

Gamétogénèse



INTRODUCTION

- La gamétogénèse est le mécanisme biologique par lequel les gamètes **sont formées** dans l'organisme. Elle permet d'obtenir à partir de cellules **diploïdes** des cellules **haploïdes**.
- Dans le cas des humains, le processus est conçu pour produire du sperme et est appelé **spermatogénèse**, se produisant dans les **testicules**. Pour les femmes, le résultat est la production d'ovocytes (oocytes), le processus est appelé **ovogénèse** et a lieu dans les **ovaires**.

- La gamétogenèse se déroule en 2 divisions **chromosomiques** et **cytoplasmiques**, appelées première et deuxième division méiotique ou simplement méiose I et méiose II. Les deux comprennent **prophase, prométaphase, métaphase, anaphase, télophase et cytokinèse**.
- La méiose n'est pas un processus parfait, parfois les erreurs en mitose sont responsables de grandes anomalies chromosomiques. La méiose est capable de maintenir constant le nombre de chromosomes de cellules de l'espèce à maintenir l'information génétique.
- Elle concerne la **lignée germinale** par opposition à celle dite somatique

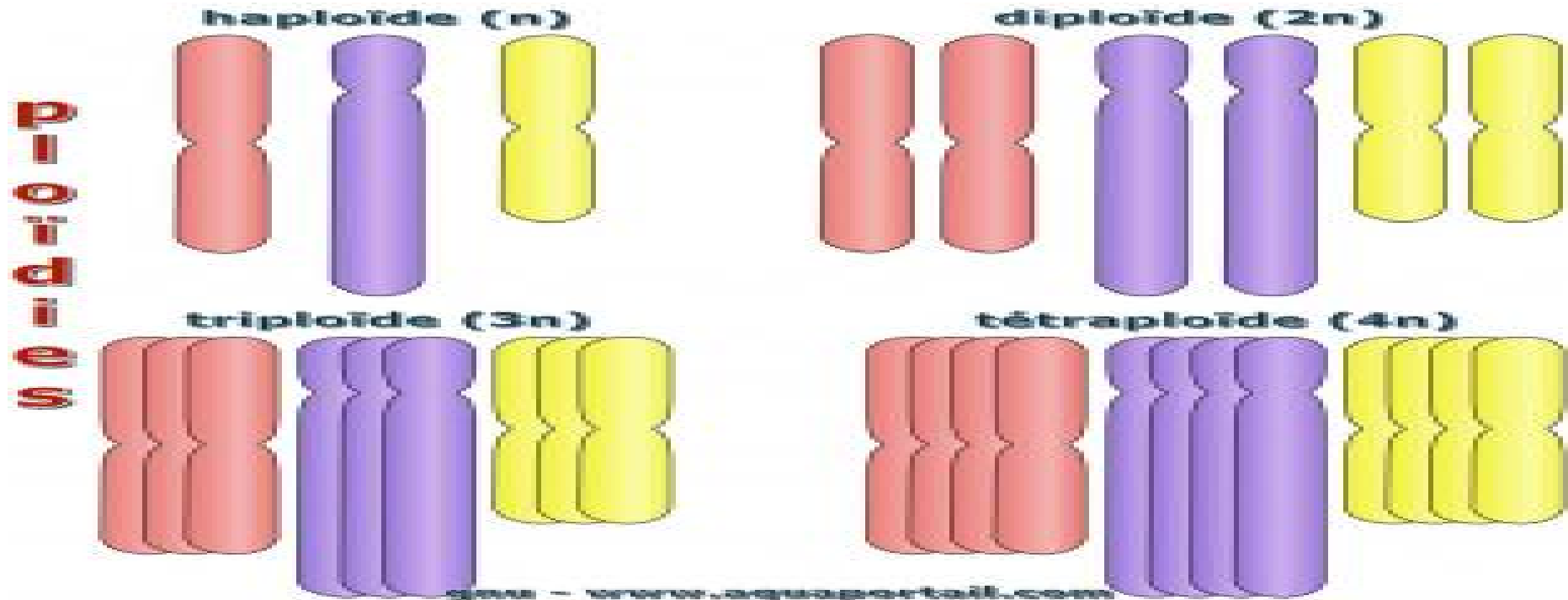
Prérequis!

- Ploïdie ?
- Cellule germinale?
- Méiose/mitose ?

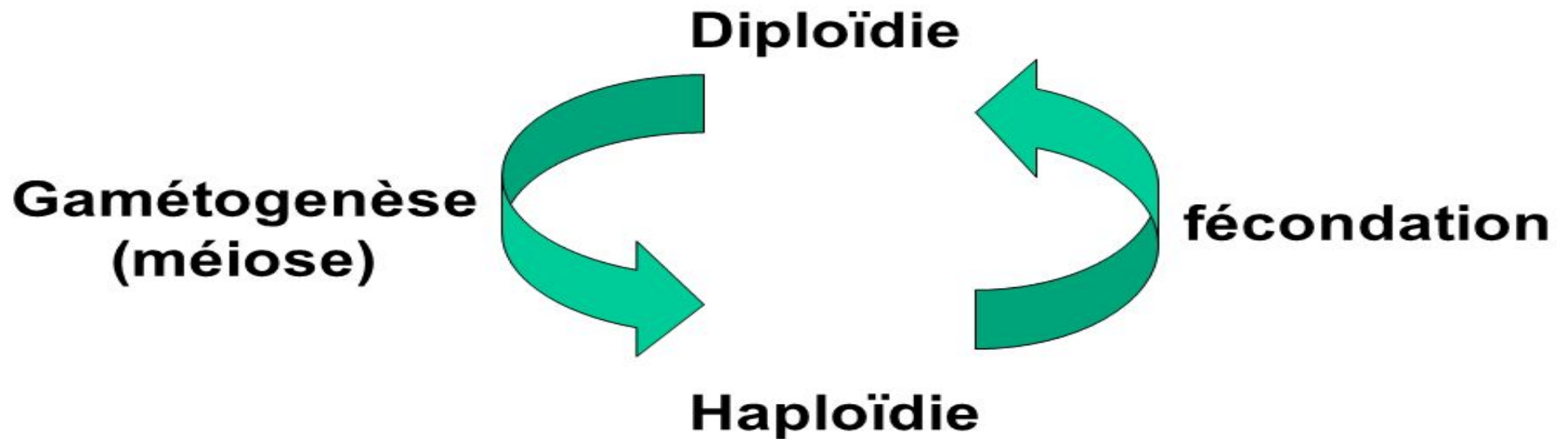
Ploidie

- Un **haploïde**, ou **monoploïde**, qualifie la **ploidie** d'un organisme ou un tissu dont les cellules sont à $1n$ chromosomes (nombre minimal de base), il possède un lot unique de chromosomes par opposition à un diploïde (cellules à $2n$ chromosomes) ou les polyploïdes.
- Autrement dit, une cellule haploïde possède un seul ensemble complet des éléments de l'information génétique caractéristique de l'espèce, en un seul exemplaire; l'haploïdie correspond à l'état du noyau qui comporte un lot simple de chromosomes

La genèse d'une cellule haploïde peut se produire :
Par **méiose** des cellules **diploïdes**: La cellule mère a des chromosomes $2n$, qui subiront **deux divisions** cytoplasmiques avec **une seule réplication** de l'ADN.

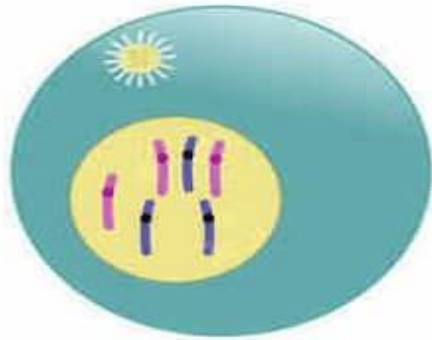


Contrainte de la procréation sexuée : élaboration de l'équipement permettant le passage haploïde - diploïde, c'est à dire mise en place de la méiose et de la fécondation

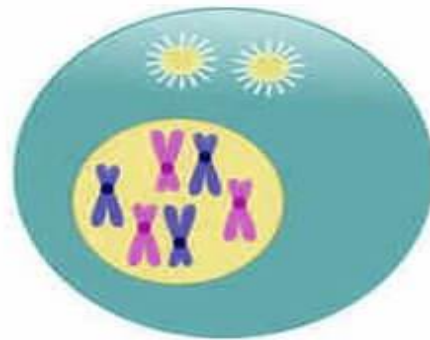


Méiose

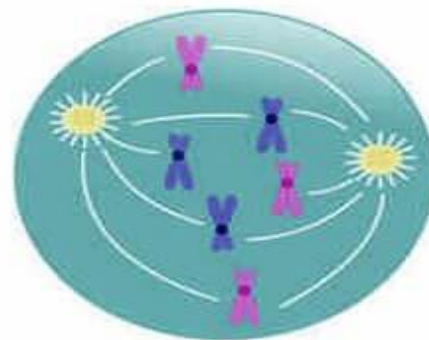
- La méiose est une division cellulaire particulière, **réductionnelle puis équationnelle**, dans laquelle une cellule **diploïde à $2n$ chromosomes** donne naissance à **4 cellules** haploïdes à **n chromosomes**. Elle comprend deux divisions successives du noyau mais une seule duplication des chromosomes.
- La **méiose** est en fait divisée en **méiose 1** et **méiose 2**. Elle est en méiose 1; en plus d'une division cytoplasmique, une **duplication de l'ADN** est générée, de sorte que chacun des **46 chromosomes** (dans le cas de l'homo sapiens) est constitué de **deux chromatides sœurs (46 chromosomes de structure double)**. Ensuite, la division cytoplasmique se produit et les deux cellules filles, fruit de la méiose 1, entrent en méiose 2.
- Au cours de la méiose I (phase mitotique), les membres de chaque paire de chromosomes homologues **se réunissent d'abord**, puis **sont séparés** par le fuseau mitotique et sont répartis dans les différents pôles de la cellule. **Les chromatides sœurs de la méiose II** forment chaque chromosome séparé et répartissent dans les noyaux de nouvelles cellules. Au cours de ces deux étapes successives, il n'y a **pas de phase S (réplication de l'ADN)**.



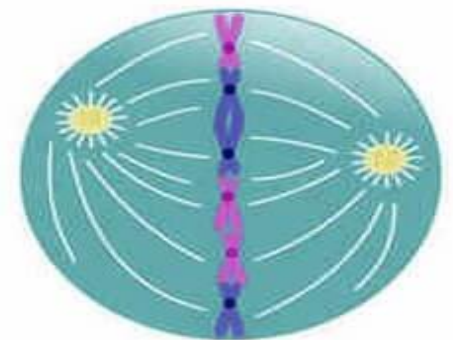
Interphase



Prophase

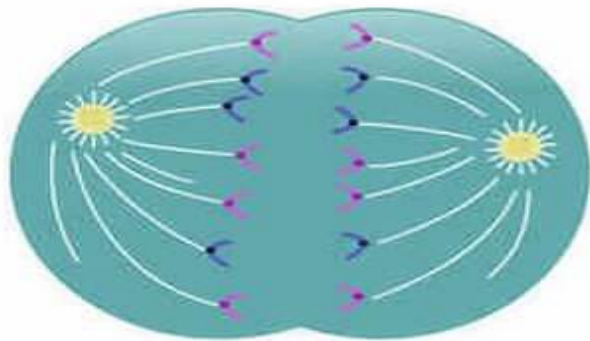


Prométaphase

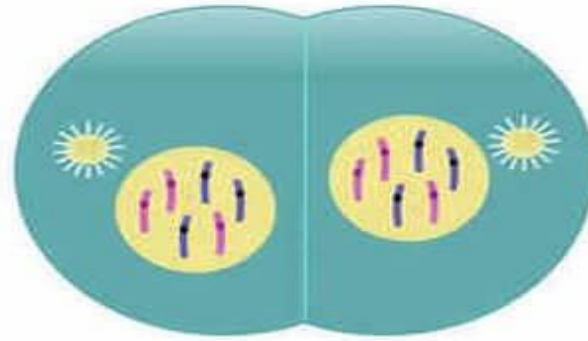


Métaphase

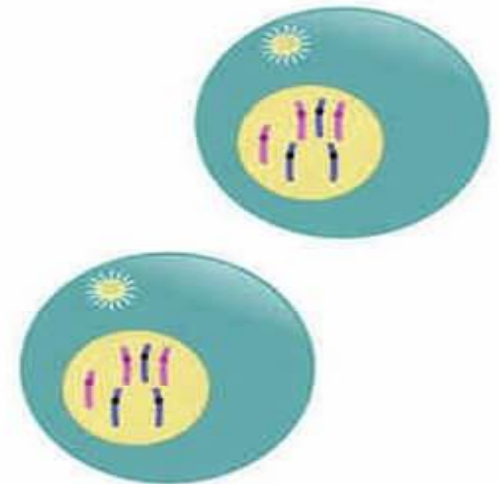
Mitose



Anaphase

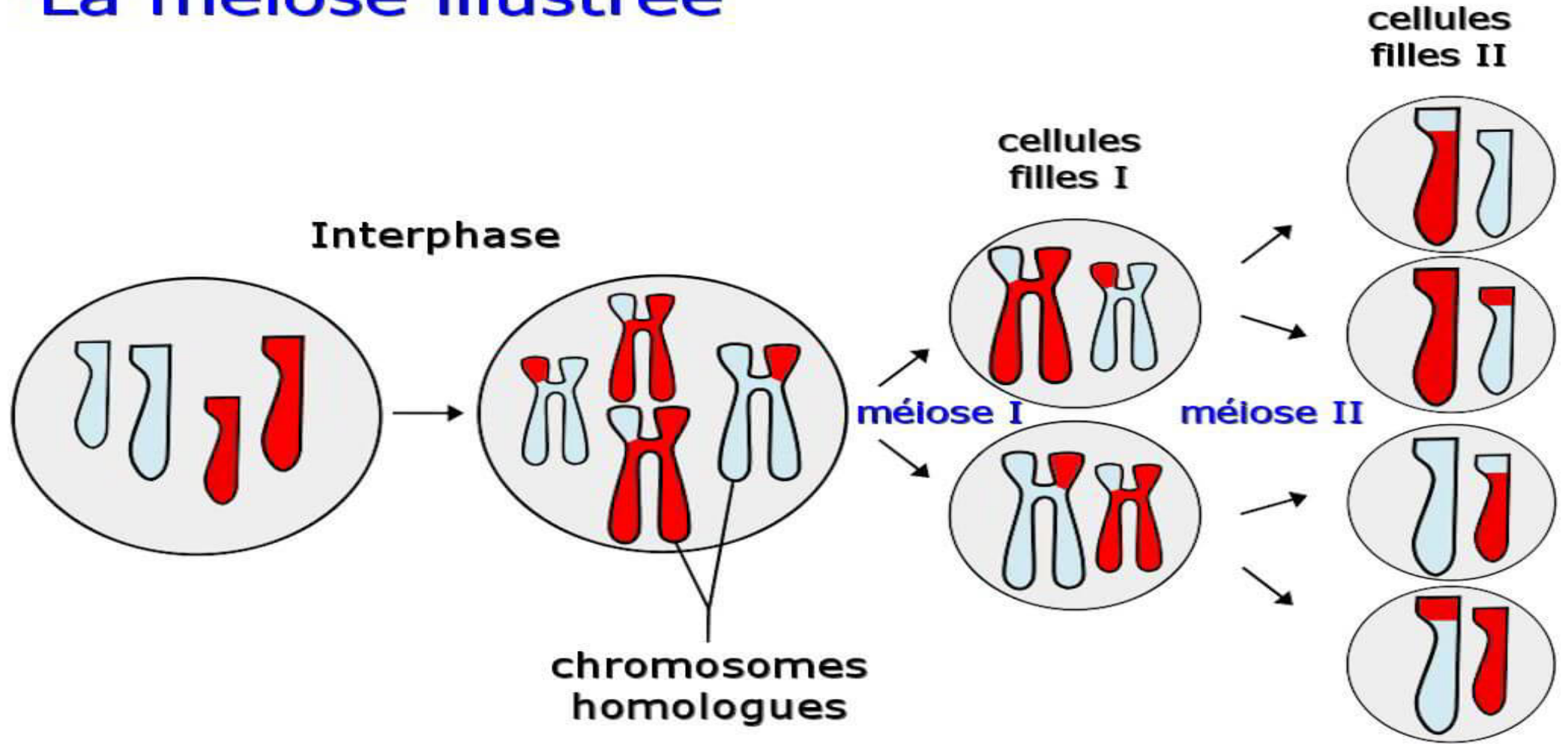


Téléphase



**Mitose finie
avec 2 nouvelles
cellules filles**

La méiose illustrée

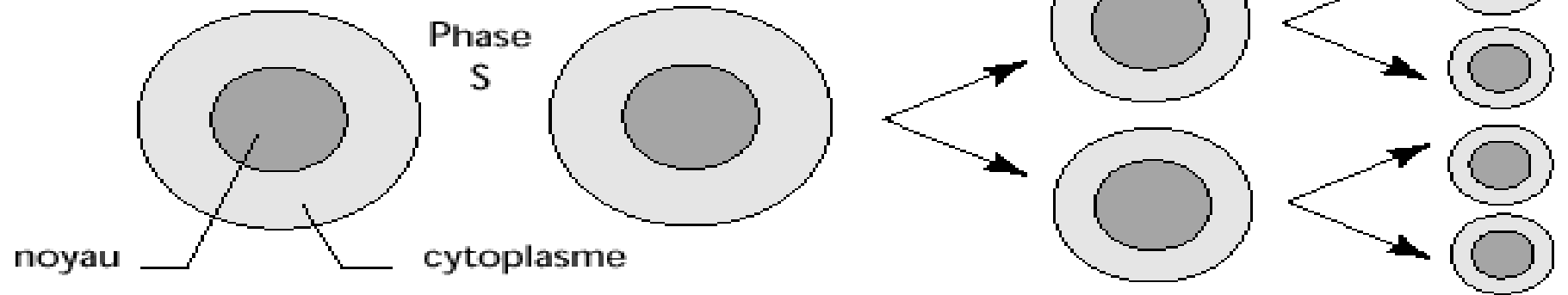


nombre de cellules :

1 cellule
diploïde

2 cellules
haploïdes

4 cellules
haploïdes



chromosomes

chromosomes
à 1 chromatide

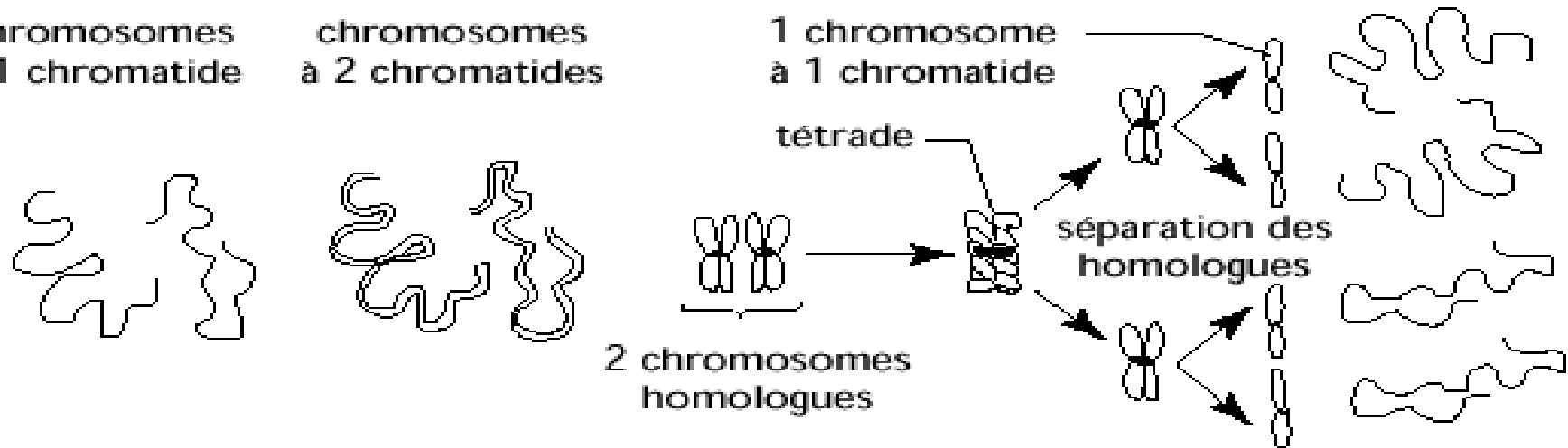
chromosomes
à 2 chromatides

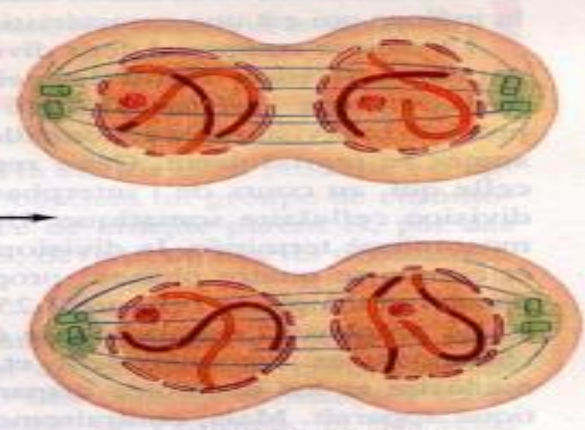
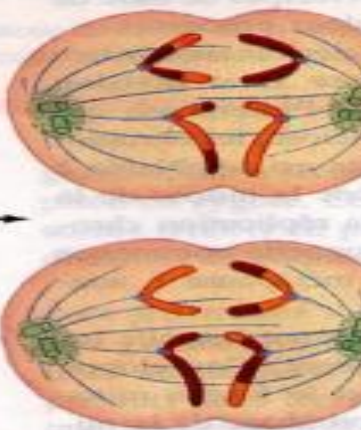
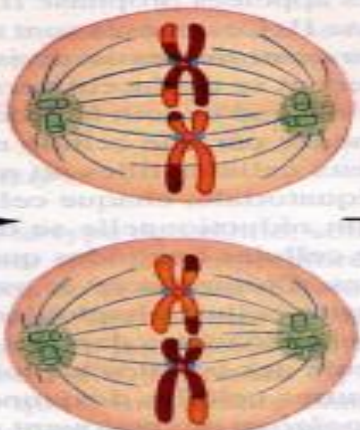
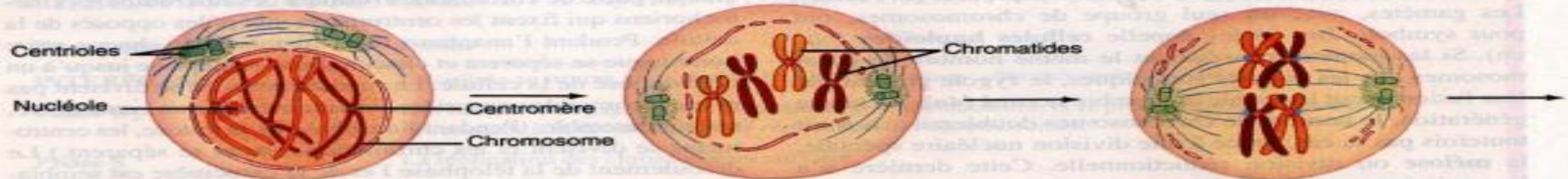
1 chromosome
à 1 chromatide

tétrade

séparation des
homologues

2 chromosomes
homologues





e) PROPHASE II

f) MÉTAPHASE II

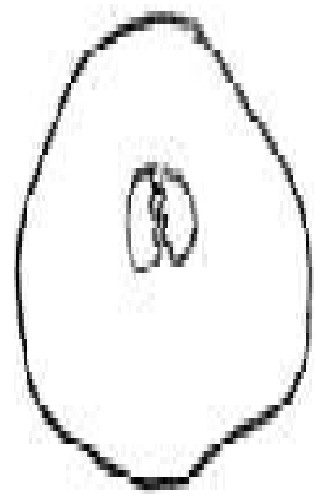
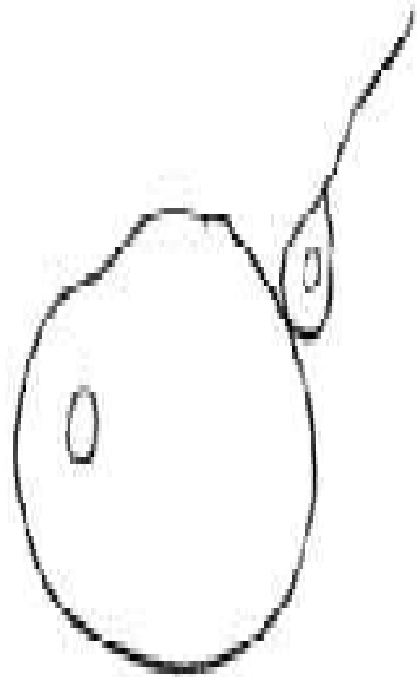
g) ANAPHASE II

h) TÉLOPHASE II

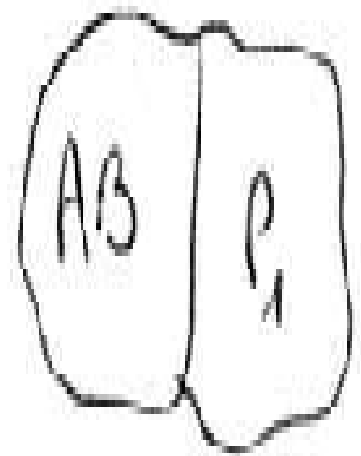
- La méiose est responsable de la **séparation des chromatides sœurs sans induire une nouvelle réplication dans l'ADN**; créant ainsi quatre cellules avec la moitié des chromosomes de leurs prédécesseurs, c'est-à-dire des cellules haploïdes ou des gamètes.
- La méiose est propre à la lignée germinale qui apparaît tout d'abord dans la chaîne animale.
- Intéresse les cellules de premier et deuxième ordre .
- Permet ;
- **1-Echange des segments chromosomiques entre les génomes paternel et maternel**
- **2- variabilité génétique de l'espèce et procure la faculté d'adaptation aux variations environnementales**

La lignée germinale

- La lignée germinale est l'ensemble des cellules allant des **cellules souches** aux **gamètes**.
- On parle également des **cellules germinales** qui, contrairement aux cellules **somatiques**, transmettent **à leur descendance** (au cours de la reproduction sexuée) les **mutations génétiques** qu'elles auraient subies.
- En effet, ces cellules germinales sont la «base» de tout être vivant, elles sont le point de départ de tout embryon et leur division donnera lieu à toutes les cellules **souches futures**, ce qui aura une **influence sur le génotype et sur le phénotype des descendants**.

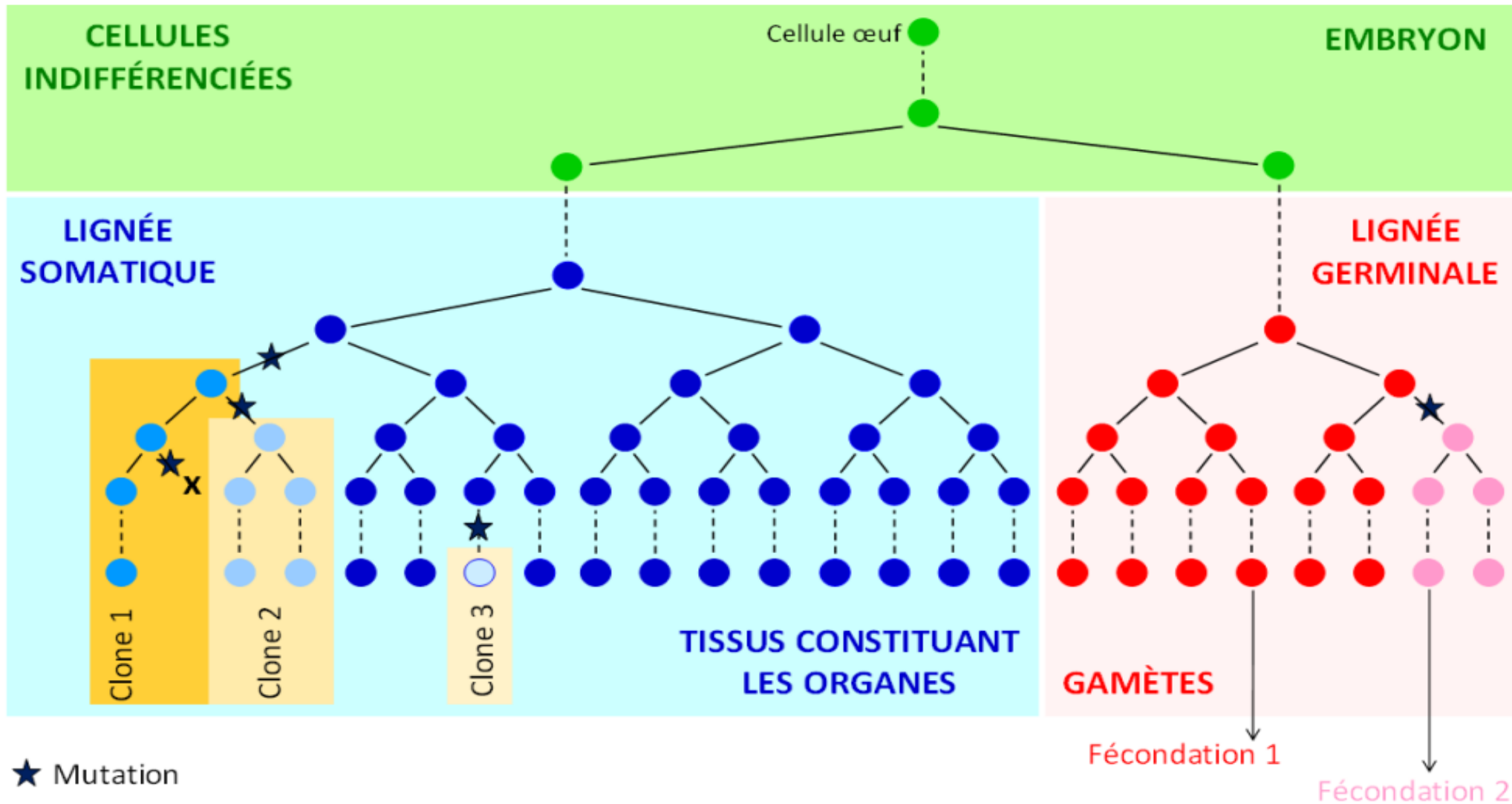


Amphixie



♀ somatiques

♀ germinales



Types successifs des cellules germinales !

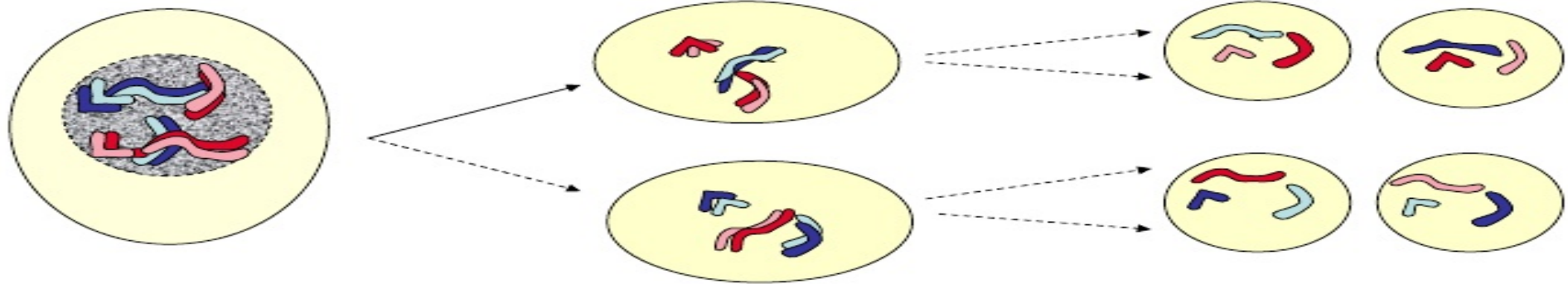
- **A)-----GONIES**; Cs souches diploïdes qui se multiplient par mitose équationnelle.
- **B)-----CYTES** ; Cellule engagée dans la méiose ;
 - b1) ; ---cyte I : précède la 1^{ère} division méiotique (Réductionnelle)(2n Chro/4n ADN)
 - b2) ; ---cyte II : se forme à partir de la précédente au cours de la 1^{ère} division méiotique (n Chr bichromatidique/2n ADN);22 auto et 1 gonosome.
- **C)-----TIDES** ; se forme au cours de la 2^{ème} division méiotique(équationnelle)
Cellule haploïde qui se divise **plus**; le nombre de Chro est le même que celui des ---cytes II ,soit **n mais renferme moitié moins d'ADN, soit la moitié de la quantité présente dans la cellule somatique (en interphase),**

Le processus de la méiose

BILAN DE LA MEIOSE (exemple où $2n = 6$)

Première division : la division réductionnelle

Deuxième division : la division équationnelle



1 Cellule
diploïde
 $2n = 6$



2 cellules
haploïdes
 $n = 3$

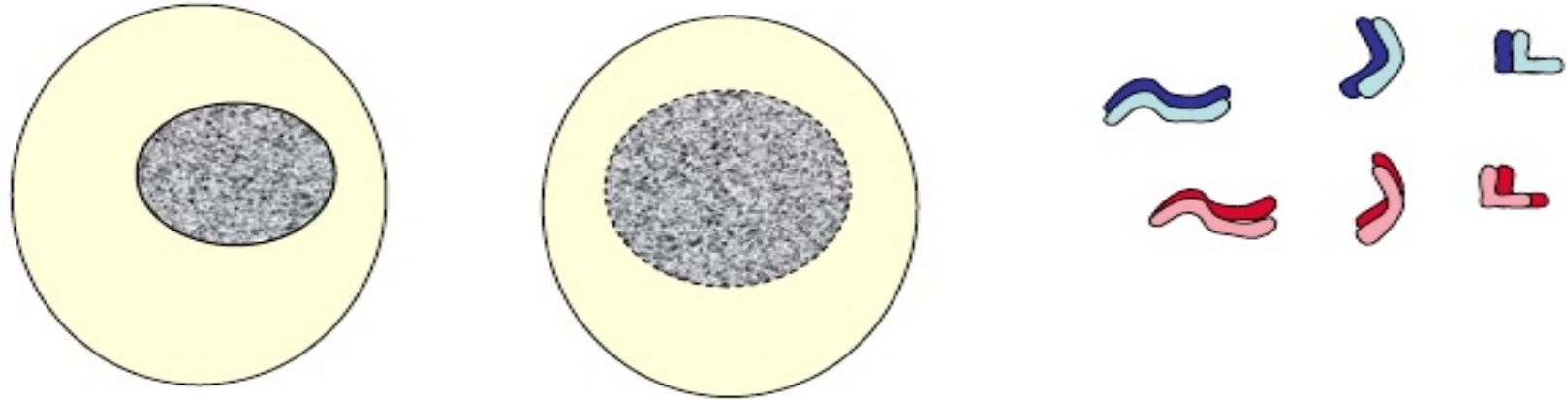
2 Cellules
haploïdes
 $n = 3$



4 cellules
haploïdes
 $n = 3$

MEIOSE AU COURS D'UNE GAMETOGENESE (exemple où $2n = 6$)

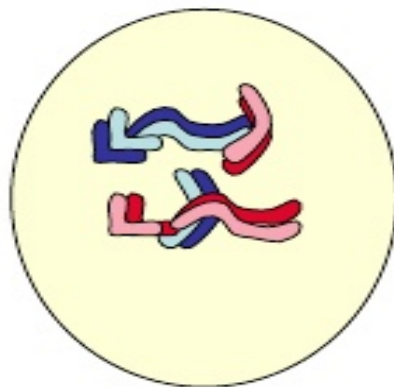
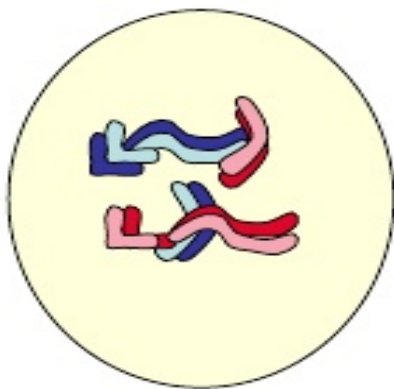
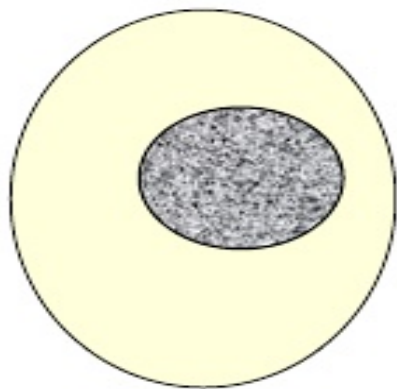
Prophase



Longue ! Et précédée par une dup de l'ADN durant la fin de l'interphase composée de 5 stades

MEIOSE AU COURS D'UNE GAMETOGENESE (exemple où $2n = 6$)

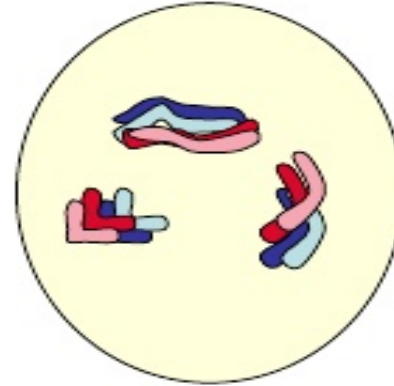
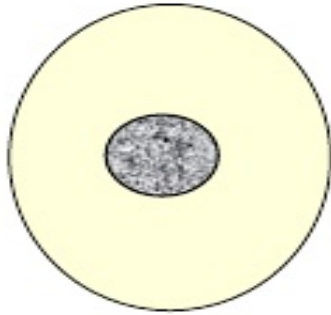
Prophase



MEIOSE AU COURS D'UNE GAMETOGENESE (exemple où $2n = 6$)

Prophase

Métaphase



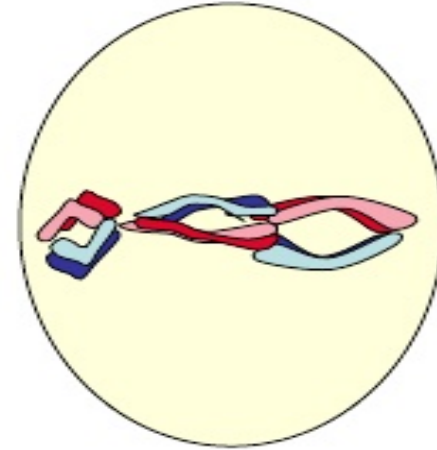
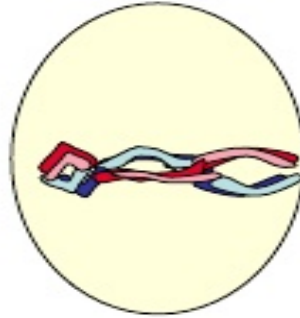
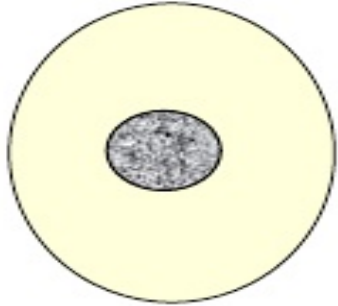
L'enveloppe nuc disparaît
Disposition sur la plaque

MEIOSE AU COURS D'UNE GAMETOGENESE (exemple où $2n = 6$)

Prophase

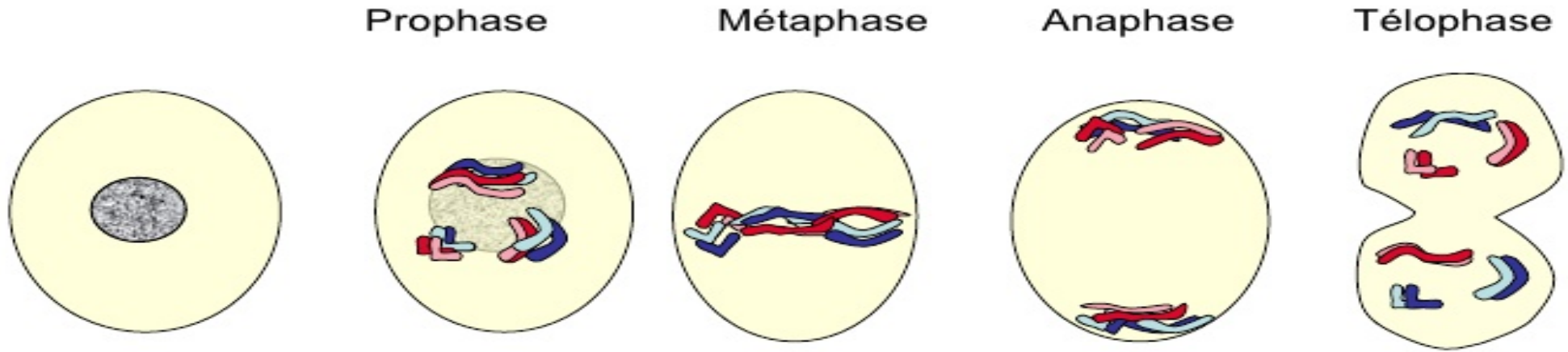
Métaphase

Anaphase



Les chromosomes homologues se séparent vers les pôles

MEIOSE AU COURS D'UNE GAMETOGENESE (exemple où $2n = 6$)



Première division : **la division réductionnelle**

Noyau reconstitué et cytoplasme se segmente.

Formation de Cs à n Chro (Réductionnelle).

Chaque Chro est fait de 2 chromatide.

Quantité d'ADN est = à une Cellule somatique en interphase.

Mais les séquences sont un mélange de gènes pat et mat.

Chez le sexe masculin soit 1 Chrom x ou y bichromatidien.

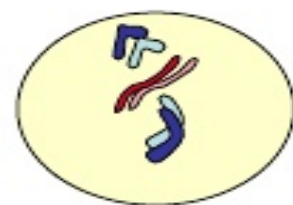
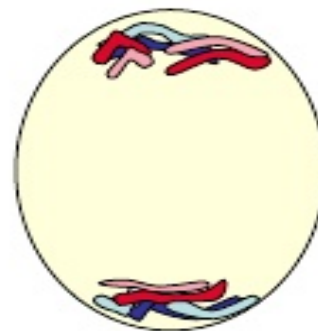
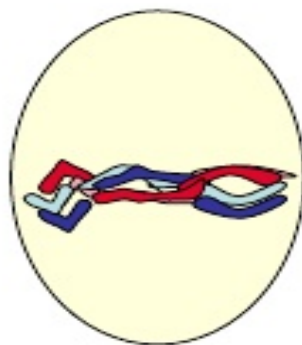
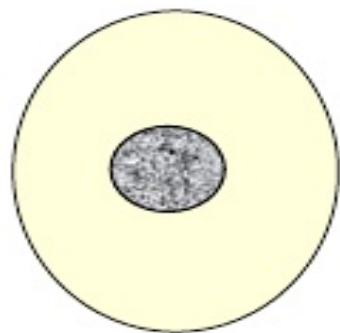
MEIOSE AU COURS D'UNE GAMETOGENESE (exemple où $2n = 6$)

Prophase

Métaphase

Anaphase

Télophase

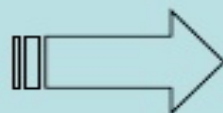


Première division : **la division réductionnelle**

1 Cellule

diploïde

$2n = 6$



2 cellules

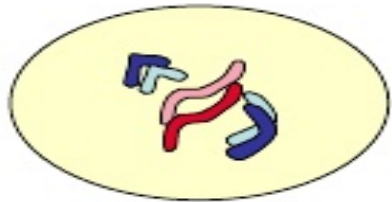
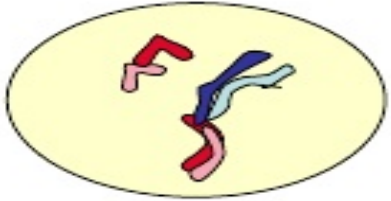
haploïdes

$n = 3$

MEIOSE AU COURS D'UNE GAMETOGENESE (exemple où $2n = 6$)

Deuxième division : **la division équationnelle**

Prophase

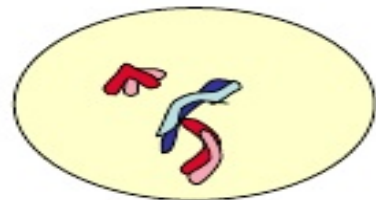


Rapide; Pas de duplication d'adn

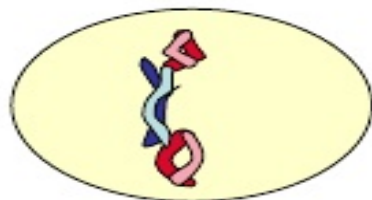
MEIOSE AU COURS D'UNE GAMETOGENESE (exemple où $2n = 6$)

Deuxième division : **la division équationnelle**

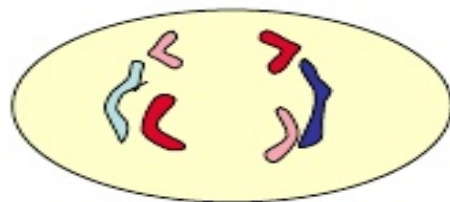
Prophase



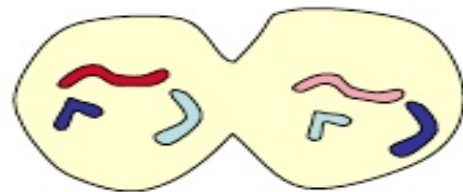
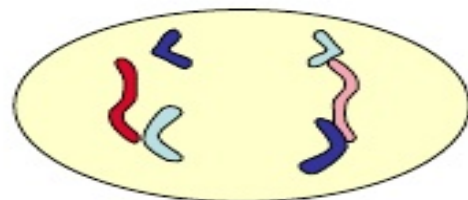
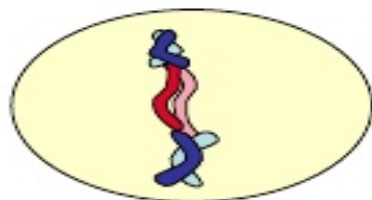
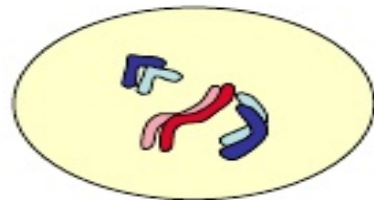
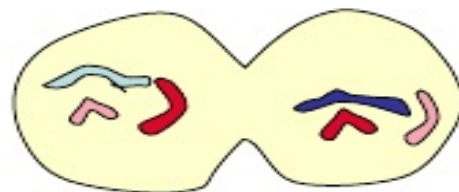
Métaphase



Anaphase



Télophase



MEIOSE AU COURS D'UNE GAMETOGENESE (exemple où $2n = 6$)

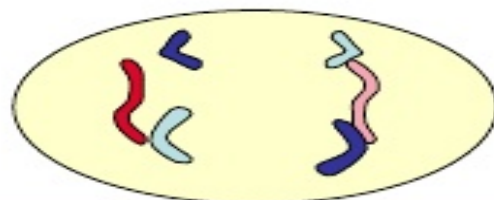
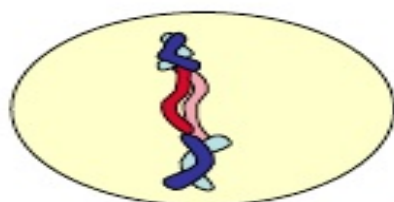
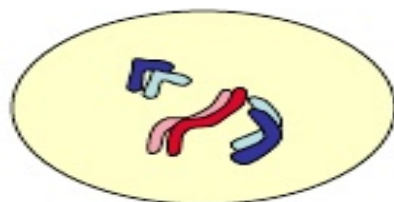
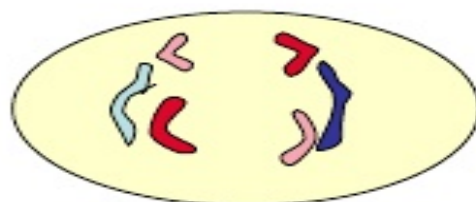
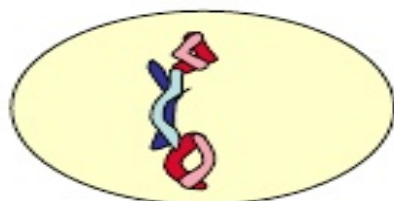
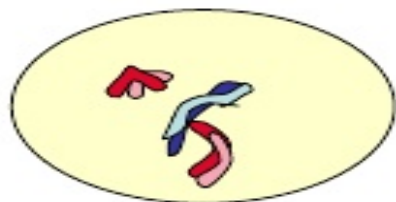
Deuxième division : **la division équationnelle**

Prophase

Métaphase

Anaphase

Télophase



2 Cellules

4 cellules

haploïdes

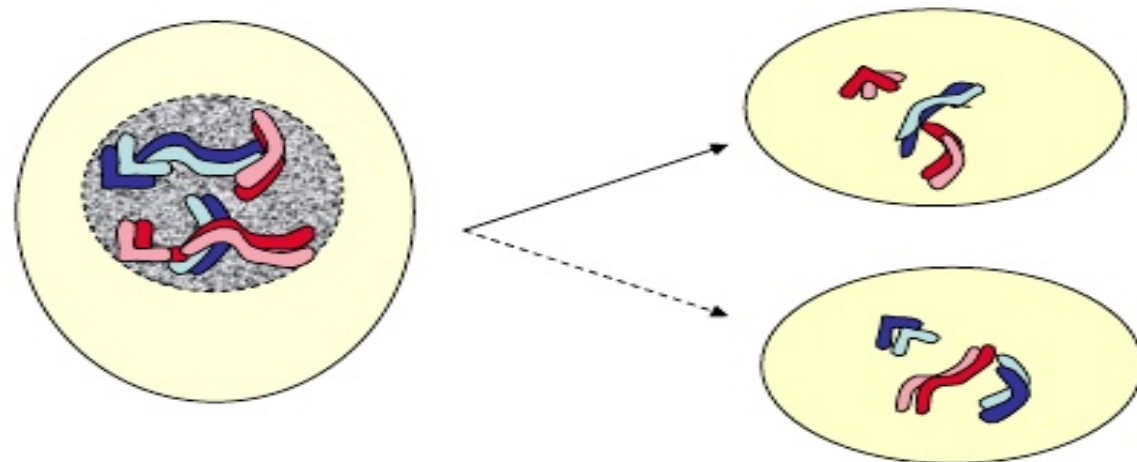
haploïdes

$n = 3$

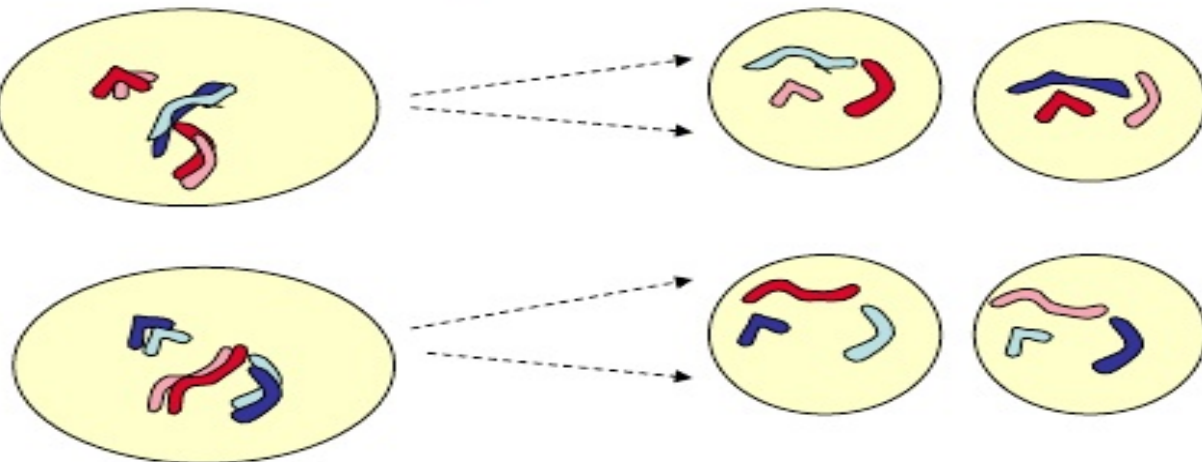
$n = 3$

BILAN DE LA MEIOSE (exemple où $2n = 6$)

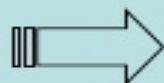
Première division : la division réductionnelle



Deuxième division : la division équationnelle



1 Cellule
diploïde
 $2n = 6$



2 cellules
haploïdes
 $n = 3$

2 Cellules
haploïdes
 $n = 3$



4 cellules
haploïdes
 $n = 3$

- Le processus est réalisé en deux divisions **nucléaires** et **cytoplasmiques**, appelée première et deuxième division méiotique ou simplement méiose I et méiose II. Les **deux** comprennent **prophase, métaphase, anaphase et télophase**. La **prophase** de première division est **longue** et est constituée de 5 stades: **leptotène, zygotène, pachytène, diplotène et diacinèse**. **C'est à ce moment qu'ont lieu les recombinaisons génétiques au niveau des chiasmata.**

- Au cours de la **méiose I**, les membres de chaque **paire homologue** de chromosomes **sont appariés** au cours de la prophase, formant des **bivalents**. Pendant cette phase, une structure protéique appelée complexe **synaptonémale**, permet la recombinaison entre chromosomes homologues.
- Par la suite, une grande condensation des chromosomes bivalents se produit et vont à la plaque métaphasique pendant la première métaphase, ce qui entraîne la migration de **n chromosomes** à chacun des pôles lors de la première anaphase.

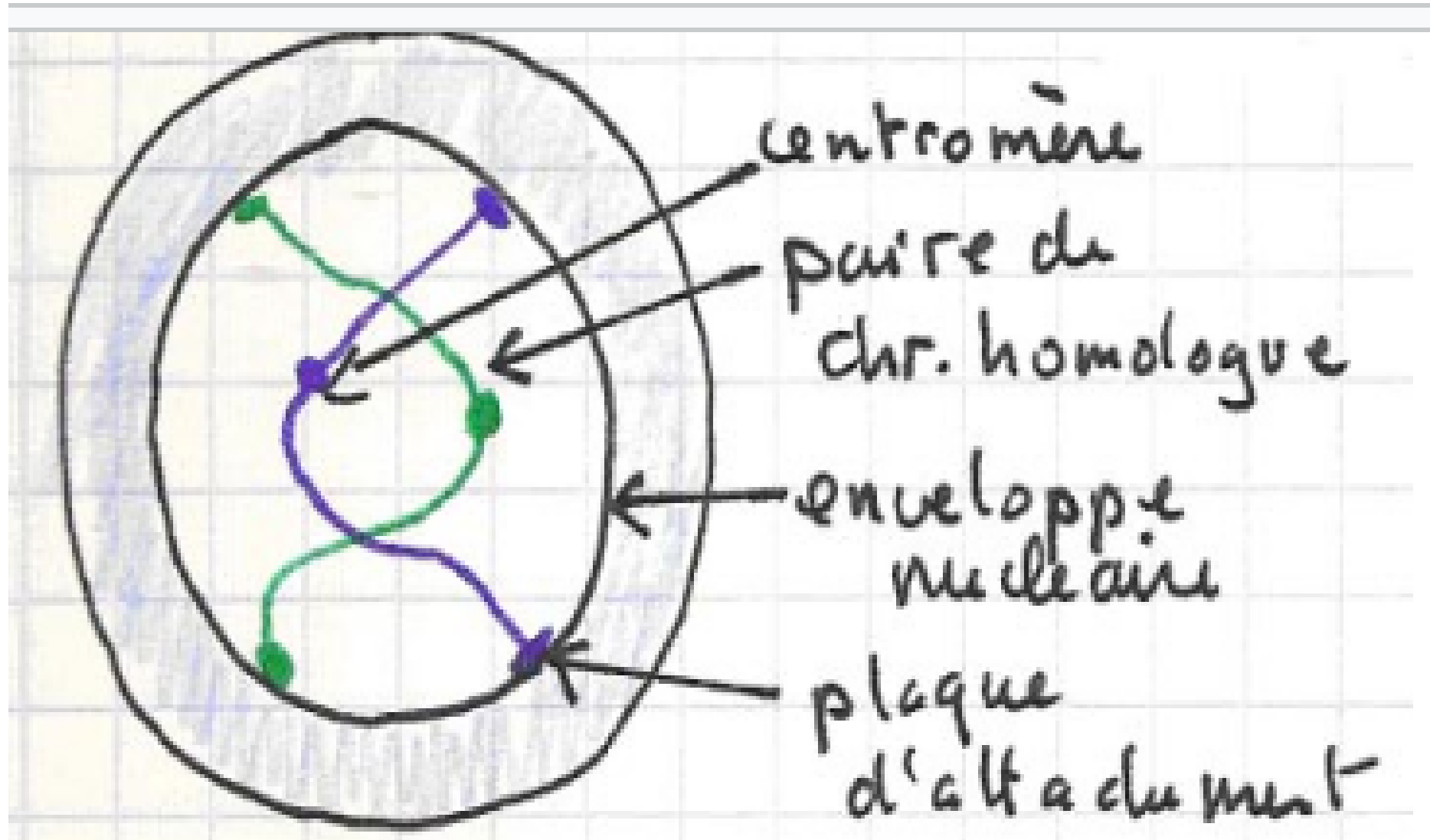
Prophase I !!!!!

1-LEPTOTENE

La prophase I commence au stade leptotène, quand chaque chromosome apparaît s'être **condensé** pour passer de sa conformation **interphasique** à l'état de **long filament** possédant un **axe protéinique central**.

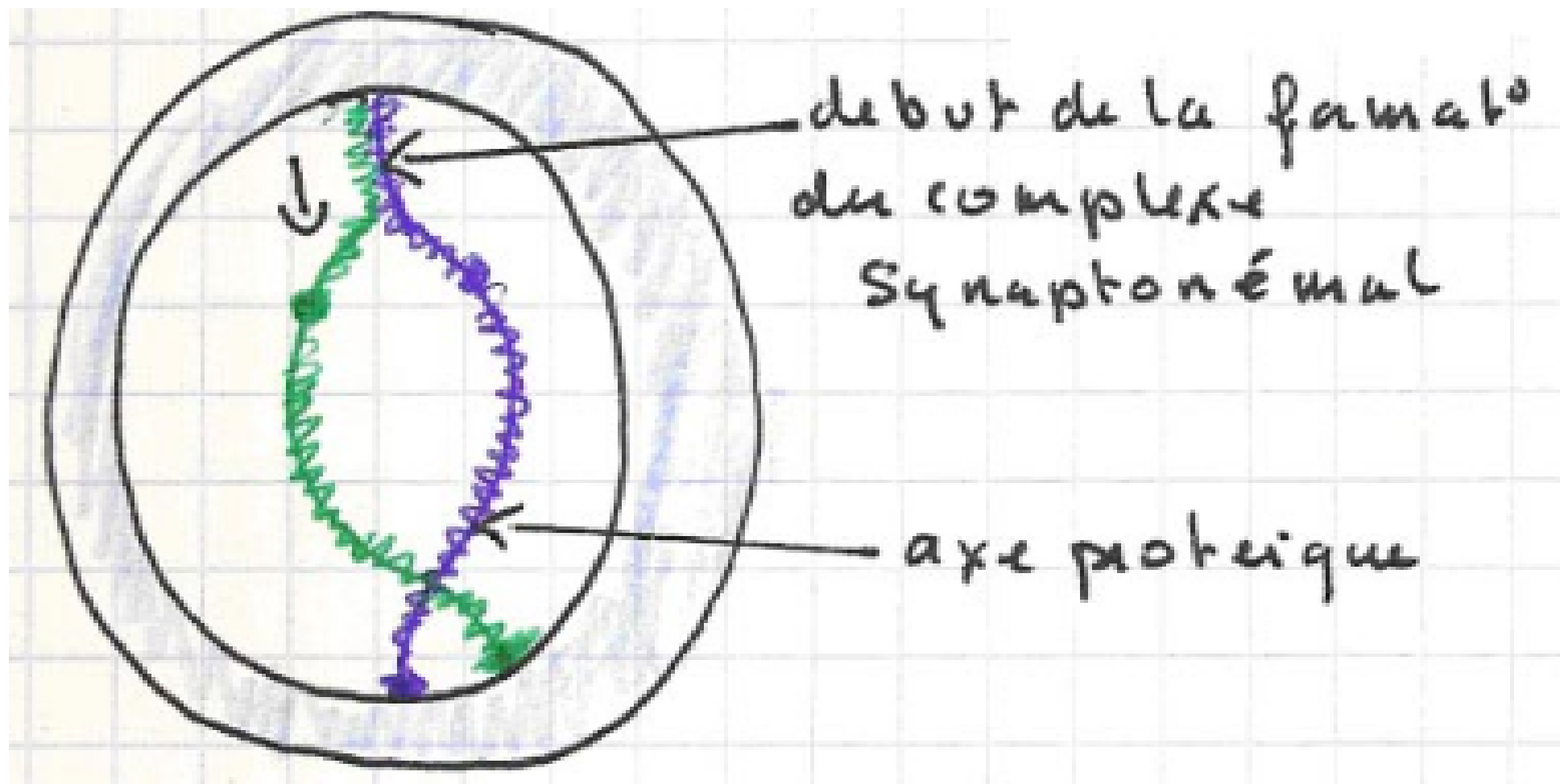
Chaque chromosome est attaché par ses deux extrémités à l'enveloppe nucléaire via une structure particulière appelée **plaque d'attachement**. Bien que chaque chromosome se soit répliqué et soit constitué de deux chromatides-soeurs, ces chromatides sont étroitement accolées et chaque chromosome **semble donc être unique** (les chromatides ne deviendront visibles qu'en fin de prophase, soit au stade diplotène, soit lors de la diacinèse).

Nucléole reste présent .



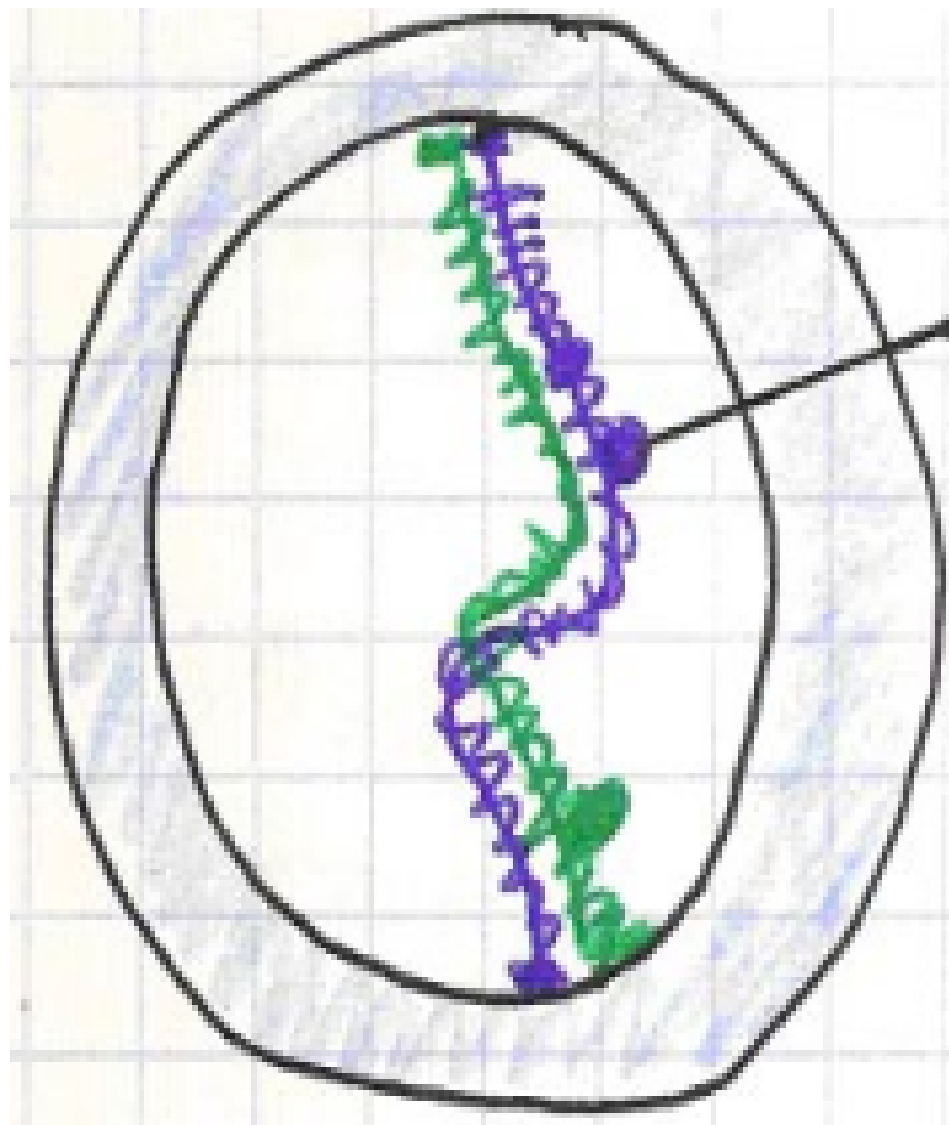
2-ZYGOTENE

- On considère que le stade leptotène est terminé et que le stade zygotène de la prophase commence dès que la **synapsis**, ou **appariement étroit** entre les deux homologues, **est initié**.
- La synapsis commence souvent par un rapprochement des extrémités homologues des 2 chromosomes au niveau de l'enveloppe nucléaire, qui progresse, comme une **fermeture éclair**, à **partir des deux extrémités**, alignant les 2 chromosomes homologues l'un en face de l'autre. **Chaque gène serait donc juxtaposé à son gène homologue situé sur le chromosome opposé**.
- Au moment de l'appariement des homologues, leurs axes protéiniques à structure en cordage sont rassemblés pour former les deux éléments latéraux en forme d'échelle qu'est le **complexe synaptonémal**.
- Chaque paire de chromosomes qui en résulte en prophase méiotique I est généralement appelée **bivalent**, mais puisque chaque chromosome homologue de **la paire est constitué de deux chromatides-soeurs** étroitement accolées, il est plus exact de parler de **tétrade**, autre terme couramment employé.



3-PACHYTENE

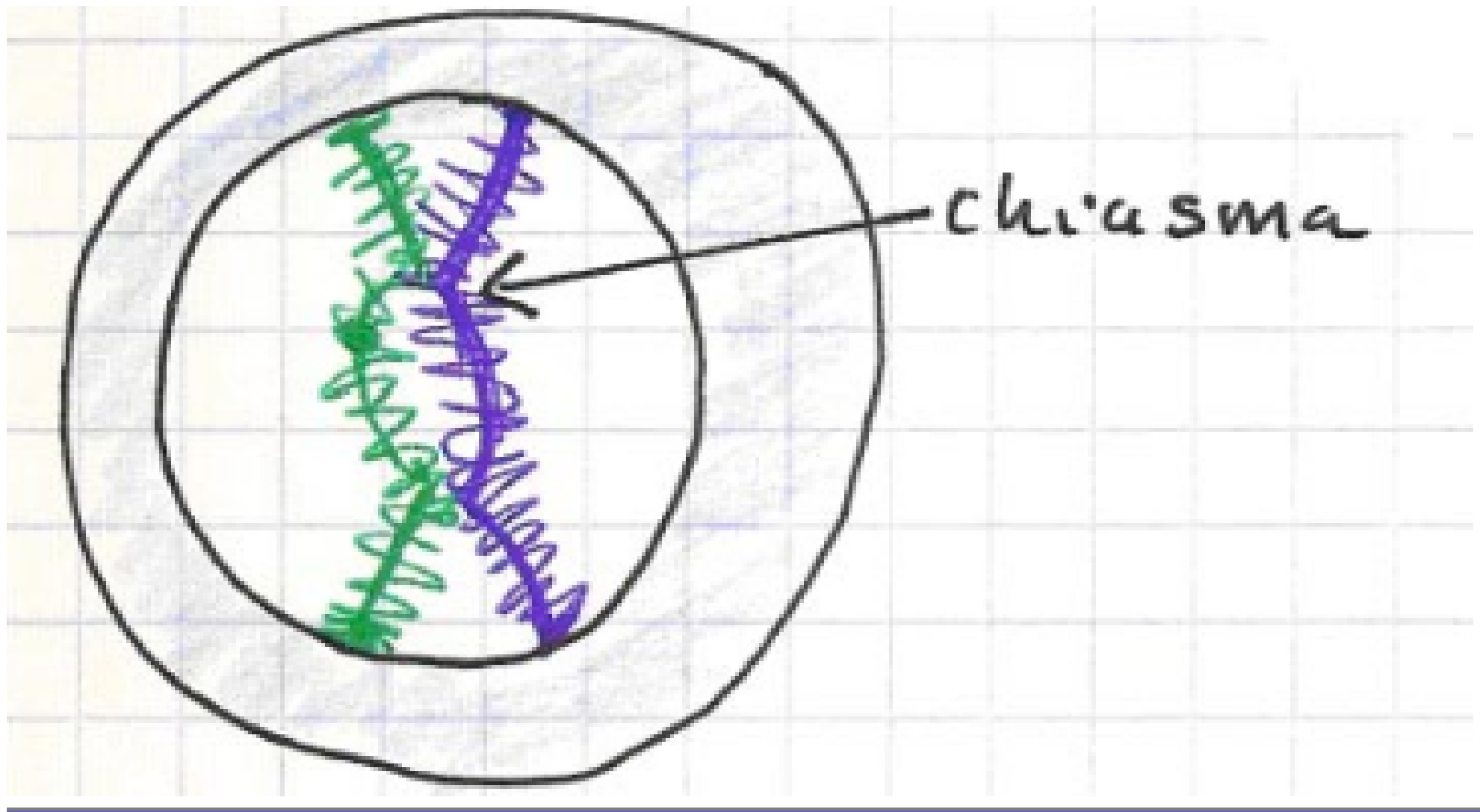
- Dès que l'appariement **est achevé** sur toute la longueur du chromosome, on dit que les cellules sont entrées dans le stade pachytène de la prophase, où elles peuvent rester pendant **des jours**. A ce stade, des **nodules de recombinaison apparaissent par intervalles sur les complexes synaptonémaux**, et l'on pense qu'ils interviennent dans les **échanges chromosomiques**.
- Ces échanges aboutissent à la formation **d'enjambements** entre les deux chromatides non-soeurs, c'est-à-dire l'une de chacun des deux chromosomes homologues appariés.
- Bien qu'invisibles au stade pachytène, chacun de ces enjambements apparaîtra plus tard sous la forme d'un **chiasma**.



Nodule de
recombinaison

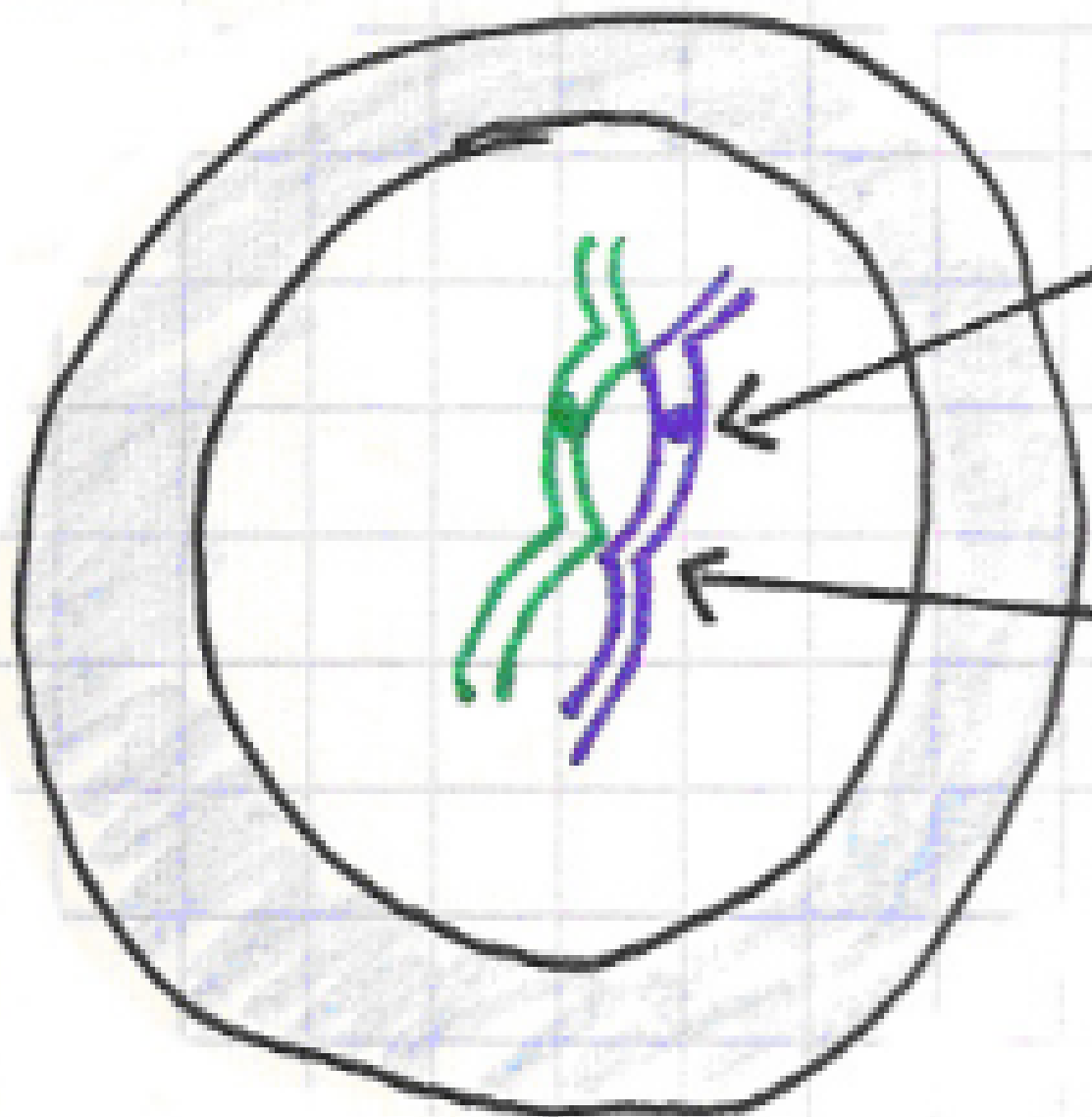
4-DIPLÔTÈNE

- La **dissociation** des paires marque le début du stade diplotène de la prophase méiotique. Le **complexe synaptonémal se dissout**, permettant aux deux chromosomes homologues de chaque bivalent de **s'éloigner** à une certaine distance l'un de l'autre. Cependant, chaque bivalent **reste relié** au niveau d'un ou de plusieurs **chiasmata**, qui matérialisent les sites où a eu lieu un **enjambement**.
- Dans les ovocytes (ovules en développement), le **diplotène** peut durer des **mois ou des années**, puisque c'est à ce stade que les **chromosomes se décondensent et amorcent la synthèse de l'ARN** pour fournir à l'oeuf ses matériaux de réserve.



5-DIACINESE

- Le nucléole et la membrane nucléaire se dissolvent
- La cellule passe imperceptiblement du diplotène à la diacinèse, étape qui fait la transition avec la métaphase, au moment où la synthèse d'ARN cesse et les chromosomes se condensent, s'épaississent et se détachent de l'enveloppe nucléaire.
- Les quatre chromatides séparées de chaque bivalent sont **nettement visibles**, les chromatides-soeurs de chaque paire étant reliée par leurs **centromères**, alors que les chromatides non-soeurs ayant subi un enjambement sont reliées par les **chiasmata**.

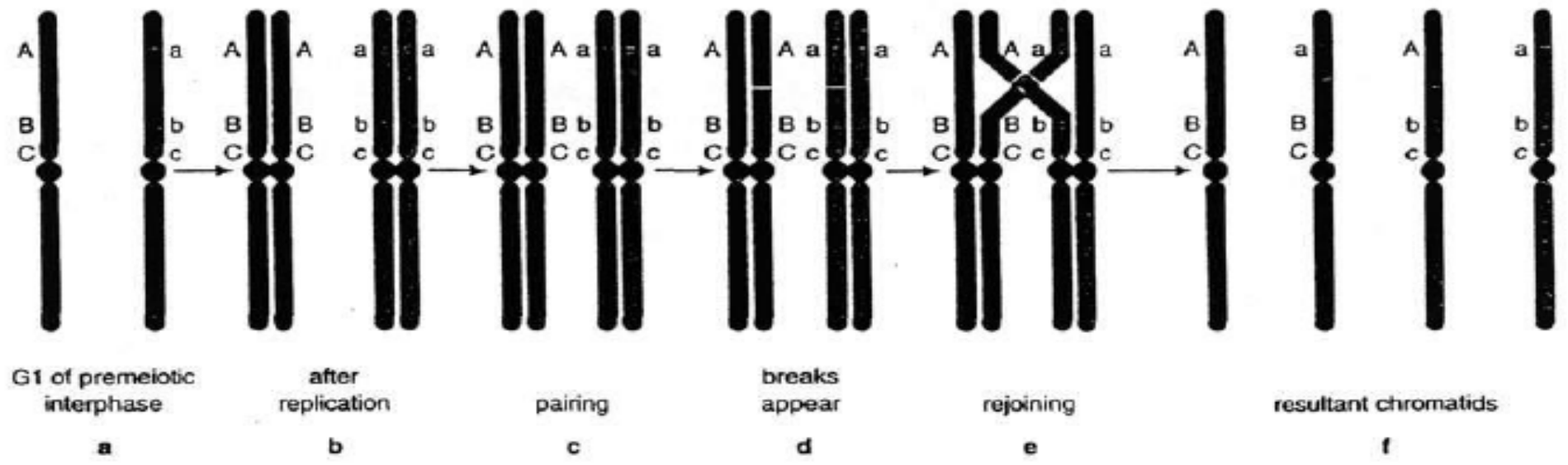
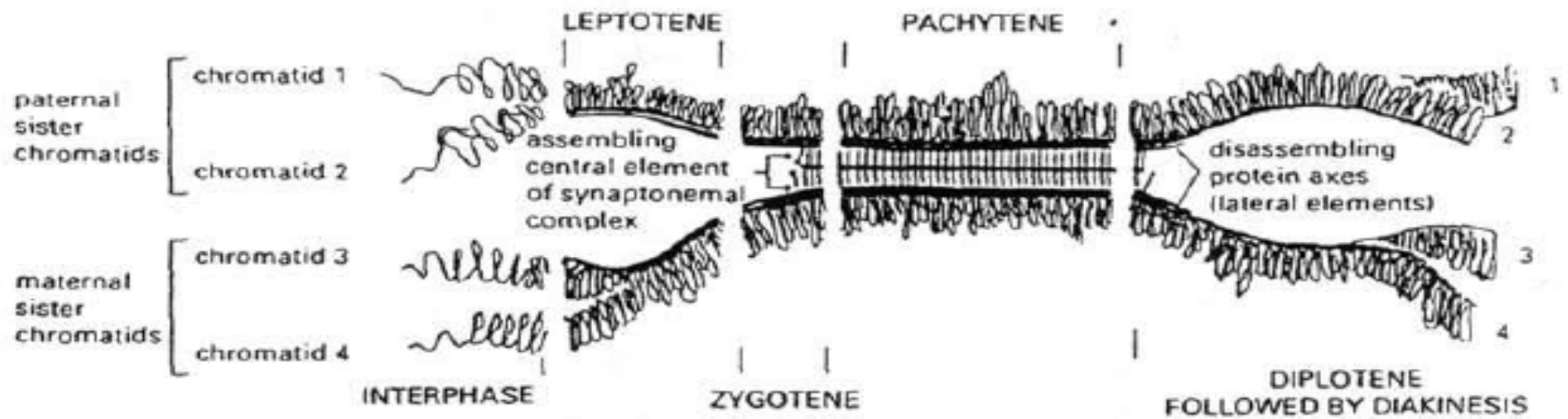


centromeri

chiasma

N.B:

Au cours de la méiose de l'ovule il s'ajoute encore un stade intermédiaire supplémentaire: le dictyotène, la phase de repos ; Le stade dictyotène ou phase de repos de l'ovule, s'étend de la naissance jusque vers 12 à 50 ans, selon le moment de l'ovulation. Les chromosomes sont décondensés durant cette période.



Les étapes de la gamétogénèse

1-Phase de multiplication

Période de mult des gonies par mitoses équat(=Cs somatique)

Cs restent peu différenciées mais les dernières formées se différencieront en cytes I

2-Phase d'accroissement

- Cytes I augmente de taille et deviennent AUXOCYTES
- Cette phase correspond au prophase I
- a) S/phase de petit accroiss ubiquitaire (augmentation modérée)
- b) S/phase de grand accroissement chez le sexe féminin aboutissant à un ovocyte I très vol (150 um)

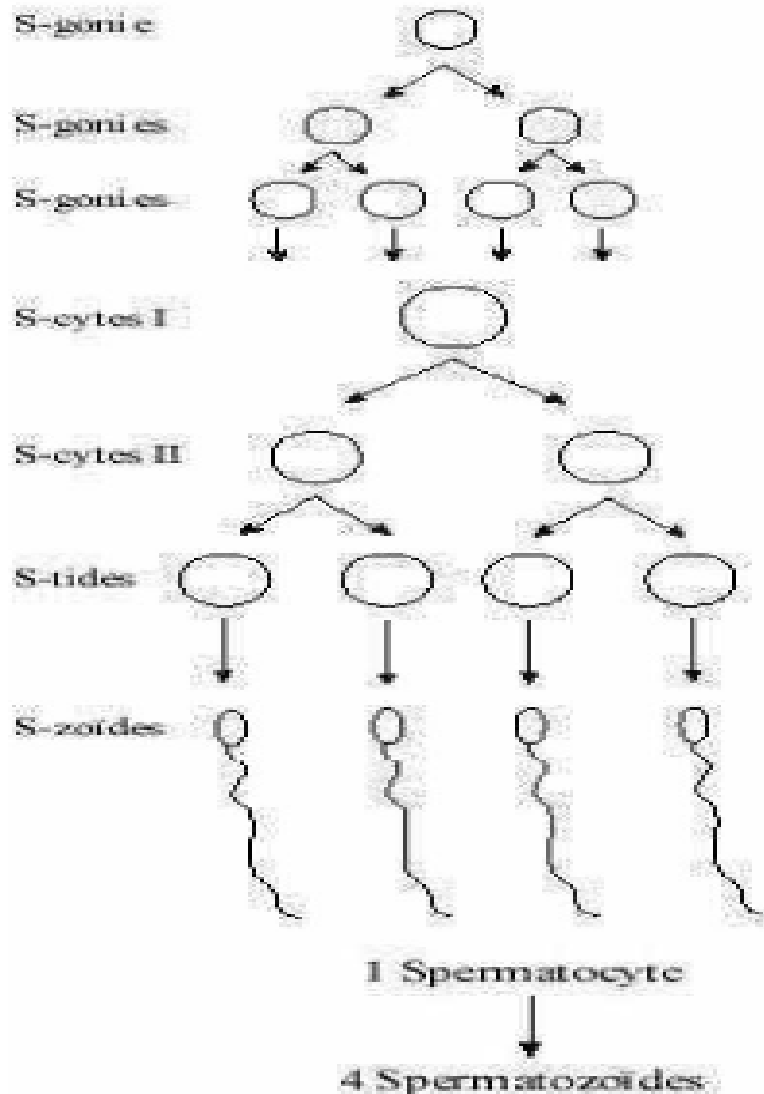
3-Phase de maturation

- Courte/achèvement de la méiose
- Cyte I devient Cyte II
- Chaque Cyte II se divise en 2 ---tides
(Cellule haplo à n Chro)

4-Phase de différenciation

- Spécifique au sexe male
- Processus de Spermiogénèse
- Spermatide se transforme en une cellule spécialisée et mobile (spermatozoïde)

Spermatogénèse



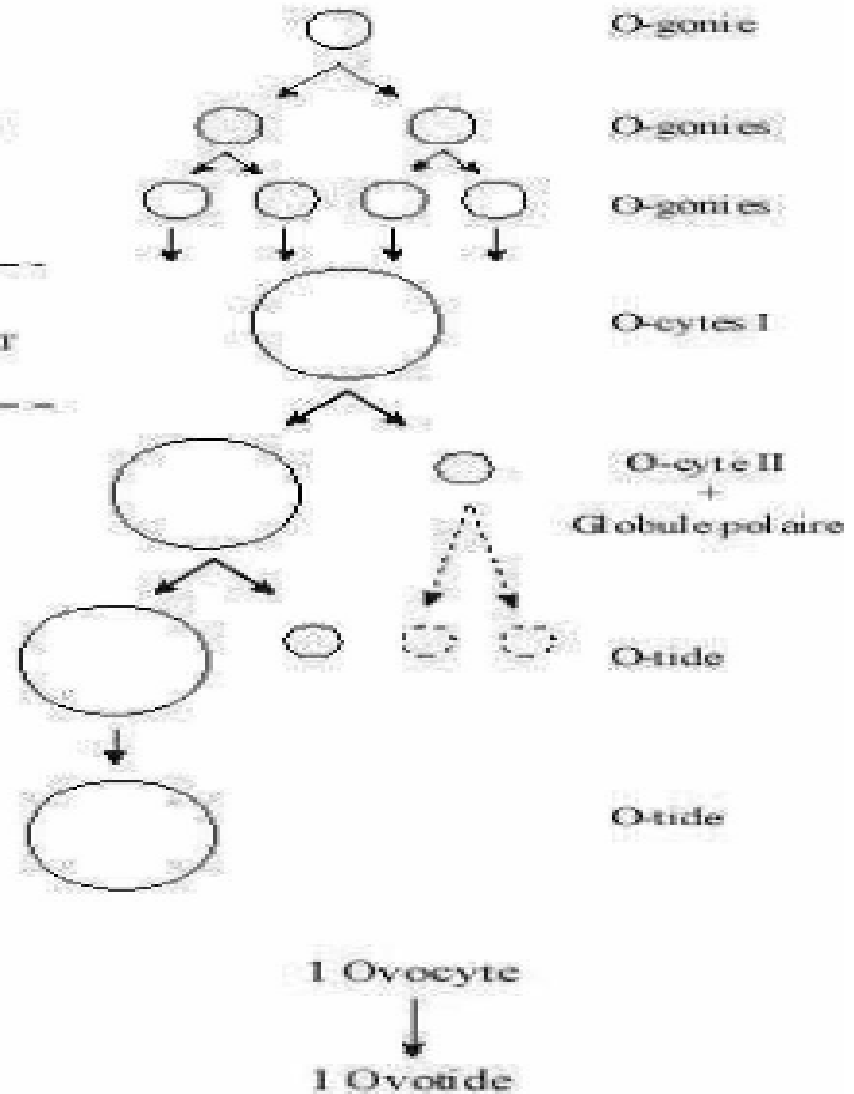
PHASE DE
MULTIPLICATION
(MITOSES)
 $2n$

PHASE
D'ACCROISSEMENT
 $2n$

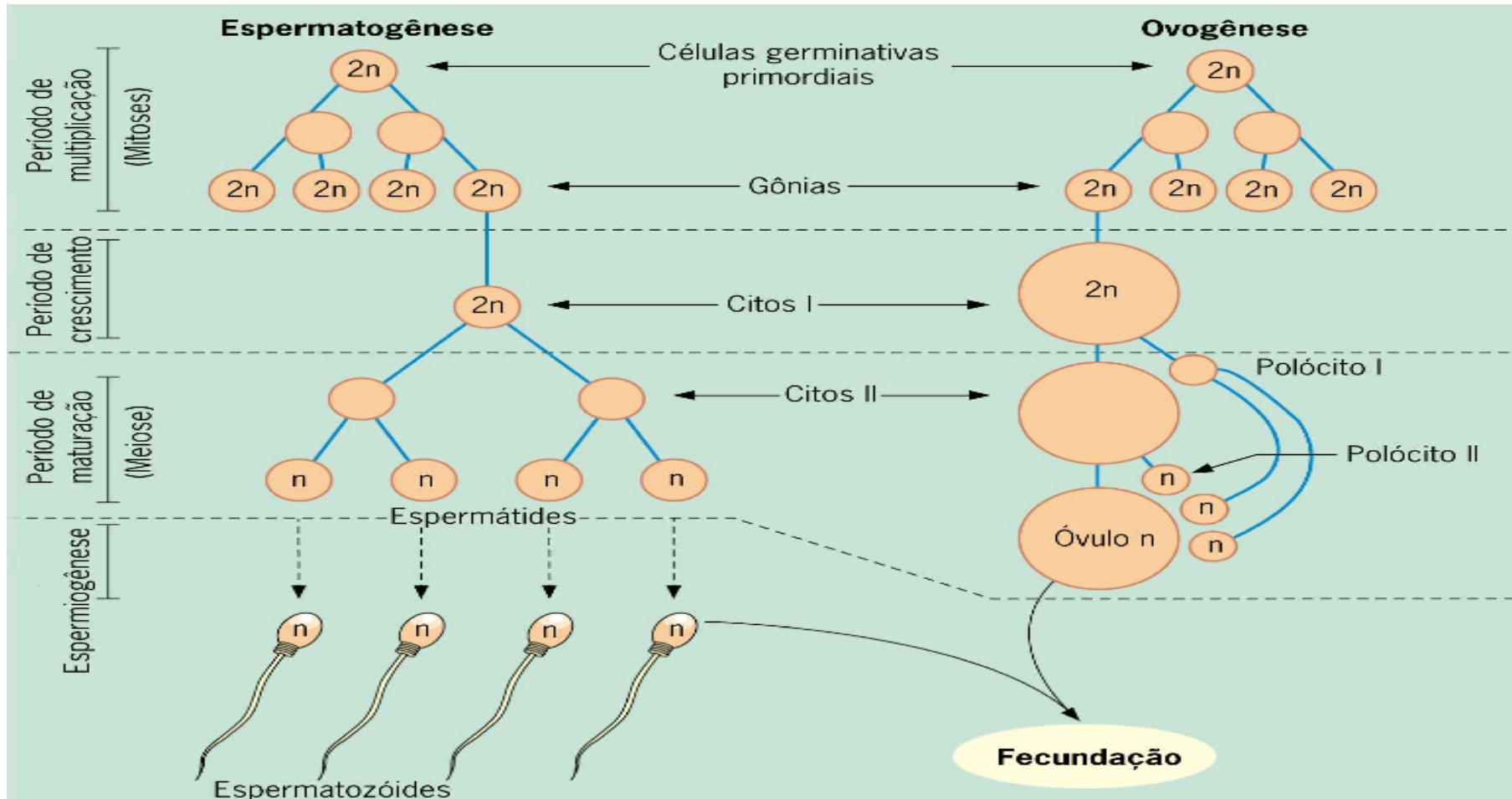
PHASE DE
MATURATION
(MEIOSE)
 $1n$

Cyto-
différenciation

Ovogenèse



Gametogênese



Différence cinétique de la gamétogénèse entre les deux sexes

A) Chez la femelle

- La phase de prolifération se situe exclusivement au cours de la vie fœtale entre 3 et 7 mois
- Les Cs restent quiescentes ,bloquées à la fin de la prophase I(Diplotène ou dictyotène)
 - Le nombre de gamètes est alors fixé
- La maturation correcte débute à la puberté et s'arrête à la ménopause par épuisement de stock de Cs germinales
(certaines Cs restent bloquées au stade dyc pendant près de 50ans!)

B) Chez le male

- Les Cs souches restent quiescentes est indifférent jusqu'à la puberté
- Dès lors, la gamétogénèse s'installe et **devient continue (incessante)**

Le résultat est-t-il similaire?

- ✓ **Chez le male**: spermatocyte 1 donne 2 spermatocyte 2 identique puis 4 spermatides identique,
- ✓ **Chez la femelle** : Lors des chacune des divisions méiotique , l'une des Cs conserve la quasi-totalité du cytoplasme et poursuit la maturation, l'autre forme un globule polaire
- ✓ Le nombre de gamètes pour l'ovaire est **350 durant la vie génitale** active alors qu'il avoisine les **300 millions/éjà tte la vie**
- ✓ Les caractéristique des gamètes sont différentes quant à la **taille et la forme** ; spermatozoïde petit très diff isolé mobile pauvre en cyto par contre l'ovo volumineuse riche en cyto immobile et entourée d'une enveloppe spécifique

