

BRASSAGE GÉNÉTIQUE ET DIVERSITÉ

THÈME 1A : GÉNÉTIQUE ET ÉVOLUTION

LA MEIOSE : la production de gamètes haploïdes

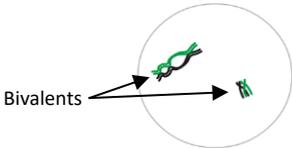
► Succession de **2 divisions cellulaires** dont la première est précédée d'un doublement du matériel génétique (**réplication de l'ADN**).

► Formation de **quatre gamètes haploïdes** nécessaires à la fécondation.

► Quatre étapes pour chaque division : prophase, métaphase, anaphase et télophase.

❖ La Méiose I : la division réductionnelle (= divise le nombre de chromosomes par 2)

1. Prophase I : Condensation et regroupement des chromosomes homologues pour former des bivalents. Disparition de l'enveloppe du noyau.

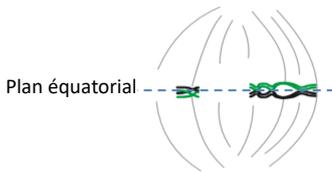


Bivalents

3. Anaphase I : Séparation des paires de chromosomes homologues et migration vers les pôles opposés de la cellule.

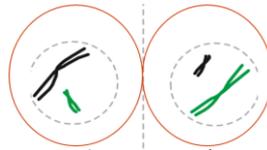


2. Métaphase I : Alignement des bivalents sur le plan équatorial de la cellule.



Plan équatorial

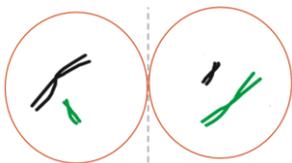
4. Télophase I : Formation de 2 cellules-filles haploïdes (formation d'une membrane plasmique séparative et de 2 enveloppes nucléaires).



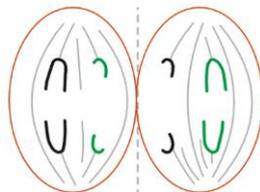
Chromosomes à 2 chromatides

❖ La Méiose II : la division équationnelle (=le nombre de chromosomes est conservé)

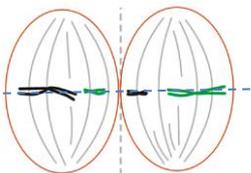
5. Prophase II : Les chromosomes sont restés condensés. Disparition des enveloppes nucléaires.



► **Anaphase II :** Séparation des chromatides de chaque chromosome et migration vers les pôles opposés.

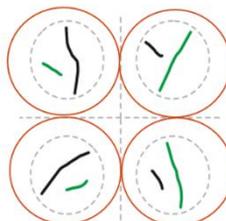


6. Métaphase II : Alignement des chromosomes doubles sur le plan équatorial.



Plan équatorial

► **Télophase II :** Formation des enveloppes nucléaires, des membranes séparatives et décondensation des chromosomes simples.



Chromosomes à 1 chromatide

YC

DEFINITIONS

Gamète :

Cellule reproductrice haploïde issue d'une cellule diploïde par la méiose.

Cellule haploïde :

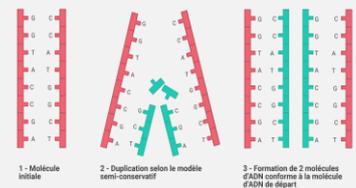
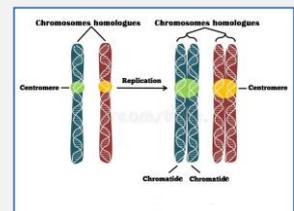
Cellule contenant **1** seul exemplaire de chaque chromosome, soit **n** chromosomes par cellule (n=23 pour l'espèce humaine).

Cellule diploïde :

Cellule contenant **2** exemplaires de chaque chromosome (=chromosomes **homologues**, un paternel et un maternel, avec les mêmes gènes mais pas forcément les mêmes allèles), soit **2n** chromosomes par cellule (2n=46 chez l'espèce humaine).

Réplication ADN :

Passage de chromosomes simples à 1 chromatide à des chromosomes doubles à 2 chromatides identiques par réplication semi-conservative de l'ADN.

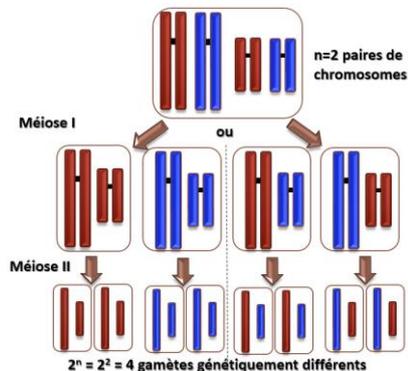


1 - Molécule initiale 2 - Duplication selon le modèle semi-conservatif 3 - Formation de 2 molécules d'ADN conforme à la molécule d'ADN de départ

LE BRASSAGE ALLELIQUE AU COURS DE LA MEIOSE

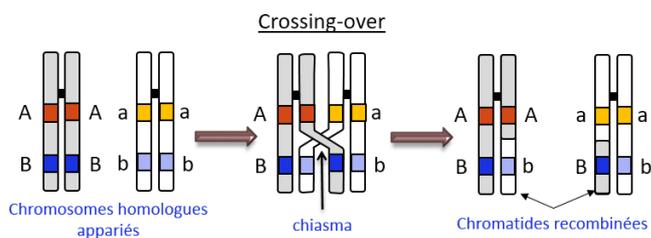
❖ **Le brassage interchromosomique** = mélange des chromosomes paternels et maternels

- ▶ se réalise lors de l'**anaphase I** ; (soit plus de 8 millions pour l'espèce humaine), d'où une très **grande diversité des gamètes** (puisque les chromosomes homologues ne portent pas forcément les mêmes allèles).
- ▶ est dû à la séparation puis la répartition **aléatoire** des chromosomes homologues dans chacune des deux cellules filles ;
- ▶ Pour n paires de chromosomes, 2^n associations chromosomiques possibles



❖ **Le brassage intrachromosomique** = mélange des allèles au sein des chromosomes

- ▶ se réalise lors de la **prophase I** ; généralement équivalentes (portant les mêmes gènes) : ce sont des **crossing-over**.
- ▶ Les bivalents sont entremêlés et leurs chromatides se chevauchent en de nombreux points appelés **chiasmata** ;
- ▶ Les chromosomes ainsi obtenus sont dits **recombinés**, car ils possèdent une nouvelle combinaison d'allèles.
- ▶ Ils peuvent au niveau de ces zones échanger des portions de chromatides,



▶ **Brassages intra + interchromosomique = production d'1 infinité de gamètes différents.**

ANOMALIES DE LA MEIOSE ET LEURS CONSEQUENCES

❖ **Anomalie de la répartition des chromosomes**

- ▶ Un problème de disjonction : **Non-séparation** des chromosomes homologues (**anaphase I**) ou des chromatides sœurs (**anaphase II**) ;
- ▶ Aboutit à des gamètes anormaux avec un chromosome en plus ou en moins (**aneuploïdie**) ;
- ▶ La fécondation d'un gamète normal et d'un gamète avec un nombre anormal de chromosomes donne un **zygote** avec une **trisomie** (3 chromosomes homologues) ou une **monosomie** (1 seul chromosome), et de graves conséquences sur le futur individu.
- ▶ La plupart de ces anomalies **ne sont pas viables**.

DEFINITIONS

Chiasma :

Zone de croisement des chromatides de 2 chromosomes homologues (bivalents).

Crossing-over :

Echanges de fragments de chromatides entre 2 chromosomes homologues.

Zygote :

Cellule-œuf.

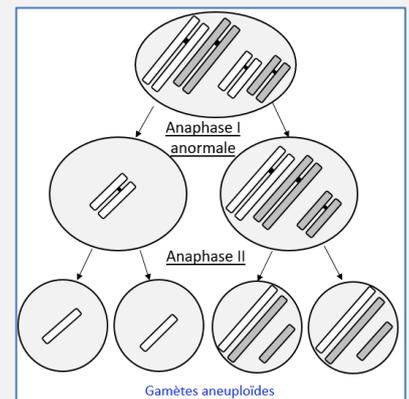
Exemples de Trisomie viable :

Syndrome de Down (trisomie 21) ;
Syndrome de Klinefelter (XXY).

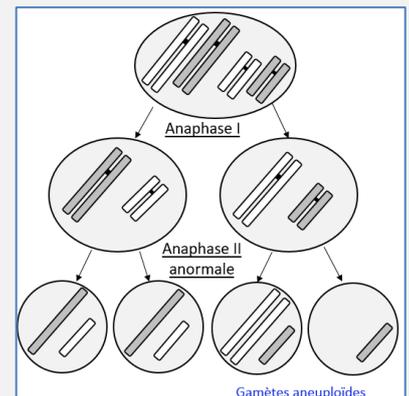
Exemple de Monosomie viable :

Syndrome de Turner (X).

Anaphase I anormale



Anaphase II anormale



❖ Crossing-over inégal

► Les 2 fragments de chromatide échangés entre les chromosomes homologues appariés **ne sont pas de même taille**.

► Cela peut parfois aboutir à la perte d'un gène pour l'une des chromatides recombinées (**délétion**) et à son ajout sur l'autre (**addition**) qui porte du coup 2 exemplaires du gène : on parle de **duplication génique**.

► Si cette duplication est transmise à la descendance, l'individu porteur pourra par exemple produire 2 fois plus d'une protéine (modification du phénotype).

► Si des **mutations ponctuelles aléatoires** s'accumulent dans l'une des 2 versions du gène dupliqué, elles pourront progressivement **diverger** et aboutir à des **gènes distincts**, avec des fonctions proches ou différentes.

► Une **famille multigénique** regroupe des gènes issus d'un même gène d'origine, dupliqué aléatoirement au cours de l'évolution (**crossing-over inégaux**), et dont les versions (allèles) ont divergé (**mutations**).

LA FECONDATION, SOURCE DE DIVERSITE

❖ La formation des gamètes : gamétogenèse

- **Spermatogenèse** forme 4 spermatozoïdes haploïdes.
- **Ovogenèse** forme 1 seul ovule haploïde.

❖ La fécondation

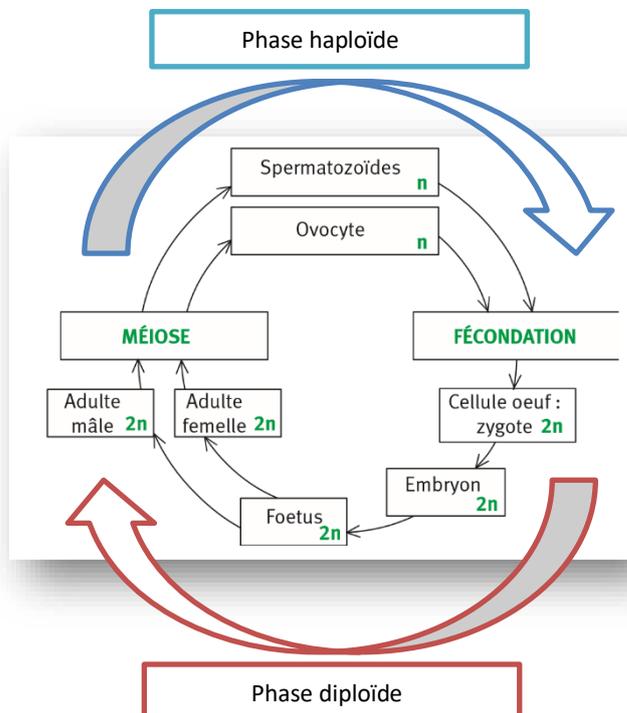
► **Fusion des noyaux haploïdes** des 2 gamètes et formation d'un **zygote diploïde**.

► Rencontre **au hasard** de 2 gamètes génétiquement différents et formation de **nouveaux couples d'allèles** : la fécondation **amplifie le brassage allélique** réalisé au cours de la méiose.

► La diversité génétique des zygotes est immense.

► **Chaque zygote est une combinaison unique et nouvelle d'allèles**.

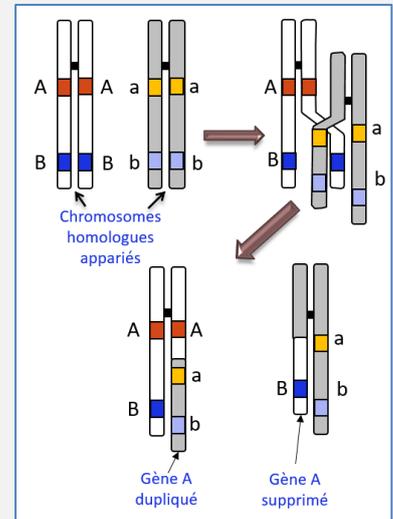
► Méiose et fécondation permettent le **maintien du caryotype** de l'espèce, de génération en génération.



Allèles :

Versions différentes d'un même gène, caractérisées par de légères différences au niveau de leurs séquences nucléotidiques.

Duplication génique

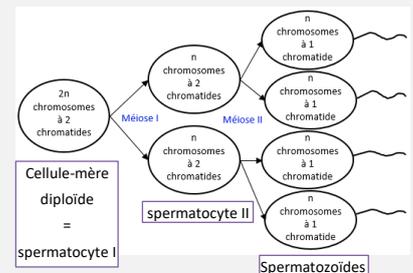


Exemple de familles multigéniques

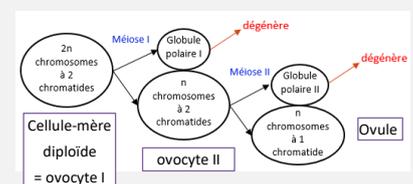
(Plus de 20% de similitudes)

- gènes codant pour les globines humaines ;
- gènes du complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) ;
- gènes homéotiques.

Spermatogenèse



Ovogenèse



ANALYSES STATISTIQUES DE CROISEMENTS CHEZ LA DROSOPHILE

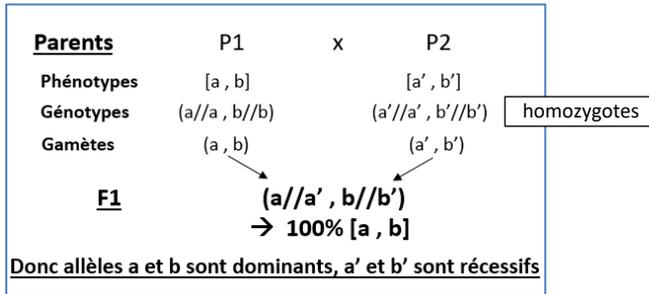
► Etude de la transmission de **2 gènes** (= **dihybridisme**), *A* et *B*, avec chacun 2 allèles possibles (*a* ou *a'*, *b* ou *b'*).

► Les 2 parents d'origine (*P1* et *P2*) sont **homozygotes** pour les 2 gènes, donc ils ne produisent qu'un **seul type de gamètes**.

❖ Etablir la dominance ou la récessivité d'un allèle

► Croisement des 2 parents homozygotes *P1* x *P2*.

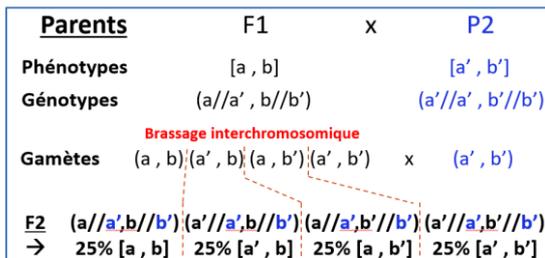
► Le phénotype de l'**hybride** obtenu à cette **1^{ère} génération (F1)** permet de donner les allèles **dominants** (*a* et *b* dans notre exemple) et les allèles **récessifs**.



❖ Croisement-test et transmission de 2 gènes indépendants

► Croisement de l'hybride **F1 hétérozygote** avec le parent **P2 homozygote récessif**.

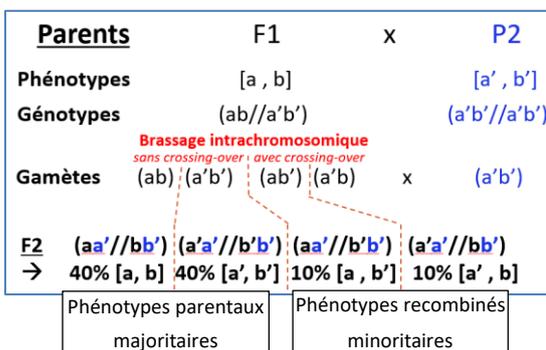
► L'**équiprobabilité** des 4 phénotypes obtenus chez les **hybrides** de la **2^{ème} génération (F2)** prouvent l'**indépendance** des 2 gènes (brassage interchromosomique).



❖ Croisement-test et transmission de 2 gènes liés

► Croisement de l'hybride **F1 hétérozygote** avec le parent **P2 homozygote récessif**.

► Les 4 phénotypes obtenus chez les **hybrides** de la **2^{ème} génération (F2)** ne sont pas équiprobables : les 2 phénotypes **parentaux** (identiques aux parents **F1** et **P2**) sont majoritaires alors que les 2 phénotypes **recombinés** (obtenus par des **crossing-over** aléatoires) sont plus rares (brassage intrachromosomique).



Homozygote pour un gène

Qui possède 2 allèles identiques pour un gène donné (**≠hétérozygote**).

Phénotype

Caractère observable d'un individu. S'écrit entre crochets [X]. Le phénotype sauvage est le plus fréquent dans la nature.

Génotype

Allèles portés par un individu. S'écrit entre parenthèses, sous forme d'une fraction à double barre (X // Y).

Dominance / Récessivité / Codominance

Lorsque les deux chromosomes homologues portent des allèles différents pour un même gène, celui qui s'exprime au niveau du phénotype est **dominant** (il s'écrit en majuscule ou avec un +). L'autre est **récessif** (il s'écrit en minuscule). Si les deux allèles s'expriment, ils sont **codominants**.

Croisement-test (ou test-cross)

Croisement d'individus présentant le phénotype dominant avec des individus homozygotes récessifs. Il permet de déterminer le génotype du parent à phénotype dominant.

Gènes indépendants

Gènes portés par des paires de chromosomes différents.

Gènes liés

Gènes portés par la même paire de chromosomes.