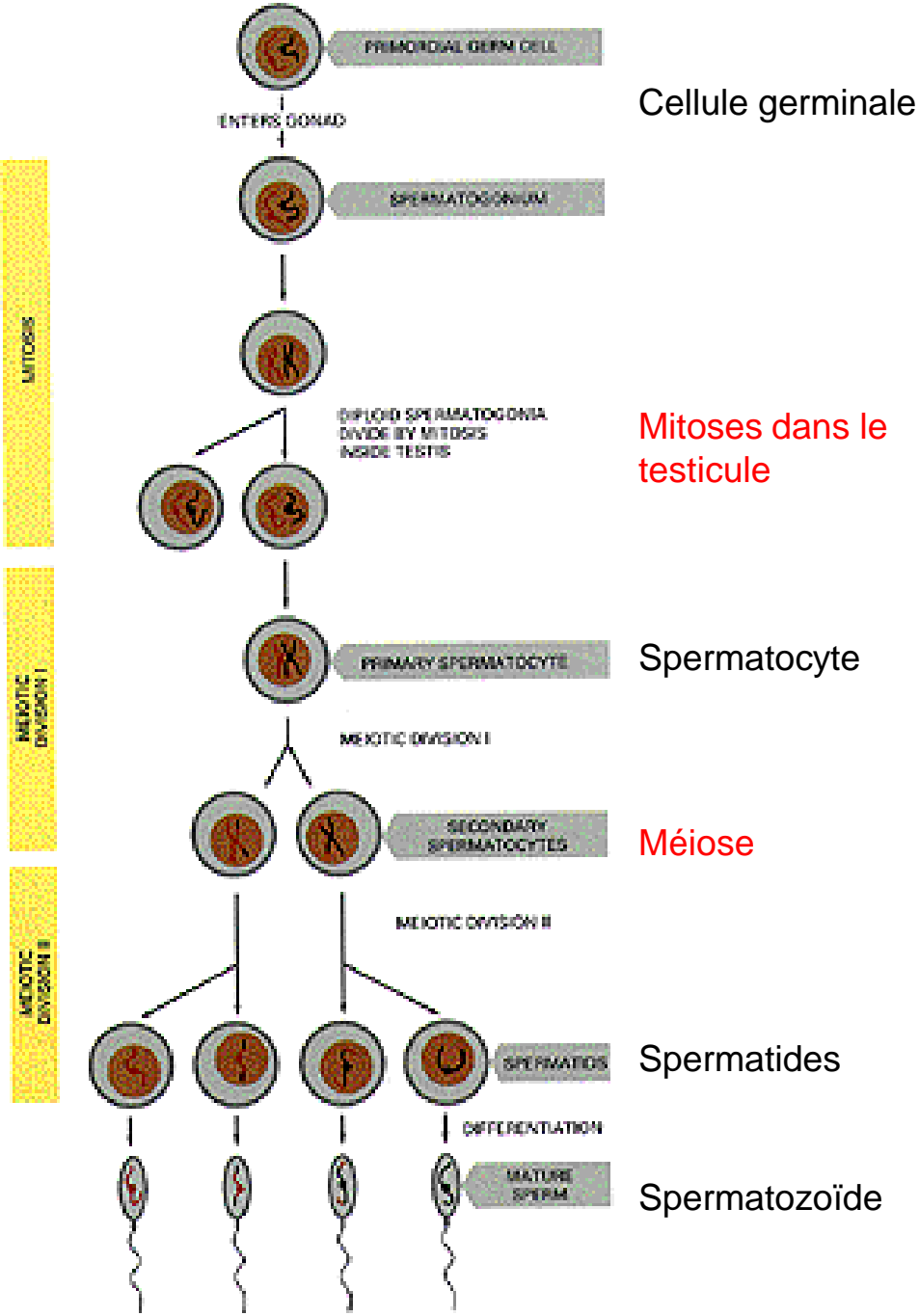
Génération de la diversité héréditaire



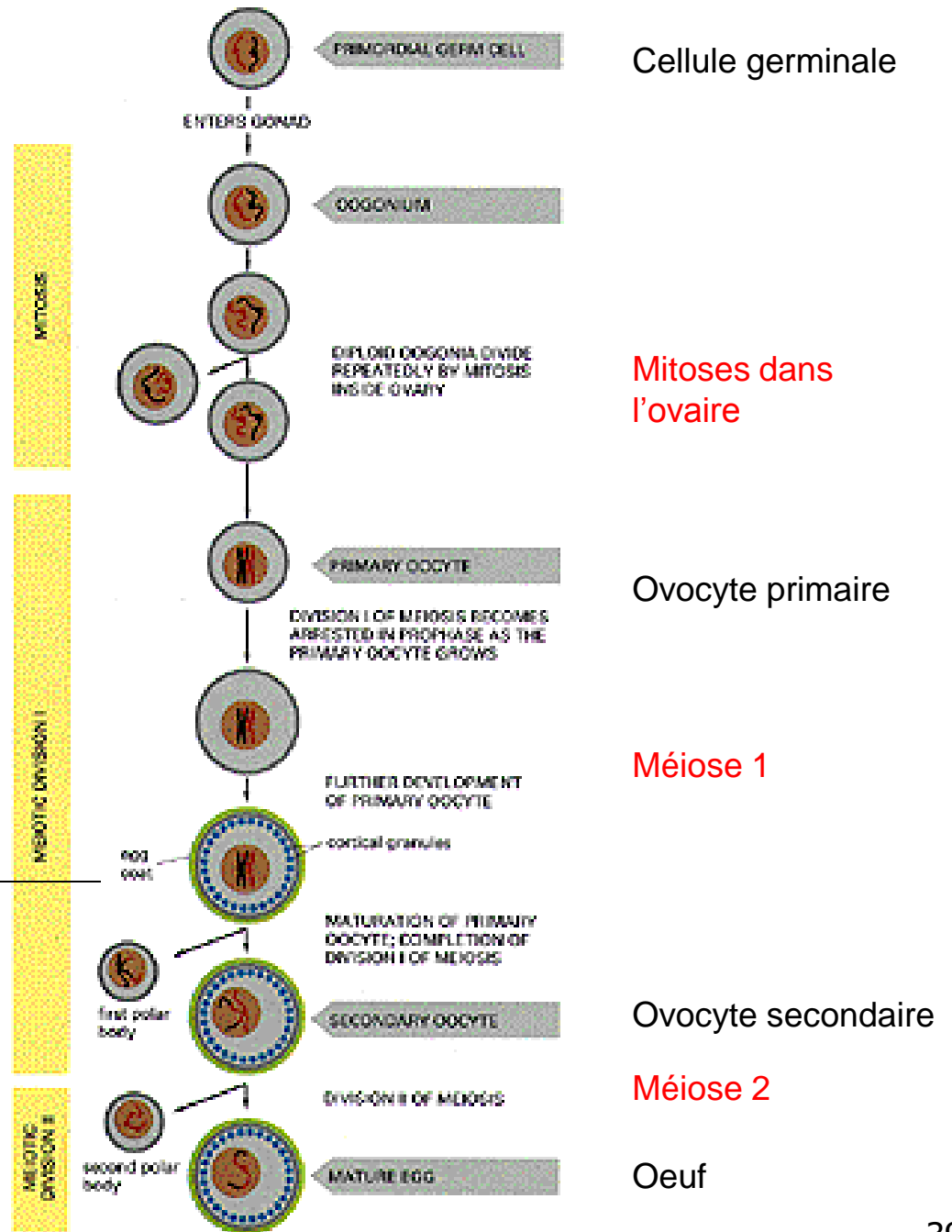
Durée des programmes méiotiques



Spermatogenèse

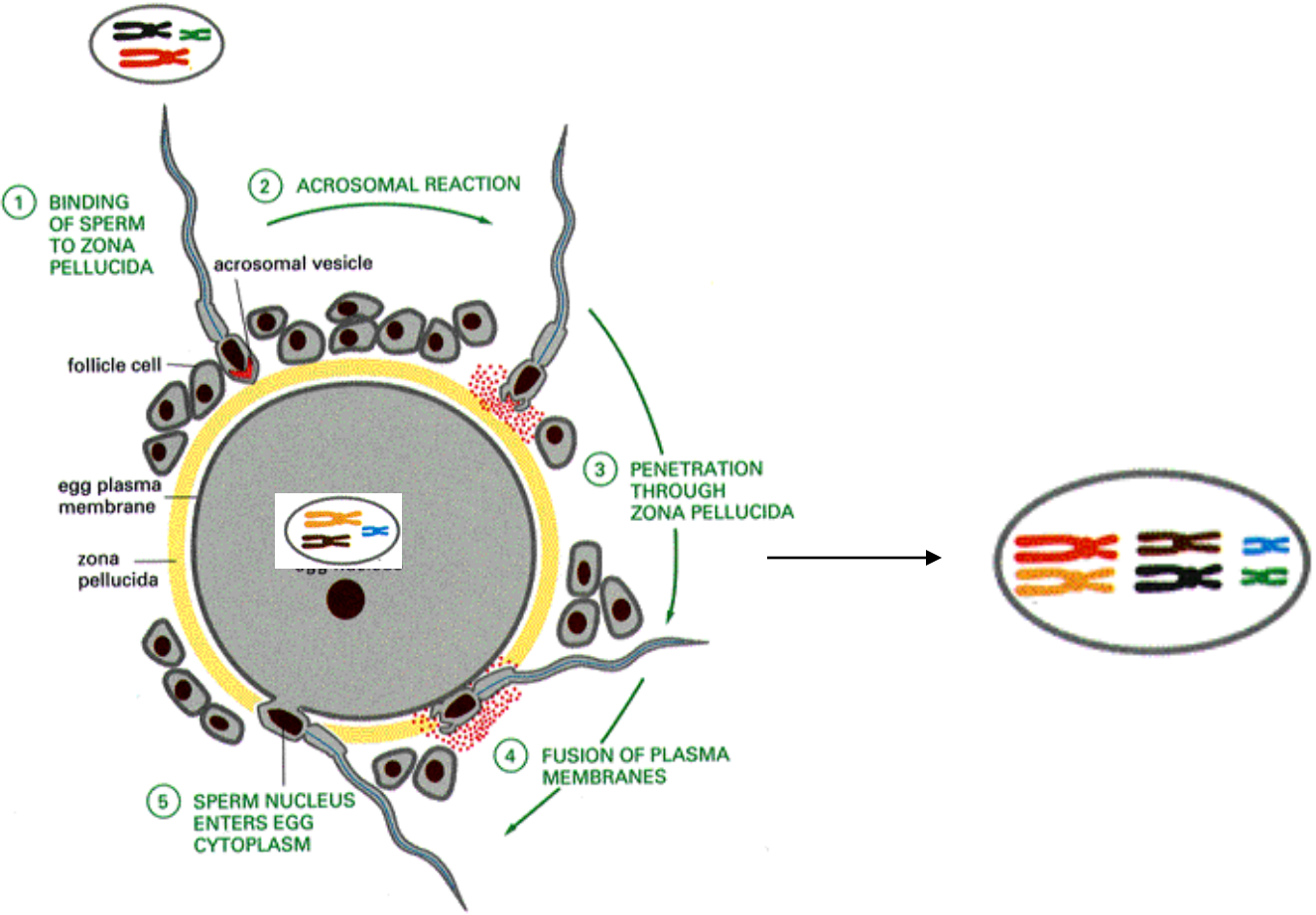


Ovogenèse

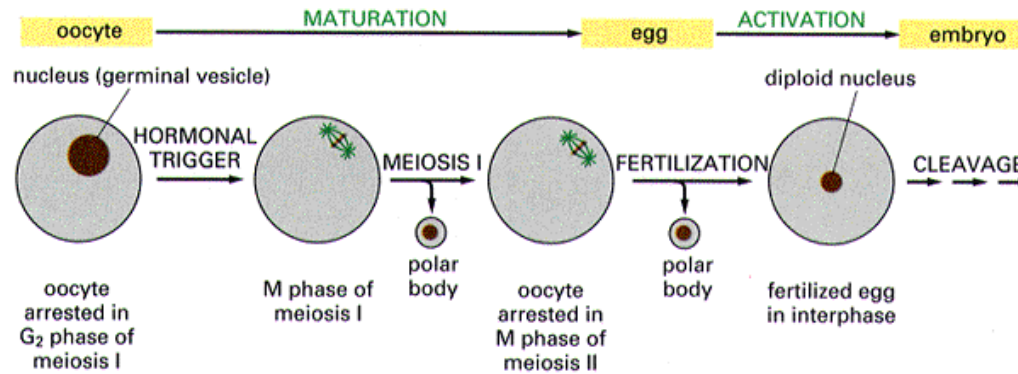


Arrêt jusqu'à la puberté en prophase I, diplotène

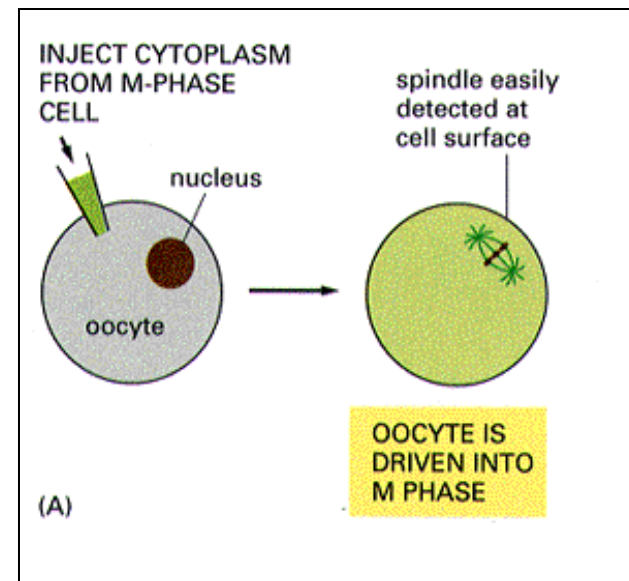
Fécondation



MPF: aussi le déclencheur de méiose



Expérience de transfert de cytoplasme (Masui, 1970)



Ce qu'il faut savoir

Du cours de Biologie Moléculaire:

- comment se réplique l'ADN

De ce cours:

- Les phases de la division cellulaire
- La quantité d'ADN par cellule au cours des phases
- Le devenir de l'ADN pendant les différentes phases de la Mitose
- Définir cycle de division, interphase, mitose phases G1,S,G2,M
- Le principe de régulation par le MPF/cdk
- Les échanges d'information génétique (recombinaison) chez les bactéries
- Expliciter les différences entre mitose et méiose
- La signification biologique de la méiose
- Le principe de la recombinaison méiotique et la phase à laquelle elle a lieu
- Rendre compte de la diversité génétique des gamètes et de l'organisme né de la fécondation