



Cycle cellulaire: mitose et méiose

R. NDIAYE DIALLO



OBJECTIFS

- Citer les différentes étapes du cycle cellulaire
- Décrire les différentes phases de l'interphase
- Décrire les différentes phases de la mitose
- Décrire les différentes phase de la méiose
- Décrire la recombinaison génétique
- Citer les différences entre la mitose et la méiose



PLAN

Introduction

I Les différentes étapes du cycle cellulaire

II L'Interphase

II-1 Phase G1

II-2 Phase S

II-3 Phase G2

III La mitose

IV La méiose

Conclusion

Introduction

■ Cycle cellulaire

- Modifications subies par une cellule entre sa formation et le moment où elle finit de se diviser
- Intervient dans le **maintient du patrimoine génétique et la prolifération cellulaire**

Introduction

■ Prolifération cellulaire

- Déclenchée par des facteurs de croissance
 - EGF, IGF, CSF.....
- Articulation coordonnée de 2 évènements
 - Réplication
 - Ségrégation
- 2 étapes
 - Interphase
 - Mitose

Les différentes étapes

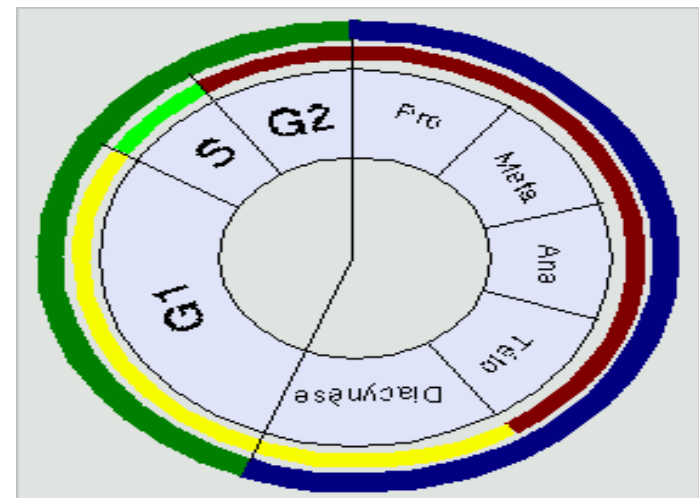
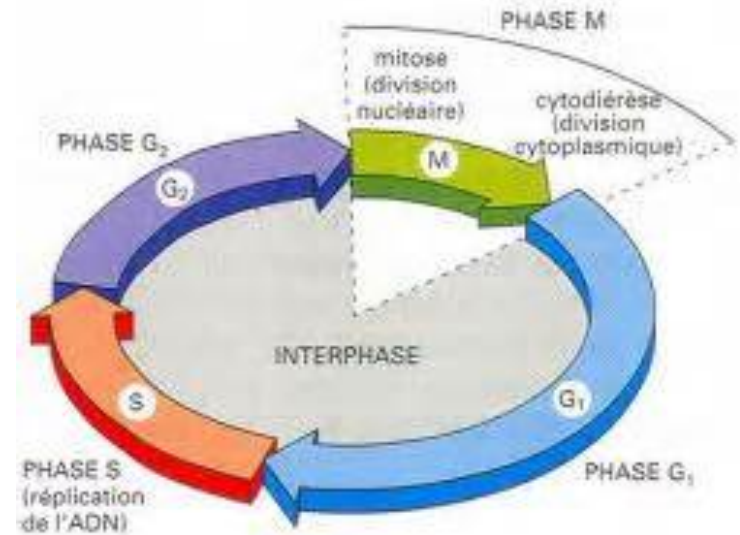
■ Cycle cellulaire

□ Interphase

- Phases G₁, S et G₂

□ Mitose

- Prophase
- Métaphase
- Anaphase
- Télaphase
- Cytodiérèse



L'interphase

- Période comprise entre la fin d'une mitose et le début de la suivante
- Période la plus longue du cycle
- 3 phases

L'interphase

■ Phase G1

- Fonctions biologiques programmées de la cellule
- Phase de synthèse de molécules d'ARN, de protéines
- Les chromosomes sont formés de chromatine
- Durée variable : 1H chez l'embryon et 6-12 mois dans le foie
- Phase **G0** de repos (cellules nerveuses et musculaires)
- Rôle important dans le contrôle du cycle cellulaire
- **Point de contrôle** ou point de restriction de Pardee contrôlé par des complexes protéiques formés de cyclines et de protéines kinases cyclines dépendantes CDK

L'interphase

■ Phase S de synthèse

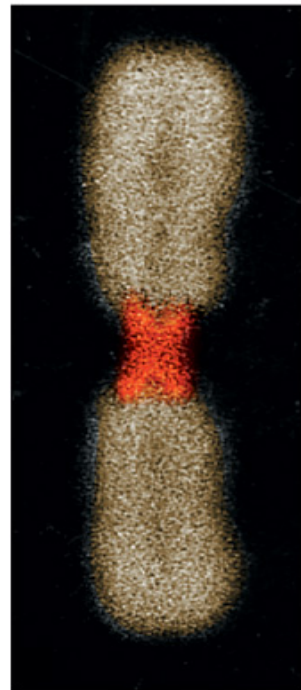
- **Duplication** du génome de la cellule par réplication de l'ADN

$$2n \rightarrow 4n$$

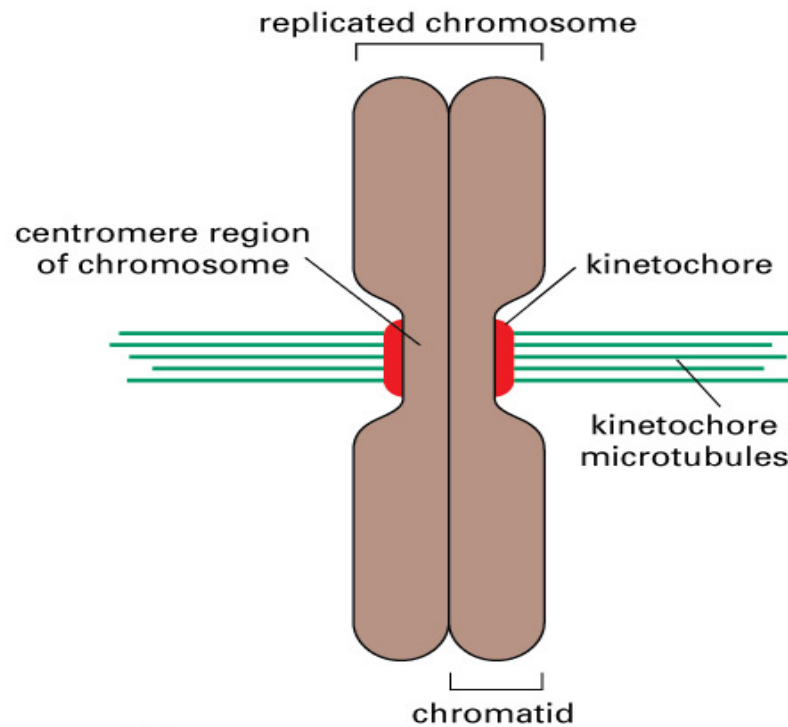
- Chromosomes étirés et déroulés formés de 2 chromatides sœurs unis par un centromère
- Centromère = contient une séquence d'ADN spécifique à laquelle est fixée un disque protéique = kinétochore = site de fixation des microtubules

L'interphase

■ Phase S de synthèse



(A)



(B)

L'interphase

■ Phase G2

- La cellule tétraploïde se prépare à la division
- Condensation des chromosomes qui s'associent aux protéines histones
- Réplication des centrioles et synthèse de **tubuline**
- Formation des **centrosomes** = centrioles entourés de matériel péricentriolaire = centres organisateurs de microtubules
- Formation de **chromosomes homologues** morphologiquement identiques

La Mitose

- Permet de distribuer l'ADN entre les 2 cellules filles
 - Caractérisée par:
 - Spiralisation des chromosomes
 - Formation du fuseau mitotique
 - Disparition de l'enveloppe nucléaire
 - Séparation de chromatides sœurs
 - Répartition des chromosomes entre les 2 cellules filles
 - Reconstitution des noyaux
 - 5 étapes

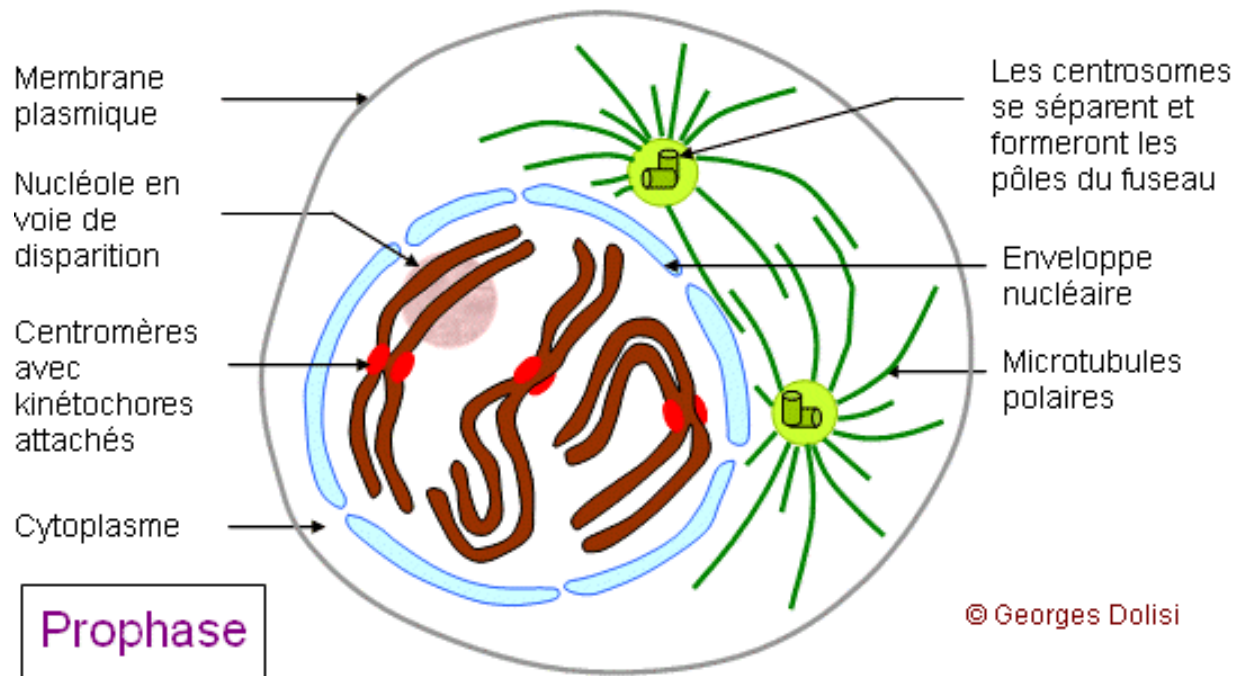
La Mitose

■ La prophase

- Formation de l'appareil fusorial
- Assemblage du fuseau mitotique
 - Ecartement des centrosomes
 - Mise en place d'un axe de microtubules **polaires** ou fibres fusoriales entre les 2 centrosomes
 - Formation d'un faisceau radial de microtubules **astraux** du centrosome vers la membrane plasmique = fibres astériales
 - Disparition de la membrane nucléaire et des nucléoles /réabsorption par le réticulum endoplasmique

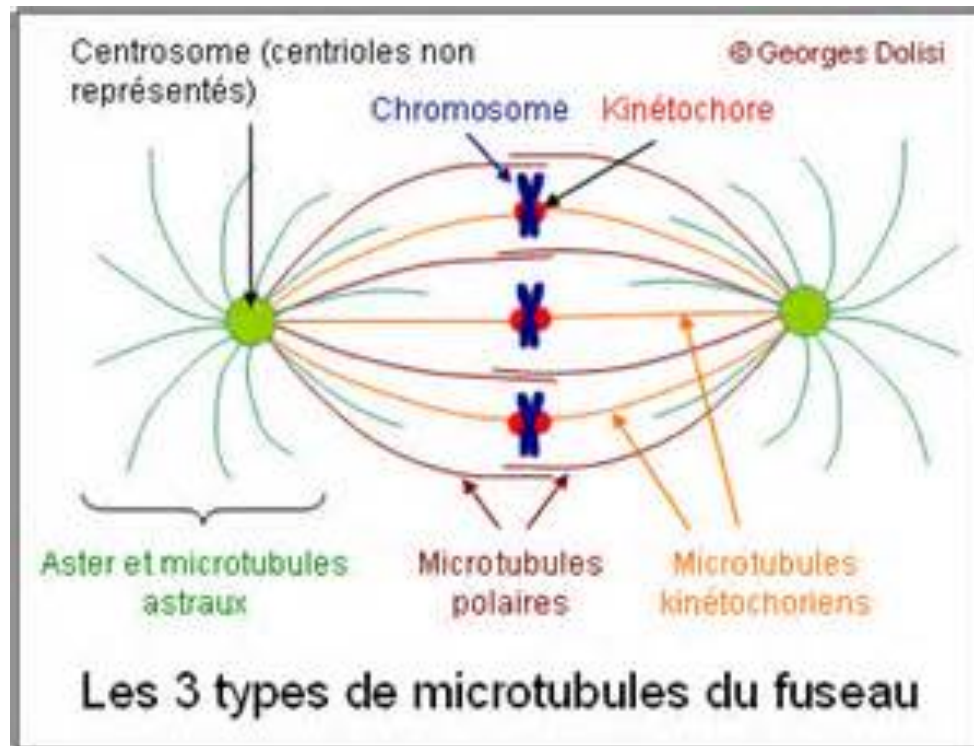
La Mitose

■ La prophase



La Mitose

■ La prophase



La Mitose

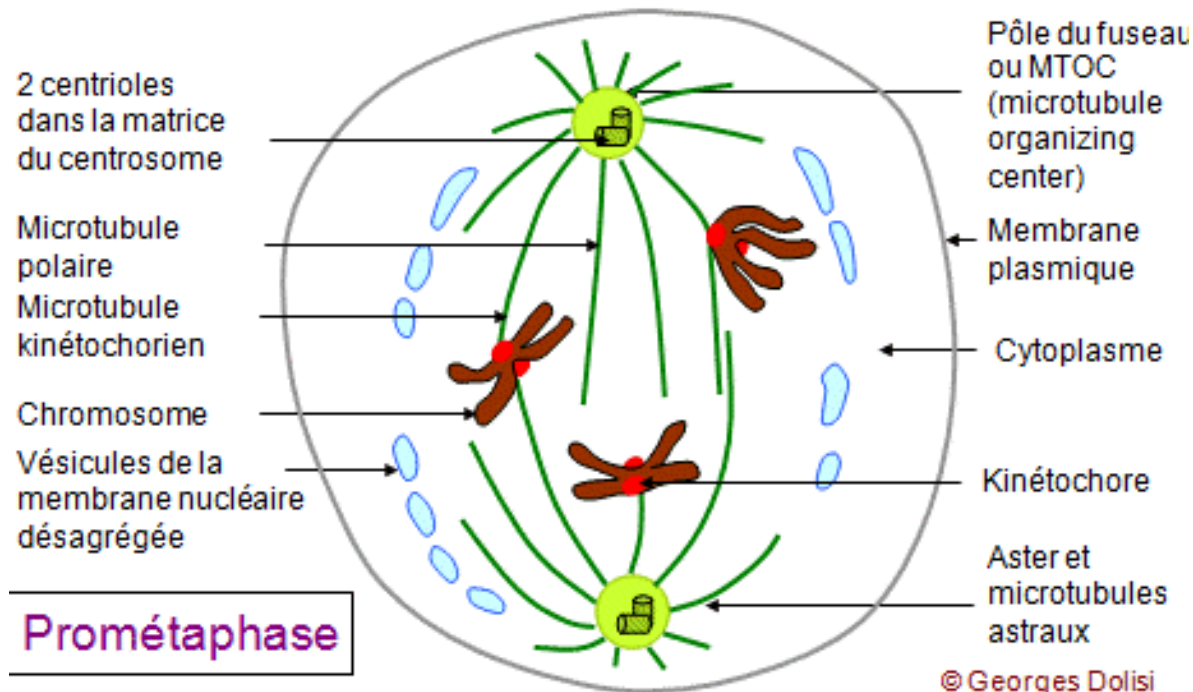
■ La prophase

- Fixation de chromatides sœurs aux pôles de la cellule = Prométaphase

- Chaque chromosome est relié par les 2 kinétochores de chacun des chromatides sœurs
- Liaison des kinétochores aux 2 centrosomes par les microtubules kinétochoriens

La Mitose

■ La prométaphase



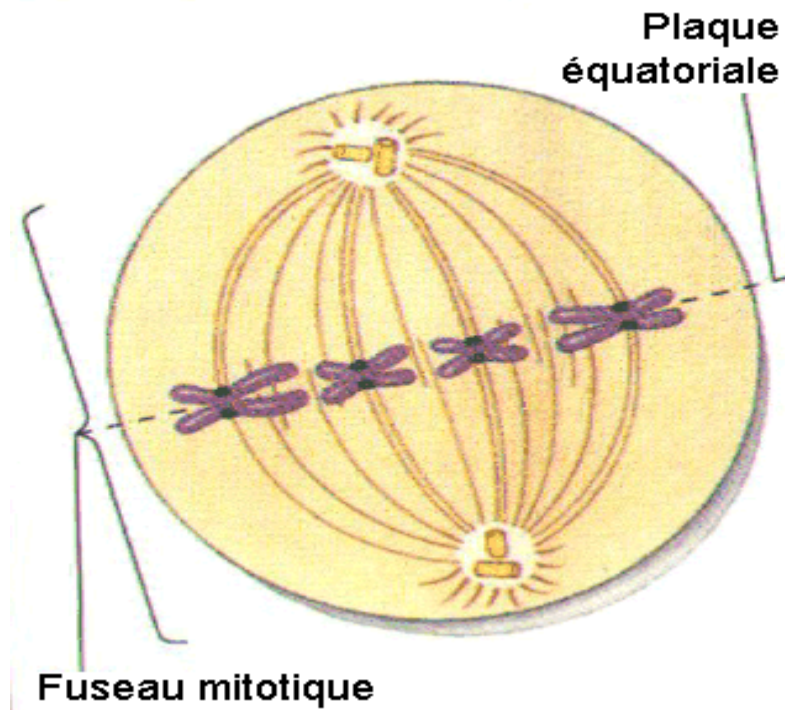
La Mitose

■ La métaphase

- Formation de la plaque équatoriale par alignement des chromosomes au milieu de la cellule
- Sur un axe perpendiculaire à l'axe du fuseau
- Futur axe de division de la cellule

La Mitose

- La métaphase



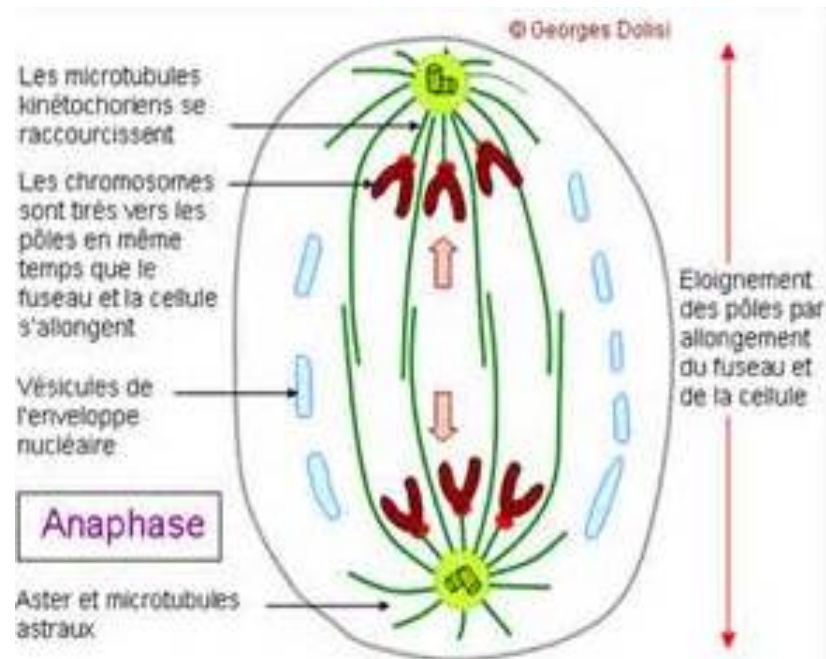
La Mitose

■ L'anaphase

- Phase d'ascension polaire
- Division des centromères avec libération des 2 chromatides sœurs
 - Topo-isomérases qui coupent l'ADN puis relient les bouts
 - Dégradation de la cohésine unissant les chromatides sœurs par la **séparase**
- Migration des chromatides sœurs vers les pôles auxquels sont rattachés leur kinétochore
 - Ecartement des pôles par étirement des microtubules
 - Raccourcissement des microtubules kinétochoriens

La Mitose

■ L'anaphase



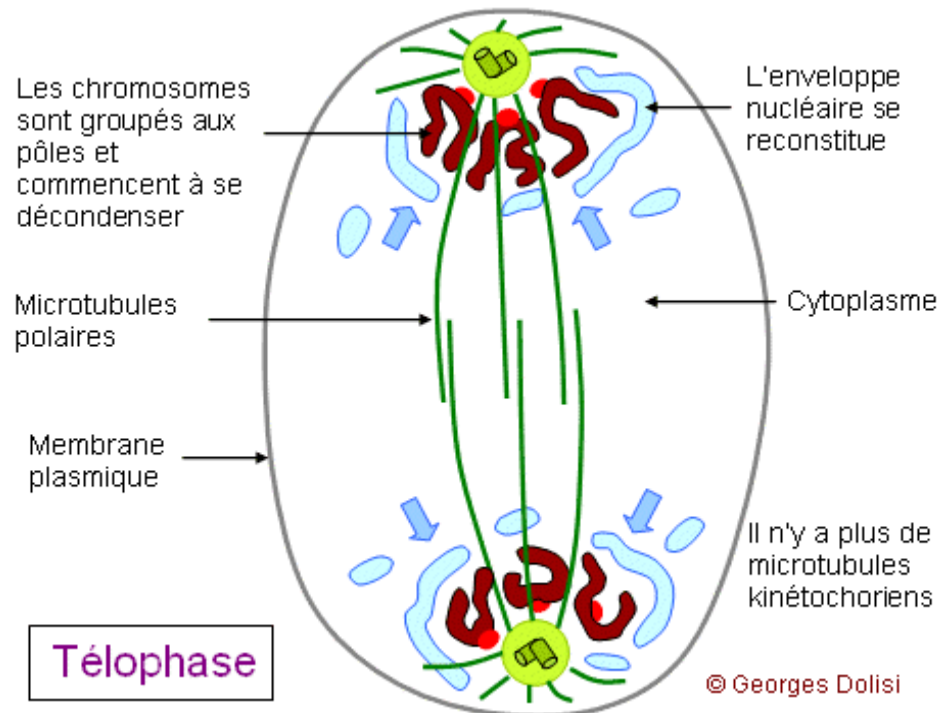
La Mitose

■ La télophase

- Arrêt de la migration des chromosomes aux pôles
- Désorganisation du fuseau mitotique
- Formation d'une nouvelle membrane nucléaire autour de chaque lot chromosomique
- Déroulement des chromosomes pour permettre l'expression des gènes (ARNr)

La Mitose

■ La télophase



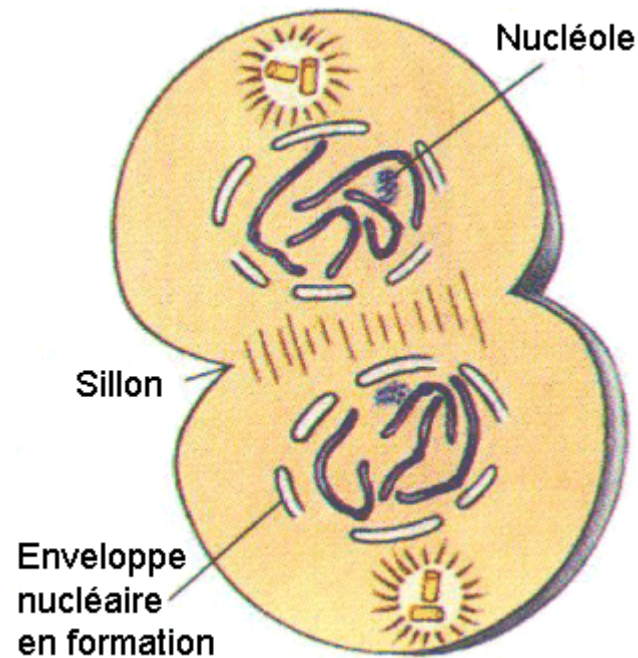
La Mitose

■ La cytotodiérèse

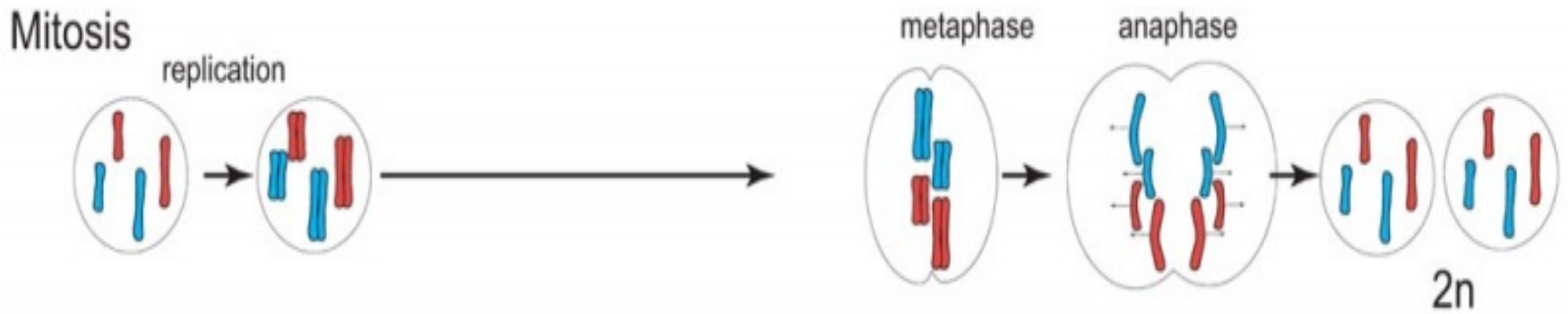
- Contraction d'une ceinture de filaments composés d'actine et de myosine et création d'un sillon de clivage
- Division du cytoplasme en deux cellules filles contenant chacune $2n$ chromosomes

La Mitose

- La cytotodiérèse



La Mitose



La méiose

■ Définition

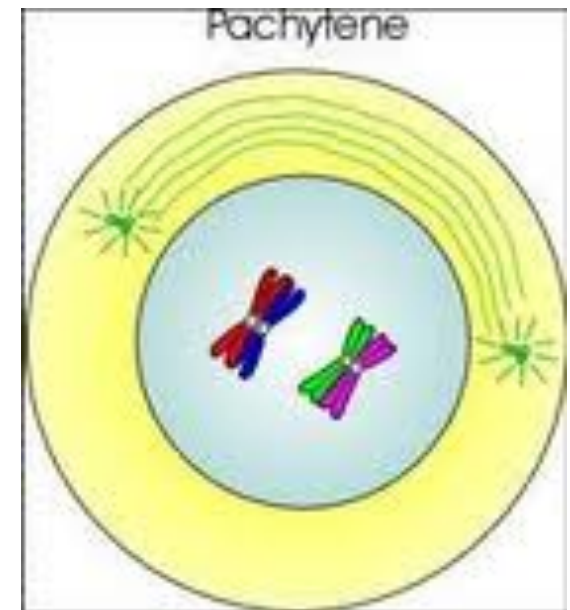
- Division cellulaire particulière des cellules **germinales**
- Cellule **diploïde** devient **haploïde**
- Production de **4 gamètes** par cellule mère
- Deux divisions
 - Réductionnelle
 - équationnelle

La méiose

■ Caractéristiques

- Appariement des chromosomes homologues

- Alignement des chromosomes homologues par reconnaissance suivie d'un assemblage des séquences homologues d'ADN

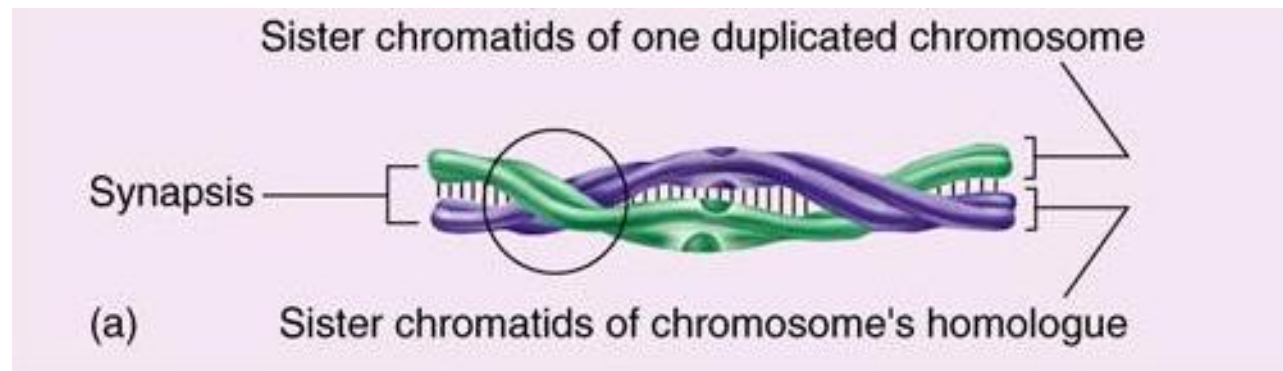


La méiose

■ Caractéristiques

□ Le synapsis

- Mise en place du complexe synaptonémique qui renforce l'assemblage des chromosomes homologues



La méiose

■ Caractéristiques

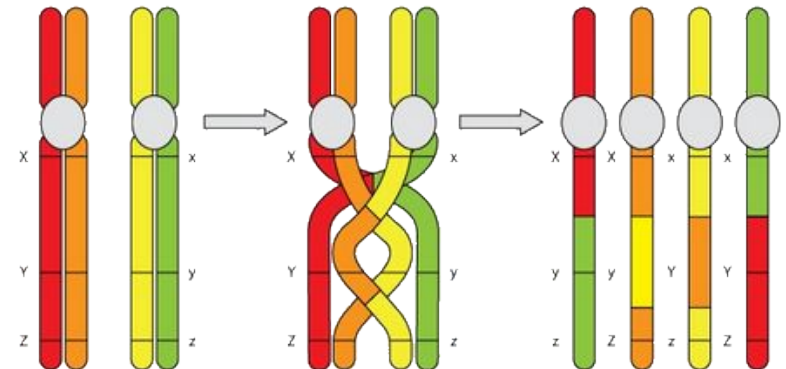
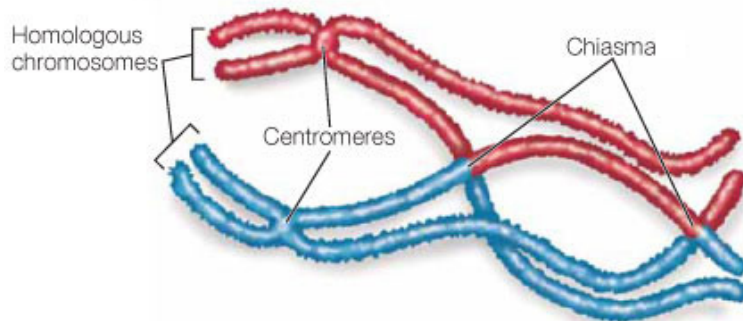
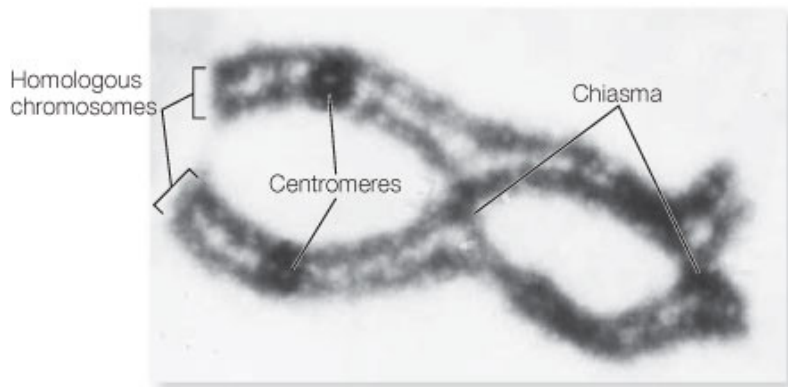
□ La recombinaison homologue

- **Échange physique d'ADN** entre les chromosomes homologues appariés par crossing over
- Formation de **chiasmata** au site de **crossing over** pour maintenir l'appariement
- Essentielle à la méiose
- Est à l'origine de la **diversité génétique**

La méiose

■ Caractéristiques

□ La recombinaison homologue



La méiose

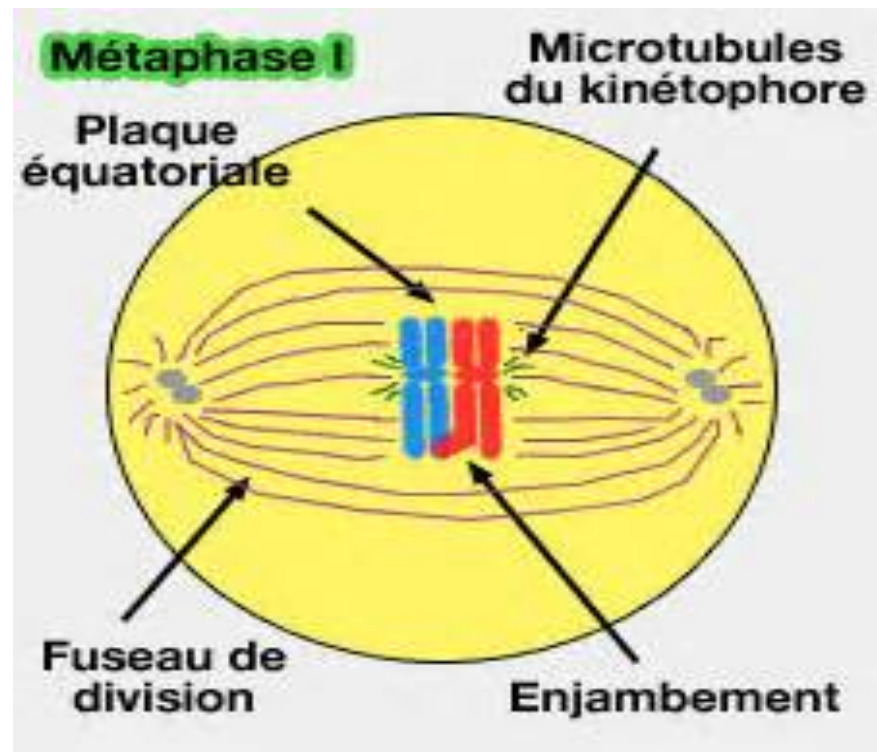
■ Caractéristiques

- La ségrégation des chromosomes homologues
 - Les chromosomes homologues restent associés par les chiasmas sur la plaque équatoriale du fuseau méiotique
 - La force de traction du fuseau sur les kinétochores est contrebalancée par les chiasmas
 - Ce qui permet aux chromatides sœurs de rester associés tout au long de la méiose I
 - Chaque chromosome homologue ségrége vers un des 2 pôles de la cellule

La méiose

■ Caractéristiques

- La ségrégation des chromosomes homologues



La méiose: les différentes étapes

■ La méiose I

- Division réductionnelle
- Précédée par une étape d'interphase
- Cellule diploïde devient haploïde
- 4 étapes
 - Prophase I
 - Métaphase I
 - Anaphase I
 - Télophase I

La méiose: les différentes étapes

■ La méiose I

□ Prophase I

- Appariement, synapsis et recombinaison des chromosomes homologues
- 5 étapes caractéristiques de l'état de la chromatine
 - Leptotène
 - Zygotène
 - Pachytène
 - Diplotène
 - Diacinèse

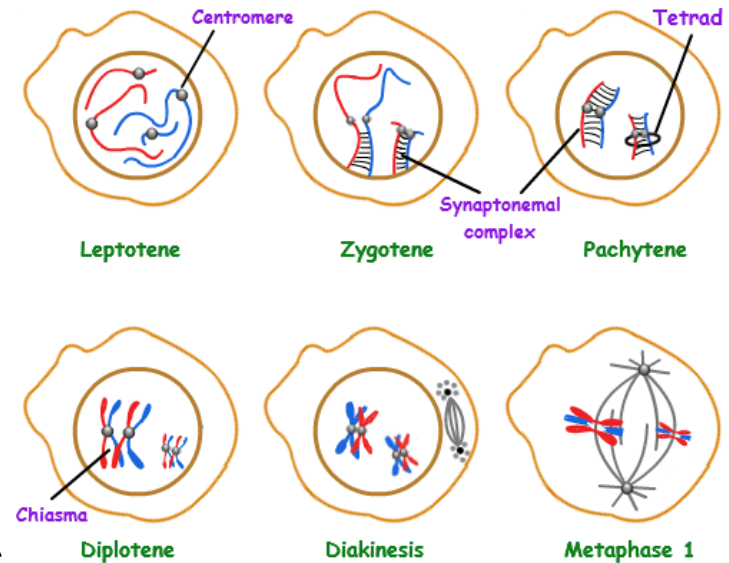
La méiose: les différentes étapes

■ La méiose I

□ Prophase I

■ Leptotène

- Condensation de l'ADN dupliqué
- Fixation des chromatides sœurs sur la membrane nucléaire
- Appariement des chromatides sœurs



La méiose: les différentes étapes

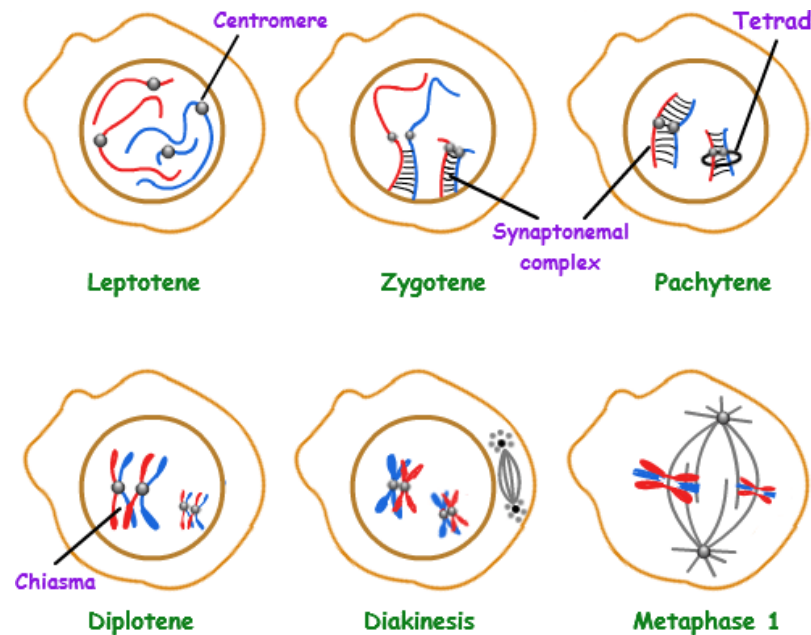
■ La méiose I

□ Prophase I

■ Zygotène

- Appariement des chromosomes homologues

- Formation du complexe synaptonémique



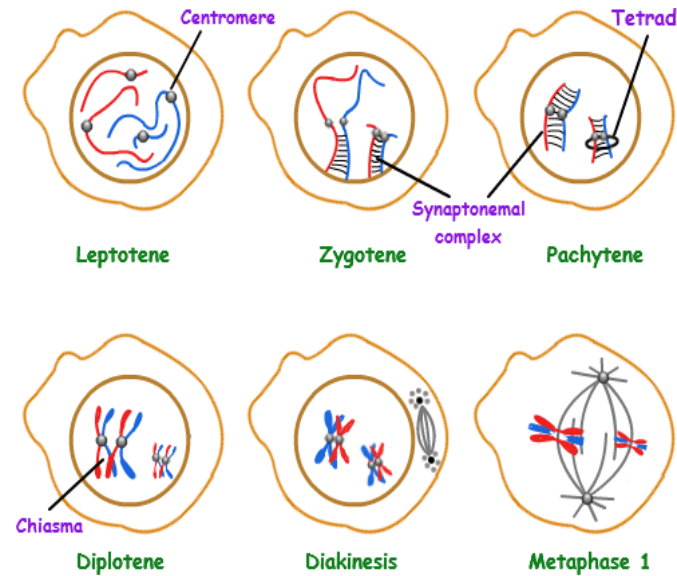
La méiose: les différentes étapes

■ La méiose I

□ Prophase I

■ Pachytène

- Recombinaison par crossing over
- Formation des chiasmas entre chromosomes homologues
- Echange réciproque de segments d'ADN entre chromosomes homologues



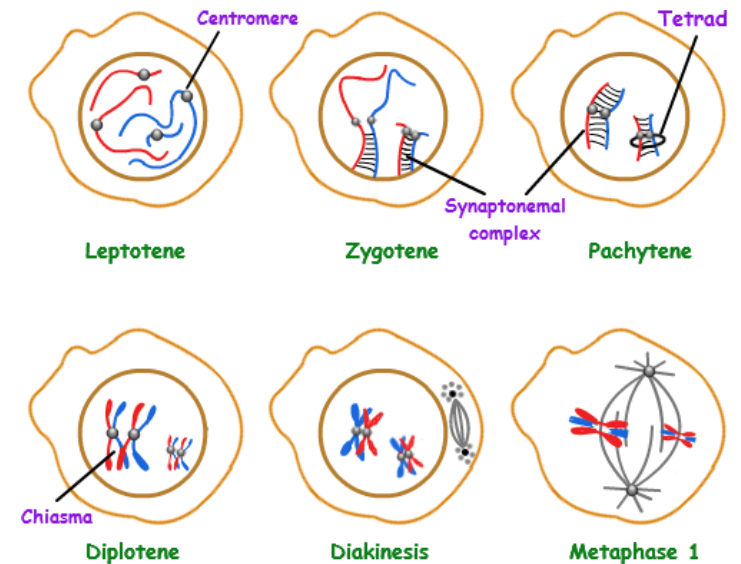
La méiose: les différentes étapes

■ La méiose I

□ Prophase I

■ Diplotène

- Désagrégation du complexe synaptonémique



La méiose: les différentes étapes

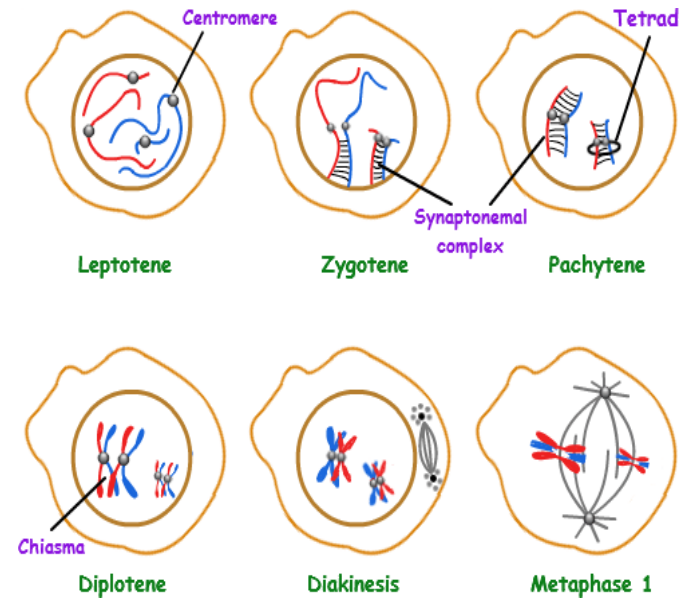
■ La méiose I

□ Prophase I

■ Diacinèse

- Ecartement des chromosomes homologues vers les pôles de la cellule

- Chromosomes toujours associés par les chiasmas

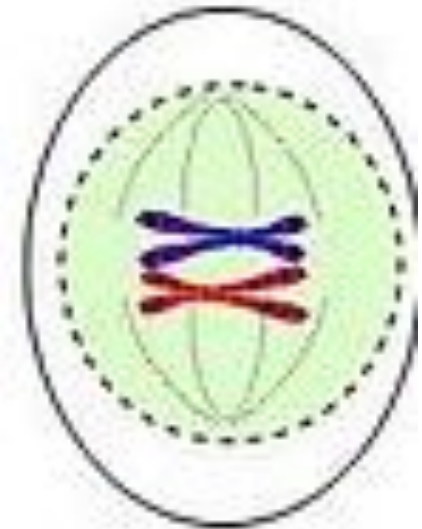


La méiose: les différentes étapes

■ La méiose I

□ Métaphase I

- Disparition de l'enveloppe nucléaire
- Ecartement des chiasmas vers les télomères
- Fixation des microtubules sur **un seul kinétochore** de chaque chromosome homologue
- Formation de la plaque équatoriale
- Répartition indépendante des chromosomes **paternels et maternels**



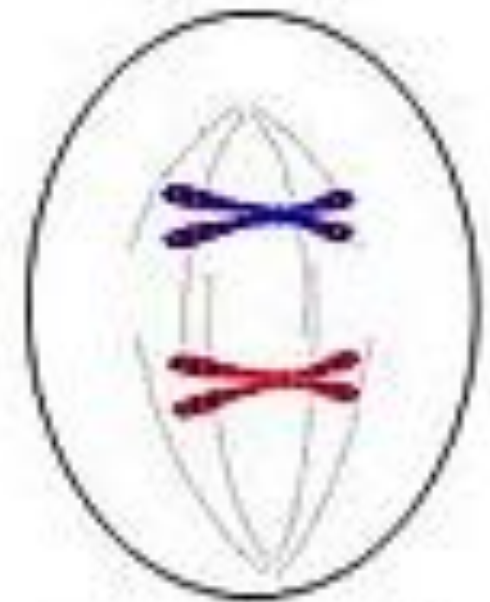
Métaphase I
($2N-4C$)

La méiose: les différentes étapes

■ La méiose I

□ Anaphase I

- Raccourcissement des fibres fusoriales
- Rupture des chiasmas
- Attraction des centromères vers les pôles
- Séparation des chromosomes homologues



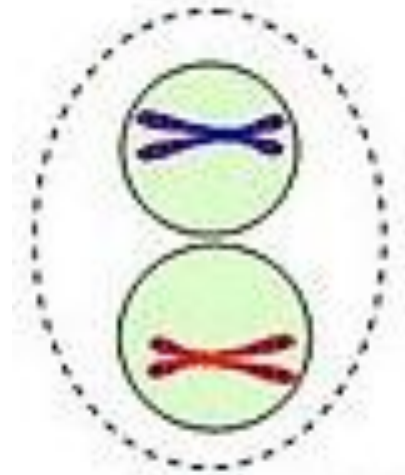
Anaphase I
(2N-4C)

La méiose: les différentes étapes

■ La méiose I

□ Télaphase I

- Formation d'une nouvelle membrane nucléaire
- Chaque noyau fils contient un lot haploïde à 2 chromatides soeurs



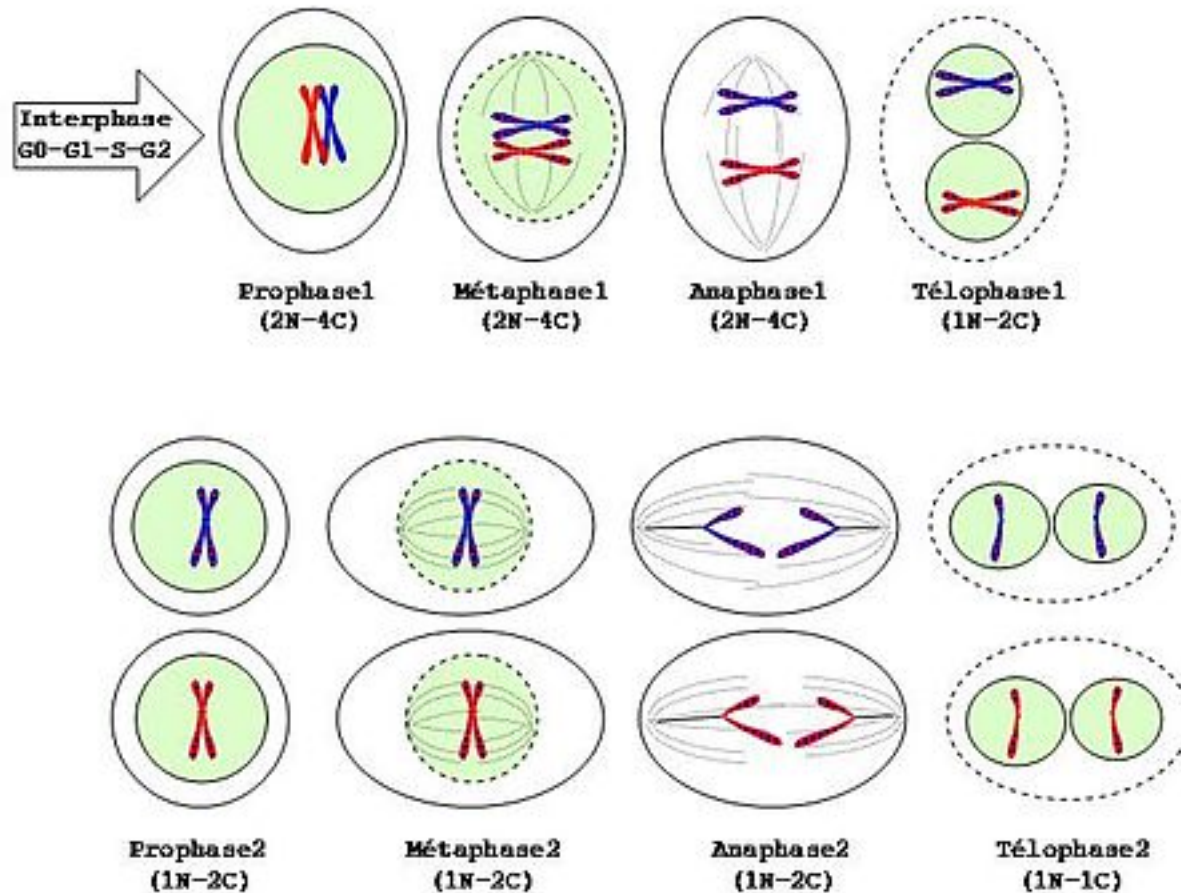
Télaphase I
(1N-2C)

La méiose: les différentes étapes

■ La méiose II

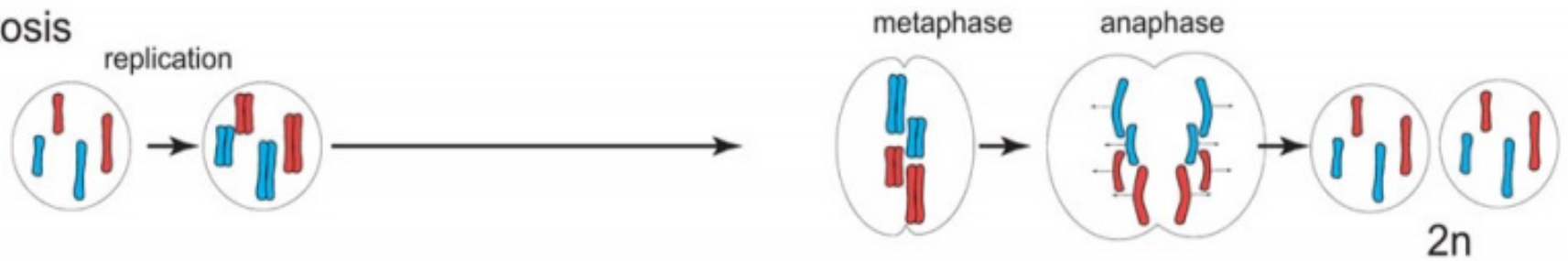
- Division **équationnelle**
- Débute après une interphase brève sans synthèse d'ADN
- Ressemble à une **mitose normale**
- Libération de 4 gamètes contenant chacun un lot **haploïde** à 1 chromatide

La méiose: les différentes étapes

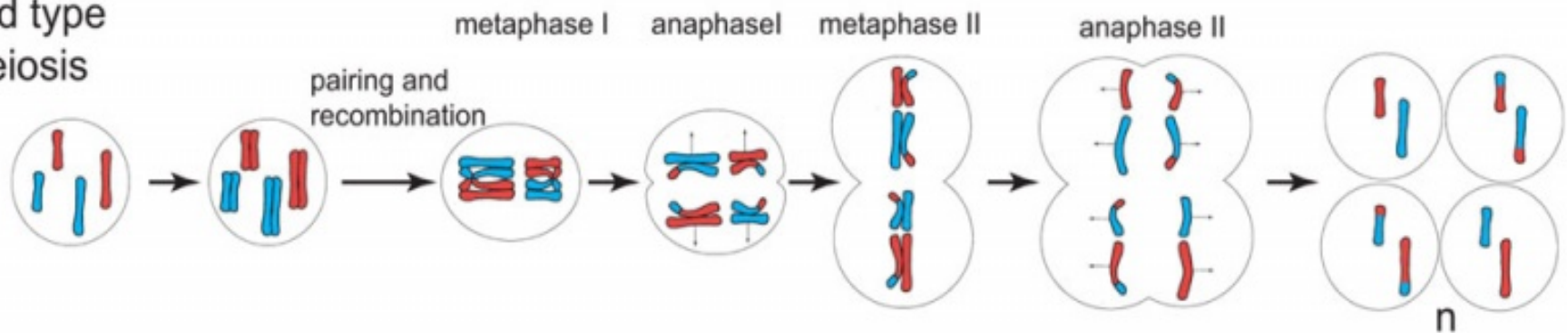


Mitose et méiose

Mitosis



Wild type meiosis



Conclusion

- Dynamique du génome pendant les différentes étapes du cycle cellulaire
 - Chromatine étirée pendant l'interphase
 - Chromosomes condensés pendant la mitose et la méiose