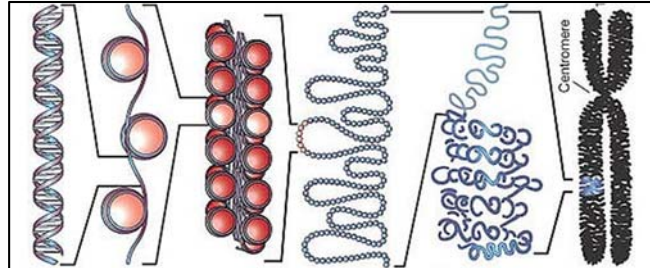


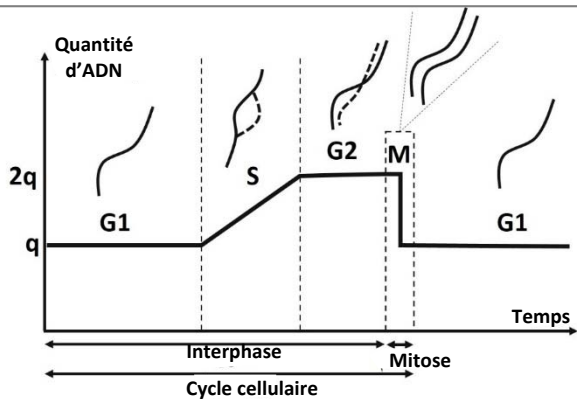
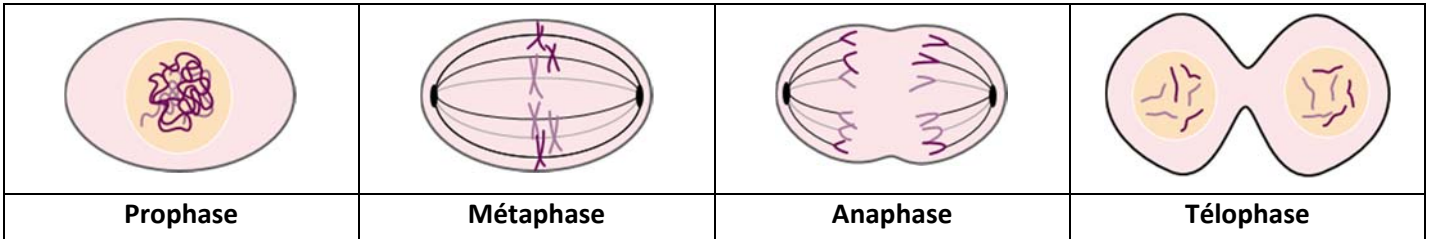
L'information génétique est l'ensemble des informations qui contrôlent les caractères génétiques de l'individu, l'ADN est considéré le support chimique de l'information génétique. La molécule de l'ADN est une double hélice (double brin) chaque brin est un polymère des **nucléotides**, chaque nucléotide est composé d'un désoxyribose plus un acide phosphorique et une base azotée : Thymine (T), Cytosine (C), Guanine (G) ou Adénine (A).

L'ADN est situé au noyau, lié à des protéines spécifiques dites Histones. L'ADN entoure 8 histones pour former un **nucléosome**, ces derniers se condensent et forment la **fibre nucléaire** qui se condense et forme le **chromosome**.



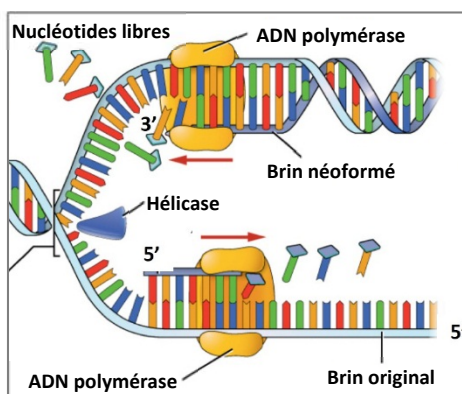
La mitose est un phénomène biologique permet la formation de deux cellules filles depuis une cellule mère, les cellules filles seront **identiques** avec la cellule mère au niveau de l'information génétique, on réserve donc l'information génétique. La mitose passe par 4 phases :

- ✓ **Prophase** : début de la condensation des chromosomes et la formation du fuseau mitotique entre les deux centrosomes pour une cellule animale, et entre les callots polaires pour une cellule végétale, avec la dégénération de la membrane nucléaire et du nucléole.
- ✓ **Métaphase** : les chromosomes atteignent leur **condensation maximale** et se regroupent au centre de la cellule formant la **plaque équatoriale** (ou plaque métaphasique). Durant cette phase, les chromosomes sont très clairs et observables et chacun est formé de deux chromatides.
- ✓ **Anaphase** : les fibres mitotique se contractent provoquant ainsi la fission des chromosomes depuis le centromère en deux **chromatides**, chaque groupe des chromatides migre vers un des pôles de la cellule.
- ✓ **Télophase** : les chromosomes se décondensent et la membrane nucléaire et le nucléole se forment à nouveau, puis, la membrane cytoplasmique se divise (cytodiérèse pour une cellule animale, et la formation de nouveau membrane pour une cellule végétale).



La mitose est une étape du **cycle cellulaire**, elle est précédée par une autre étape plus longue dite **interphase** dans laquelle l'ADN se duplique et chaque chromosome devient former de deux chromatides. L'Interphase passe par 3 phases : G1 où la quantité d'ADN est q, phase S dans laquelle les fourches de réplication apparaissent indiquant la réplication de l'ADN, phase G2 la réplication termine et la quantité d'ADN prend la valeur 2q. L'ADN se réplique selon le mode **semi-conservatif** où un nouveau brin d'ADN se forme devant chaque brin original. La réplication passe par plusieurs étapes dont :

- ✓ Ouverture de la double hélice à travers la destruction des liaisons hydrogènes.
- ✓ Un enzyme ADN – Polymérase forme un nouveau brin devant chaque brin original **en respectant la complémentarité des bases azotées (A devant T et G devant C)**, la direction de la polymérisation est toujours de 3' vers 5'

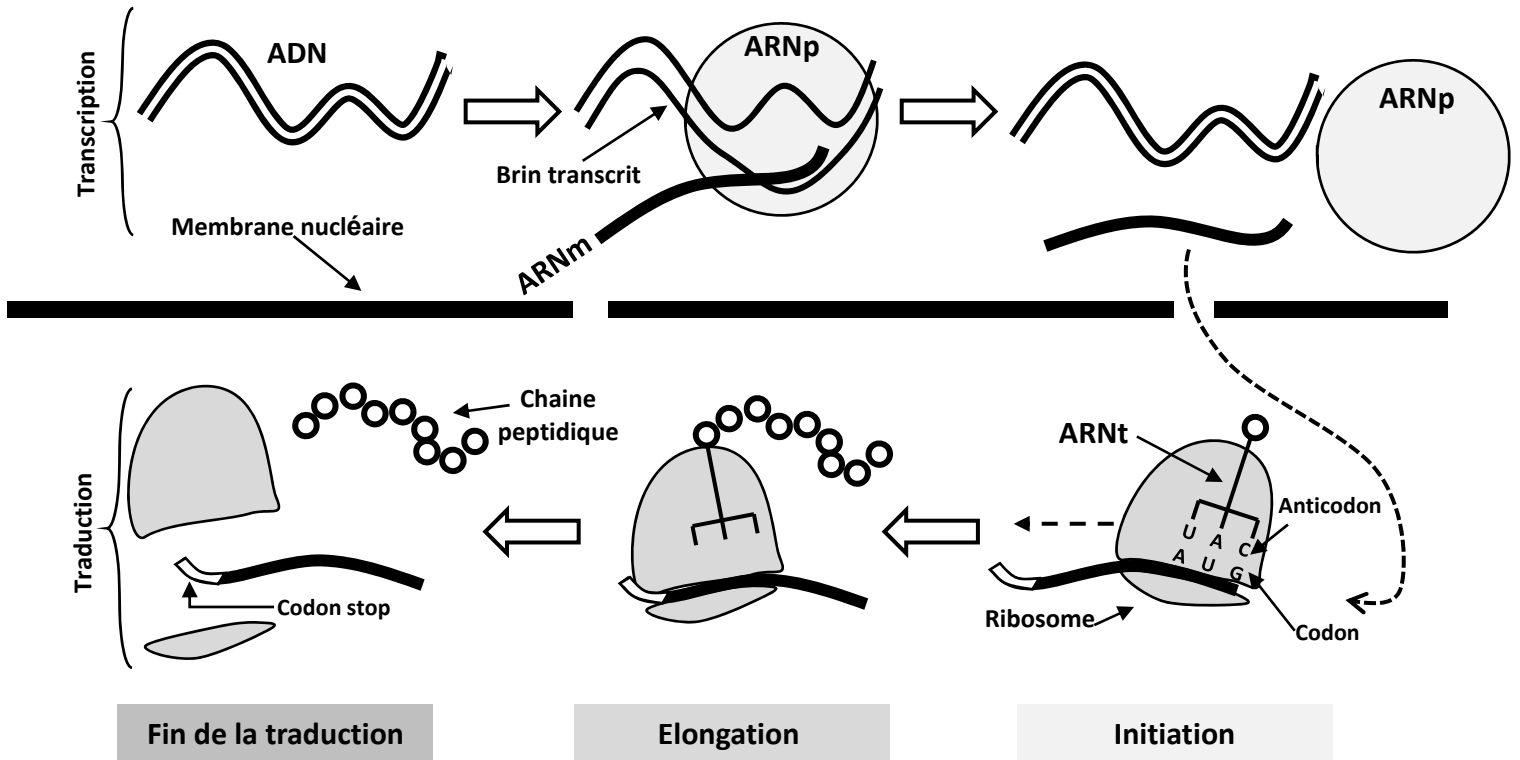


L'information génétique contrôle tous les caractères génétiques (héréditaires) de l'individu à travers **la traduction de ses informations en protéines**. Le **gène** est un fragment d'ADN contrôle un caractère héréditaire à travers la production **d'une protéine**, sachant que chaque gène produit une protéine qui contrôle (ou participe dans le contrôle) un caractère héréditaire.



Dans un premier temps, l'ADN est transcrit au niveau du noyau, où les informations génétiques sont recopiées sur une autre molécule simple brin dite **ARNm**. La transcription commence par l'ouverture de l'ADN, puis un enzyme spécifique : **ARN polymères (ARNp)** forme un brin d'ARNm devant le **brin transcrit** de l'ADN, en respectant les règles de complémentarité des bases azotées (T est remplacé par U). L'ARNm produit quitte le noyau vers le cytoplasme où il se traduit en protéine par les **ribosomes**.

La traduction commence par l'étape de l'**initiation** où les deux unités du ribosome se fixent sur l'ARNm au niveau du codon initial AUG qui code pour l'acide aminé Méthionine (Met), puis l'étape de l'**élongation** commence où le ribosome continue à se déplacer afin de lire plus des codons, et à chaque codon, il fixe un nouveau acide aminé approprié. **La fin de la traduction** est déclenchée lorsque le ribosome atteint un codon stop (codon qui ne correspond à aucun acide aminé) où les deux unités du ribosome se détachent et la chaîne peptidique (chaîne des acides aminés) est libérée.

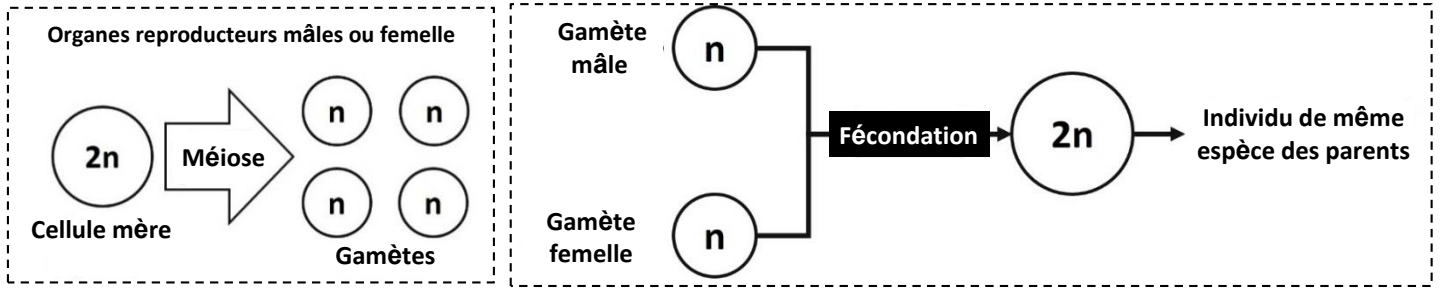


Élément	Définition	Structure et composition
<b>ADN</b>	Acide nucléique composé de plusieurs nucléotides, il porte l'information génétique.	Double brin composé du désoxyribose + acide phosphorique + des bases azotées (A, T, C, G).
<b>ARNm</b>	Acide nucléique transport l'information depuis l'ADN vers le cytoplasme.	Simple brin composé du ribose, acide phosphorique + bases azotées (A, U, C, G)
<b>ARNp</b>	Enzyme responsable de la polymérisation du brin d'ARNm depuis le brin transcrit de l'ADN.	Enzyme fonctionnaire.
<b>ARNt</b>	Acide nucléique transport les acides aminés vers le ribosome.	Possède un site de fixation des acides aminés et un anticodon, mêmes composants de l'ARNm.
<b>Ribosome</b>	Organite responsable de la lecture de l'ARNm et la formation de la chaîne peptidique.	Mélange des protéines et d'ARN, composé d'une grande unité et une petite unité.
<b>Protéine</b>	Une ou plusieurs chaînes peptidiques fonctionnaires.	Chaque chaîne peptidique est composée de plusieurs acides aminés.

<b>Gène</b>	Fragment d'ADN code pour une protéine qui contrôle un caractère héréditaire.
<b>Codon</b>	Triplette nucléotidique au niveau de l'ARNm, chaque codon correspond à un acide aminé dans le code génétique.
<b>Anticodon</b>	Triplette nucléotidique au niveau de l'ARNt correspond à un codon dans l'ARNm.
<b>Mutation</b>	Tout changement au niveau de l'ADN, traduit par des changements de la succession des nucléotides par la perte, l'ajoute ou le remplacement d'un nucléotide.

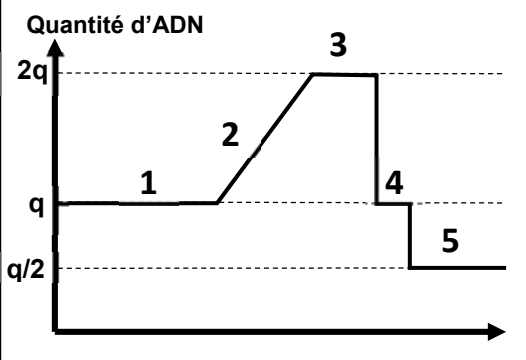
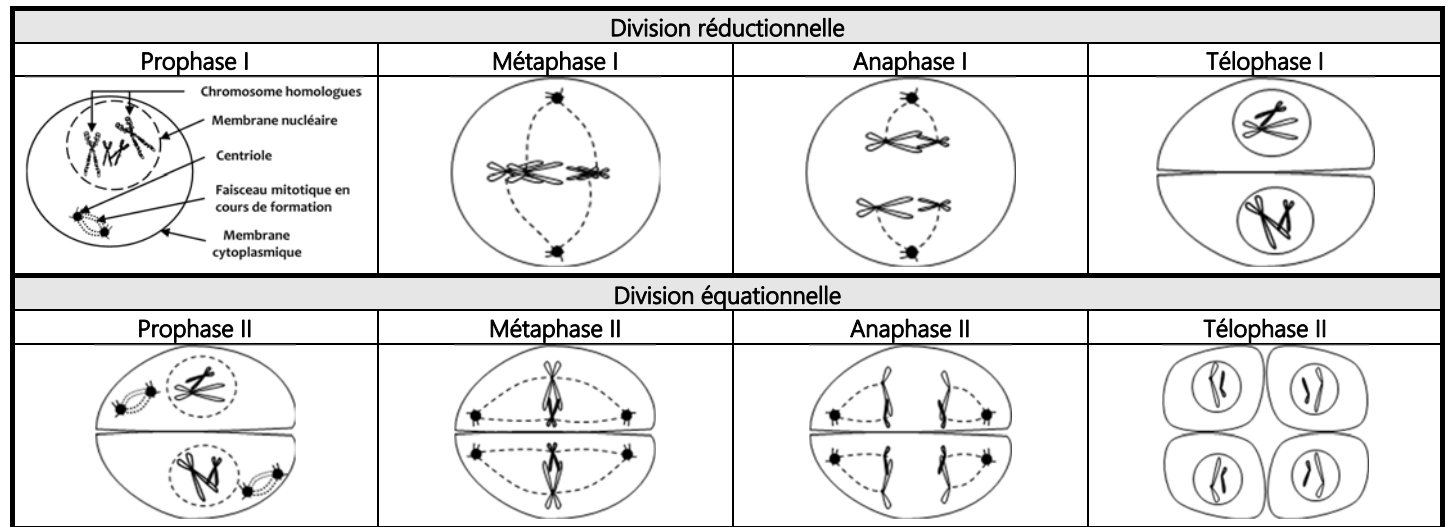
L'information génétique est transmise d'une génération à l'autre à travers la **reproduction sexuée** assurée par deux phénomènes : la **méiose** qui permet la production des gamètes et la **fécondation** qui permet la rencontre des gamètes et le retour de la **formule chromosomique** initial.

La méiose est un phénomène biologique qui permet l'obtention des gamètes avec la moitié des chromosomes de la cellule mère, on parle donc de la **réduction de la formule chromosomique de 2n (diploïde : chaque chromosome possède son homologue) à n (haploïde : chaque chromosome existe en un seul version)**. Lors de la fécondation, les deux gamètes (mâle et femelle) se réunissent et forment un œuf diploïde (2n) qui se développe en individu de même espèce des parents.

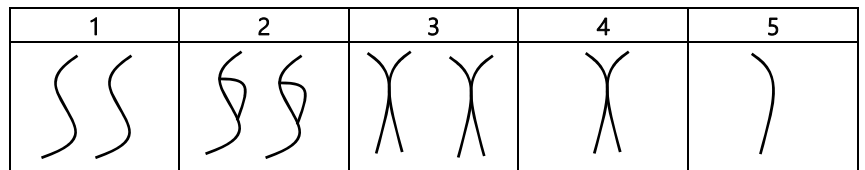


La méiose passe par deux divisions successives : division réductionnelle (donne deux cellules haploïdes depuis une cellule mère diploïde), division équationnelle (donne deux cellules haploïdes depuis chaque cellule haploïde produite pendant la division réductionnelle).

Division réductionnelle	Division équationnelle
<b>Prophase I</b> : mêmes événements de la mitose.	<b>Prophase II</b> : mêmes événements de la mitose.
<b>Métaphase I</b> : conjugaison des chromosomes homologues et formation de la plaque équatoriale.	<b>Métaphase II</b> : regroupement des chromosomes (à deux chromatides) et formation de la plaque équatoriale.
<b>Anaphase I</b> : séparation des chromosomes homologues <b>sans fission du centromère</b> , chaque groupe des chromosomes entiers migre vers un des pôles de la cellule.	<b>Anaphase II</b> : <b>fission du centromère</b> et séparation des deux chromatides, chaque groupe des chromatides migre vers un des pôles de la cellule.
<b>Télophase I</b> : division de la membrane cytoplasmique et formation de 2 cellules haploïdes.	<b>Télophase II</b> : division de la membrane cytoplasmique et formation de deux cellules haploïdes depuis chaque cellule haploïde (4 cellules en totale).



La méiose est précédée par l'interphase où se déroule la réplication de l'ADN. Après la division réductionnelle, la quantité d'ADN se diminue et prend la valeur de q à **cause de la séparation des chromosomes homologues** tels que chaque cellule prend la moitié des chromosomes à deux chromatides, alors qu'après la division équationnelle, la quantité d'ADN diminue à q/2 à **cause de la fission du centromère et la séparation des deux chromatides** tels que chaque cellule prend un chromosome à un seul chromatide.



Au cours de la méiose, deux phénomènes cruciaux ont lieu : le **brassage inter-chromosomique** (séparation aléatoire des chromosomes homologues pendant Anaphase I) et le **brassage intra-chromosomique** (crossing-over : changement des fragments entre deux chromosomes homologues). Ces deux phénomènes permettent la production des nouveaux gamètes, augmentant ainsi la diversité génétique.

## Lois statistiques de la transmission des caractères héréditaires chez les diploïdes :

### Notion de base

#### Qu'est-ce que ça veut dire un allèle ?

L'allèle est une des versions du gène, tel que chaque gène peut se présenter sous plusieurs formes (version), chaque forme est responsable d'une variation du même caractère héréditaire.

Exemple : le gène responsable de la couleur du corps chez la drosophile peut se présenter par deux allèles : allèle responsable sur le corps noir et l'allèle responsable sur le corps gris.

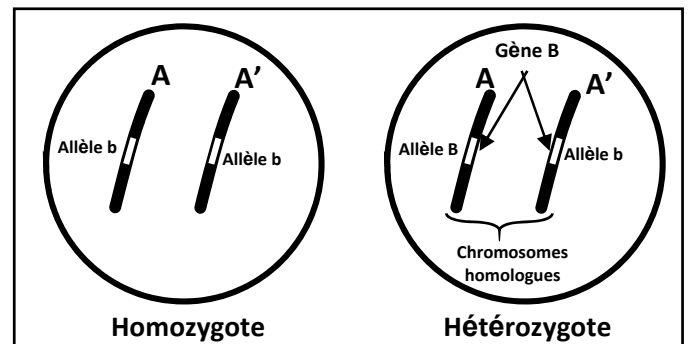
#### C'est quoi un allèle dominant et un allèle récessif ?

Un allèle est dominant si sa présence en seule version dans la cellule de l'individu permet son expression, et on dit qu'un allèle est récessif si son expression nécessite la présence de deux versions dans la cellule. Si un individu porte à la fois l'allèle dominant et l'allèle récessif du même gène, l'allèle dominant sera exprimé dans son caractère héréditaire, et l'expression de l'allèle récessif sera inhibée par l'allèle dominant.

#### Qu'est-ce que ça veut dire Homozygote et Hétérozygote ?

Les cellules haploïdes portent deux versions de chaque chromosome (chromosomes homologues), chacun contient plusieurs gènes, bien que deux chromosomes homologues portent les mêmes gènes, ils ne portent pas forcément les mêmes allèles. Pour un gène donné, si l'individu porte dans ses deux chromosomes homologues le même allèle, il est dit homozygote (de lignée pure), et si chaque chromosome porte un allèle différent de celui porté par son homologue, l'individu est dit hétérozygote (hybride).

Exemple : pour un gène B représenté par deux allèles B et b, un individu qui porte l'allèle b ou B dans les deux chromosomes homologues est homozygote, alors celle qui porte l'allèle b dans un chromosome et l'allèle B dans son homologue est hétérozygote.



#### C'est quoi le phénotype et le génotype ? Et comment les représenter ?

Le phénotype représente l'aspect externe de l'individu, c.-à-d. le caractère héréditaire qui apparaît sur l'individu. Alors que le génotype représente les allèles portés par un individu à phénotype donné.

Exemple : on considère un gène R responsable de la couleur des poils chez un type des oiseaux, le gène R est représenté par deux allèles : allèle R responsable de la couleur rouge et l'allèle r récessif responsable de la couleur blanc. Le phénotype d'un individu à poils blanc est représenté de cette manière : [r], cet individu est homozygote et porte l'allèle r sur les deux chromosomes homologues, son génotype est donc : r/r. Alors qu'un individu à poils rouge, son phénotype sera [R] et son génotype sera soit R/r (hétérozygote) ou R/R (homozygote).

### Etude des croisements

#### Comment détecter le type d'hybridisme ?

L'hybridisme représente le nombre des gènes (ou des allèles) étudiés dans un croisement donné. Le monohybridisme c'est l'étude d'un couple des allèles du même gène, alors que le dihybridisme est l'étude de deux couples des allèles portés sur deux gènes différents du même chromosome ou des chromosomes différents.

Exemple :

Monohybridisme	Dihybridisme
Un croisement entre un mâle de drosophile à yeux rouges avec une femelle à yeux bruns.	Un croisement entre un mâle de drosophile à yeux rouges et ailes longues et une femelle à yeux bruns et ailes courtes.

#### Comment détecter la dominance et la récessivité et la codominance ?

Dans le cas de croisement de deux lignées pures, les descendants prennent le phénotype d'un des parents, l'allèle exprimé chez les descendants est dominant alors que celui de l'autre parent (non exprimé) est récessif. Généralement, si un allèle est exprimé chez les parents et absent chez les descendants, ou l'inverse, il est récessif.

Chapitre 4	Nature et mécanisme de l'expression du matériel génétique – Transfert de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée.	Pr. ELFIOUT Abderrahmane
------------	--	--------------------------

<b>Exemple 1</b> : allèle exprimé chez les parents et absent chez les descendants.	<b>Exemple 2</b> : allèle exprimé chez les descendants et absent chez les parents.
Chez une race des souris, la couleur du corps est contrôlée par un gène représenté par deux allèles : l'allèle responsable de la couleur noir du corps et l'allèle responsable de la couleur blanc. Un croisement entre un individu de ligné pure à corps noir avec un individu de ligné pure à corps blanc a donné des descendants de couleur noir. ⇒ l'allèle responsable de la couleur noir (N) est dominant sur l'allèle responsable de la couleur blanc (b).	Chez une race des plantes, la couleur des fleurs est contrôlée par un gène représenté par deux allèles : l'allèle responsable de couleur rose et l'allèle responsable de couleur jaune. Un croisement entre deux individus de couleur rose à donner des descendants constituées de : - 72 plantes à couleur jaune. - 27 plantes à couleur rose. ⇒ l'allèle responsable de la couleur jaune (J) est dominant sur l'allèle responsable de la couleur rose (r).

Dans certains cas, les deux allèles d'un gène sont exprimés chez le même individu, ce qui traduit l'apparition d'un phénotype intermédiaire entre celles exprimés par les deux allèles, dans ce cas on parle de codominance.

Exemple : un croisement entre deux individus des souris, l'un est de couleur noir et l'autre blanc, les descendants sont constitués des souris de couleur gris. ⇒ L'allèle responsable de couleur noir (N) est en codominance avec l'allèle responsable de couleur blanc (B), le phénotype des descendants est [G] ou [NB] et leur génotype est : B//N.

Croisements	Résultats	
	Dominance absolu	Codominance
Croisement de deux individus de ligné pures de phénotype différents	F1 : 100% des individus de phénotype de l'un des parents.	F1 : 100% des individus de phénotype intermédiaire entre les phénotypes des parents.
Croisement entre les individus de F1 (F1 X F1)	F2 : 75% (3/4) des individus de phénotype dominant. 25% (1/4) des individus de phénotype récessif.	F2 : 50% (1/2) des individus de phénotype intermédiaire. 25% (1/4) des individus de phénotype de chaque parent.

### Comment détecter le gène lié au sexe ?

On dit qu'un gène est lié au sexe s'il est porté sur un chromosome sexuel. Les chromosomes sexuels diffèrent selon le sexe de l'individu, généralement le mâle porte deux chromosomes sexuels X et Y (hétérogamétie), et la femelle porte deux chromosomes XX (homogamétie). Cependant, chez plusieurs types des oiseaux la femelle est hétérogamétie et le mâle est homogamétie.

Il existe 3 signes indiquent qu'un gène étudié est lié au sexe :

- Le croisement réciproque donne des résultats différents du croisement « normal ».
- Les caractères sont réparties selon le sexe.
- Même si les parents sont de lignées pures, les descendants ne sont pas homogènes.

Exemple : Croisement 1 : entre deux chats de lignées pures, un mâle à couleur noir et une femelle à couleur jaune donne des descendants constitués des chats de couleur jaune.

Croisement 2 (réciproque) : entre deux chats de lignées pures, un mâle à couleur jaune et une femelle à couleur noire donne des descendants constitués de 50% chats mâles de couleur noire et 50% chats femelles de couleur jaune.

⇒ Le gène responsable de la couleur est lié au sexe (porté sur un chromosome sexuel).

### Comment détecter le gène léthal ?

Un gène léthal est un génotype qui conduit à la mort de l'individu qui lui porte avant la naissance. Dans ce cas les résultats d'un croisement entre deux individus de F1 (hybrides) donne : 2/3 des individus de phénotype dominant (au lieu de 3/4) et 1/3 des individus de phénotype récessif (au lieu de 1/3). Généralement, si ces résultats apparaissent, le gène léthal est le génotype homozygote dominant.

Exemple : un croisement entre deux oiseaux, un avec un bec long (L) et l'autre avec un bec court (c), donne des descendants de bec long. Le croisement entre deux descendants donne 64 individus à bec long et 32 individus à bec court.

⇒ Il existe un gène léthal qui est le génotype L//L.

### Comment savoir que deux gènes sont indépendants ou lié (cas de dihybridisme) ?

Dans le cas d'étude de deux gènes (deux couples des allèles) l'absence des phénotypes néoformés indique que les deux gènes sont liés (porté sur le même couple des chromosomes), alors que la présence des phénotypes néoformés (grâce au brassage inter-chromosomique) indique que les deux gènes sont indépendants (chaque gène est porté sur des couples de chromosomes différents).

Exemple :

Cas de deux gènes indépendants	Cas de deux gènes liés
<p>Croisement 1 : entre deux plantes une à fleurs rouge et tige longue et l'autre à fleurs jaunes et tige court, donne une génération F1 constitué des plantes à fleurs rouges et tige longue.</p> <p>Croisement 2 : entre deux plantes de génération F1, donne des descendant constitués de :</p> <p>58 (9/16) plantes à fleurs rouges et tige longue.            7 (1/16) plantes à fleurs jaunes et tige court.            18 (3/16) plantes à fleurs rouges et tige court.            20 (3/16) plantes à fleurs jaunes et tige longue.</p>	<p>Croisement 1 : entre des chiens noirs sans poils et des chiens blancs avec poils, donne F1 constitué de chiens blancs à poils.</p> <p>Croisement 2 : entre deux chiens de F1, donne une génération F2 constitué de :</p> <p>7 chiens de couleur blanche à poils.            3 chiens de couleur noire à poils.</p>

### Comment détecter la liaison partielle de deux gènes ?

Dans certains cas, même si les gènes sont liés on observe l'apparition des phénotypes néoformés mais avec des pourcentages faibles en comparaison avec les phénotypes parentales. Dans ce cas, les phénotypes néoformés sont produits grâce au brassage intra-chromosomique (crossing over).

Exemple : Croisement 1 : entre deux drosophiles, un avec des yeux brunes et des ailles courtes, et l'autre avec des yeux rouge et ailles longues, donne une génération F1 composée de 100% individus à yeux rouges et ailles longues.

Croisement 2 : entre les individus de F1, donne une génération F2 constitué de :

350 drosophiles à yeux rouge et ailles longues.

48 drosophiles à yeux rouges et ailles courtes.

402 drosophiles à yeux brune et ailles courtes.

37 drosophiles à yeux brune et ailles longues.

## ● Représentations ●

### Comment réaliser l'interprétation chromosomique d'un croisement ?

L'interprétation chromosomique représente des explications schématiques d'un croisement donné, elle doit être composée de :

- ✓ Phénotypes des parents.
- ✓ Génotypes des parents.
- ✓ Gamètes produits par chacun des parents.
- ✓ La fécondation.

### Comment déterminer le génotype d'un individu ?

Si l'individu est de phénotype récessif, il est obligatoirement homozygote et porte l'allèle récessif dans ses deux chromosomes homologue.

Si l'individu est de phénotype dominant, et l'un de ses parents ou de ses descendants porte le phénotype récessif, l'individu est hétérozygote et il porte à la fois l'allèle récessif et l'allèle dominant.

Si l'individu est de phénotype dominant et son croisement avec un individu de phénotype récessif n'a donné qu'à des individus de phénotype récessif, l'individus est homozygote et porte l'allèle dominant dans ses deux chromosomes homologues.

Si un individu est de phénotype dominant et aucun des cas précédents n'est disponible, on est besoin d'un croisement-test pour déterminer le phénotype de cet individu. Le croisement-test consiste à effectuer un croisement entre un individu de

génotype inconnu avec un individu récessif. Si ce croisement donne des descendants dont des individus récessifs, l'individu testé est hétérozygote, si non, il est homozygote.

Représentation des génotypes			
Cas du monohybridisme	Cas de dihybridisme : gènes indépendants.	Cas de dihybridisme : gènes liés.	Cas du gène lié au sexe
A ===== A	A B === === A B	A B ===== A B	$X^A X^A$ ou $X^A Y$

Remarque : le tableau représente le cas des allèles dominants chez des individus homozygotes, les mêmes représentations sont utilisées dans tous les autres cas.

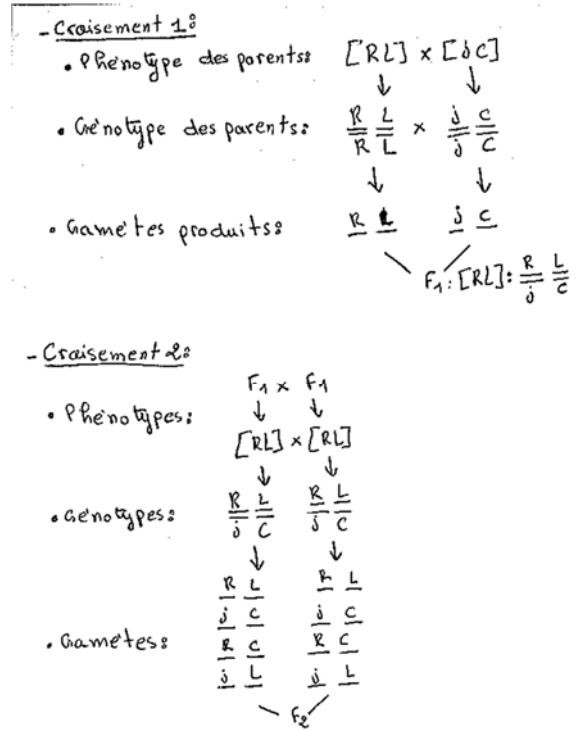
**Comment déterminer les gamètes produits par un individu ?**

Dans le cas du monohybridisme : l'individu homozygote produit un gamète porte l'allèle exprimé dans le phénotype, alors que l'individu hétérozygote produit 2 gamètes chacun porte un des allèles.

Dans le cas du dihybridisme et gènes indépendants ou deux gènes liés partiellement : l'individu homozygote produit un gamète porte les allèles exprimés dans le phénotype, et l'individu hétérozygote produit 4 gamètes : deux gamètes parentaux et deux néoformés.

Dans le cas du dihybridisme et gène liés : l'individu homozygote produit un gamète porte les allèles exprimés dans le phénotype, et l'individu hétérozygote produit 2 gamètes parentaux.

Exemple : interprétation chromosomique du dernier croisement (croisement des plantes, page précédente)



**Comment réaliser une grille de croisement (échiqier de croisement) ?**

L'échiqier de croisement est un tableau dans lequel on représente les gamètes produit par chacun des parents et les possibilités de la fécondation. Il permet la détermination des pourcentages théorique ou attendus d'un croisement donné.

Exemple : échiqier du croisement précédent.

	$\frac{R}{R} \frac{L}{L} \quad 1/4$	$\frac{R}{R} \frac{c}{c} \quad 1/4$	$\frac{j}{j} \frac{L}{L} \quad 1/4$	$\frac{j}{j} \frac{c}{c} \quad 1/4$
$\frac{R}{R} \frac{L}{L} \quad 1/4$	$\frac{R}{R} \frac{L}{L} [RL] \quad 1/16$	$\frac{R}{R} \frac{c}{c} [RL] \quad 1/16$	$\frac{j}{j} \frac{L}{L} [RL] \quad 1/16$	$\frac{j}{j} \frac{c}{c} [RL] \quad 1/16$
$\frac{R}{R} \frac{c}{c} \quad 1/4$	$\frac{R}{R} \frac{L}{c} [RL] \quad 1/16$	$\frac{R}{R} \frac{c}{c} [RC] \quad 1/16$	$\frac{j}{j} \frac{L}{c} [RL] \quad 1/16$	$\frac{j}{j} \frac{c}{c} [RC] \quad 1/16$
$\frac{j}{j} \frac{L}{L} \quad 1/4$	$\frac{R}{j} \frac{L}{L} [RL] \quad 1/16$	$\frac{R}{j} \frac{c}{L} [RL] \quad 1/16$	$\frac{j}{j} \frac{L}{L} [jL] \quad 1/16$	$\frac{j}{j} \frac{c}{L} [jL] \quad 1/16$
$\frac{j}{j} \frac{c}{c} \quad 1/4$	$\frac{R}{j} \frac{L}{c} [RL] \quad 1/16$	$\frac{R}{j} \frac{c}{c} [RC] \quad 1/16$	$\frac{j}{j} \frac{L}{c} [jL] \quad 1/16$	$\frac{j}{j} \frac{c}{c} [jc] \quad 1/16$

$[RL]: 3/16$        $[RC]: 3/16$   
 $[jc]: 1/16$        $[jL]: 3/16$

**Comment réaliser la carte factorielle ?**

La carte factorielle représente la distance relative entre deux gènes portés sur le même chromosome (gène liée), la distance entre deux gènes est la somme des pourcentages des phénotypes néoformés en CMg.

Exemple : dans le dernier croisement (des drosophiles, page précédente) : % de phénotype « yeux rouge et ailles courtes » + % de phénotype « yeux brune et ailles longues » = 10,16%, donc la distance entre le gène responsable de la couleur des yeux et le gène responsable de la longueur des ailles est 10,16 CMg.

On prend : 1 Cm → 1 CMg :

