

I-LA MITOSE:

C'est le phénomène par lequel **une cellule somatique eucaryote** donne deux cellules identiques à elle-même, sauf s'il y a des accidents chromosomiques conduisant à des recombinaisons.

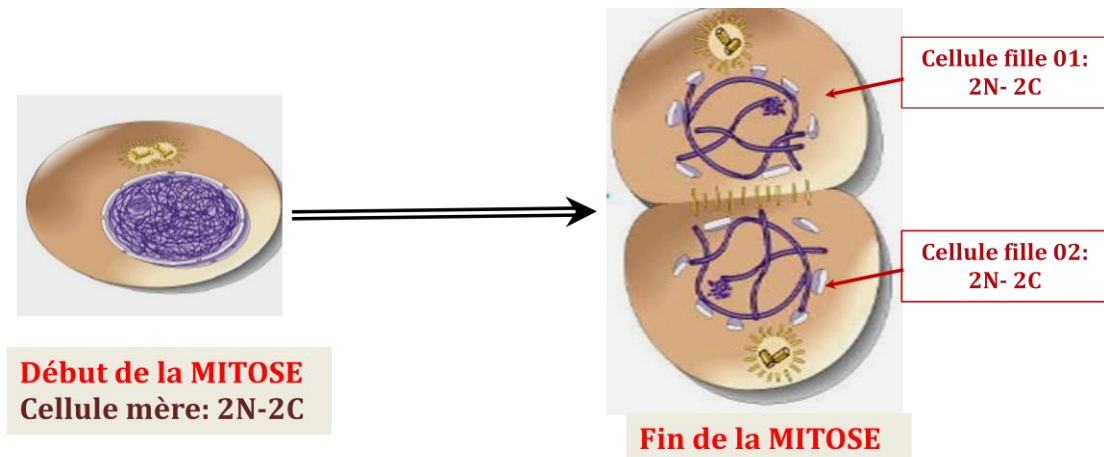


Figure 01: la mitose.

La mitose est importante afin de :

- ✓ Favoriser la reproduction des organismes.
- ✓ Permettre la croissance de l'organisme.
- ✓ Remplacer les cellules mortes. Par exemple, 3 milliards de cellules meurent chaque minute.
- ✓ Permettre la cicatrisation et la réparation des tissus (ex : plaies, muscles déchirées, etc).

Type de cellule	Durée de vie moyenne
Cerveau	30-50 ans
Globules rouges	120 jours
Globules blancs	4-5 jours et d'autres jusqu'à 200 jours
Plaquette sanguine	7-10 jours
Estomac (paroi)	2 jours
Foie	200 jours
Intestin (paroi)	3 jours
Peau	20 jours
Os	10 ans

Tableau 01: Durée de vie de diverses cellules du

Remarque:

Chromosomes sous forme de paires homologues chez les organismes diploïdes: Chez les eucaryotes, chaque chromosome possède un homologue, qui lui ressemble dans:

- La taille
- La position du centromère
- Le profil des bandes chromosomiques
- Au type de gènes ainsi que leur localisation (loci- génétiques).

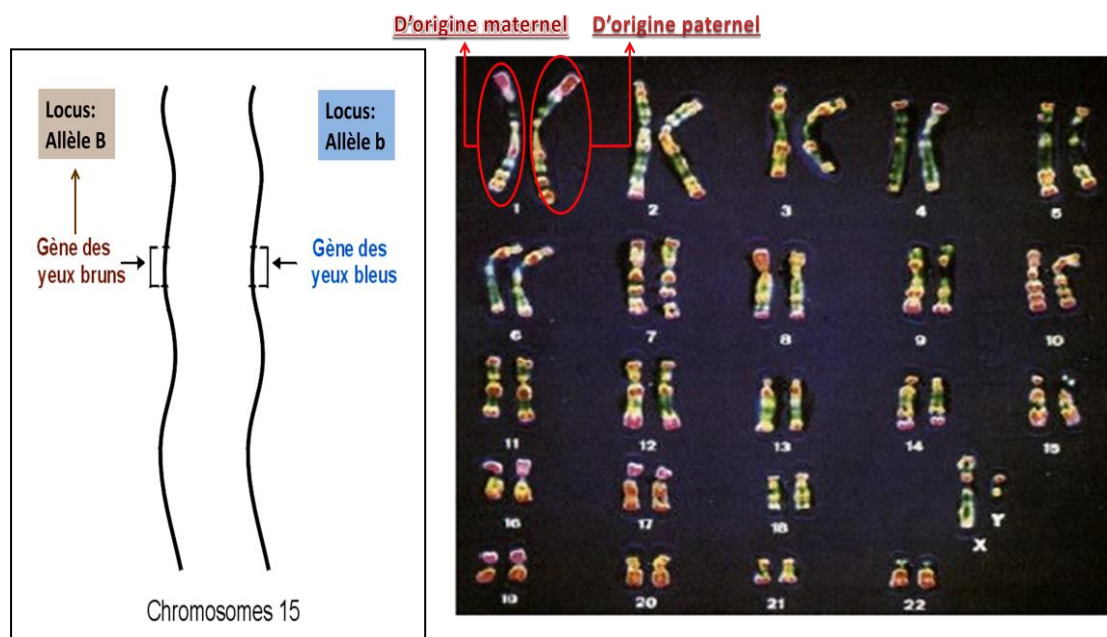


Figure 02: Paires chromosomiques humaines

1- Mitose et partage des chromosomes dans les cellules:

On peut partager le cycle cellulaire en deux phases:

1-1 INTERPHASE: G1 (gap 1)

S (phase de synthèse d'ADN)

G2 (gap2)

1-2 MITOSE: Prophase; Métaphase: *Prométaphase et métaphase*

Anaphase; Télophase

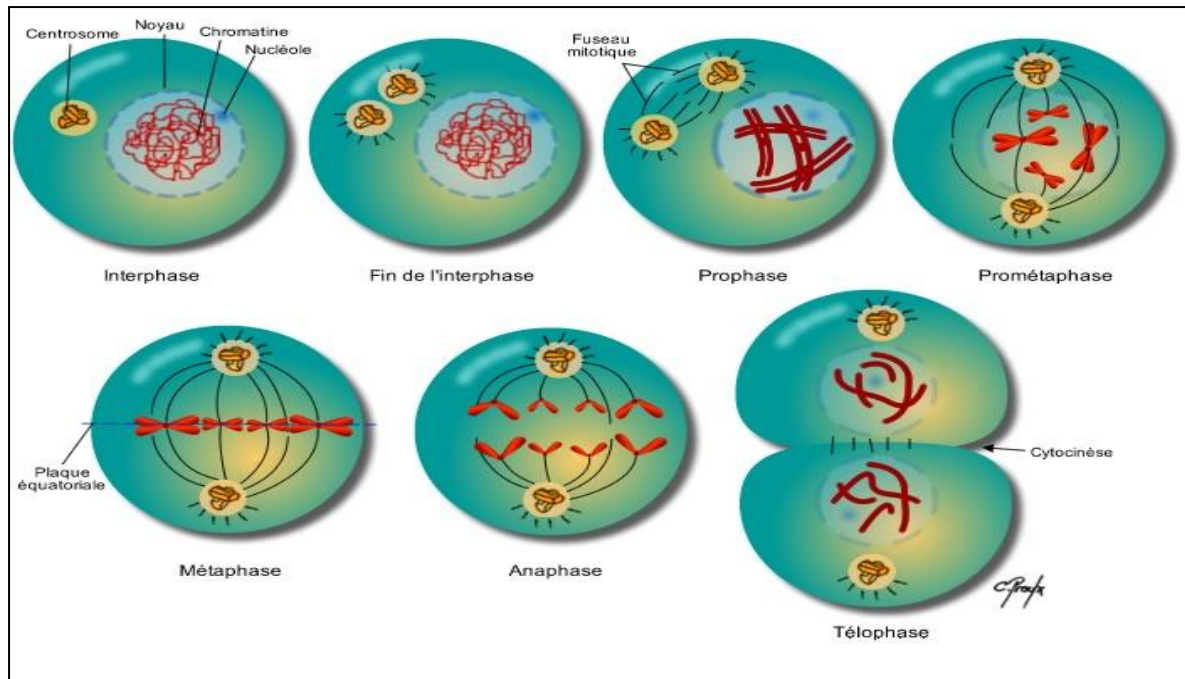


Figure 03: résumé de la mitose.

- Pour une cellule eucaryote:

La lettre Nle nombre de chromosomes

La lettre Cla quantité d'ADN.

Alors pour une cellule diploïde on a:

2N chromosomes et 2C molécules d'ADN.

Et pour une cellule haploïde on a:

N chromosomes et C molécules d'ADN.

- **Par exemple chez l'homme:** 46,XY ou 46,XX

On : 2N= 46 chromosomes

2C= 46 molécules d'ADN

Règle:

Le nombre de chromosomes = le nombre de centromères fonctionnels.

La quantité d'ADN= le nombre de chromatide ou de molécules d'ADN.

NOTE: Dans notre cours on prend un exemple d'une cellule eucaryote qui possède:

$2N= 4$ chromosomes et $2C= 4$ molécules d'ADN

1-1 INTERPHASE:

Pendant cette phase, on aura lieu:

- La synthèse de protéines
- La synthèse d'ADN, qui est la phase la plus dominante du cycle cellulaire
- La synthèse de nouveaux organites (de nouvelles mitochondries , de nouvelles chloroplastes)
- La cellule augmente son volume.

1-1-1 la phase G1: $2N= 4$ chromosomes **et** $2C= 4$ molécules d'ADN.

G1 qui vient du terme anglais **Gap** qui veut dire **vide, c'est-à-dire pas d'activité répliquative de l'ADN.**

Pendant cette phase, il y a une synthèse intense de divers ARNs (ARNm, ARNr...) et de divers enzymes (ADN polymérase, ARN polymérase...) et de diverses protéines (histones...).

Dans cette phase, la cellule se prépare à la réplication de son ADN.

Les Chromosomes sous forment de fibres de chromatines non condensées, non dupliquées et non visibles au microscope optique.

1-1-2 La phase S:

Phase de la **biosynthèse de l'ADN**. En effet, pendant cette phase la cellule duplique son ADN.

Les chromosomes sous formes de fibres de chromatines dupliquées et non condensées: **$2N= 4$ chromosomes **et** $4C= 8$ molécules d'ADN.**

Début de la duplication du centrosome.

1-1-3 La phase G2:

Les chromosomes sous formes de fibres de chromatines dupliquées et non condensées: **$2N= 4$ chromosomes **et** $4C= 8$ molécules d'ADN.**

Une synthèse protéique intense et concerne surtout les protéines de **l'appareil mitotique**.

La cellule augmente grandement de volume.

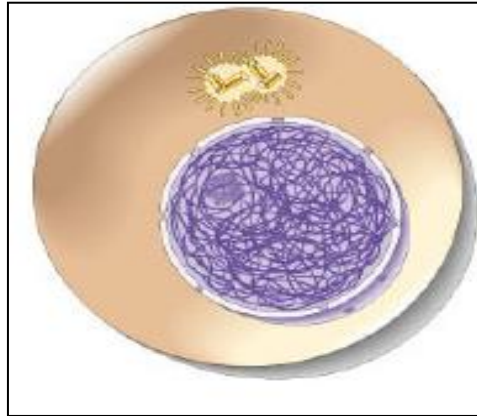


Figure4: cellule à la fin de l'interphase.
 $2N= 4$ chromosomes et $4C= 8$ molécules d'ADN.

1-2- MITOSE:

1- 2-1 La Prophase:

La chromatine répliquée **se condenser** en chromosomes peu visibles au microscope optique.

Le nucléole se désintègre peu à peu puis disparaît totalement

La membrane nucléaire va se disparaître.

Le centrosome (qui comporte deux centrioles) se dédouble et chaque centrosome s'entour de microtubules rayonnant (ASTRE) **et se déplace vers un pôle opposé** de la cellule, ainsi, **le fuseau achromatique** a commencé de formé.

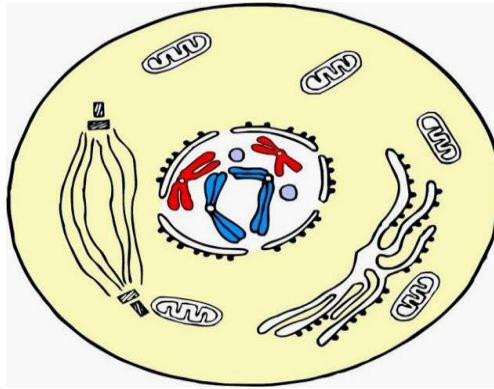


Figure5: cellule en prophase
 $2N= 4$ chromosomes et $4C= 8$ molécules d'ADN.

1- 2-2 Métaphase: $2N= 4$ chromosomes et $4C= 8$ molécules d'ADN.

■ **Prométaphase:**

La structure double des chromosomes, constituée par deux chromatides sœurs, est bien identifiable

Des études morphologiques sur ces chromosomes sont réalisées (voir le caryotype à haute résolution fig.06)

Les centrioles atteignent les pôles opposés

Les fibres du fuseau se forment.

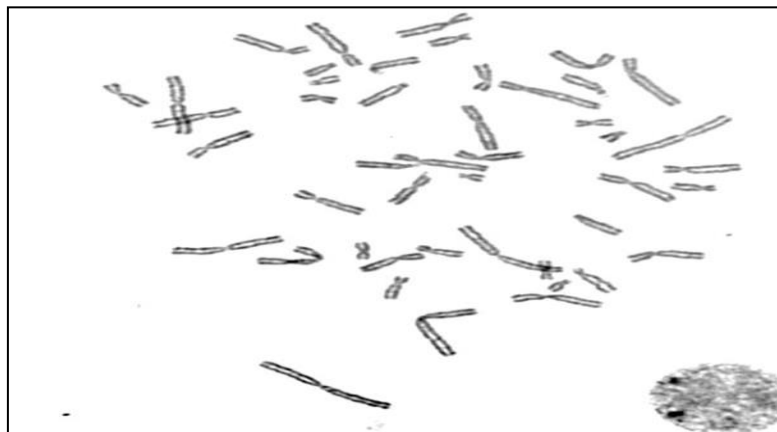


Figure 06: Etalement en prométaphase à partir de cellule de lymphocytes sanguins humains et colorée par le Giemsa. Noter à droite un noyau lymphocytaire intact, non en mitose. CHU Constantine.

■ Métaphase:

Les chromosomes, dont la spiralisation est maximum

Des études morphologiques sur ces chromosomes sont réalisées (voir le caryotype standard fig.07).

Les centromères s'alignent sur la plaque métaphasique (équatoriale).

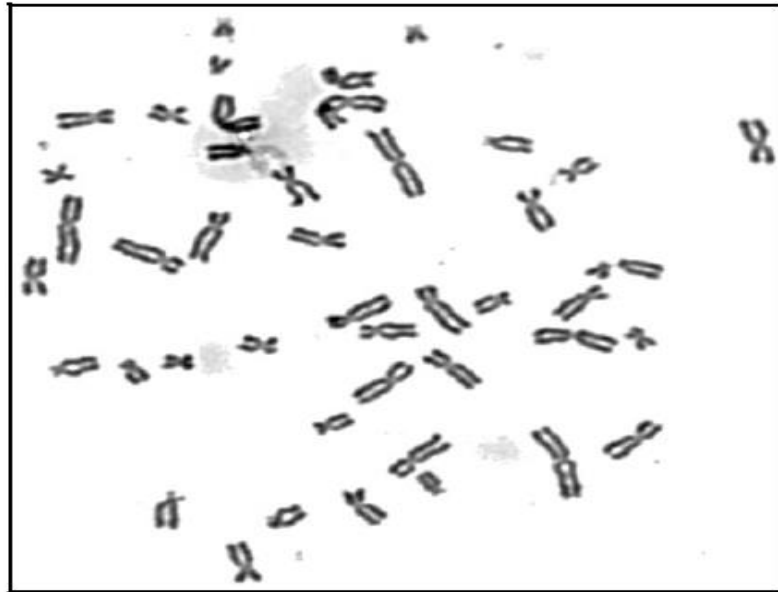
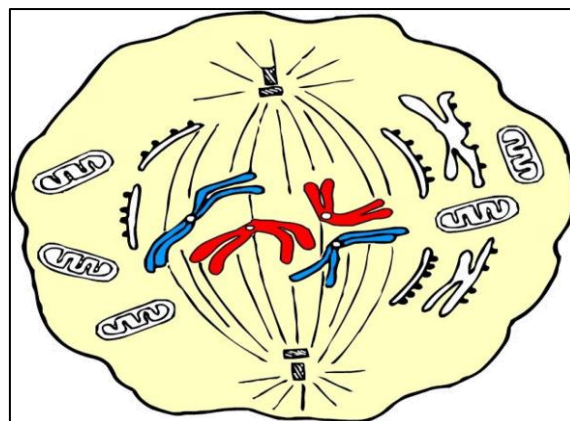


Figure 07: Chromosomes métaphasiques d'un noyau cellulaire éclaté et dispersé. Grossissement X 100. CHU constantine.

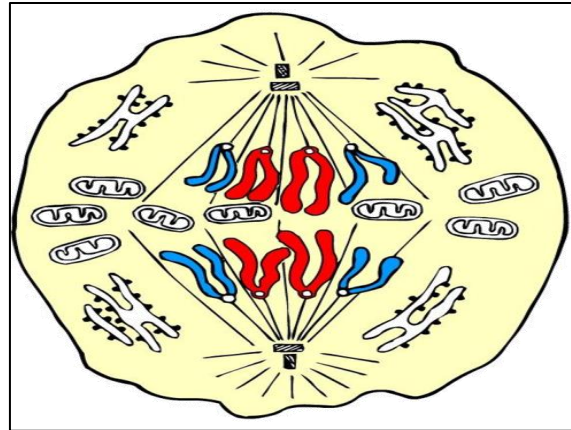


**Figure 08: cellule en Métaphase
 $2N= 4$ chromosomes et $4C= 8$ molécules d'ADN.**

1-2-3 Anaphase: $4N= 8$ chromosomes et $4C= 8$ molécules d'ADN.

Les centromères se fissurent par réplication de son ADN centromérique, se qu'il permet donc à la séparation des chromatides sœurs, et donc formation de deux chromosomes indépendants.

Chaque chromosome se déplace vers un pôle de la cellule par raccourcissement des **microtubules kinétochoriens** qui se dépolymérisent.



**Figure8: cellule tétraploïde en Anaphase
 $4N= 8$ chromosomes et $4C= 8$ molécules d'ADN.**

1- 2-4 Télaphase:

Les chromosomes fils atteignent les pôles de la cellule et se regroupent autour de l'astre, se **déroulent** et deviennent moins apparents

Les microtubules kinétochoriens deviennent de plus en plus courts et se dépolymérisent

Le fuseau mitotique et les microtubules disparaissent.

Le nucléole réapparaît de nouveau et de nouvelles membranes nucléaires se reforment autour des noyaux des cellules filles.

Le matériel génétique est partagé entre les cellules filles durant la division nucléaire ou **caryocinèse**.

La caryocinèse est suivie par une division du **cytoplasme**, ou **cytocinèse**.

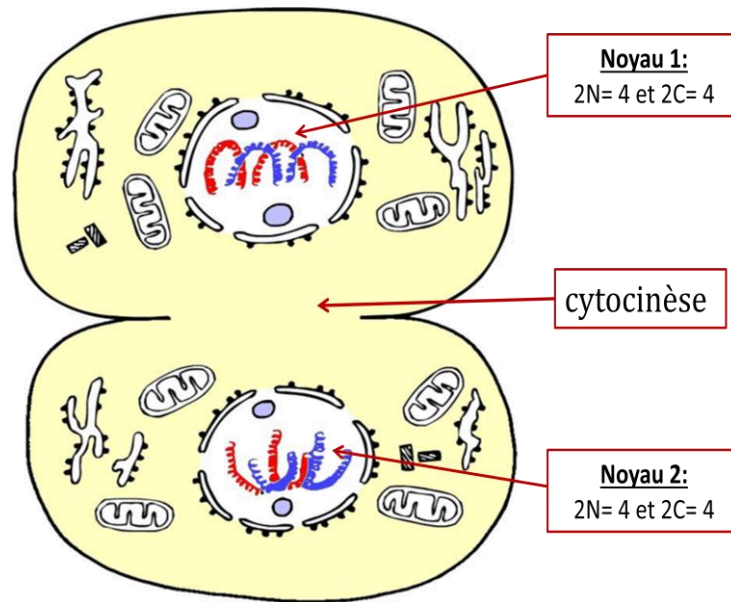


Figure9: cellules en Télaphase, possède deux noyaux diploïdes

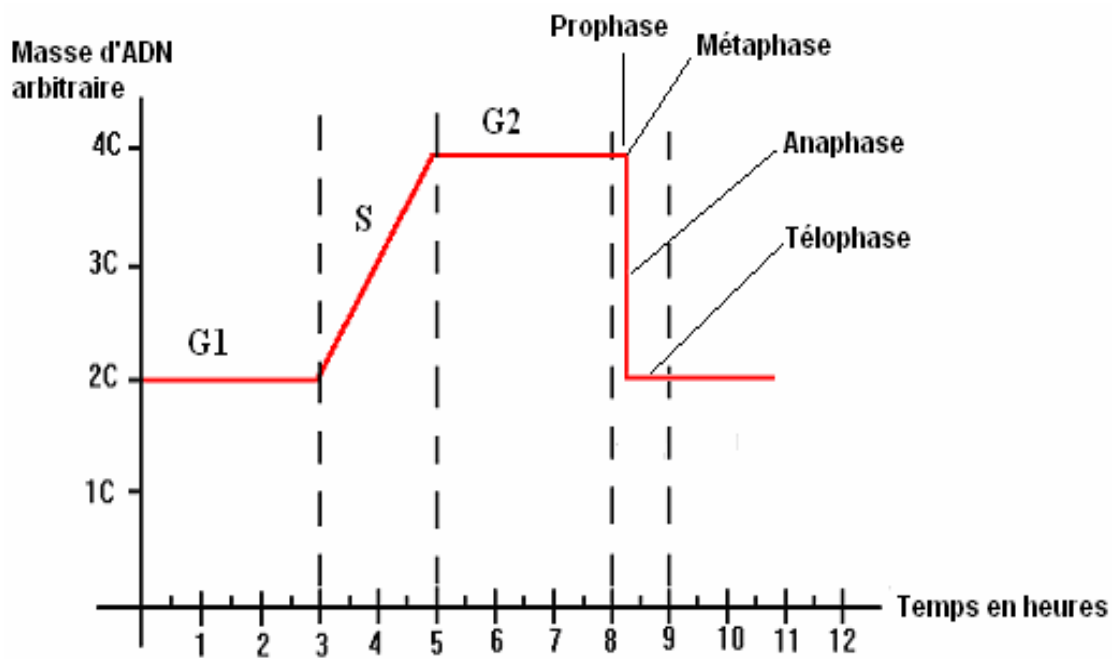


Figure10: Evolution de la teneur en ADN dans la cellule au cours de la mitose.

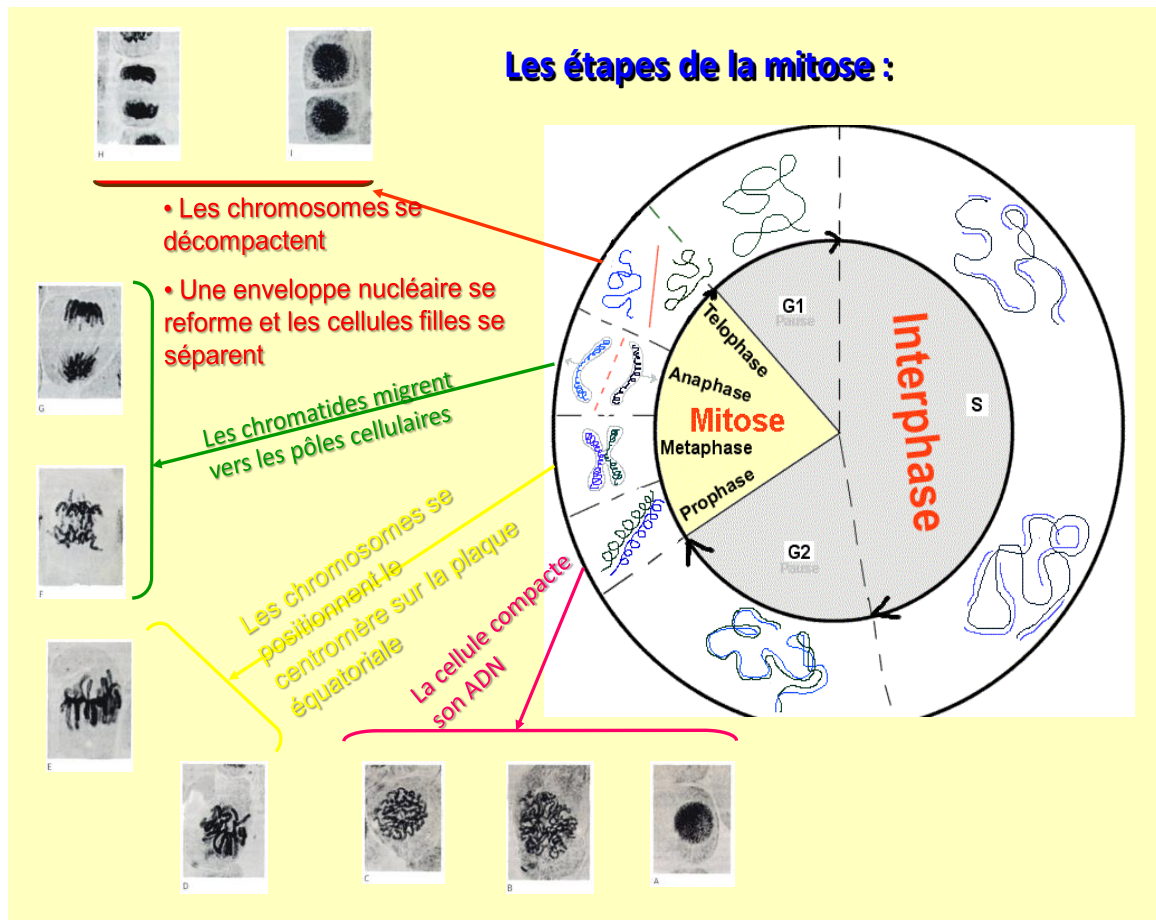


Figure 11: les différents événements de la mitose

2/ LA MEIOSE:

La méiose se produit dans les organes reproducteurs (gonades et fleurs) et divise une cellule mère en gamètes chez les animaux et en spores chez les végétaux.

La méiose chez les animaux:

La méiose a lieu dans les gonades mâles (testicules) et gonades femelles (ovaires). Les cellules produites sont les gamètes (spermatozoïde et ovule) = cellules sexuelles = cellules reproductrices.

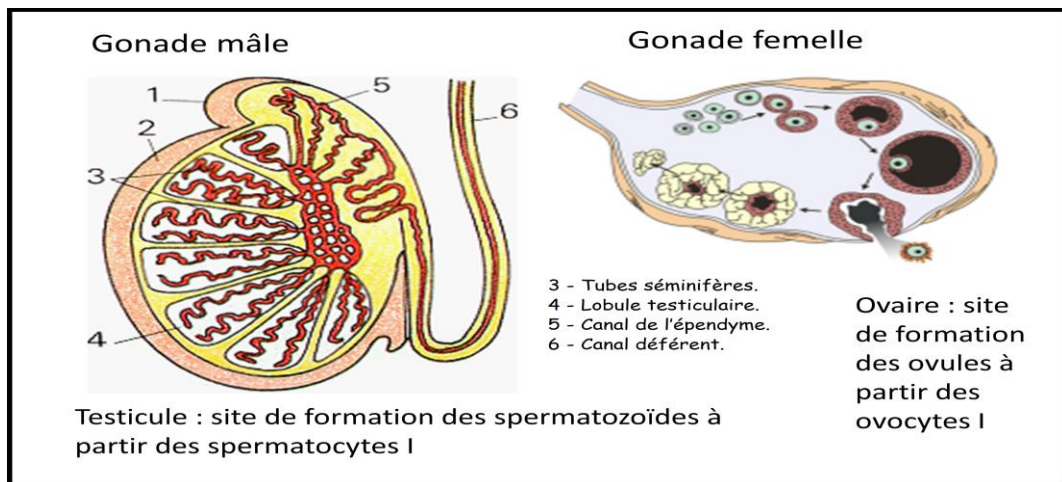


Figure 12: sites de la méiose chez l'homme

La méiose chez les végétaux:

La méiose a lieu dans les fleurs mâle (étamine) et femelle (pistil).

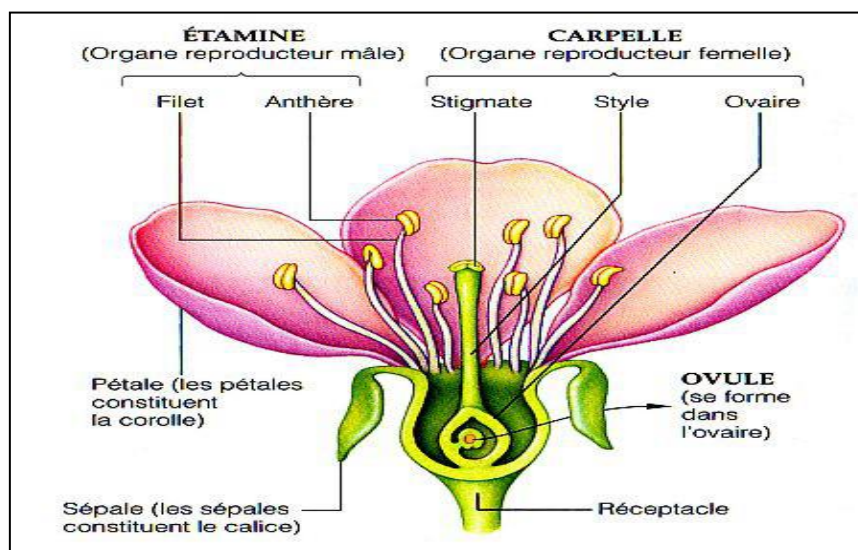


Figure 13: Sites de la méiose chez les végétaux

Les cellules produites sont les spores. Elles se développeront par mitose et produiront les gamètes mâles et femelles

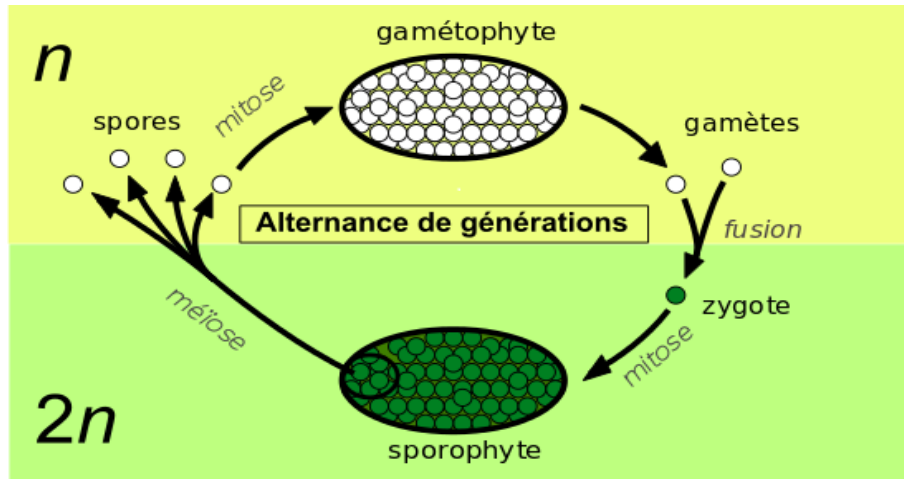


Figure 14: alternance de générations

La méiose suit les mêmes étapes que la mitose, sauf qu'il y a deux divisions successives:

- ✓ La méiose 1 = Division réductionnelle.
- ✓ La méiose 2 = Division équationnelle.

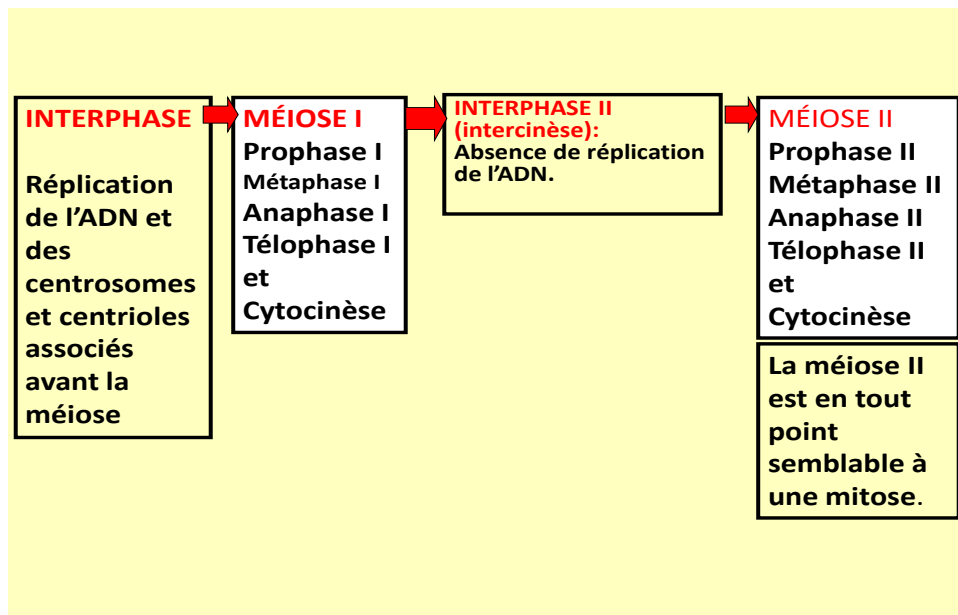


Figure 15: Stades de la méiose

2-1 Interphase:

Comme la mitose, la méiose est précédée d'une interphase qui comprend des stades G1, S et G2:

- Le matériel génétique apparaît sous forme de chromatine dupliquée et non condensée
- Durant l'interphase, le centrosome, les centrioles et les chromosomes se répliquent.

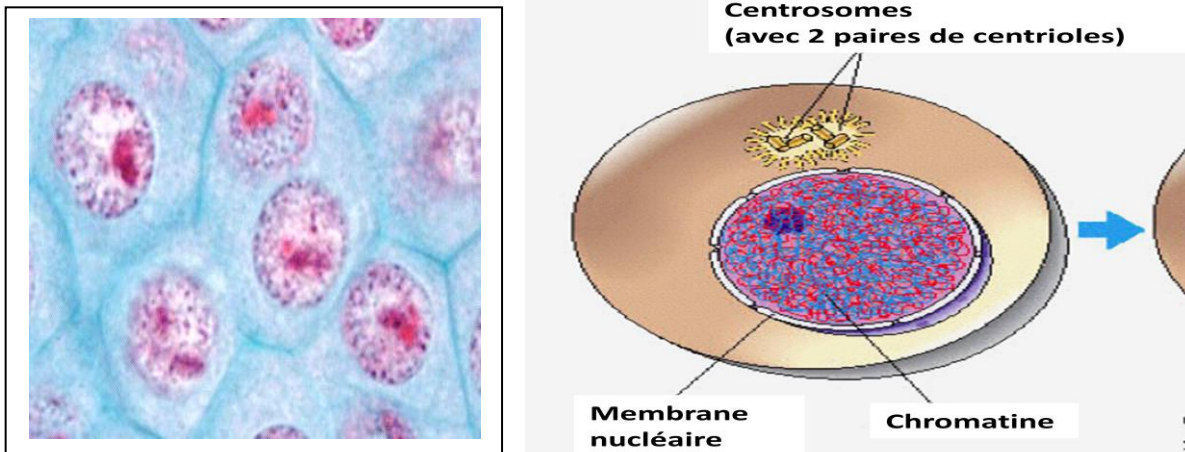


Figure 16: cellule à la fin de l'interphase
 $2N=4, 4C=8$

2- 2- La méiose 1:

2-2-1 La prophase 1:

Une phase particulièrement longue pouvant durer des jours, des mois voir même des années:

- **Le stade leptotène** : les chromosomes deviennent apparents pour la première fois sous forme de fibres de chromatines peu condensées et dupliquées.
- **Le stade zygotène** : synapsis des chromosomes= formation des tétrades.
- **Le stade pachytène** : la recombinaison génétique= Crossing-over.
- **Le stade Diplotène** : apparition des **Chiasmata**.

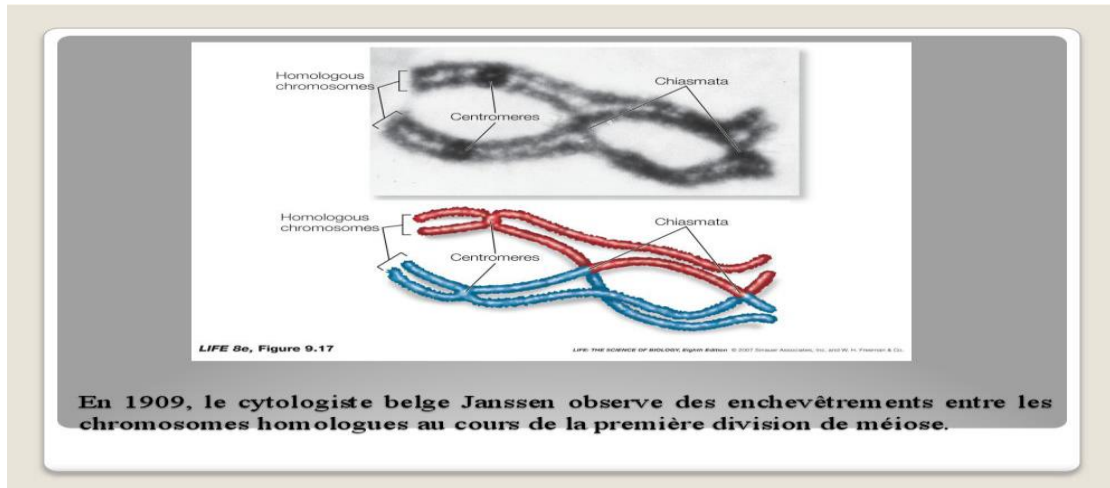
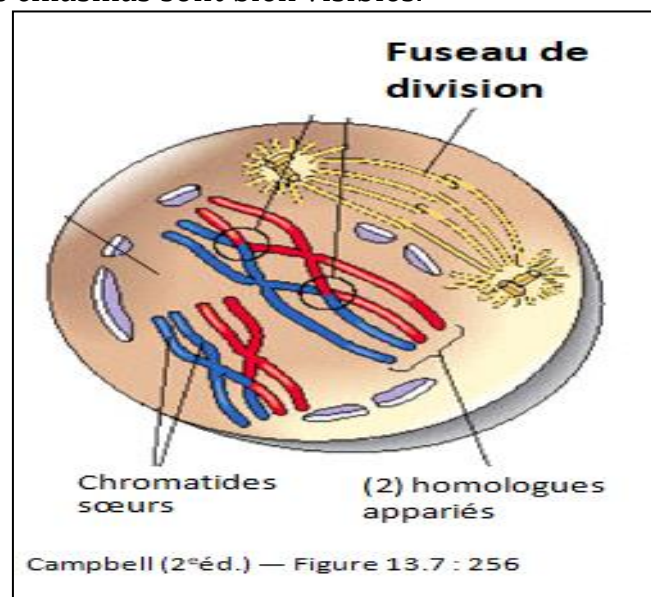


Figure 17: Croisement (chiasma) des chromatides homologues suivi d'un enjambement (un échange génétique)

Les ovocytes humains atteignent ce stade durant le 5ème mois de la vie embryonnaire et reste à ce stade jusqu'à l'ovulation qui a lieu quelques années plus tard au cours de la puberté.

- **La Diacinèse** : les chromosomes à la condensation maximale et donc, les chiasmata sont bien visibles.



**Figure 18: cellules en prophase 1
2N=4 et 4C=8**

2 2-2 métaphase 1:

La **métaphase I** débute lorsque les paires de chromosomes homologues s'alignent le long du plan équatorial

Les kinétochores ne se forment que sur **une face** chez les deux chromatides formant le même Chromosome et le centromère ne se divise pas.

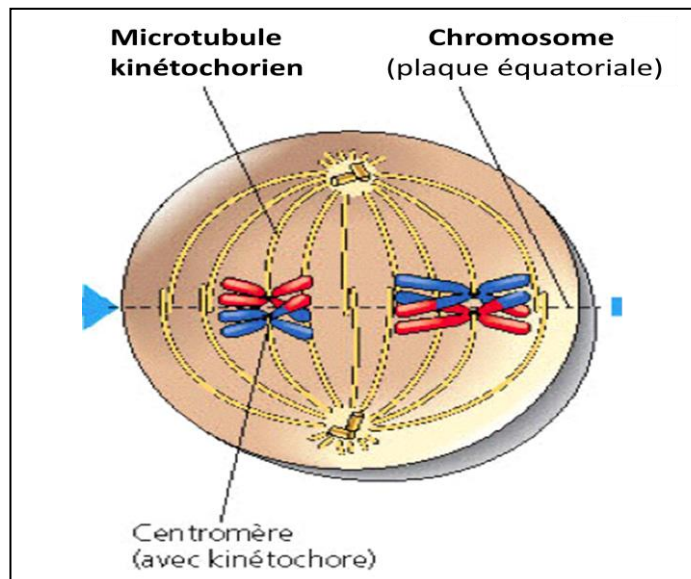


Figure 18: cellules en métaphase 1
 $2N=4$ et $4C=8$

2-2-3 Anaphase 1:

Chaque chromosome double se sépare de son homologue et se déplace vers l'un ou l'autre des pôles du fuseau.

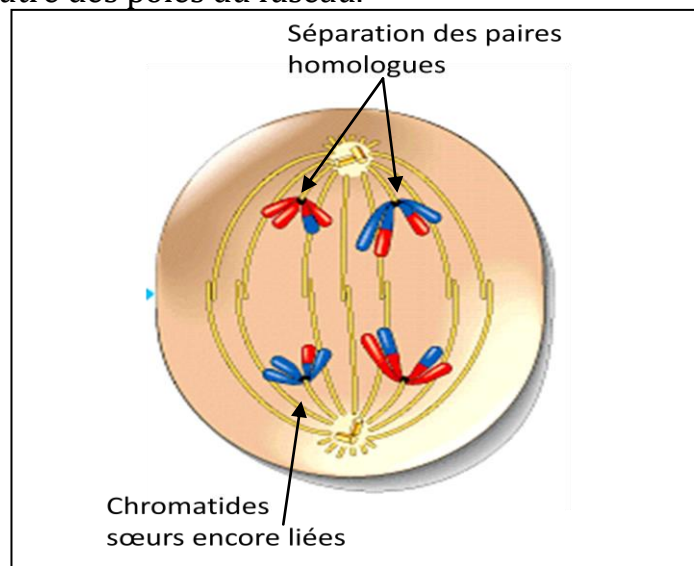
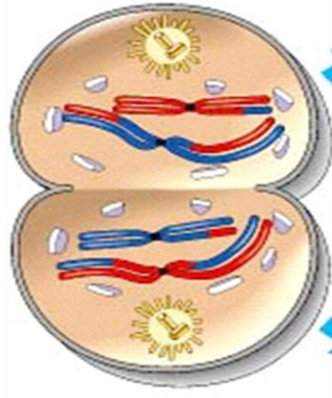


Figure 19: cellule en anaphase 1
 $2N= 4$ et $4C=8$

2-2-4 Télaphase 1:

Chaque extrémité de la cellule en division possède maintenant un nombre haploïde de chromosomes (n) mais ceux-ci sont encore à l'état double.

Reformation des noyaux et
décondensation des
chromosomes (certaines espèces)



Campbell (2^eéd.) — Figure 13.7 : 256

Figure 20: cellule en télophase 1
N=2 et 2C=4

La CYTOCINÈSE: division du cytoplasme

- Chez certaines espèces, les chromosomes sortent de leur état condensé, et les membranes nucléaires et les nucléoles se reforment. Chez d'autres espèces, les cellules filles de la télophase I se préparent immédiatement à la seconde division méiotique.
- Pas de réplication d'ADN ni des centrosomes et centrioles associés.

2-3 Interkinèse:

L'intervalle entre la mitose I et la mitose II.

Selon les espèces, il y a une interkinèse ou non. S'il y a interkinèse, les chromosomes se décondensent et les noyaux se reforment.

2-4 La méiose 2:

2-4-1 La prophase 2: (voir fig.21: $N=2$ et $2C=4$)

Les deux centrioles de chacune des nouvelles cellules s'écartent l'un de l'autre et un nouveau fuseau de division se forme. Chaque chromosome double se lie maintenant au fuseau et amorce son déplacement vers la plaque.

2-4-2 La métaphase 2: (voir fig.21: $N=2$ et $2C=4$)

Tous les chromosomes se trouvent maintenant à l'équateur du fuseau.

2-4-3 L'anaphase 2: (voir fig.21: $2N=4$ et $2C=4$)

Les chromatides sœurs de chaque chromosome double se séparent l'une de l'autre formant ainsi des chromosomes simples. Ceux-ci se déplacent vers l'un ou l'autre des pôles.

2-4-4 la télophase 2: (voir fig.21: $N=2$ et $C=2$)

Quatre noyaux fils se forment. Après la division du cytoplasme, chaque nouvelle cellule est haploïde ($N=2$ et $C=2$) et le nombre de chromosomes a été réduit de moitié. Chacune de ces cellules peut devenir un gamète.

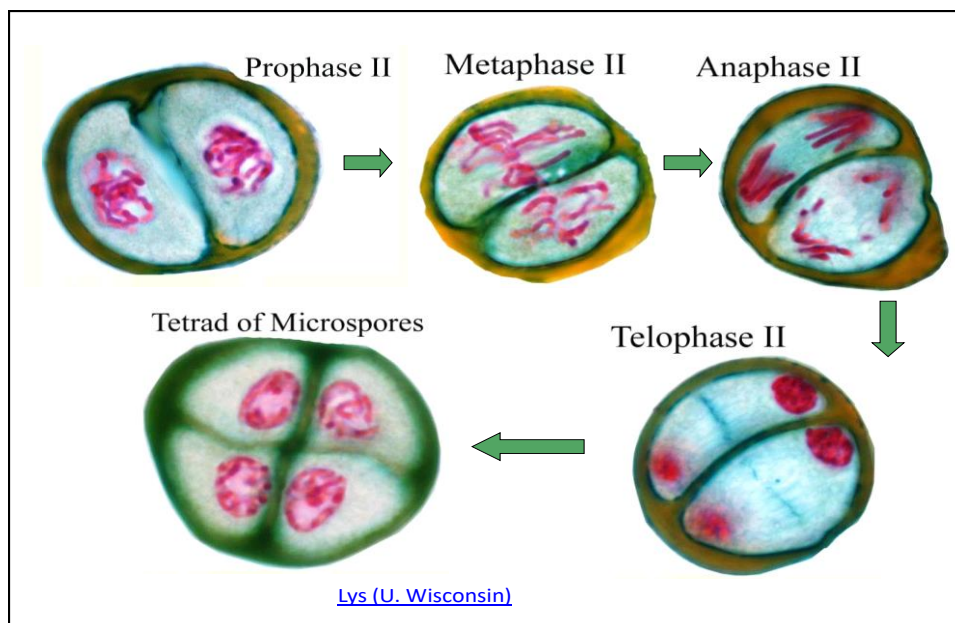
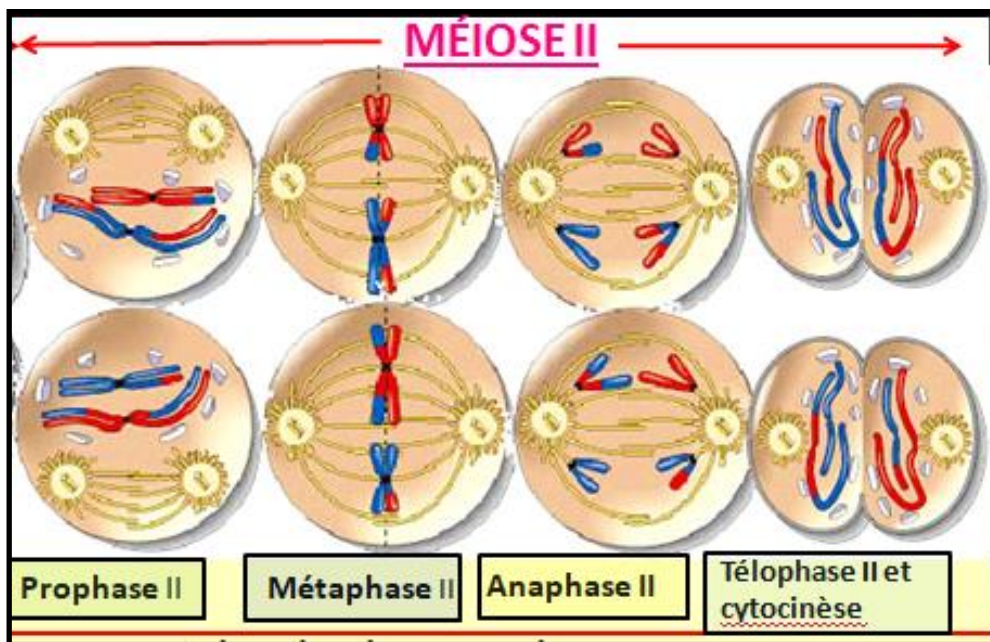


Figure21: Différents stades de la méiose 2.

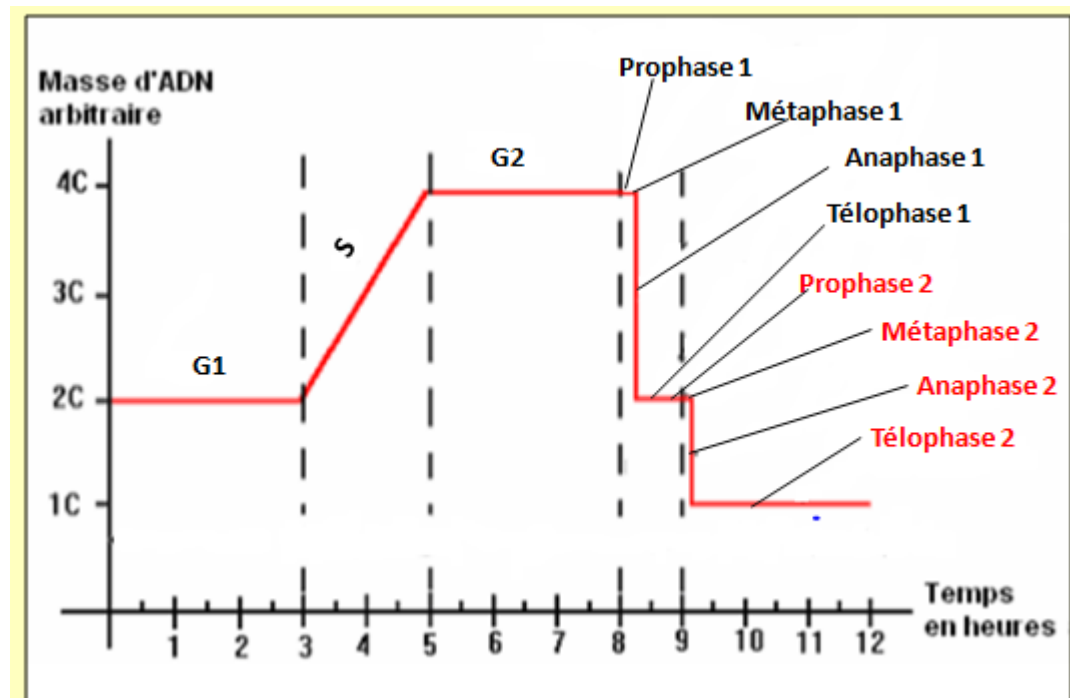


Figure22: Evolution de la teneur en ADN dans la cellule au cours de la méiose.

Remarque:

La méiose produit de la diversité génétique (nombreux gamètes différents) via les enjambements et les assortiments indépendants: voir chapitre génétique formelle.

- ☒ **En prophase 1, les enjambements mélangent les gènes parentaux ce qui aboutit à la formation de gamètes parentaux et des gamètes recombinés**

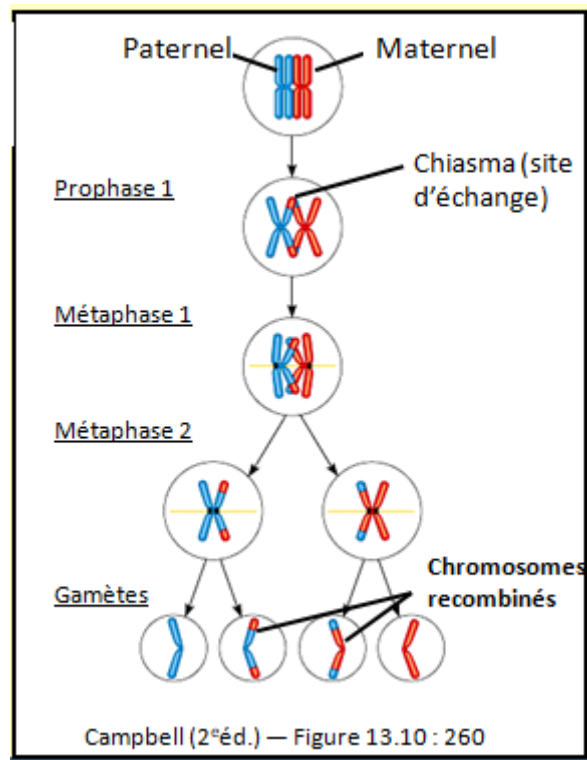


Figure 22: La recombinaison génétique mélange les gènes

- ☒ **En métaphase1, les assortiments indépendants mélangent les chromosomes:**

Les paires homologues se disposent de façon aléatoire de part et d'autre de la plaque équatoriale et ce, de façon indépendante des autres paires.

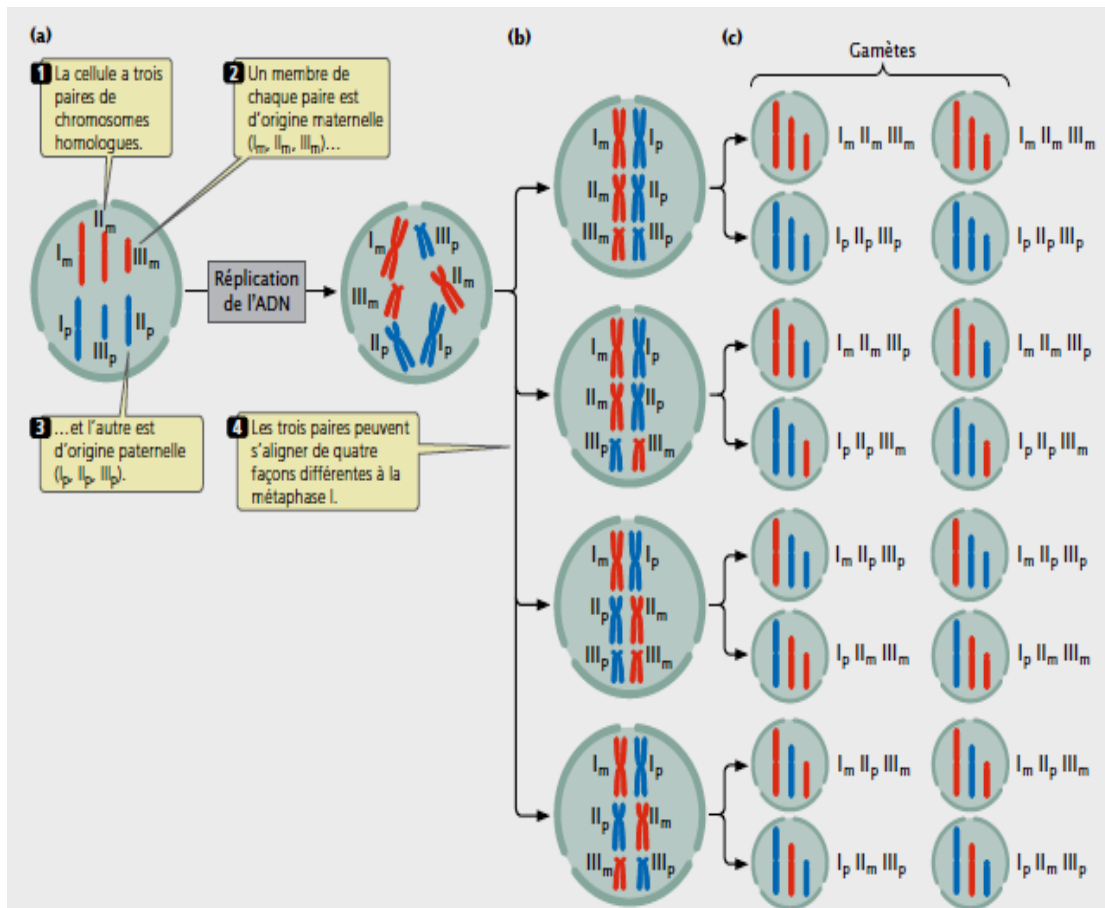
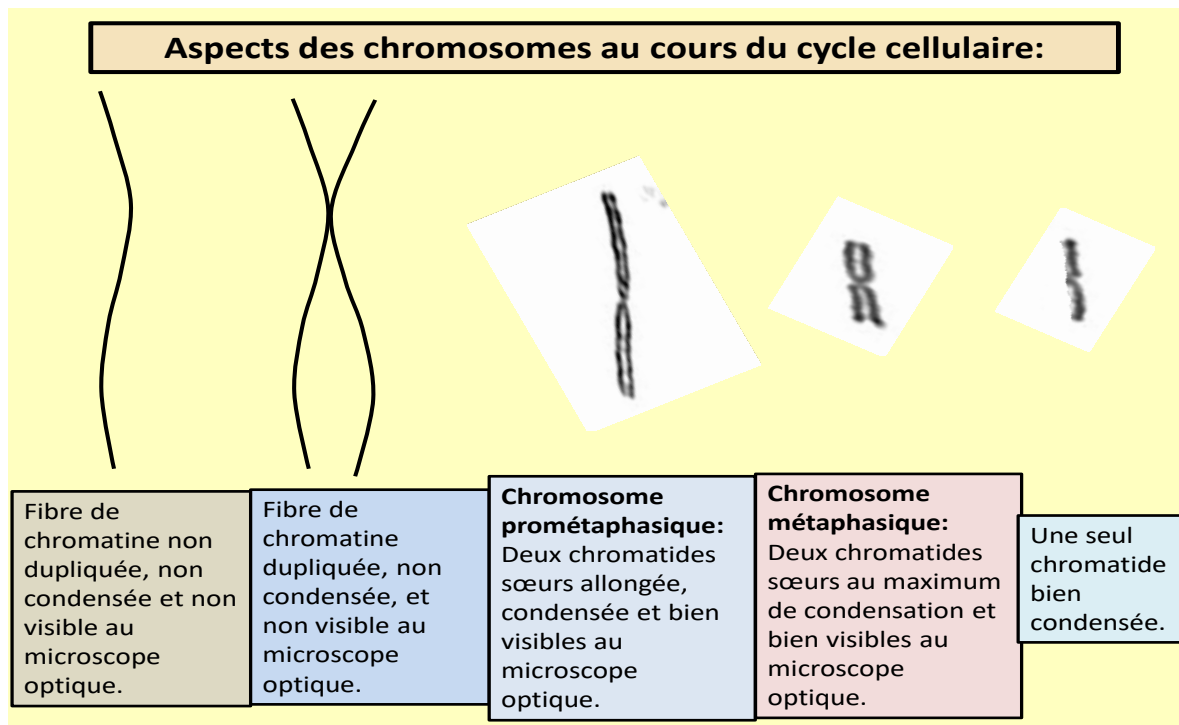
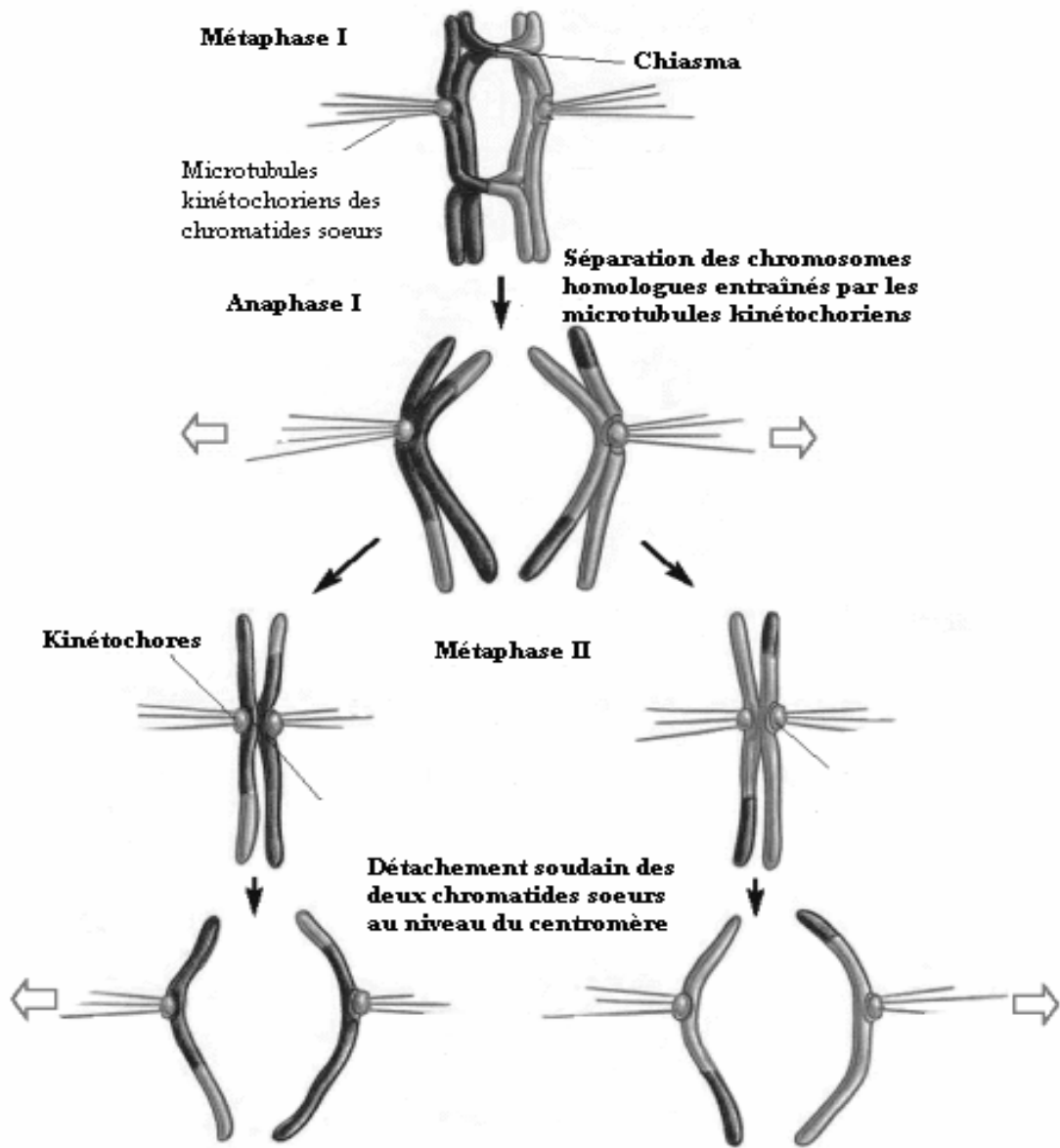


Figure 23: Distribution aléatoire des chromosomes à la méiose produit de la variation génétique.





Exercice d'application:

Une cellule en interphase possède 8 chromosomes. Combien de chromosomes et combien de molécules d'ADN seront trouvés par cellule suivant la progression de cette cellule à travers les stades suivants :

G2, métaphase mitotique, anaphase mitotique, après cytokinèse mitotique, métaphase I méiotique, métaphase II méiotique, et après cytokinèse de la méiose II ?

Solution:

<u>stades</u>	<u>Nombres de chromosomes</u>	<u>Nombres de molécules d'ADN.</u>
<u>G2</u>	<u>2N=8</u>	<u>4C= 16</u>
<u>métaphase mitotique</u>	<u>2N=8</u>	<u>4C= 16</u>
<u>anaphase mitotique</u>	<u>4N= 16</u>	<u>4C= 16</u>
<u>après cytokinèse mitotique</u>	<u>2N=8</u>	<u>2C=8</u>
<u>métaphase I méiotique</u>	<u>2N=8</u>	<u>4C=16</u>
<u>métaphase II méiotique,</u>	<u>N=4</u>	<u>2C=8</u>
<u>après cytokinèse de la méiose II</u>	<u>N=4</u>	<u>C=4</u>