

LE CYCLE CELLULAIRE: LA MITOSE ET LA MÉIOSE

SBI3U

M. Danielson

2014

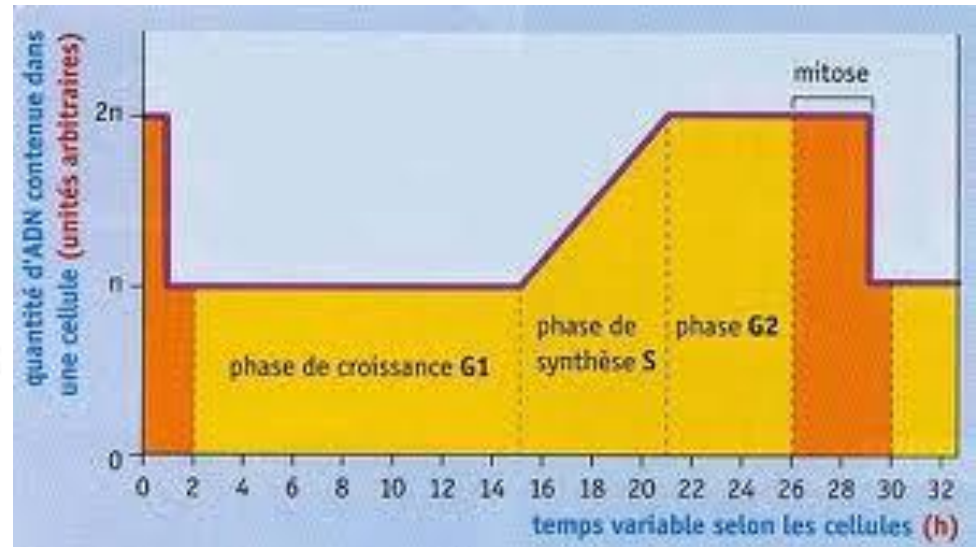
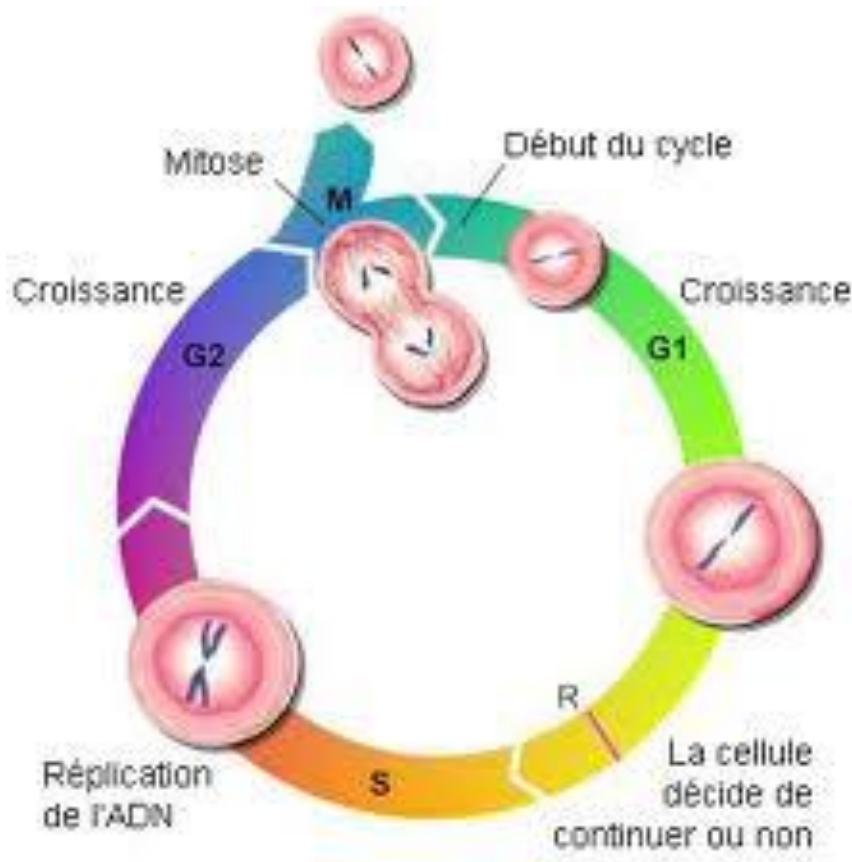
Vocabulaire Mitose

- Chromosome (ADN)
- Chromatide sœur (génétiquement identique)
- Centromère (lie deux chromatides sœurs)
- Centrosome (formation des fibres)
- Fibre fusoriale (structure microtubulaire)

Survол phases du cycle cellulaire

- **Interphase** (fonctions normales, réplication de l'ADN)
 - G1 – croissance/activité cellulaire
 - S – synthèse/réplication de l'ADN
 - G2 – préparation à la division
- **Mitose** (division cellulaire)
- **Cytocinèse** (division du cytoplasme)

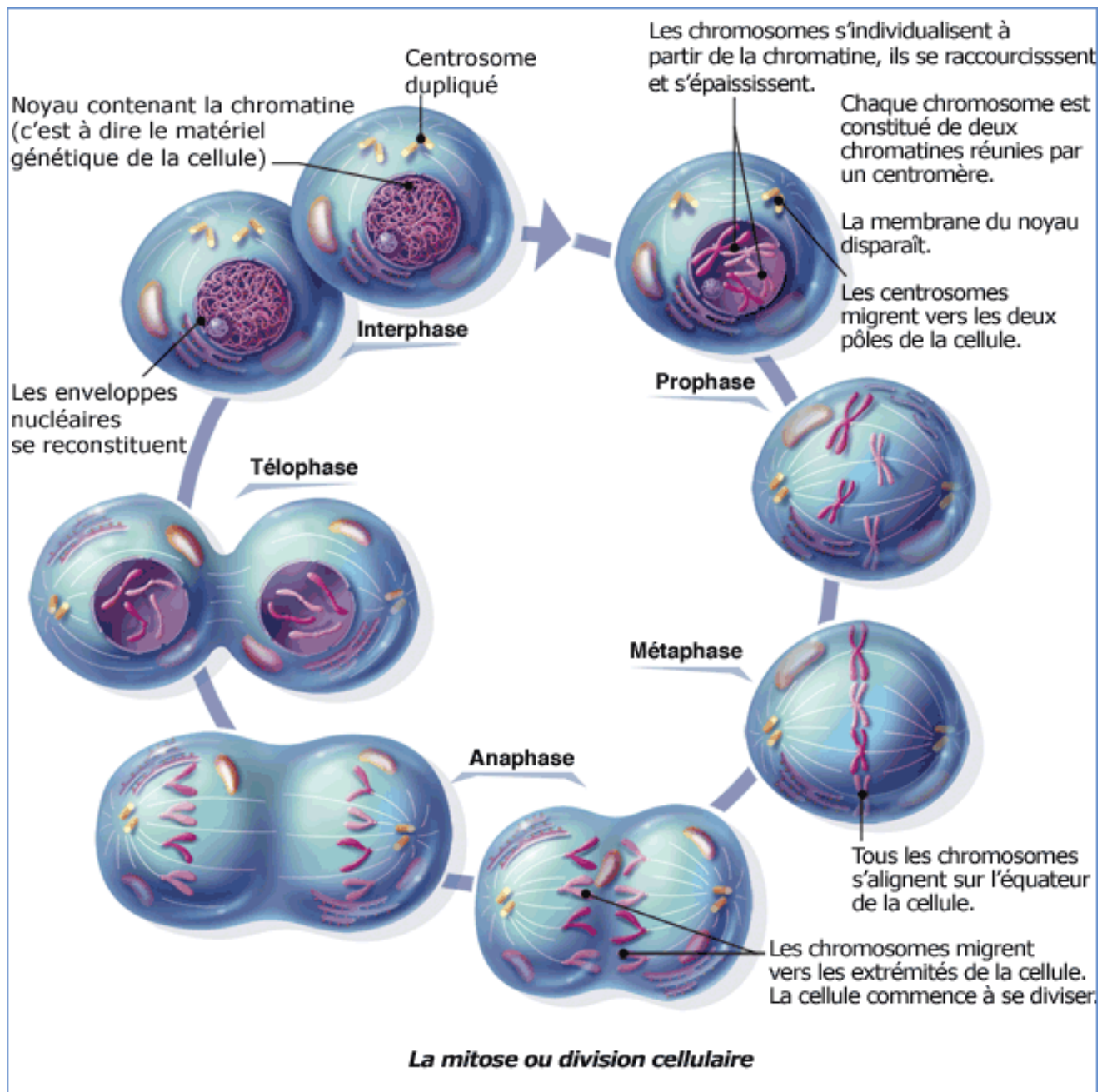
Le cycle cellulaire



- Une cellule passe par toutes ces étapes.
- La durée de chaque étape varie selon le type de cellule.

Survол étapes de la mitose

- **Prophase** (centrosomes migrent, croissance fibres, disparition membrane nucléaire)
- **Métaphase** (centrosomes aux pôles, chromosomes enlignés plaque équatoriale)
- **Anaphase** (chromatides sœurs migrent vers les pôles)
- **Télophase** (déroulement des chromatides en brins de chromatine, membrane nucléaire se forme, nucléole se forme)



Survол structure de l'ADN

- **Nucléotides** sont l'unité de base de l'ADN (composés d'un groupement **phosphate**, d'un groupement **sucre**, et d'une **base**)
- Groupements sucre/phosphate forment le squelette des brins d'ADN.
- Bases sont à l'intérieur de la spirale.
- Quatre bases sont l'**adénine** (A), la **guanine** (G), la **thymine** (T) et la **cytosine** (C).
- Paires **A-T** et **C-G** sont des **bases complémentaires**.
- Séquence complète d'ADN c'est le **génome** de l'organisme

Vidéos:

Youtube

Méiose:

- <http://www.youtube.com/watch?v=MDkd9Kyhf4M>

Mitose:

<http://www.youtube.com/watch?v=6COxMt9gMdQ&feature=related>

La fécondation (la formation d'un zygote):

<http://www.youtube.com/watch?v=ThqByG4ozOY&feature=autoplay&list=PLB17ADE840B9EBEC4&playnext=1>

Mitose végétale avec explications (en anglais):

<http://www.youtube.com/watch?v=-1Mldnj5HFg&feature=related>

Chromosomes

- Nombre de chromosomes varie d'un organisme à l'autre
- Cellules somatiques humaines on 46 chromosomes organisés en 23 paires
- Chromosomes sexuelles nommés X et Y déterminent le sexe d'un individu
- Femme = XX
- Mâle = XY

Chromosomes cont.

- **Chromosomes homologues** sont des paires de chromosomes semblables:
 - Longueur
 - Position du centromère
 - Succession des bandes
- **Gène** = fragment d'ADN qui contiennent l'information génétique pour transmettre un caractère précis.
- Chromosomes homologues transportent des gènes pour les mêmes caractères (couleur des cheveux)
- Peuvent transporter différentes formes d'un gène, nommé **allèle** (brun ou blond)

Cellules diploïdes et haploïdes

- *Cellules somatiques humaines on 46 chromosomes organisés en 23 paires*

Donc...

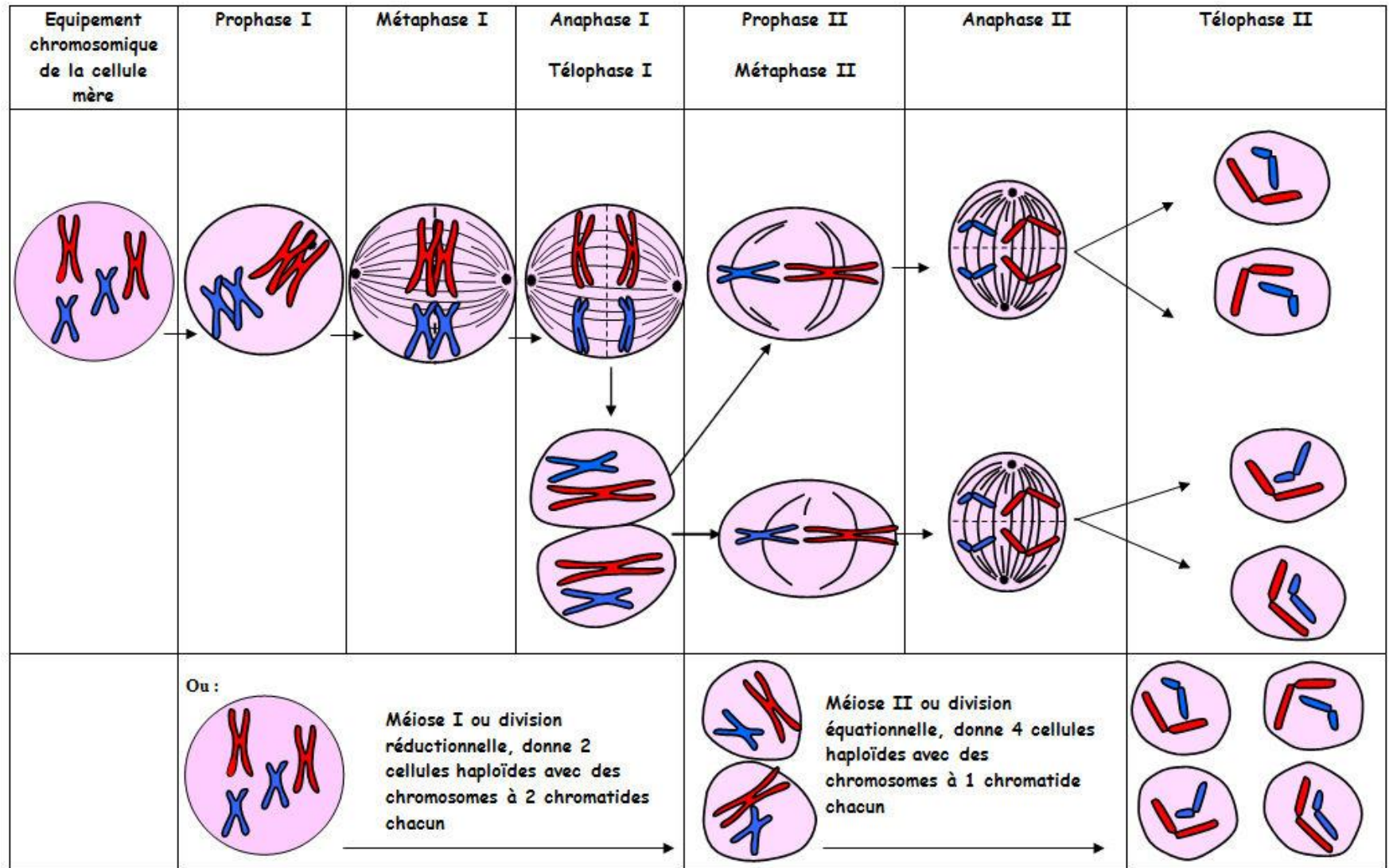
- Diploïde (pour les humains) = $2n = 46$ chromosomes
- Haploïde = $n = 23$ chromosomes

La reproduction sexuée

Lorsqu'un homme et une femme sont en amour...

- Implique la participation de deux organismes de **même espèce**, de **sexes différentes**.
- C'est l'union de **2 gamètes**, mâle et femelle.
- La **fécondation** va donner une cellule diploïde (l'œuf ou le zygote)
- La **méiose** permet d'obtenir **quatre cellules haploïdes** à partir d'une cellule diploïde.
- La reproduction sexuée est une source de **brassage génétique**

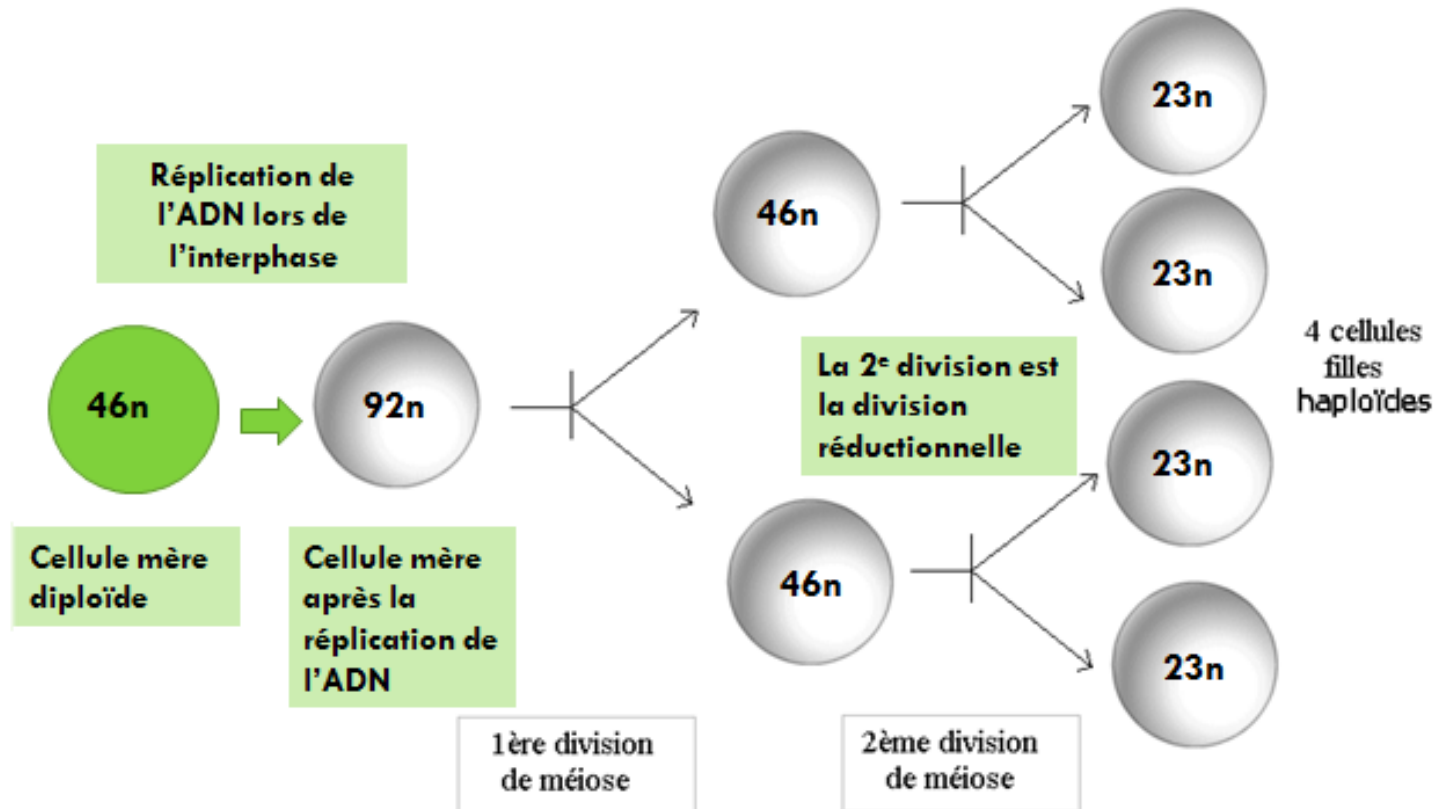
Correction : Schéma bilan des étapes de la méiose pour une cellule à $2n=4$

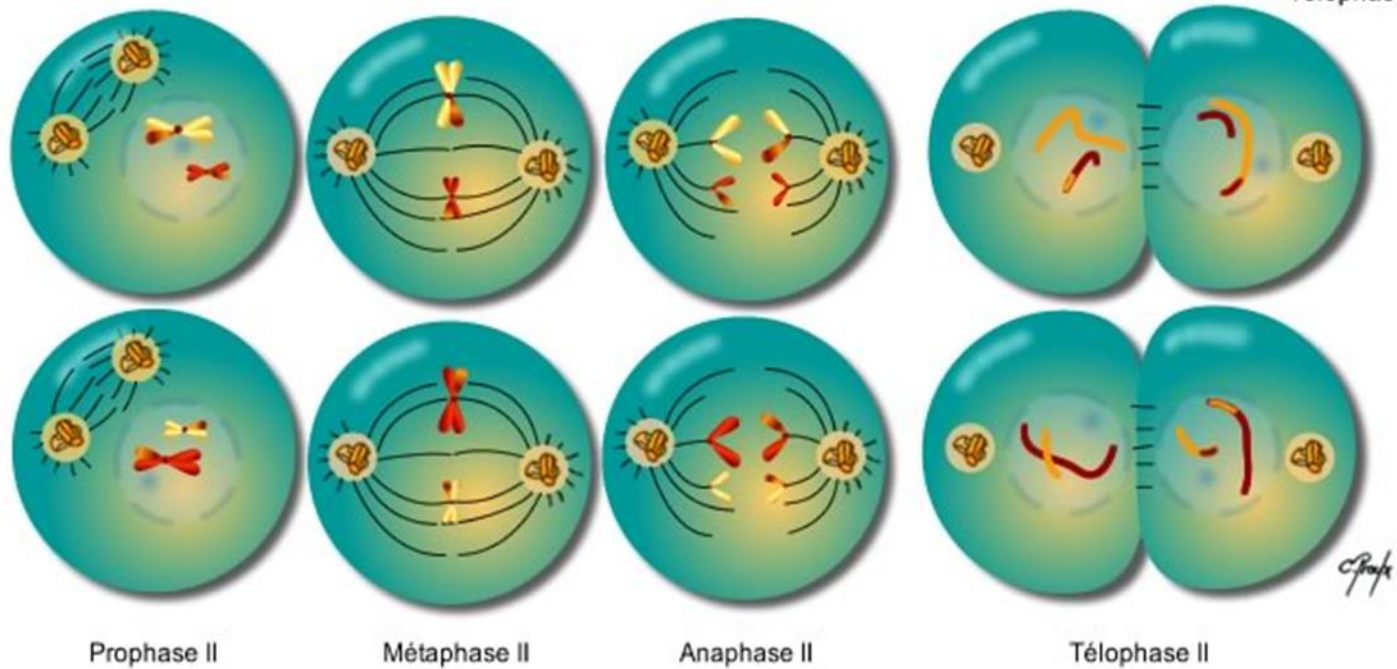
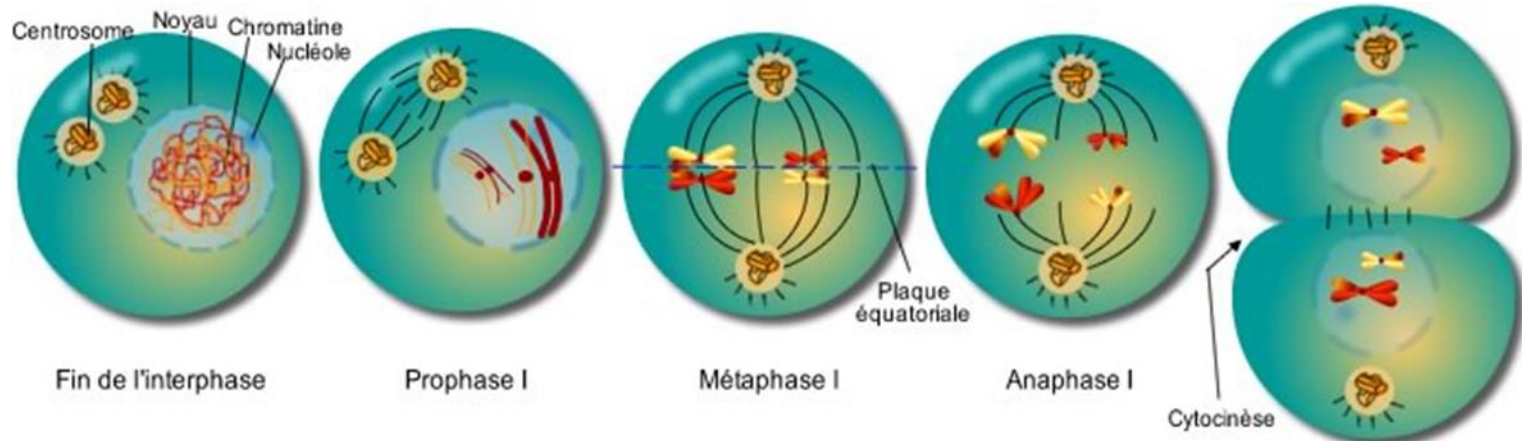


La méiose

- Concerne seulement les organes reproductifs.
- Produit les gamètes (ovules et spermatozoïdes).
- Cellule mère contient $2n = 46$ chromosome
- Elle subit une réplication de l'ADN et devient $4n = 92$ chromosomes
- La première division (la division réductionnelle) produit deux cellules filles diploïdes à $2n = 46$ chromosomes
- La deuxième division (la division équationnelle) produit un total de quatre cellules filles haploïdes $n = 23$.

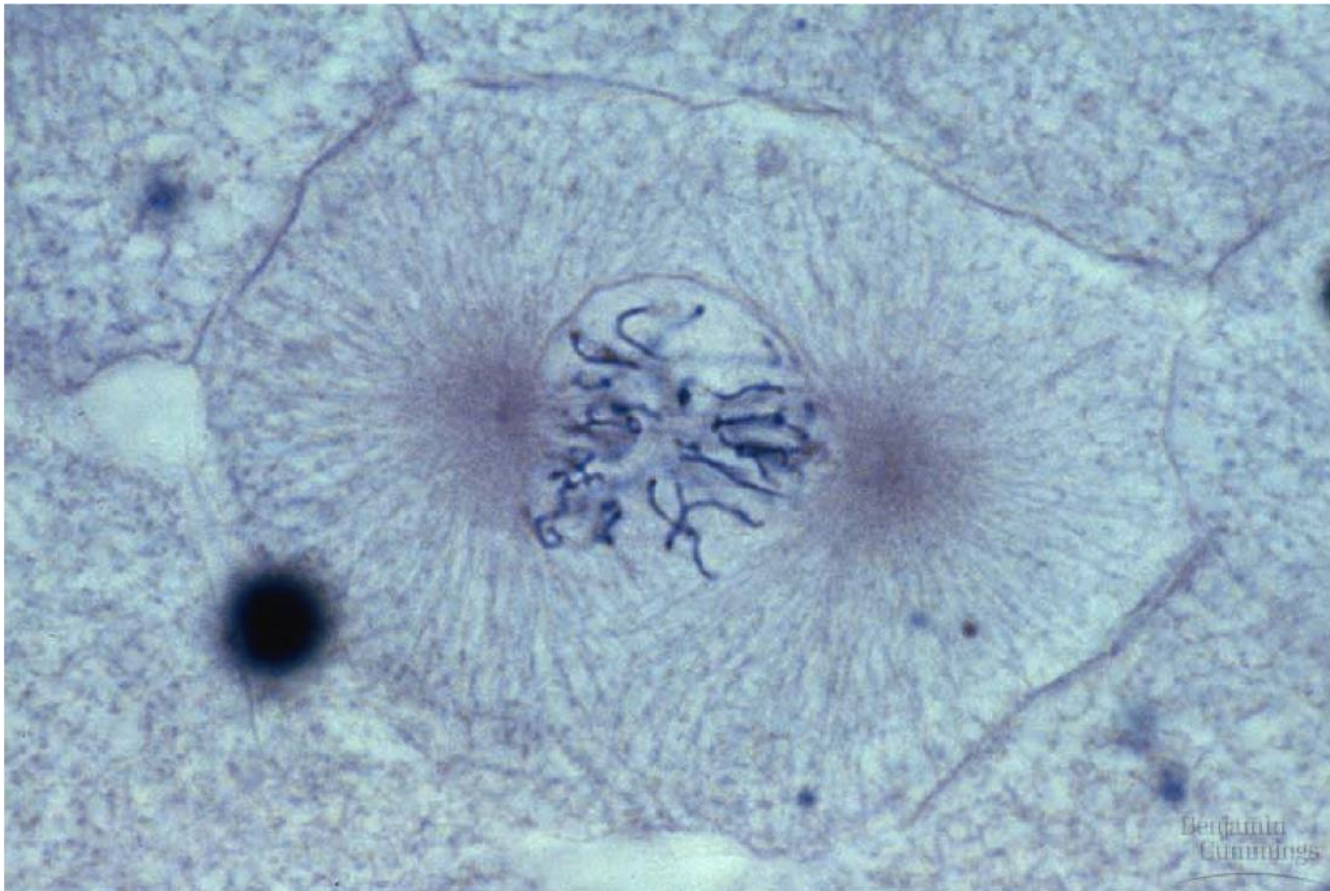
La méiose comprend une duplication et deux divisions





Prophase

- Épaississement du chromatine en chromosomes visibles
- Centrosomes migrent vers les pôles



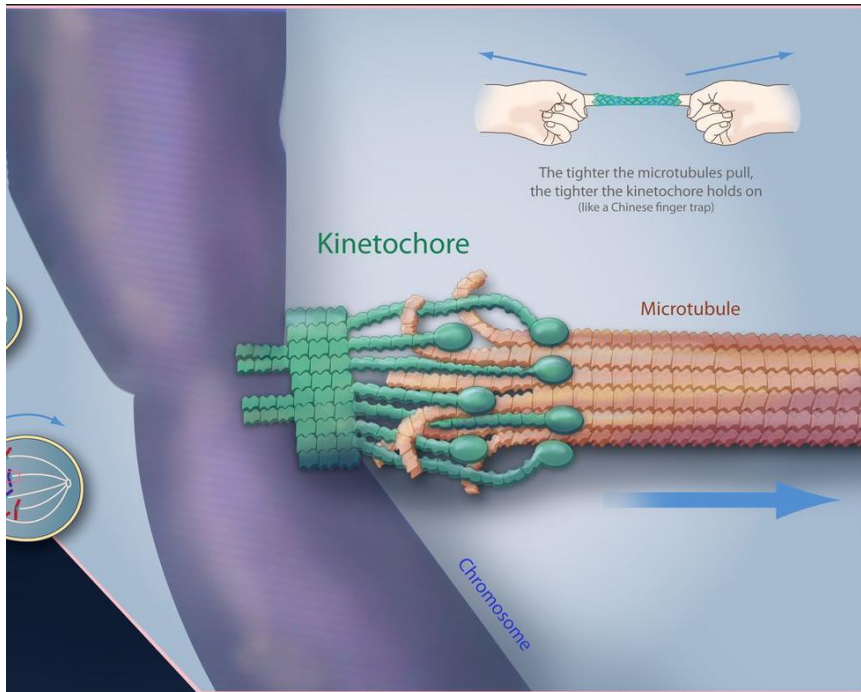
Métaphase

- Centrosomes sont maintenant aux pôles
- Chromosomes s'alignent sur la plaque équatoriale



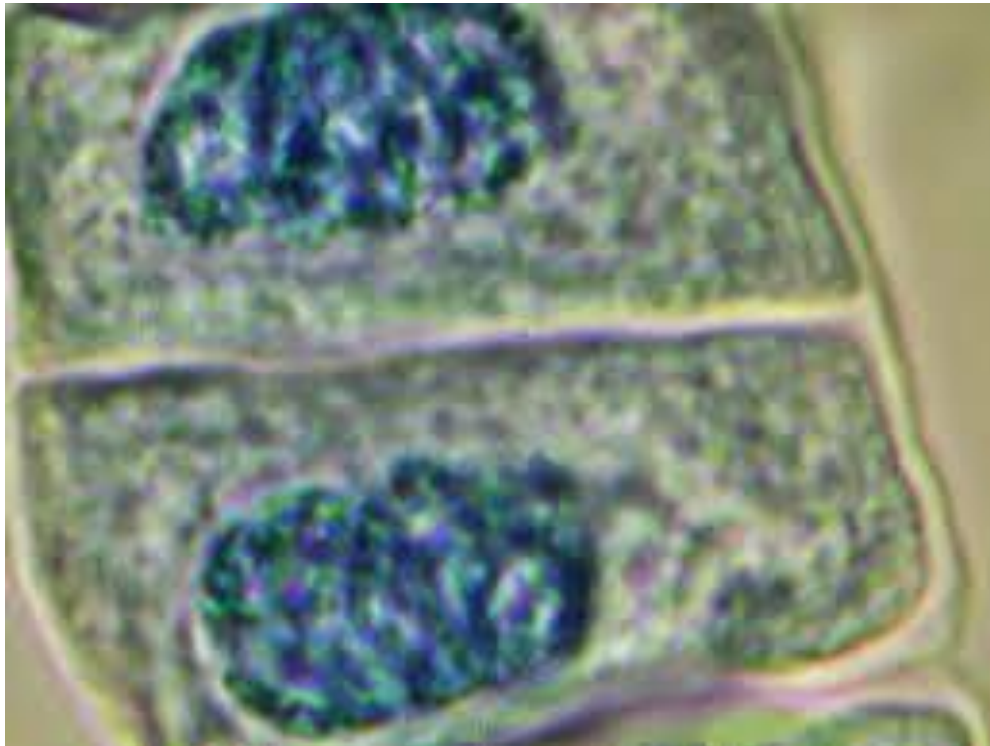
Anaphase

- Chromatides sœurs se séparent et migrent vers les pôles le long des microtubules en utilisant les protéines kinétochore



Télophase et cytokinèse

- Tubules non-kinétochore allongent la cellule
- Nucléoles se reforment
- Les microfilaments divisent les cellules



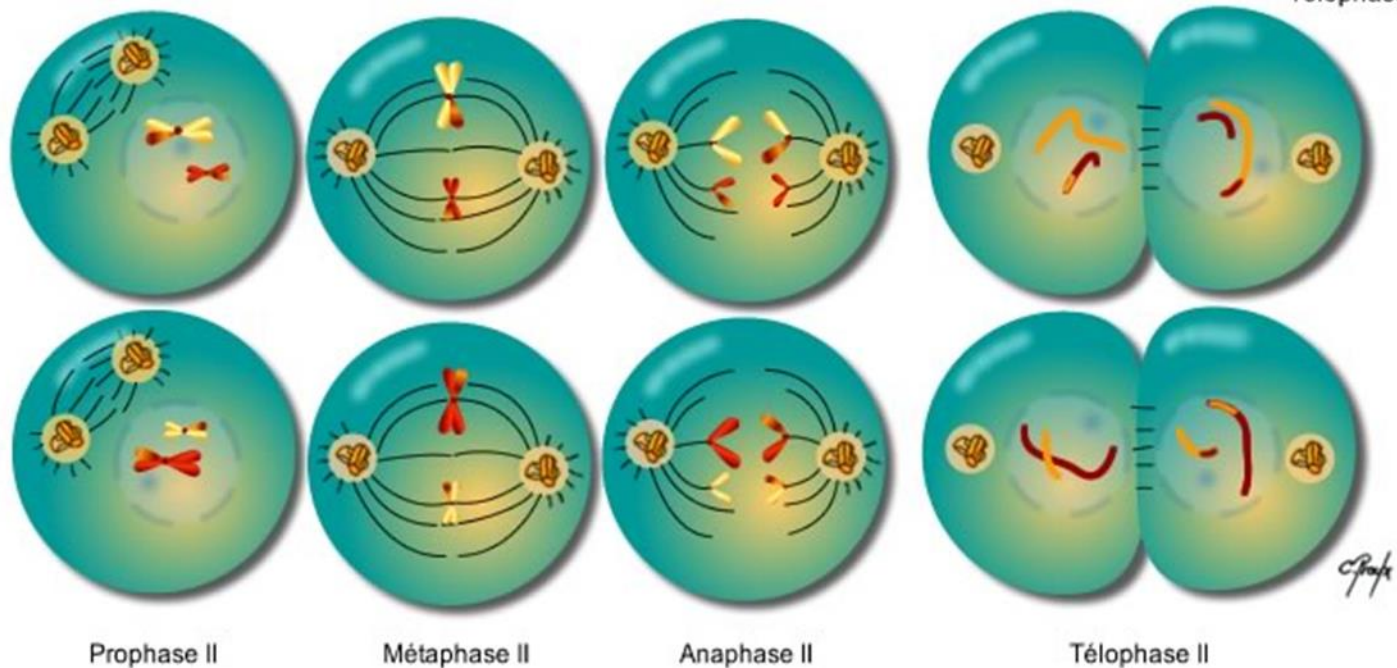
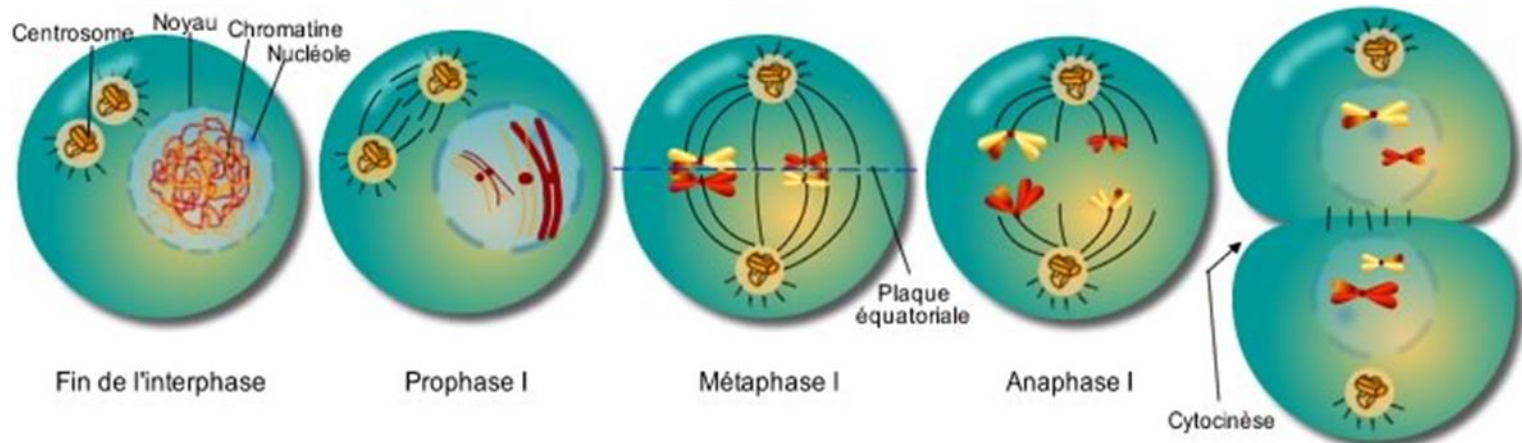
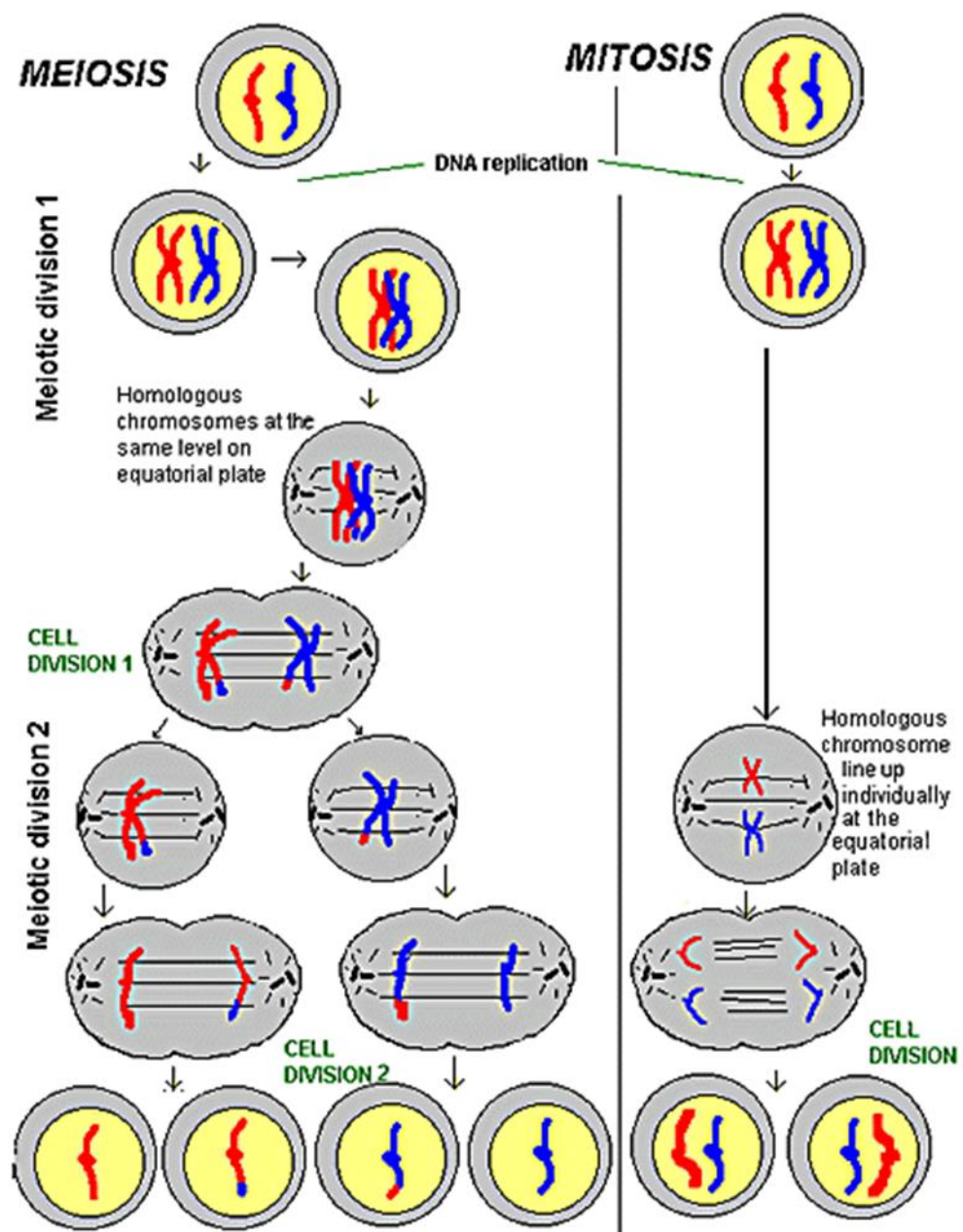


Tableau de comparaison:

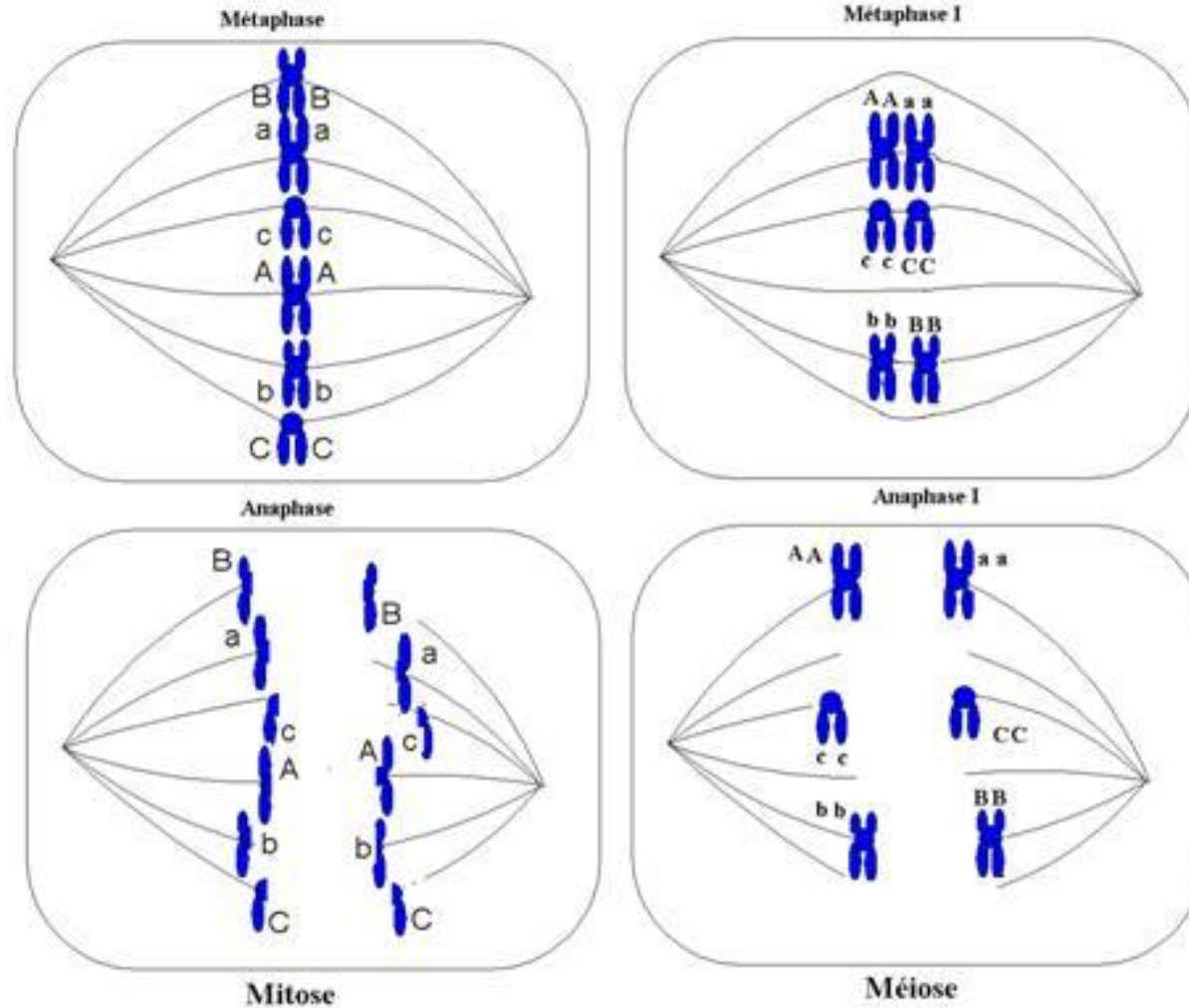
Mitose	Méiose
-Cellule mère: $2n$	-Cellule mère: $2n$
-2 Cellules filles: $2n$	-4 cellules filles: n
-1 division	-2 divisions
-Cellules filles identiques à la cellule mère	-Cellules filles démontrent la variabilité génétique à cause de la formation de tétrade qui permet l'enjambement
-aucun appariement des chromosomes homologues	-appariement des chromosomes homologues
-produit les cellules somatiques	-produit les gamètes (cellules reproductrices)

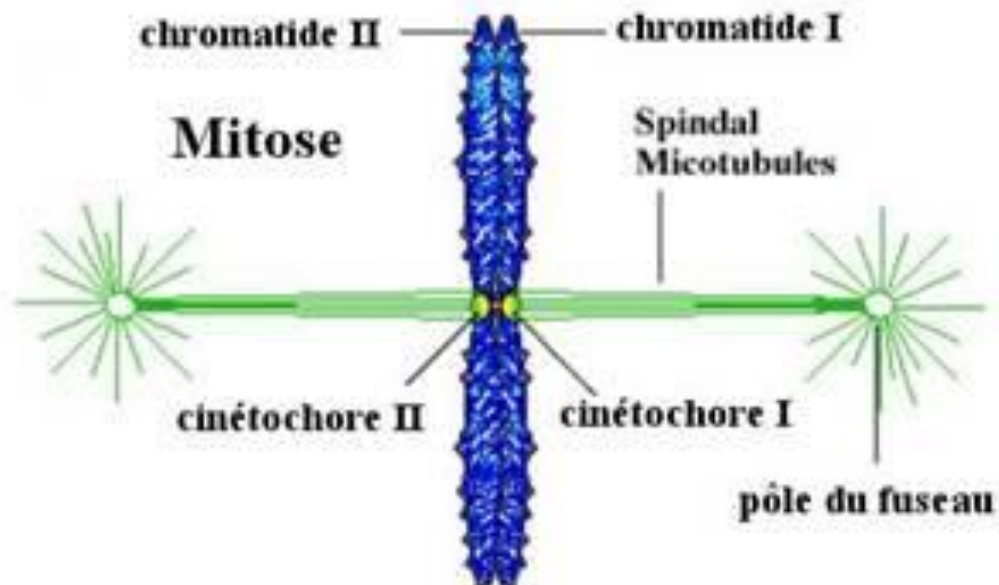
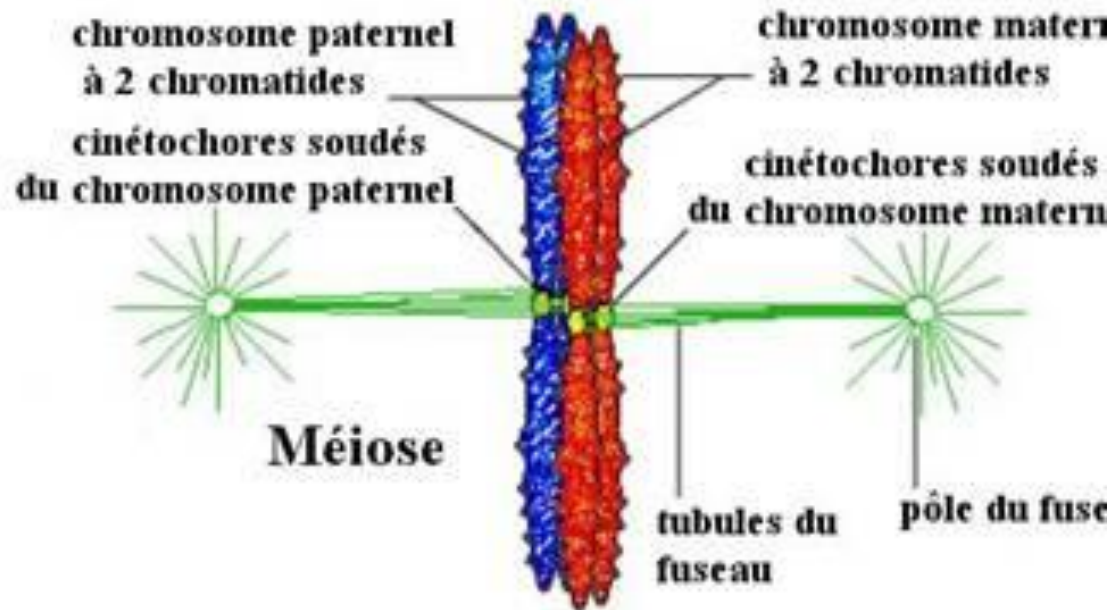
MEIOSIS

MITOSIS



Comparaison: mitose et méiose



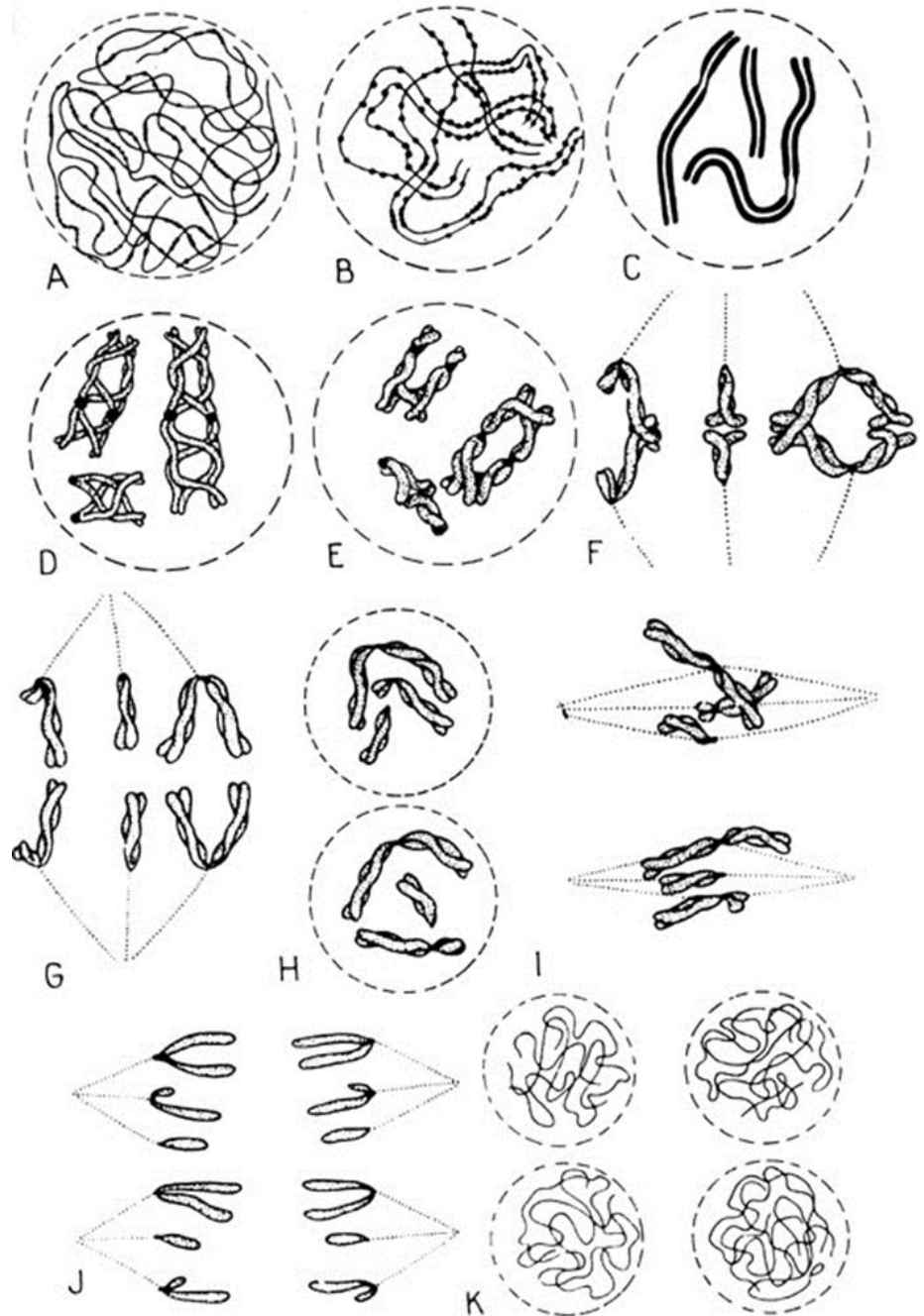


Le but de la méiose

1. **La production des gamètes** qui contiennent la moitié du nombres de chromosomes de la cellule somatique. Deux gamètes se combinent pour donner un zygote.
2. **La variabilité:**
 - La **recombinaison génétique** due à la formation de tétrade et l'**enjambement** entre des chromatides non-sœurs durant la synapse de la prophase I.
 - La loi de l'**assortiment indépendant**: Dans chaque paire, le chromosome d'origine maternelle est orienté vers un pôle de la cellule, et le chromosome d'origine paternelle est orienté vers l'autre pôle. L'orientation d'une paire de chromosome est indépendante de l'orientation des autres paires de chromosomes. Donc, deux gamètes se combinent pour former des génotypes qui ne sont pas nécessairement présent dans la génération précédente).

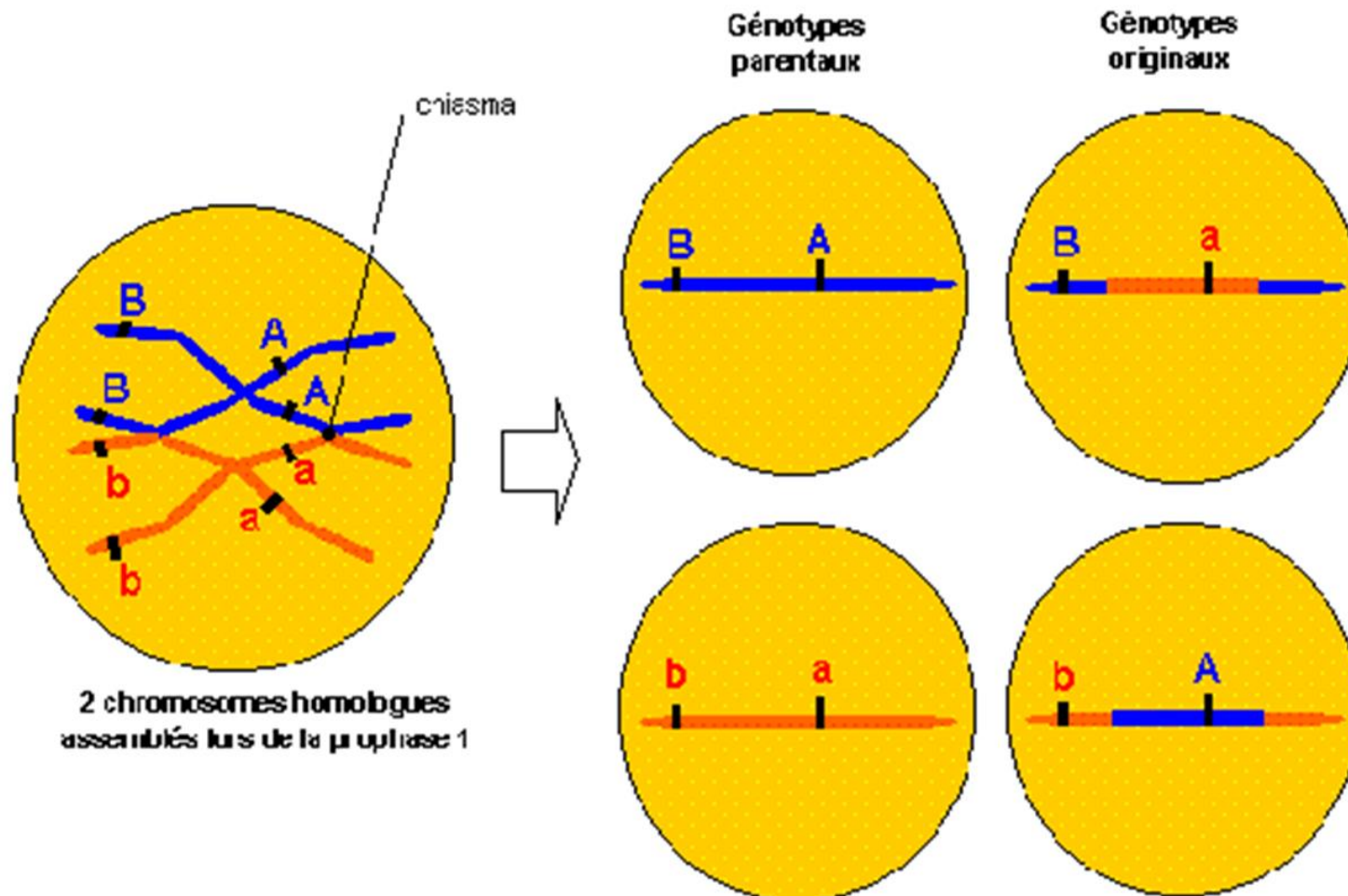
La formation des
tétrades qui
permettent
l'enjambement.

*(permet aussi
une variabilité
génétique)*

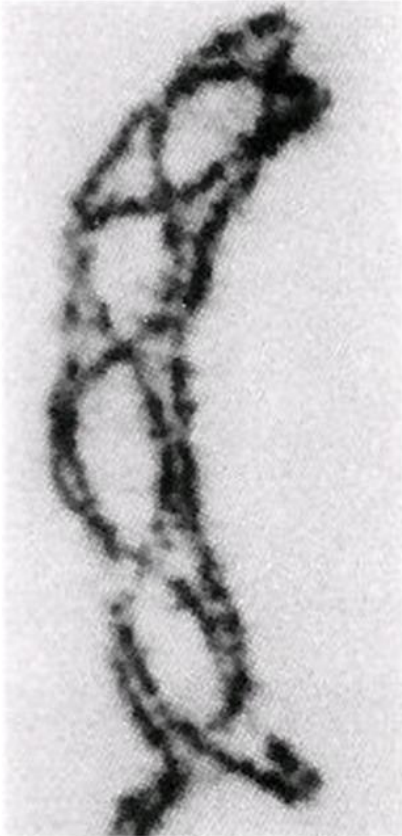


L'enjambement (prophase I)

- L'échange de segments de chromosomes entre une paire de chromosomes homologues



La prophase I: le chiasme ou (le synapse) entre deux chromosomes homologues mais deux chromatides non-soeurs



Photographie d'un bivalent en prophase I de méiose

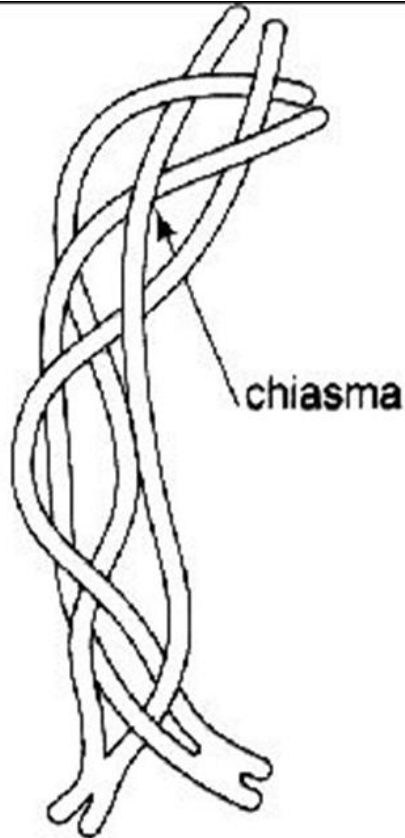
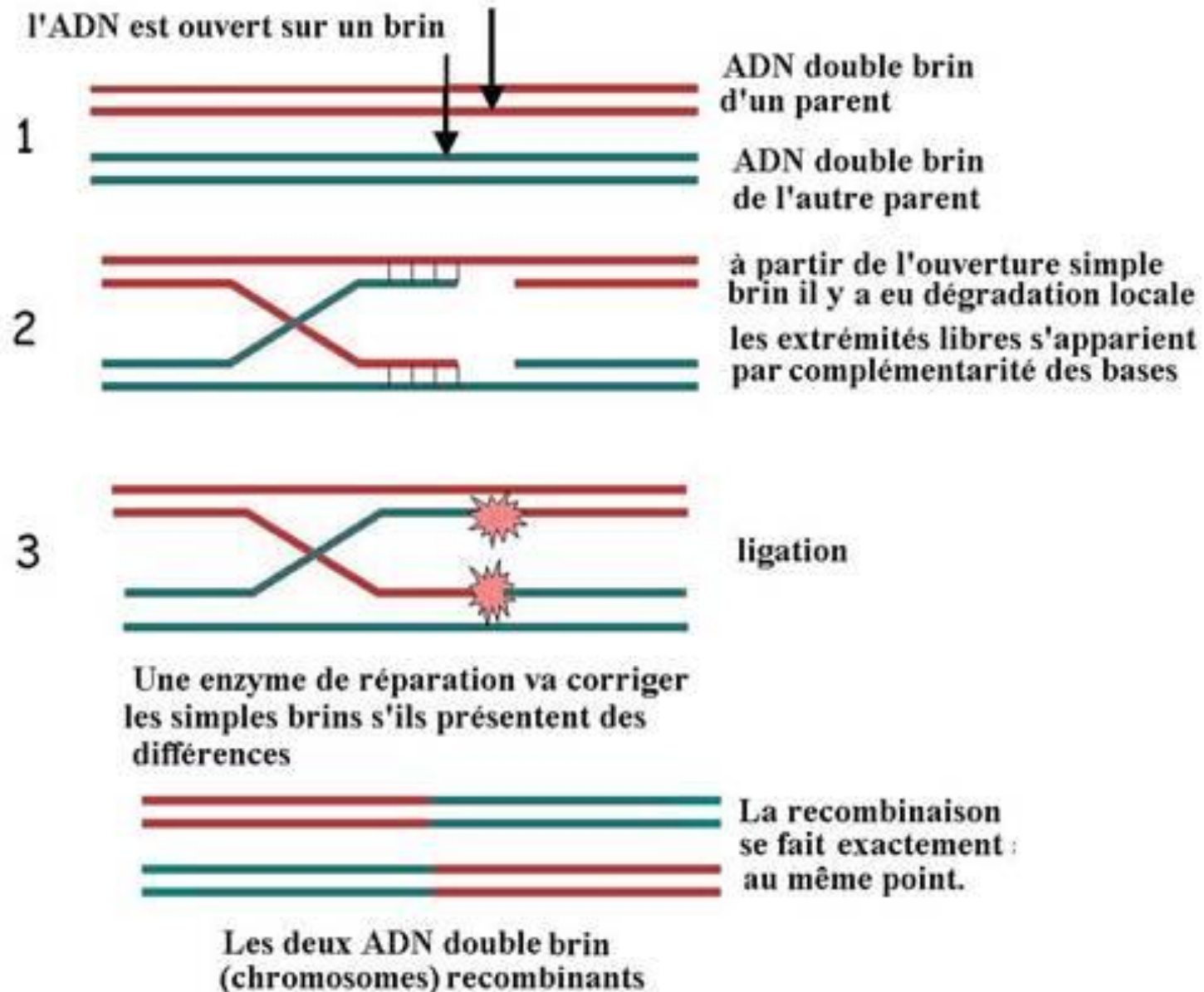


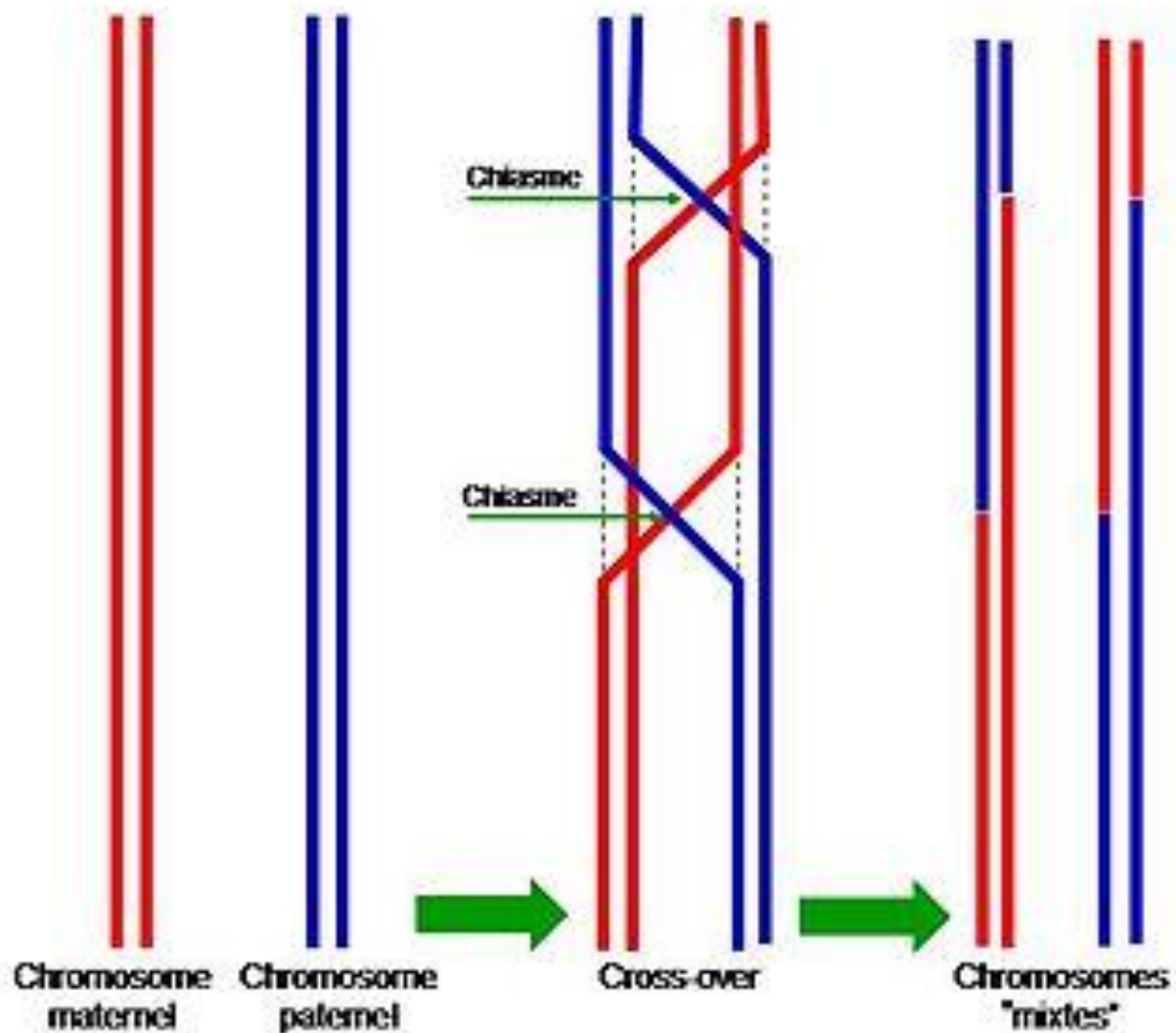
Schéma du même bivalent en prophase I de méiose.

- 1) Colorier un chromosome en bleu et l'autre en rouge.
- 2) Flécher les autres chiasmas (et ajouter un « s »).
- 3) Annoter les centromères.

La recombinaison durant l'enjambement



La variabilité génétique grâce à l'enjambement

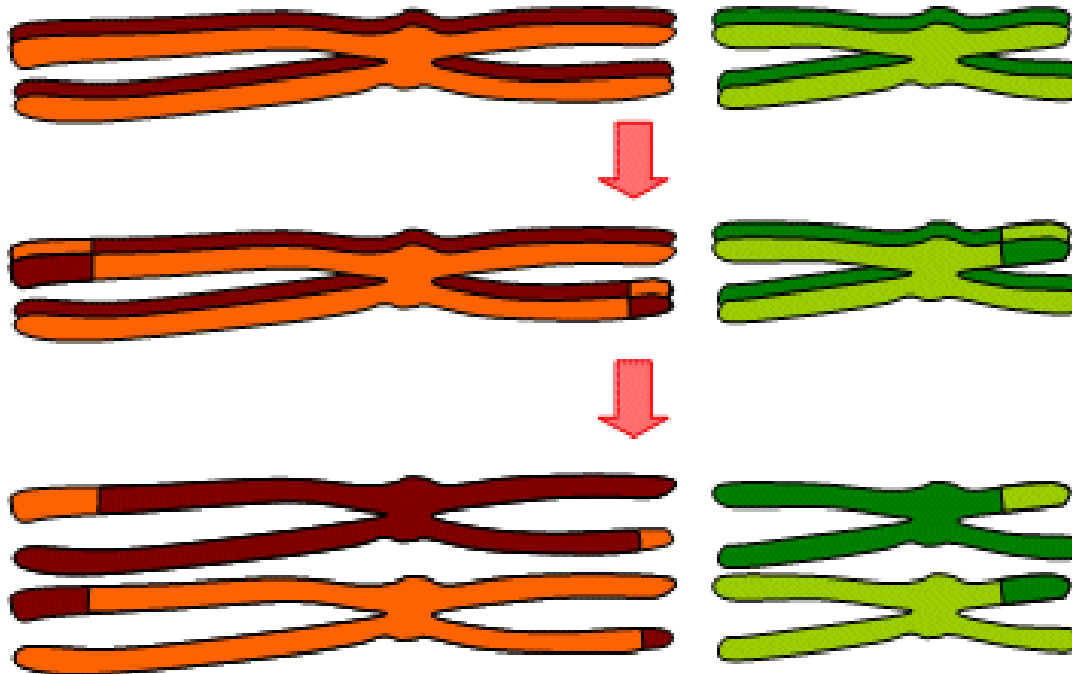


<<Cross- over>>
signifie
l'enjambement
*se passe à la
prophase 1 de la
méiose

La variabilité génétique grâce à l'enjambement

http://georges.dolisi.free.fr/Transmission_vie/4_meiose.htm

© Georges Dolisi



Les chromosomes homologues forment un tétrade

Par enjambement et formation de chiasmas, les chromosomes homologues échangent des fragments d'ADN

Chaque chromatide possède les mêmes gènes que son homologue, mais des allèles différents, ce qui permet le brassage génétique

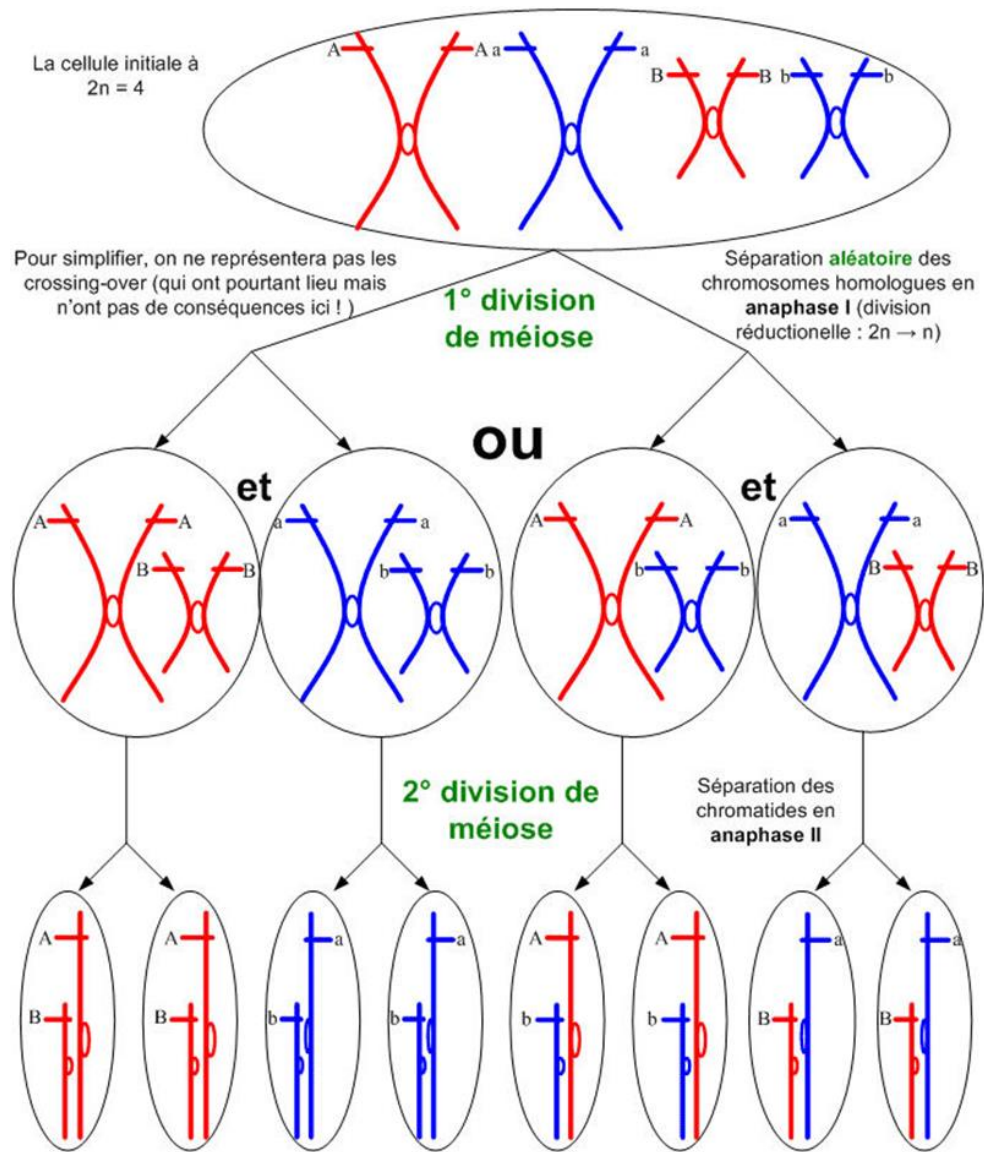
L'enjambement des tétrades en prophase I de la méiose assurent la variabilité génétique

Activité 4.3: enjambement

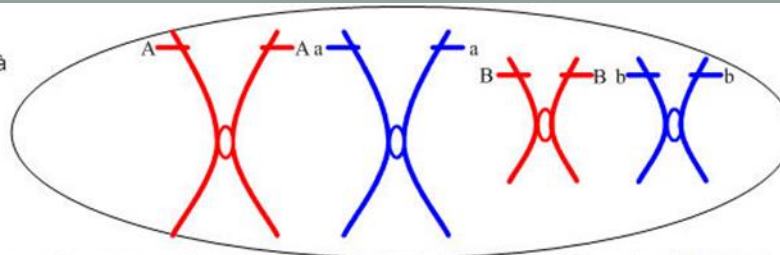
Page 178 du manuel

La loi de l'assortiment indépendant

*(permet une
variabilité
génétique)*



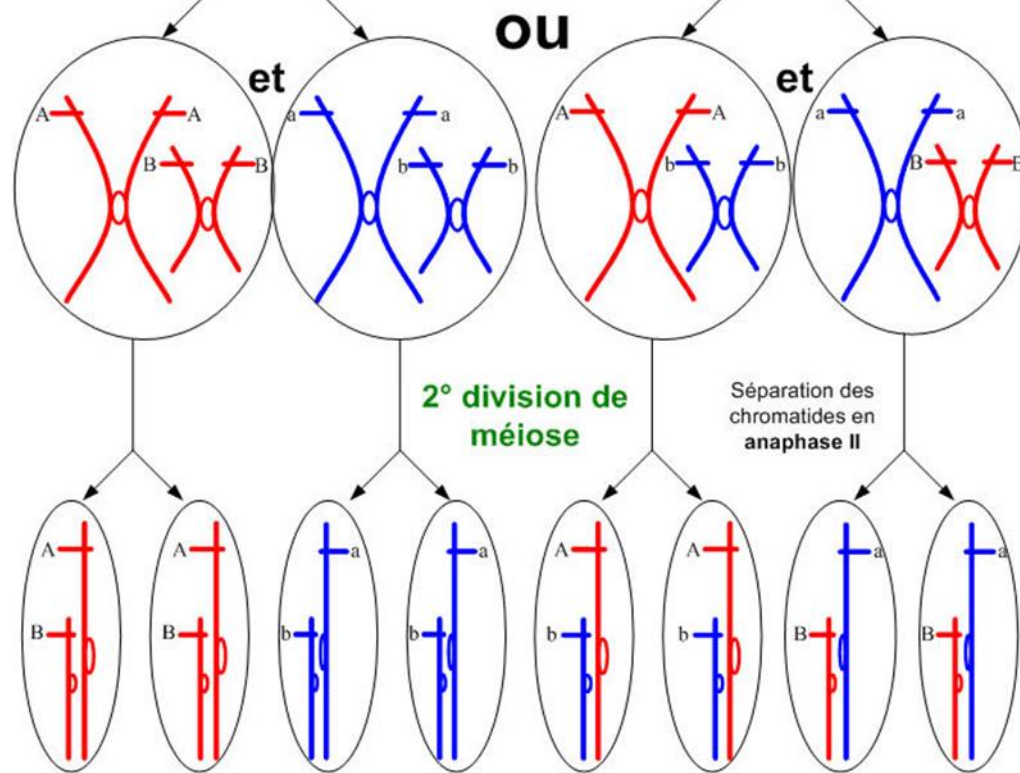
La cellule initiale à
 $2n = 4$



Pour simplifier, on ne représentera pas les
crossing-over (qui ont pourtant lieu mais
n'ont pas de conséquences ici !)

**1° division
de méiose**

Séparation **aléatoire** des
chromosomes homologues en
anaphase I (division
réductionnelle : $2n \rightarrow n$)



Résultat en **télophase II** (fin de méiose) : **garniture chromosomique** des gamètes formés

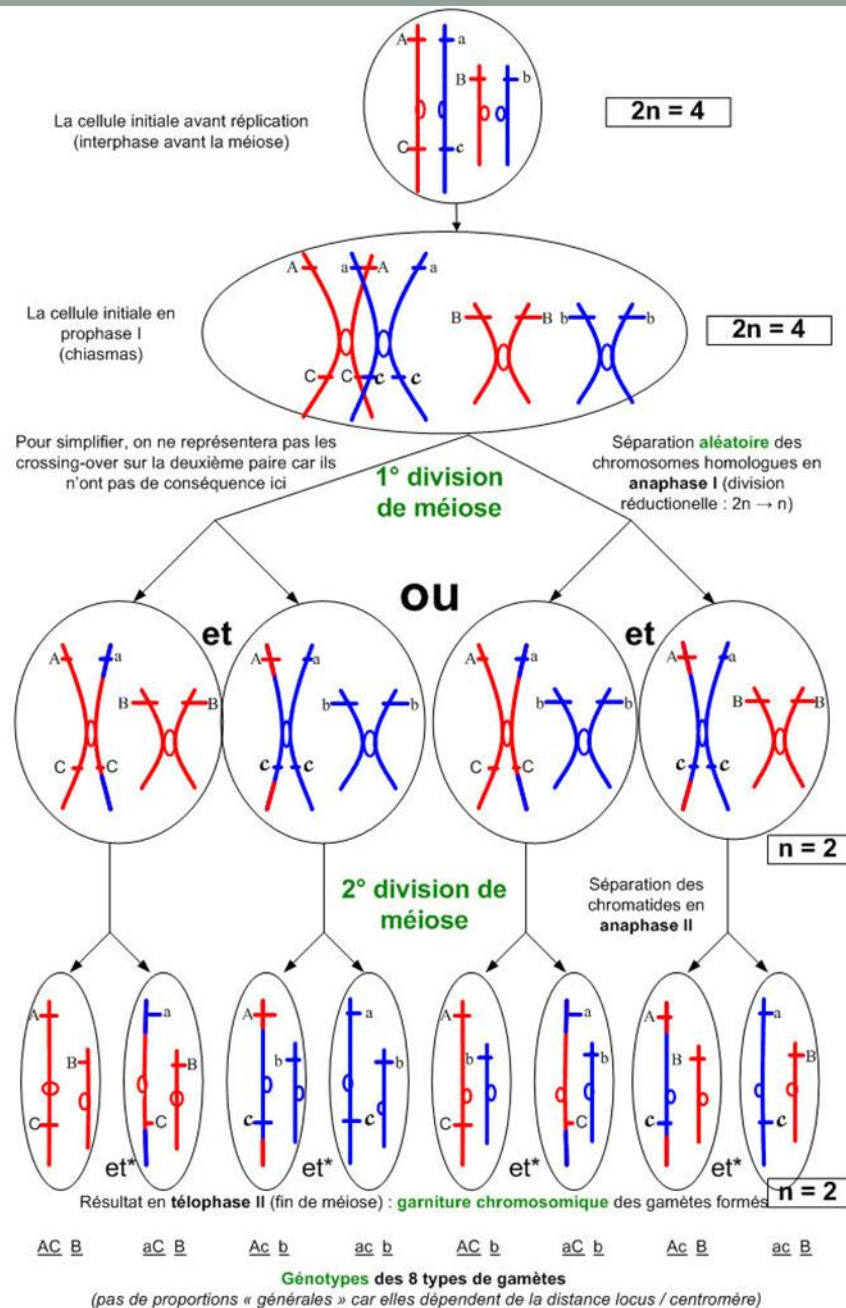
$\frac{1}{4}$ A B

$\frac{1}{4}$ a b

$\frac{1}{4}$ A b

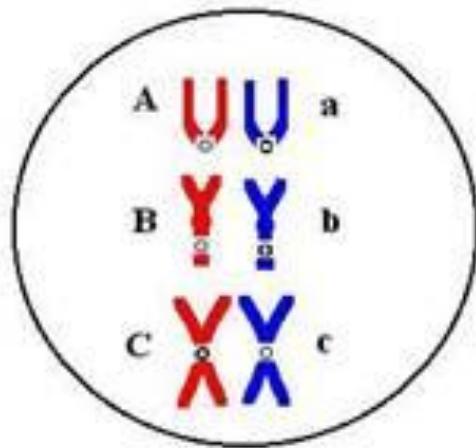
$\frac{1}{4}$ a B

Génotypes des gamètes



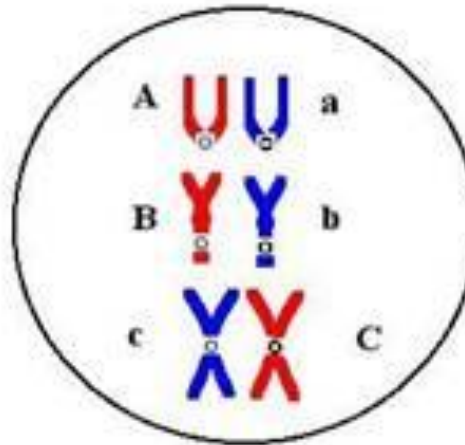
*deux autres dispositions auraient pu être envisagées dans chaque cas (brassage interchromosomique par séparation aléatoire des chromatides) mais comme il n'y a pas eu brassage au niveau du petit chromosome les génotypes obtenus auraient été les mêmes.

La variabilité de la méiose: l'assortiment indépendant



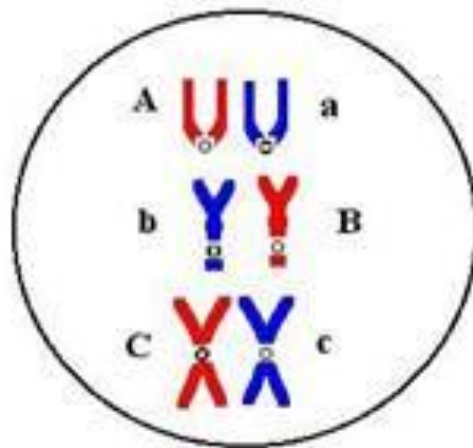
après la seconde division
de méiose on aura
2 cellules n : A B C
et 2 cellules n : a b c

Probabilité 0,25



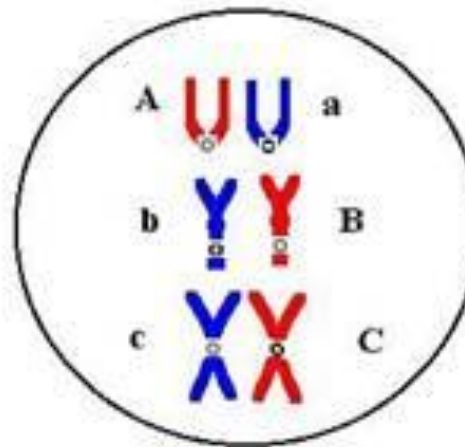
après la seconde division
de méiose on aura
2 cellules n : A B c
et 2 cellules n : a b C

Probabilité 0,25



après la seconde division
de méiose on aura
2 cellules n : A b C
et 2 cellules n : a B c

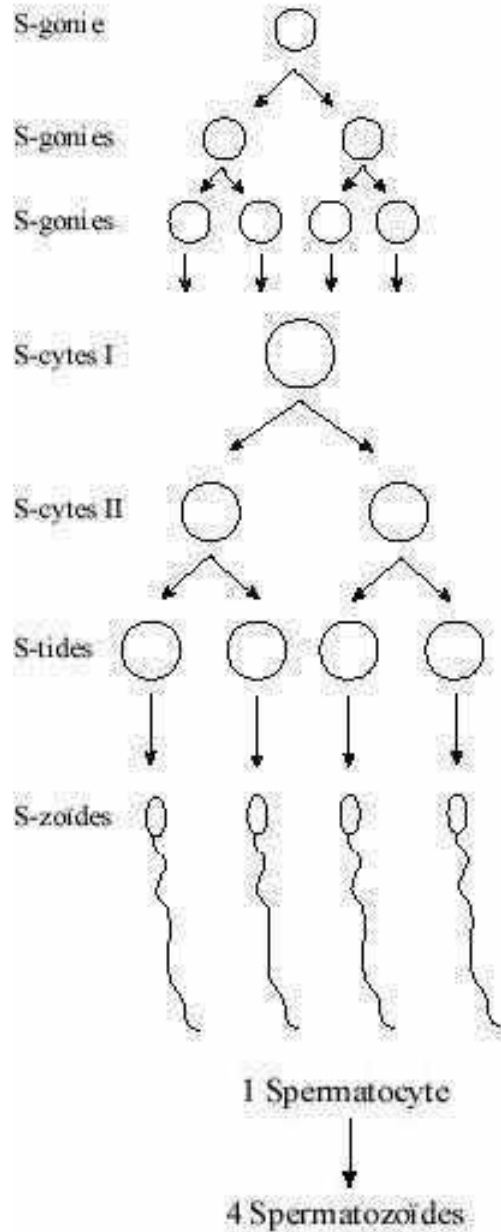
Probabilité 0,25



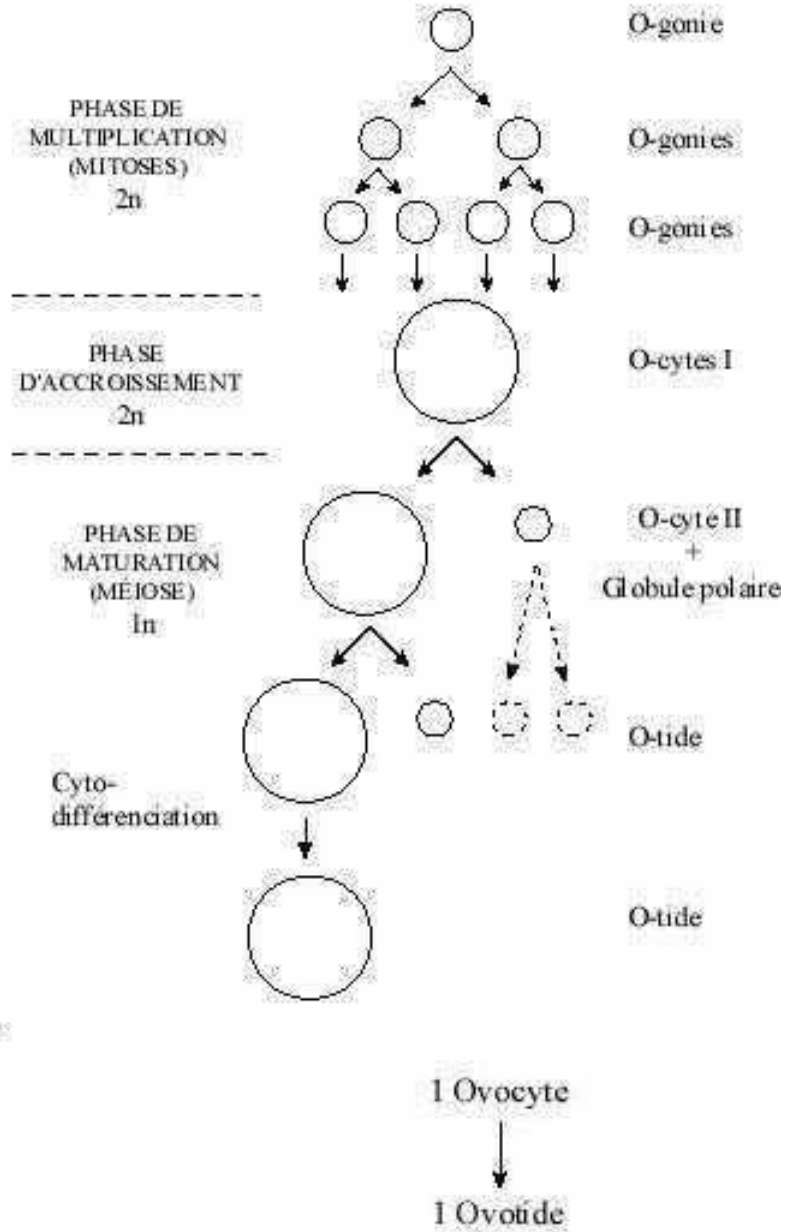
après la seconde division
de méiose on aura
2 cellules n : A b c
et 2 cellules n : a B C

Probabilité 0,25

Spermatogenèse



Ovogenèse



La gamétogenèse

- La production des cellules reproductrices haploïdes (les gamètes) dans les gonades.
 - Le processus est une mitose réductionnelle... Donc, c'est la meiose
 - Gamétogenèse suit le cycle cellulaire (phases de division, de croissance, etc.)
- Chez les mâles = spermatogenèse
- Chez les femelles = ovogenèse

- **Les stades de la gamétogenèse :**

- **1) LA PHASE DE MULTIPLICATION :**

- Les cellules souches de la lignée sont les cellules germinales, qui possèdent $2n$ chromosomes : cellules diploïdes.
- Elles se multiplient par mitose normale : qui ne réduit pas le nombre des chromosomes.
- Cette multiplication aboutit à la formation de gonies qui possèdent également $2n$ chromosomes :
- •Spermatogonies et Ovogonies

- **2) LA PHASE D'ACCROISSEMENT :**

- Elle est caractérisée par le doublement de la quantité d'ADN contenue dans le noyau de la gonie.
- Ainsi se forment :
- •Les spermatocytes I et Les ovocytes I ($2n$)

- **3) LA PHASE DE REDUCTION CHROMATIQUE :**

- Les spermatocytes I ou les ovocytes I subissent alors la division méiotique ou méiose qui aboutit à la formation de cellules ne contenant plus que n chromosomes.
- 2 spermatocytes II et un seul ovocyte II et d'un globule polaire : cellule petite, qui n'aboutira pas à la formation d'un gamète.

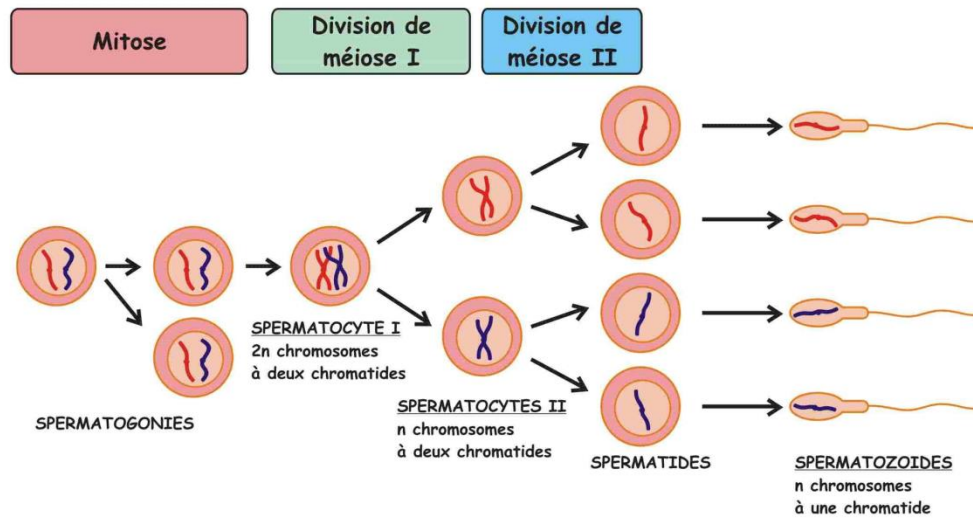
- **4) LA PHASE DE MATURATION :**

- Chacune des cellules formées à la phase précédente se divise une nouvelle fois pour former 2 nouvelles cellules à n chromosomes.
- Spermatides et ovotide et un globule polaire.
- La division du premier globule polaire donne à nouveau 2 globules polaires (Donc, chaque ovocyte I se forment donc 1 ovule et 3 globules polaires.

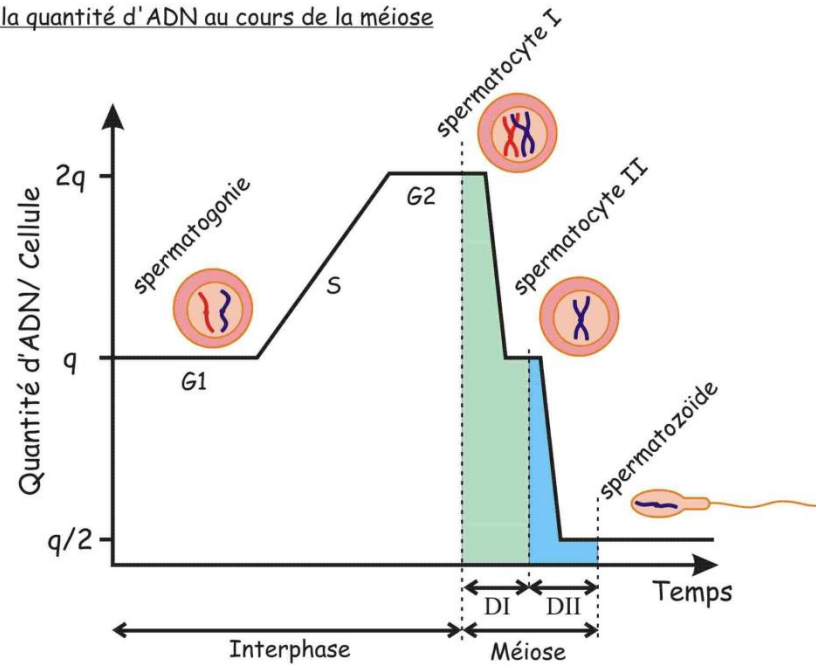
- **5) LA SPERMIOGENESE :**

- Elle n'a lieu que chez le sexe masculin.
- Elle aboutit à la transformation de chaque spermatide en un spermatozoïde.

Evolution du caryotype au cours de la méiose



Evolution de la quantité d'ADN au cours de la méiose



DI: division réductionnelle

DII: division équationnelle

	Spermatogenèse	Ovogenèse
Organe	testicules	ovaires
Nombre de gamètes produit	4 spermatozoïdes	1 ovule et 3 globules polaires
Types de chromosomes	n (soit un Y ou un X)	n (X seulement)
Mobilité	Avec flagelle	aucune
Longévité	4 jours	24 heures
Délai de production	64 à 72 jours	Des dizaines d'années (à la puberté de l'organisme)

Les erreurs possibles lors de la mitose

- Les **agents mutagènes** (chimique et physique) peuvent produire des erreurs lors de la **réplication** et lors de la **ségrégation** dans la mitose.
- Les **oncogènes** sont des séquences de gènes qui règlent la mitose. Lorsque ces gènes sont activés, la mitose se poursuit sans cesse. Donc, la cellule cancéreuse ne respecte pas les points de contrôle dans le cycle cellulaire.

Examples

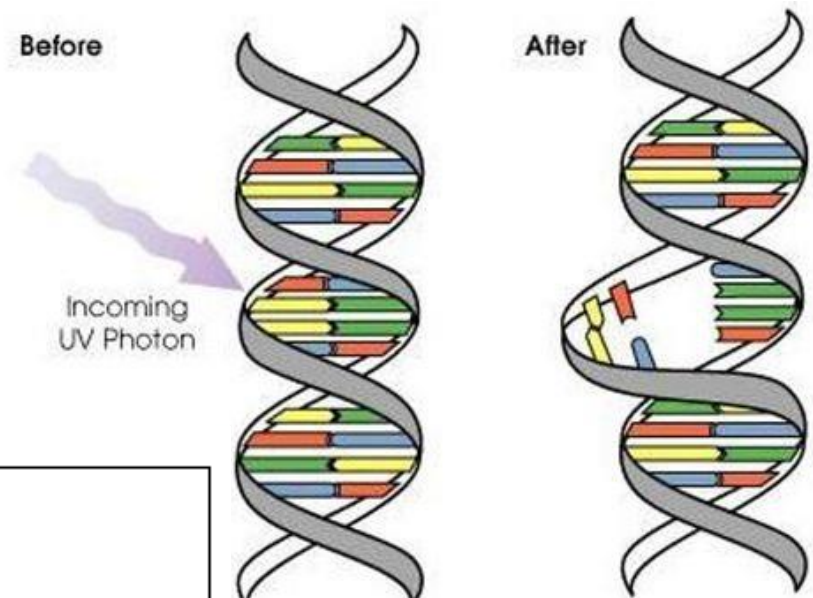
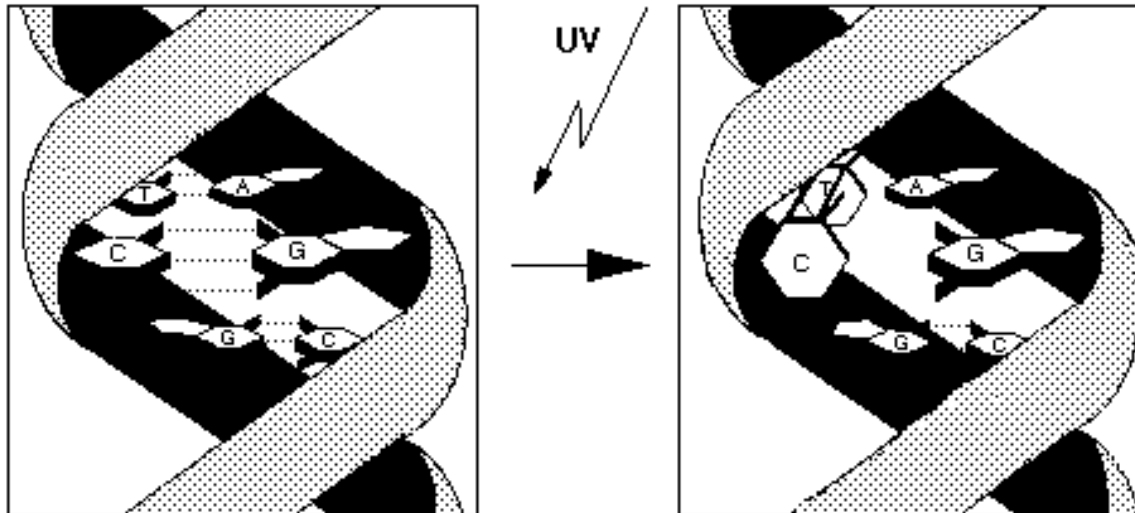
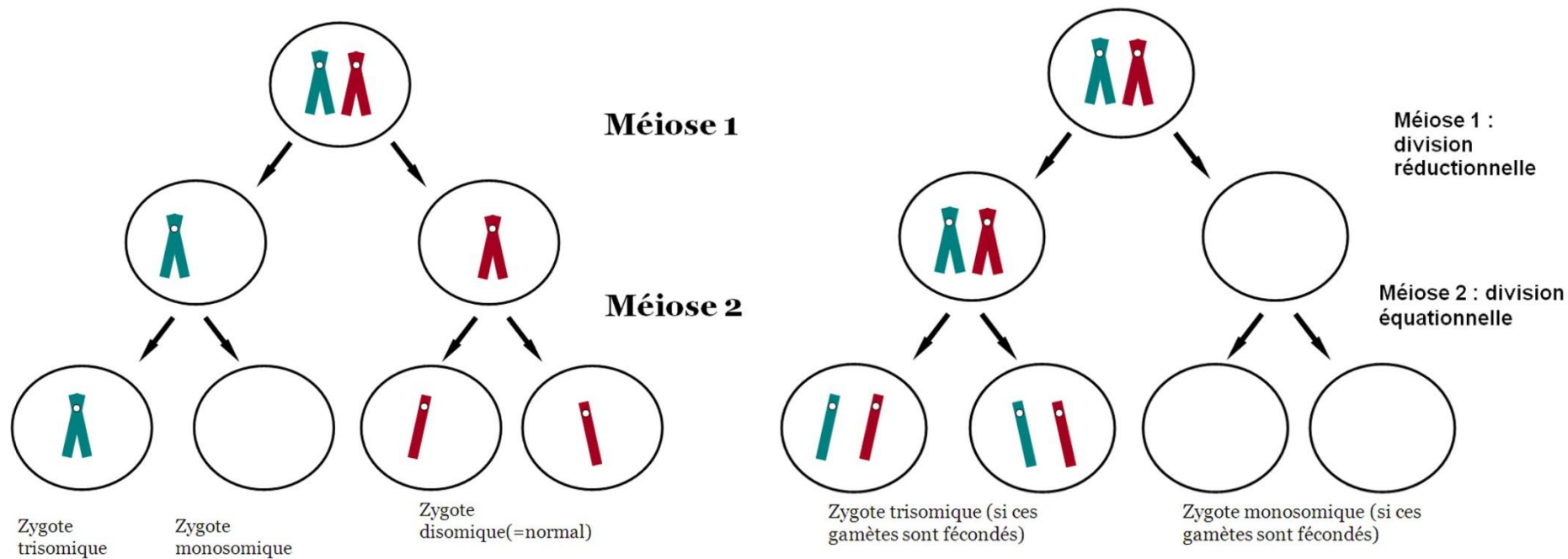


Figure 6.1 Formation of pyrimidine dimers within DNA (courtesy of National Radiological Protection Board, UK)



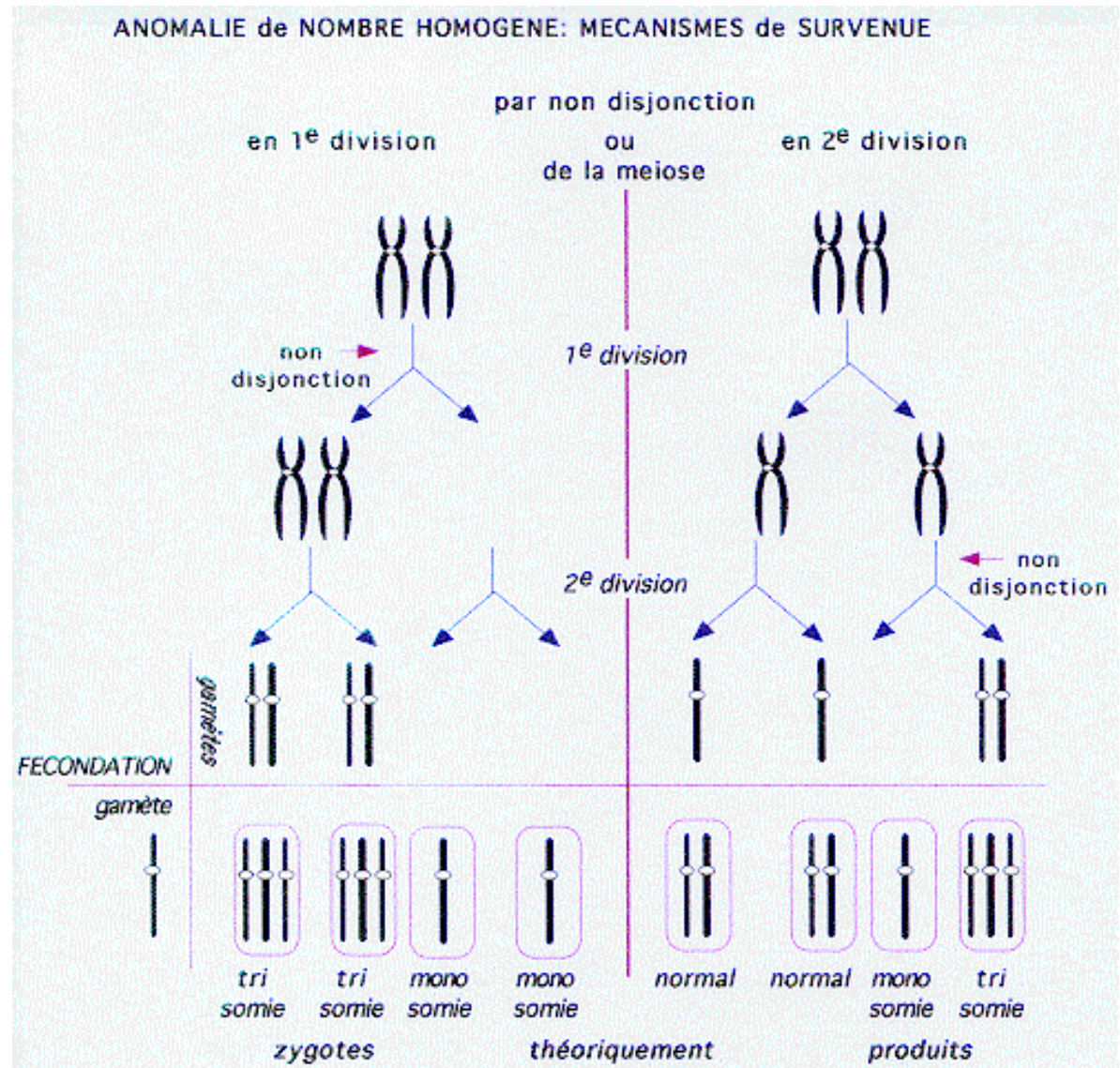
Anomalies causées par des modifications dans le nombre de chromosomes

- Non-disjonction: Les paires de chromosomes homologues/chromatides sœurs ne se séparent pas durant la méiose.

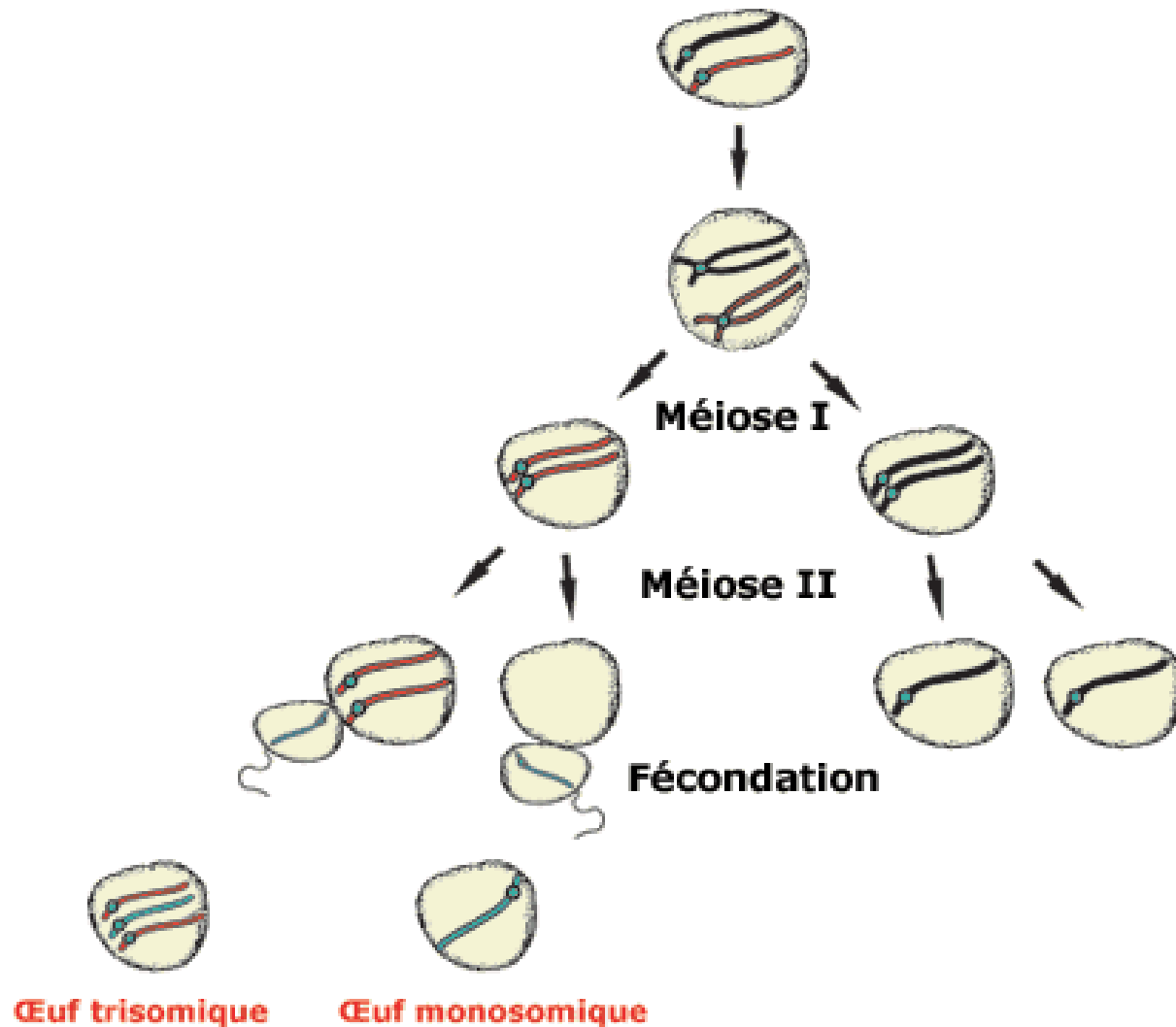


Les erreurs possible lors de la méiose

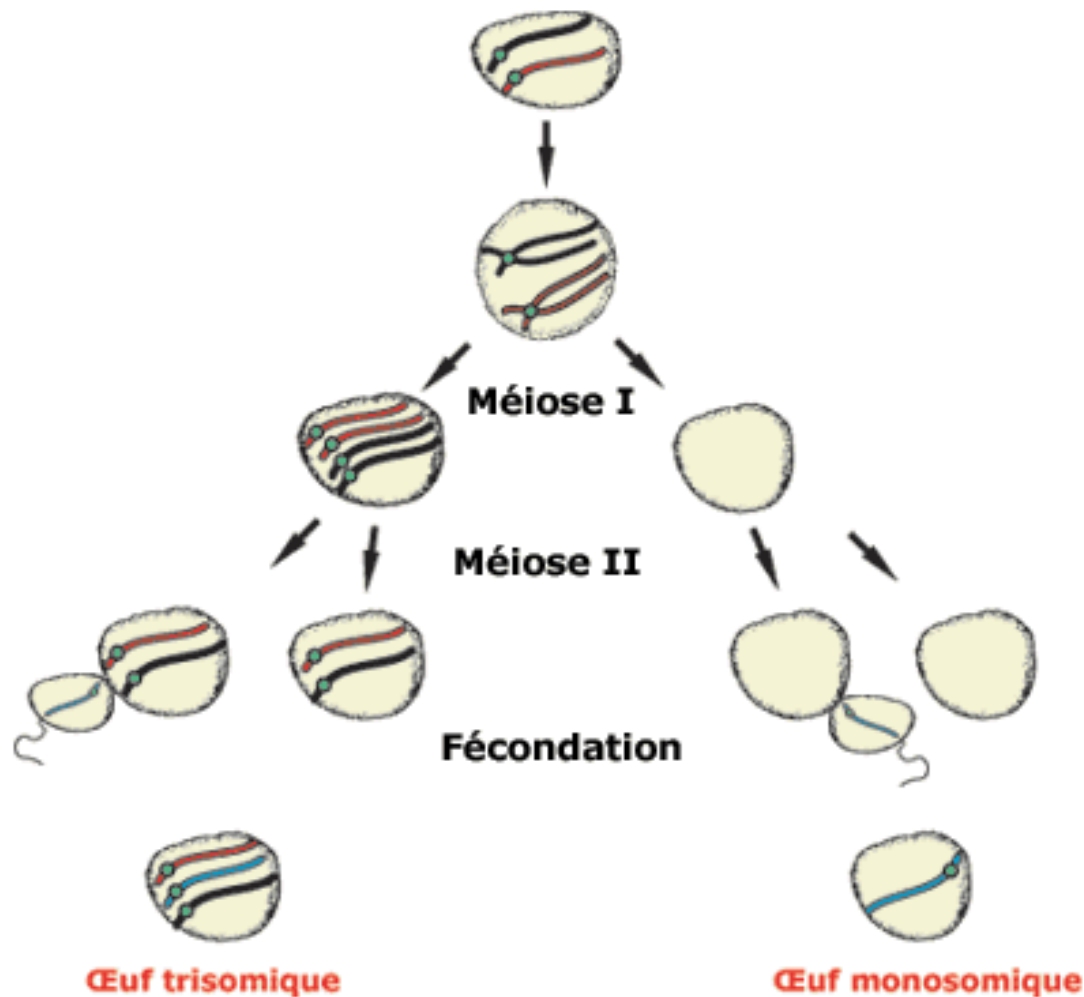
Ces erreurs sont transmises à la prochaine génération.



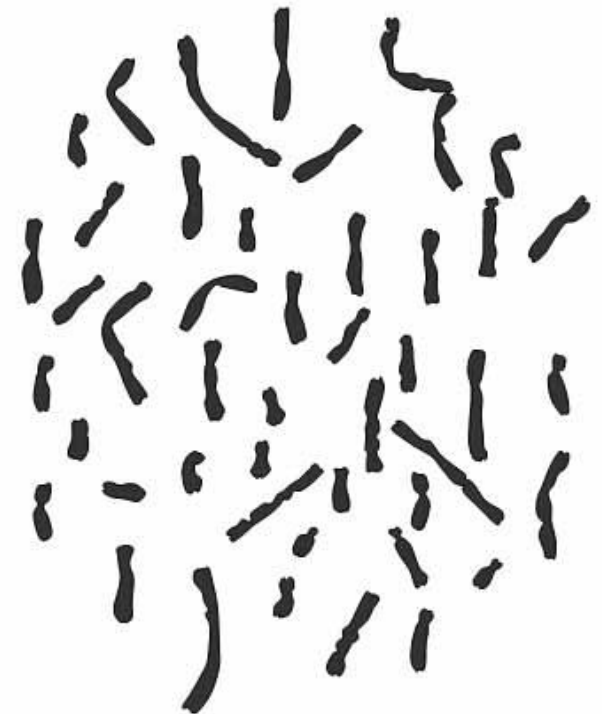
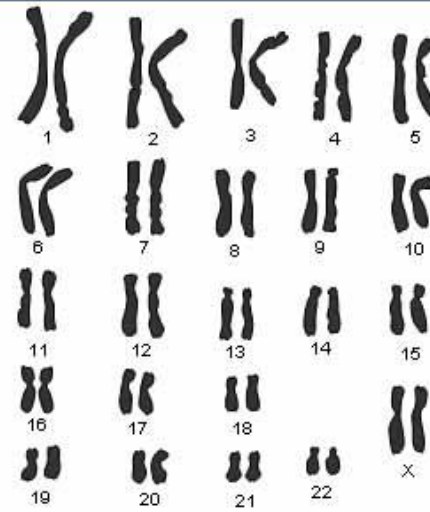
La non disjonction à la deuxième division de la méiose affecte 50% des gamètes résultantes



La non disjonction à la première division de la méiose affecte 100% des gamètes résultantes

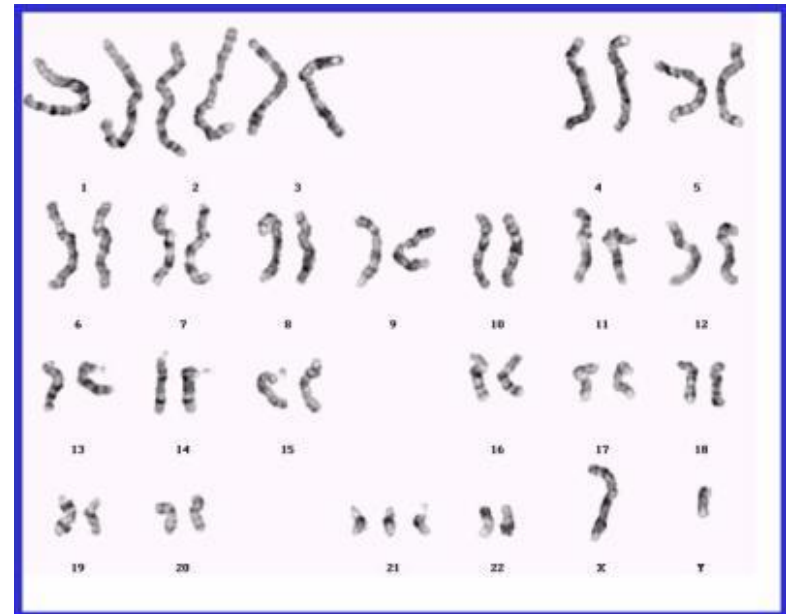
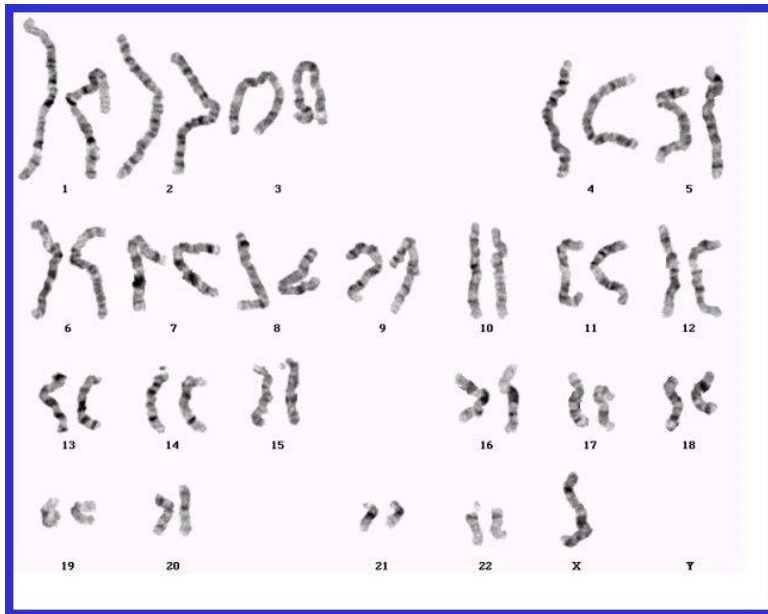


Le caryotype permet
d'identifier les erreurs
au niveau du nombre
des chromosomes
après la méiose



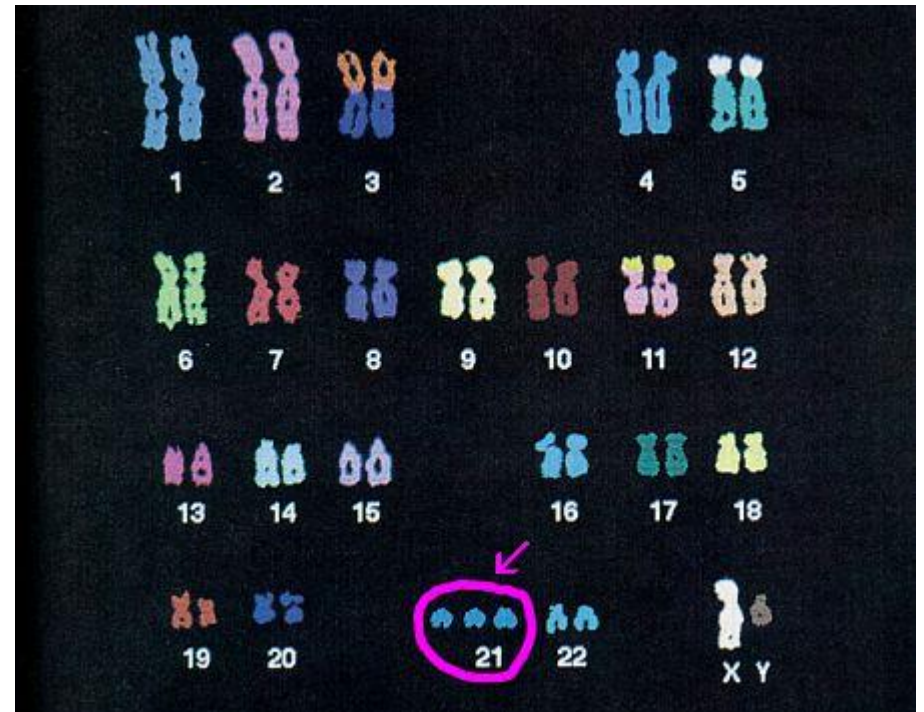
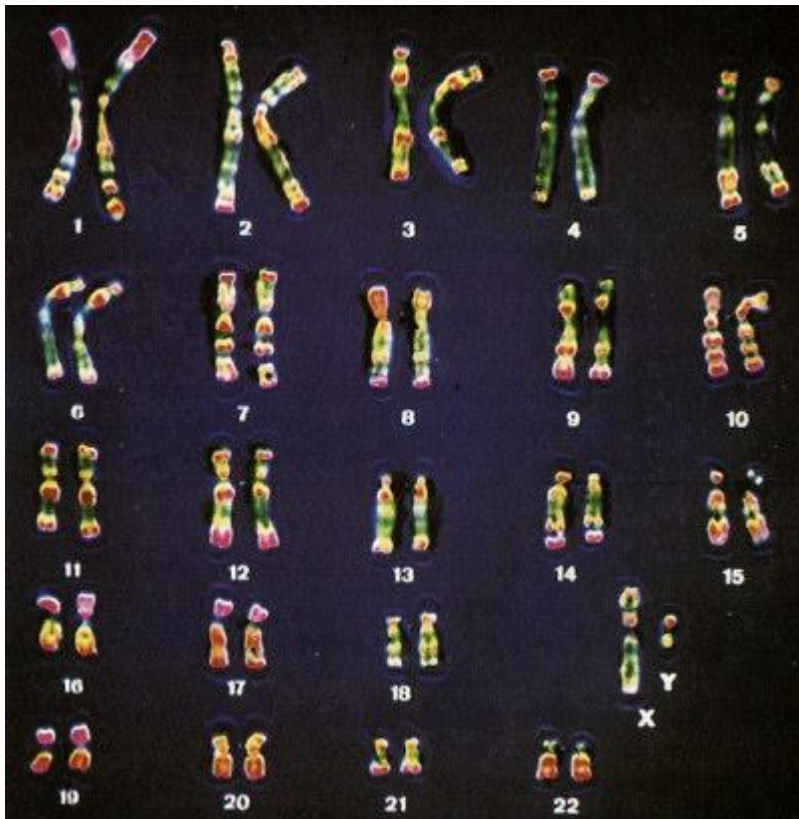
Anomalies cont.

- Monosomie: la perte d'un chromosome en raison de non-disjonction
- Trisomie: le gain d'un chromosome en raison de non-disjonction



Caryotype

- Image des chromosomes d'une personne



Trisomie 21

Anomalies de la structure des chromosomes

- La délétion: un fragment est supprimé
- La duplication: un fragment est répété
- L'inversion: un fragment est inversé avec un autre
- La translocation: un fragment s'attache à un autre chromosome

