



GENERALITES, MEIOSE

Reproduction

Définition : Processus qui permet à une espèce de se perpétuer.

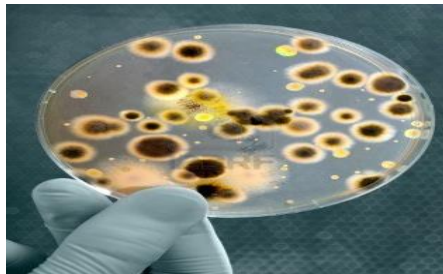
1) La reproduction asexuée

Définition : C'est une multiplication sans fécondation ou un organisme se multiplie donc sans l'intervention d'un individu de sexe opposé.

Caractéristiques :

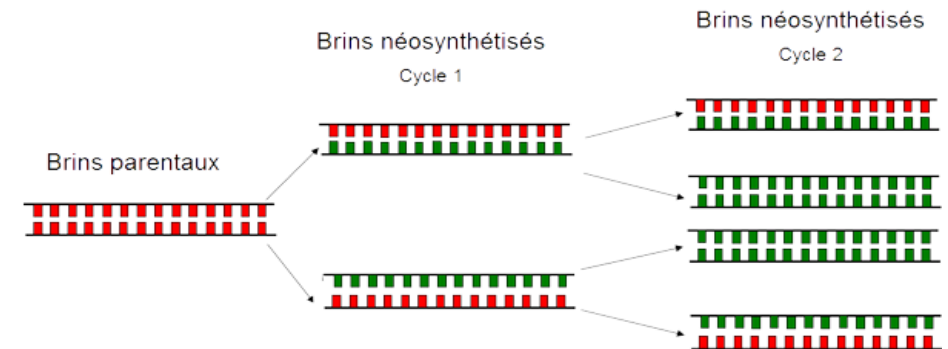
☞ Concerne les organismes unicellulaires (ex : bactéries).

Nb : Les organismes unicellulaire n'ont ni noyau ni membrane nucléaire, l'ADN flotte dans le cytoplasme.



☞ Permanence des caractéristiques de l'espèce.

- ☞ Immortalité des individus qui se multiplient 2 par 2 en se multipliant, formant ainsi des clones.
- ☞ La seule variation possible des individus d'une même espèce est la survenue d'une mutation aléatoire et imprévisible. Si celle-ci survient, toute la descendance possède cette mutation qui est donc définitive.
- ☞ Pas de possibilité de s'adapter aux changements environnementaux.
- ☞ Multiplication par réplication semi-conservative : L'ADN double brin se dissocie en 2 brins simples, il y a synthèse d'un brin complémentaire identique au brin d'origine, on obtient donc 2 cellules filles totalement identiques à la cellule mère.



2) La reproduction sexuée ou procréation

Définition : Reproduction par conjonction des sexes avec rencontre de gamètes mâle et femelle.

Caractéristiques :



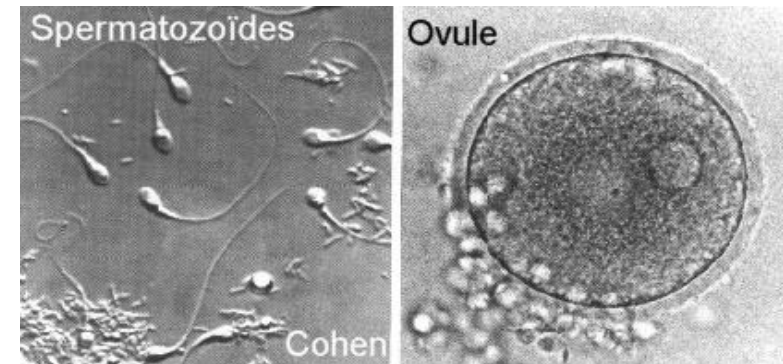
- ☞ Différenciation sexuelle des individus.
- ☞ Production de 2 types de cellules : Somatiques et germinales.
- ☞ Diversité au sein d'une même espèce : Un individu n'est JAMAIS identique à ses parents.
- ☞ Adaptation rapide à l'environnement.
- ☞ Rôle dans la survie et l'évolution des espèces.

Les cellules germinales ou gamètes :

- ✓ **Cellules haploïdes** : Elles contiennent « n chromosomes », c'est-à-dire un chromosome de chaque paire (soit le chromosome hérité de la mère, soit le chromosome hérité du père)

Nb : « n chromosomes » = 23 chromosomes chez l'homme dont un chromosome sexuel.

- ✓ Ces cellules subissent la **méiose**.
- ✓ Spermatozoïde chez l'homme et ovule chez la femme.



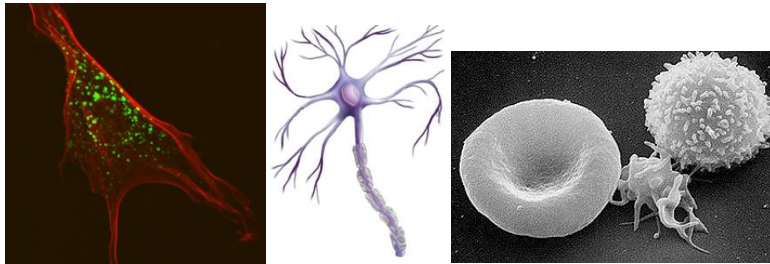
Les cellules somatiques (toutes les autres) :

- ✓ **Cellules diploïdes** : Elles contiennent « 2n chromosomes », c'est-à-dire chaque paire de chromosomes homologues (le

chromosome hérité du père et le chromosome hérité de la mère).

Nb : « $2n$ chromosomes » = 46 chromosomes chez l'homme dont une paire de chromosomes sexuels.

✓ Ces cellules subissent la mitose.

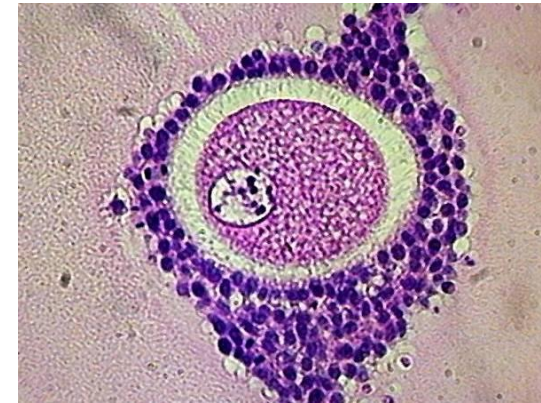


Ex : Fibroblaste / Neurone / cellules sanguines

Le gamète femelle : l'ovocyte

L'ovocyte est la plus grande cellule de l'espèce humaine (100 microns), elle possède des réserves importantes, notamment en ARN messager, nécessaire au développement de l'œuf fécondé avant son implantation dans l'utérus.

Son déplacement est PASSIF et non autonome : l'ovocyte se déplace grâce aux mouvements des cils et aux courants liquidiens à l'intérieur de la trompe utérine.



Le gamète mâle : le spermatozoïde

C'est une PETITE cellule (1 micron) possédant très peu de réserves (peu de cytoplasme).

Son déplacement est ACTIF : Le spermatozoïde se déplace à l'aide de son flagelle, lui permettant de traverser le tractus génital féminin pour atteindre le tiers externe de la trompe.

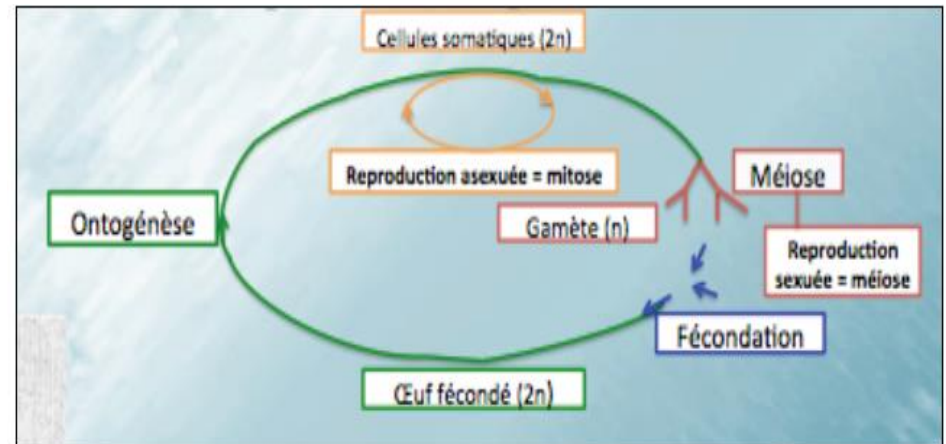


Conditions nécessaire pour une fécondation optimale :

- **Taille suffisante pour l'ovocyte** : Si ses réserves sont insuffisantes, l'œuf mourra avant de s'implanter.
- **Nombre élevé de spermatozoïdes** : Il y a beaucoup de perte au cours du trajet dans le tractus génital féminin, ce qui explique que si le nombre de spermatozoïdes est trop faible la probabilité d'atteindre l'ovocyte est plus faible.
- **Coût de fabrication (énergie dépensée) raisonnable.**

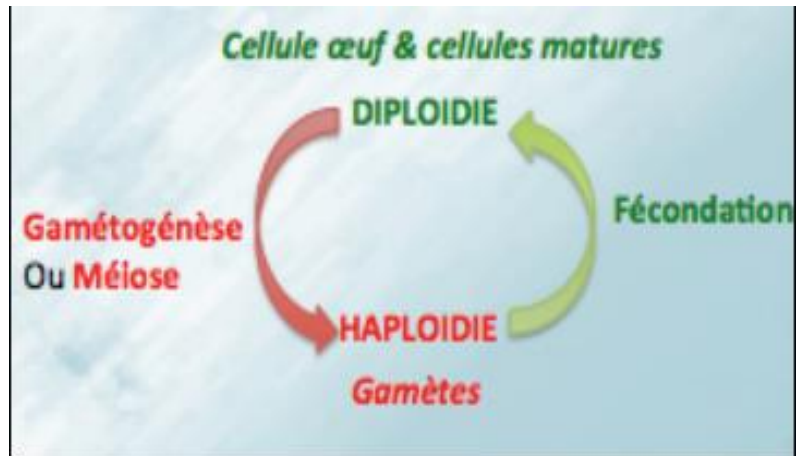


Cycle de la reproduction sexuée



- Les cellules somatiques se multiplient par mitose classique.
- Les cellules germinales souches subissent la méiose pour devenir haploïdes.
- Fécondation : Le gamète haploïde rencontre un gamète de sexe opposé formant un zygote (œuf) diploïde.
- L'œuf diploïde se développe au cours du développement embryonnaire.
- Ontogénèse = Vieillesse du nouvel individu.

De la diploïdie à l'haploïdie et inversement



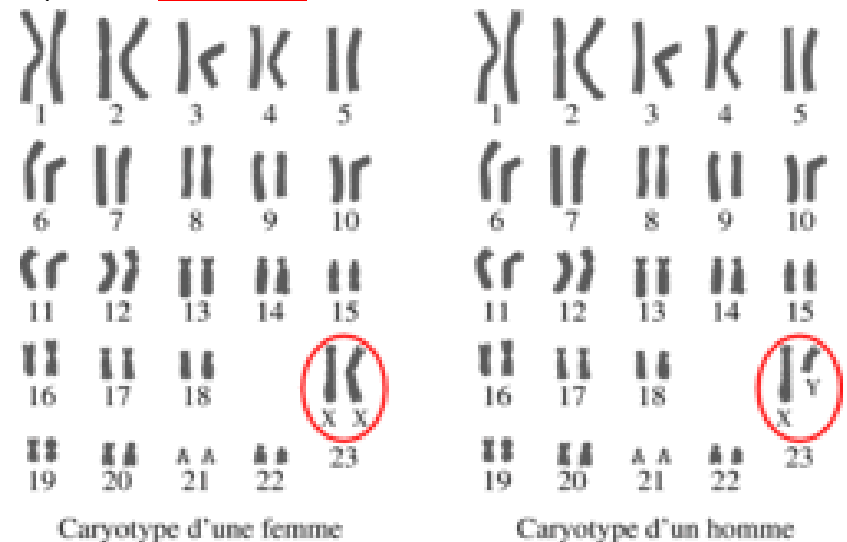
La fécondation permet de passer de l'haploïdie à la diploïdie (logique : 2 gamètes à n chromosomes => 1 zygote à 2n chromosomes).

La méiose permet de passer d'une cellule mère diploïde à 4 cellules filles haploïdes grâce à 2 divisions successives.

Rappels sur les chromosomes

Définition : Un chromosome est un porteur de l'information génétique. Chez l'homme il y a 23 paires de chromosomes dont :

- 22 paires d'autosomes
- 1 paire de gonosomes ou chromosomes sexuels.



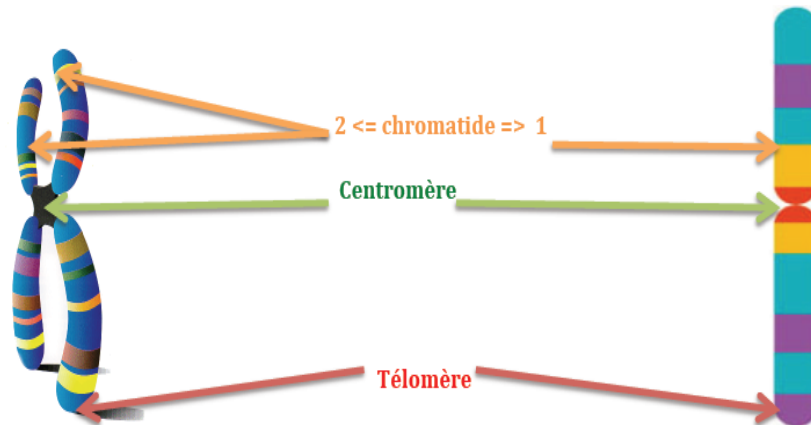
Vocabulaire : Sur ce caryotype on voit les 23 paires de chromosomes.

- + Une paire de chromosomes = Chromosomes homologues. Dans chaque paire, un chromosome vient du spermatozoïde du père et l'autre de l'ovocyte de la mère.

✚ En fonction du cycle cellulaire, un chromosome peut être simple ou double :

- **Chromosome simple** = Contient UNE chromatide donc UNE molécule d'ADN, dit « n ADN ».
- **Chromosome double** = Contient DEUX chromatides donc 2 molécules d'ADN, dit « 2n ADN ».

La réplication de l'ADN (voir cycle cellulaire) permet de passer d'un chromosome simple (une chromatide) à un chromosome double (2 chromatides).

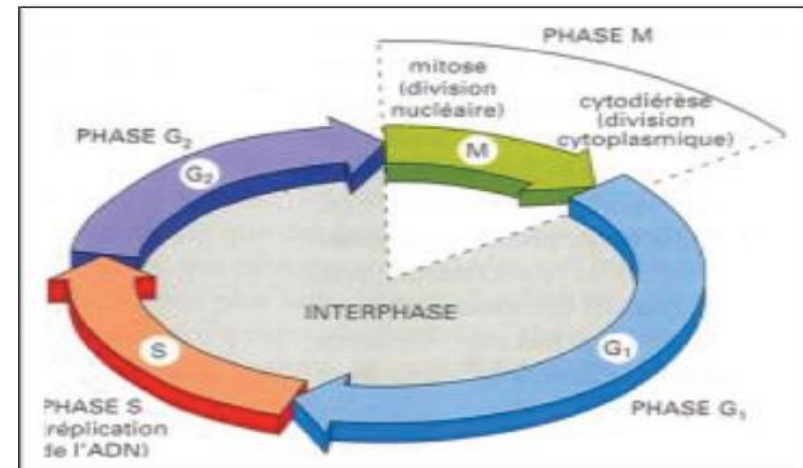


Centromère = Zone par laquelle les 2 chromatides sont unis.

Télomère = Extrémité d'un chromatide.

/!\ Ne pas confondre « chromatides » et « chromosomes homologues ».

Cycle cellulaire



- **G₀** = Phase de repos entre 2 cycles (facultatif).
- **G₁** = Reprise du cycle : Phase de croissance.
- **S** = Réplication de l'ADN, les chromosomes deviennent doubles (2 chromatides).
- **G₂** = 2^{ème} phase de croissance.
- **M** = Mitose

Explication : Dans une cellule somatique, avant réplication de l'ADN il y a 23 paires de chromosomes simples donc 23 fois 2 molécules d'ADN, on est donc à 2n ADN. Après la réplication, la quantité

double on passe donc à $4n$ ADN. La mitose donne en suite 2 cellules à $2n$ ADN chacune.

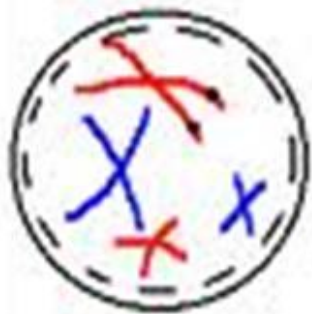
La mitose

Elle concerne les cellules somatiques et permet d'obtenir 2 cellules filles IDENTIQUES à la cellule mère.

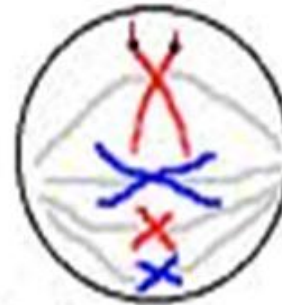
C'est UNE division cellulaire (phase M) après UNE réplication de l'ADN (phase S).

Elle comprend 4 étapes :

- 1) Prophase : Epaissement, formation des chromosomes homologues qui deviennent visibles.



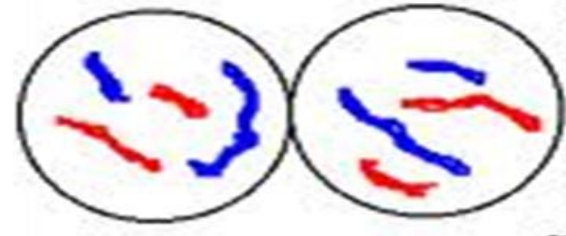
- 2) Métaphase : Alignement des centromères des chromosomes PARALLELEMENT à la plaque équatoriale.



- 3) Anaphase : Séparation des 2 chromatides de chaque chromosome qui migrent vers les pôles de la cellule.



- 4) Télophase : Constitution des 2 cellules filles identiques à la cellule mère.



Méiose et Gamétogénèse

La méiose ne concerne QUE les cellules germinales (gamètes). C'est une **succession de 2 divisions cellulaire précédées d'UNE seule répllication de l'ADN.**

- ⇒ Elle permet donc de passer d'UNE cellule diploïde à 4 cellules haploïdes.
- ⇒ C'est l'étape clé de la gamétogénèse.

Nb : On dit qu'il n'y a pas d'intercinèse entre les 2 divisions méiotiques.

La gamétogénèse

Définition : Formation des gamètes.

Elle comporte 4 étapes :



- 1) Multiplication
- 2) Croissance
- 3) Maturation nucléaire (méiose)
- 4) Différenciation

Ces 4 étapes se retrouvent dans la spermatogénèse et l'ovogénèse dans des proportions différentes.

Pour la Spermatogénèse :

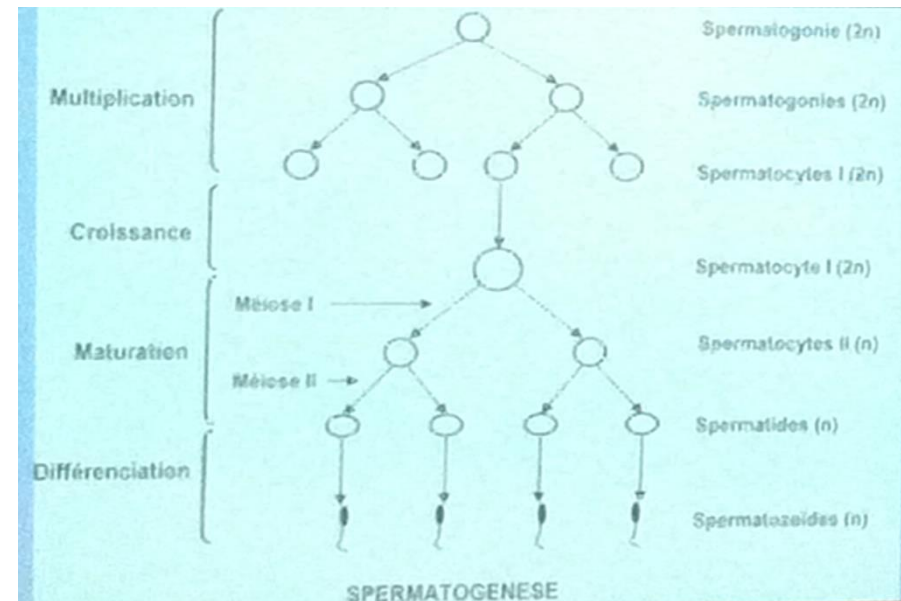


Multiplication : IMPORTANTE, la capacité de prolifération est maintenue presque tout au long de la vie.

Croissance : FAIBLE, le spermatozoïde est une petite cellule (1 micron).

Méiose : Complète, continue, rapide.

Différenciation ou spermiogénèse : Majeure, on passe d'une cellule ronde simple à la cellule la plus différenciée de l'organisme, le spermatozoïde.



Pour l'ovogénèse :



Multiplication : FAIBLE, les ovogonies se multiplient jusqu'au 7^{ème} mois de gestation, le stock est ainsi définitif et s'épuise tout au long de la vie jusqu'à la ménopause, on parle d'atrésie.

Croissance : IMPORTANTE, elle aboutit à la cellule la plus volumineuse de l'organisme (100 microns). Le cytoplasme de l'ovocyte est riche en réserves.

Méiose : INCOMPLETE, DISCONTINUE et LONGUE, les ovocytes de premier ordre sont bloqués en prophase de première division méiotique. En cas d'ovulation, la méiose reprend et se bloque de nouveau en métaphase de 2^{ème} division méiotique. La méiose ne s'achèvera qu'en cas de fécondation.

Il y a donc un DOUBLE BLOQUAGE : Prophase 1 et métaphase 2 !

Différenciation : Inexistante, l'ovocyte est une cellule ronde non différenciée.

Nb : Pour garder des réserves importantes dans son cytoplasme, lors des 2 divisions méiotiques, l'ovocyte se divise en une cellule qui gardera la quasi-totalité du cytoplasme et une cellule n'en contenant presque pas : le globule polaire.

/ ! \ Le globule polaire contient cependant le même patrimoine génétique, il n'a aucun rôle particulier. On dit qu'il se « sacrifie » pour l'ovocyte.

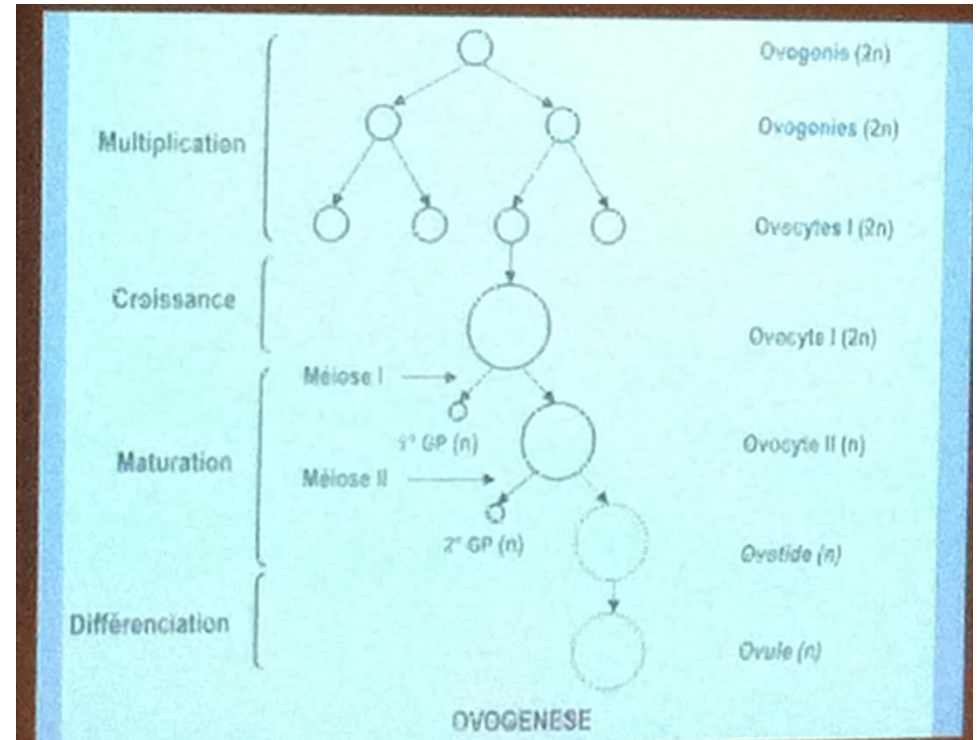
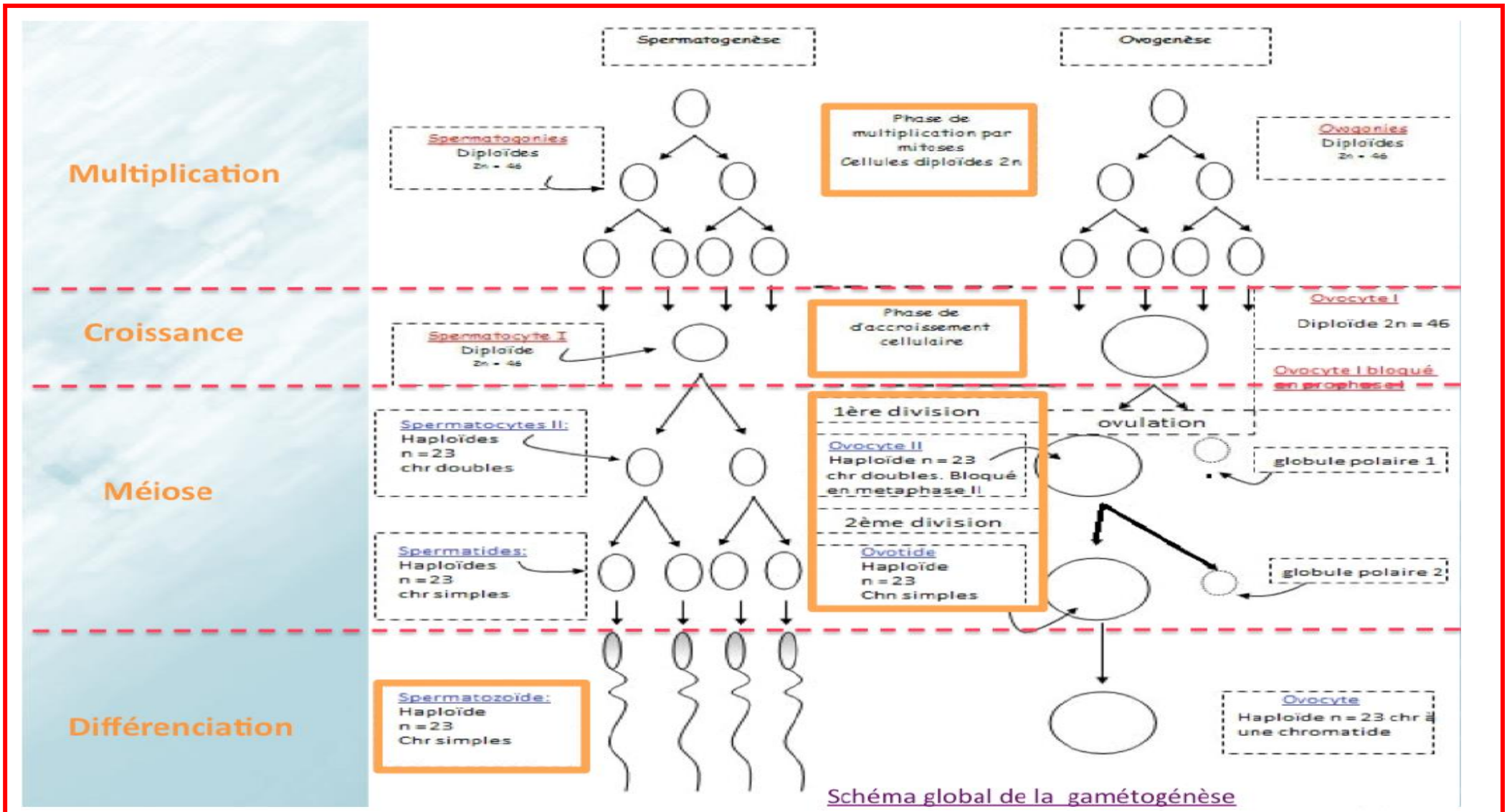


Schéma récapitulatif et comparatif :



La Méiose

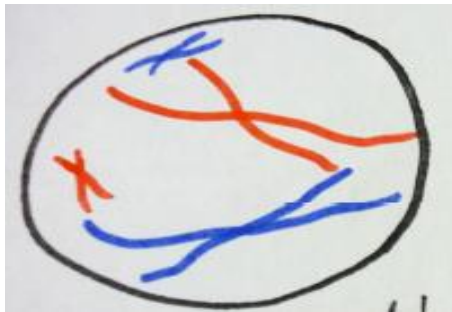
Définition : Succession de 2 divisions cellulaires précédées d'une unique phase de réplication de l'ADN, permettant à une cellule diploïde de donner 4 cellules haploïdes.

1) La première division méiotique

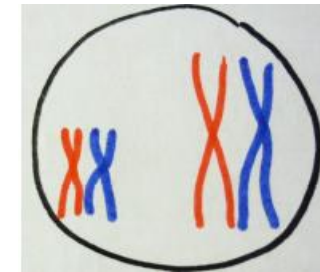
La première division est la plus spécifique du processus méiotique. Elle possède une prophase très caractéristique et très longue, au cours de laquelle vont avoir lieu des échanges de matériel génétique. Elle se divise elle-même en 5 stades : Leptotène, Zygotène, Pachytène, Diplotène, Diacinèse.

♥ • Prophase 1

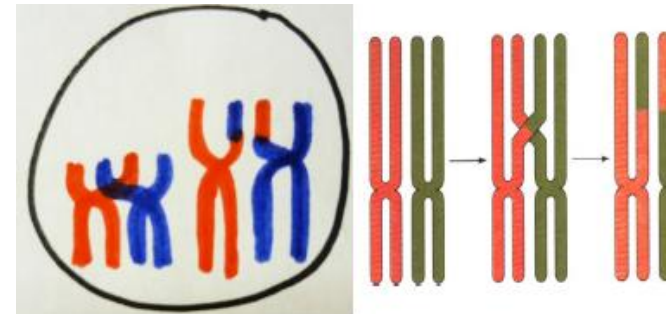
➤ Stade Leptotène : Formation des filaments chromatiques.



➤ Stade Zygotène : Appariement des chromosomes homologues, le chromosome paternel et le chromosome maternel de chaque paire se placent côte à côte et forment des « bivalents ».

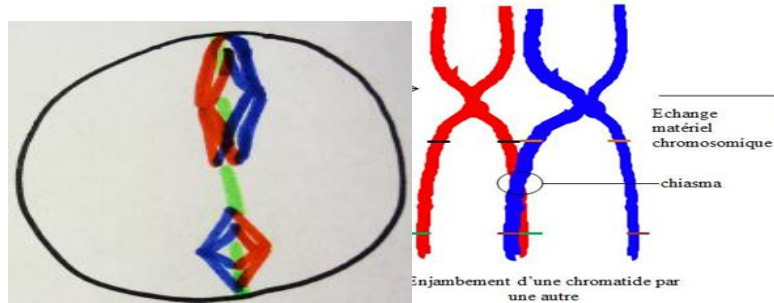


➤ Stade Pachytène : Epaissement des chromosomes et début des crossing-over.



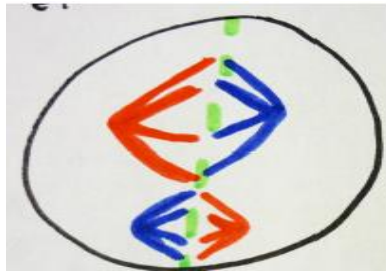
Crossing-over : Echange de brins chromatiques entre 2 chromosomes homologues permettant l'échange d'allèles entre chromosomes et participant ainsi à la diversité génétique.

- **Stade Diplotène** : Fin des crossing-over, les chromosomes s'écartent mais restent liés par une zone appelée **chiasma**.

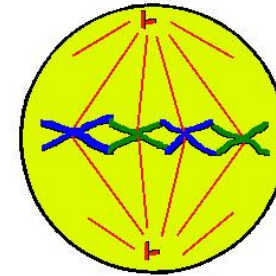


Nb : Au cours de la méiose, les chromosomes sexuels (X et Y) ne subissent pas de crossing-over, ils sont légèrement isolés des autres chromosomes et forment la « vésicule sexuelle ».

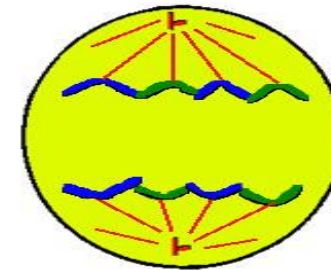
- **Stade Diacinèse** : Les chiasmata se dissocient et les chromosomes s'écartent.



- **Métaphase 1** : Les centromères des chromosomes s'alignent de manière aléatoire **PERPENDICULAIREMENT** à la plaque équatoriale de la cellule (≠ mitose)



- **Anaphase 1** : Chaque chromosome homologue est attiré vers un pôle de la cellule, on a donc d'un côté le chromosome paternel et de l'autre le chromosome maternel, c'est aléatoire pour chaque paire ce qui rend le nombre de combinaisons possibles de 2^{23} .



/ ! \ Les chromosomes sont encore doubles et les centromères ne sont pas clivés, on a juste séparés chaque paire de chromosomes homologues en faisant partir le chromosome maternel ou paternel dans une cellule ou dans l'autre.

- **Télophase 1** : Formation de 2 cellules distinctes.

Tableau résumé de la 1^{ère} division méiotique :



| 1 ^{ère} division | CHROMOSOME = K | CHROMATIDE = ADN |
|---|--|---|
| Début PROPHASE | Une cellule à 46 chromosomes (23 paires de chromosomes homologues) diploïde → 2nK | Les deux chromosomes de chaque paire sont simples Ils possèdent 1 chromatide → 2n ADN |
| Fin TÉLOPHASE | Deux cellules de 23 chromosomes chacune (un de chaque paire) haploïdes → nK | Ces chromosomes sont doubles Ils possèdent donc 2 chromatides → 2n ADN |
| | ↓ | ↓ |
| EN RÉSUMÉ On DIVISE le nombre de chromosomes (diploïde => haploïde) ✓ RÉDUCTIONNELLE en chromosome | 2nK → nK | 2n ADN → 2n ADN On reste en MÊME QUANTITÉ en qualité d' ADN (de nombre de chromatides) ✓ ÉQUATIONNELLE en ADN |

La première division méiotique est réductionnelle en chromosomes et équationnelle en ADN.

2) La deuxième division méiotique

Celle-ci est identique à une mitose classique. Lors de la métaphase 2, les centromères des chromosomes s'alignent donc **PARALLELEMENT** à la plaque équatoriale. Lors de l'anaphase, les centromères se clivent et les chromatides migrent vers les pôles de la cellule.

A la fin de la télophase on a donc 4 cellules contenant chacune 1 chromosome SIMPLE de chaque paire.

Tableau résumé de la 2^{ème} division méiotique :



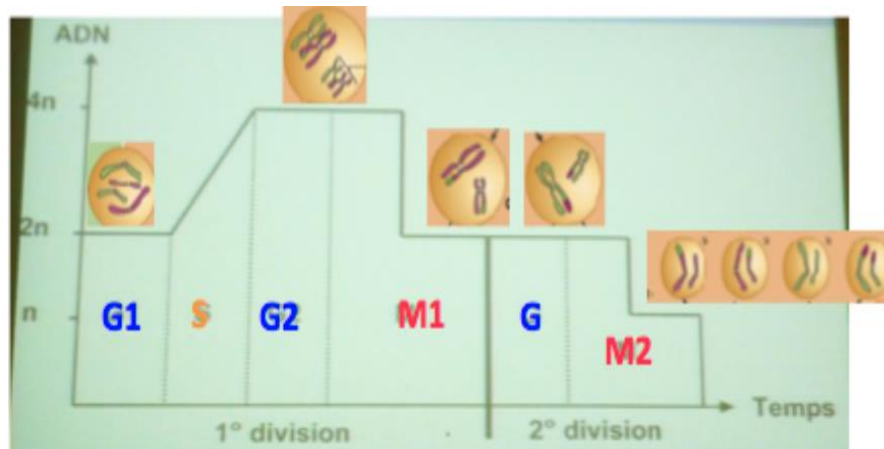
| 2 ^{ème} division | CHROMOSOME = K | CHROMATIDE = ADN |
|---|--|---|
| Début PROPHASE | Deux cellules de 23 chromosomes chacune (un de chaque paire) haploïdes → nK | Ces chromosomes sont doubles Ils possèdent donc 2 chromatides → 2n ADN |
| Fin TÉLOPHASE | Quatre cellules de 23 chromosomes chacune (un de chaque paire) haploïdes → nK | Ces chromosomes sont simples Ils possèdent donc 1 chromatide → n ADN |
| | ↓ | ↓ |
| EN RÉSUMÉ On garde le même nombre de chromosomes (la cellule reste haploïde) ✓ ÉQUATIONNELLE en chromosome | nK → nK | 2n ADN → n ADN On divise par deux la quantité d'ADN (on passe de K doubles à simple) ✓ RÉDUCTIONNELLE en ADN |

La deuxième division méiotique est équationnelle en chromosome et réductionnelle en ADN.

Nb : La 1^{ère} division étant réductionnelle en K et équationnelle en ADN, le 1^{er} globule polaire contient nK et 2n ADN.

La 2^{ème} division étant réductionnelle en ADN et équationnelle en K, le 2^{ème} globule polaire contient nK et n ADN.

Schéma récapitulatif des variations des quantités d'ADN lors de la méiose :



⇒ **Conséquences de la méiose :**

- Réduction par 2 de la quantité d'ADN (cf schéma au-dessus : au début on a 2n, à la fin n).
- Brassage de l'information génétique.
- Transmission de l'information génétique.

Brassage génétique effectué par la méiose :

- Recombinaison génétique au cours de la prophase 1 (crossing-over).
- Répartition aléatoire des chromosomes sur la plaque équatoriale au cours de la métaphase 1.
- Nature du chromosome sexuel du spermatozoïde fécondant.

Ndlr : Voilà pour ce premier cours, il n'est pas très compliqué mais fondamental à assimiler pour bien comprendre le reste du programme. Attention a bien connaitre les différences entre reproduction sexuée/asexuée, spermatogénèse/ovogénèse, 1^{ère} division méiotique/2^{ème} division méiotique etc ...

Bon courage ;)