

# Comment la méiose et la fécondation distribuent les allèles



2

## Quand on ne sait pas !

### ■ Notion de gène et allèle

Un **gène** est une unité d'information contenue dans un fragment plus ou moins long d'ADN. Il code pour une protéine. La protéine codée par un gène intervient dans la réalisation d'un caractère.

Un gène occupe chez tous les individus d'une même espèce un emplacement très précis sur un chromosome, appelé **locus**.

Un même gène peut exister sous différentes versions appelées **allèles**.

**EXEMPLE** Le gène qui est responsable de la forme des ailes chez la drosophile est situé sur le chromosome n° 2. Selon la version du gène, la forme des ailes (le phénotype) sera différente (aile longues, ailes vestigiales).

Le gène	Les différentes versions du gène	Phénotype associé
Gène responsable de la forme des ailes	<ul style="list-style-type: none"><li>• Allèle L</li><li>• Allèle vg</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ailes longues</li><li>• Ailes vestigiales (courtes)</li></ul>

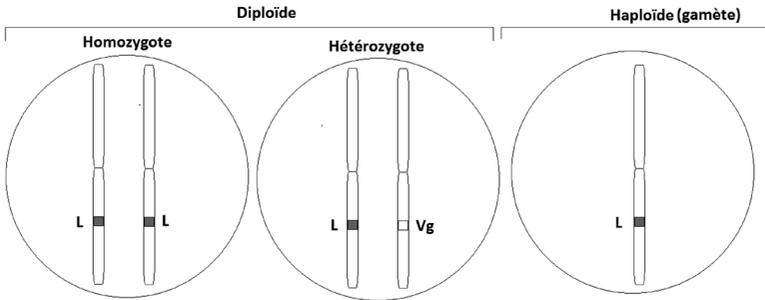
### ■ Diploïdes, haploïdes et génotype

▶ Le **génotype** désigne l'équipement allélique de la cellule. Dans une cellule **diploïde**, les gènes sont en double exemplaire (un gène sur chaque chromosome homologue (d'une même paire)).

Plusieurs cas sont possibles :

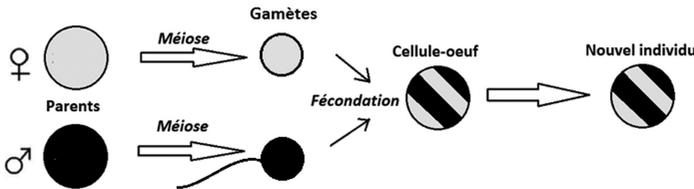
- si l'individu est **homozygote**, il possède les deux mêmes versions du gène (exemple : L//L),
- s'il est **hétérozygote**, il possède deux allèles différents du gène (exemple : L//vg).

- ▶ Dans une cellule **haploïde** (les gamètes), le gène n'est présent qu'en un seul exemplaire (donc un seul allèle) puisqu'il n'y a qu'un seul lot de chromosomes.



■ **La reproduction sexuée donne naissance à des individus de la même espèce mais génétiquement différents.**

Les chromosomes portent les gènes. La méiose et la fécondation, en distribuant et recombinant les chromosomes, brassent les allèles et produisent une infinité de combinaisons alléliques. Elles sont à l'origine de la **diversité génétique des individus** au sein de l'espèce.



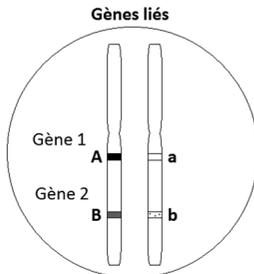
■ **Gènes liés et gènes indépendants**

- ▶ Les gènes sont dits liés lorsqu'ils sont portés par la même paire de chromosomes.
- ▶ Les gènes sont dits indépendants lorsqu'ils sont portés par des paires de chromosomes différents.

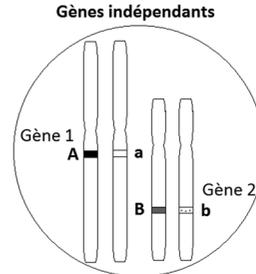
**EXEMPLE** Prenons un individu **hétérozygote** pour 2 gènes (gène 1 et ses deux versions alléliques A, a ; gène 2 et ses deux versions alléliques B, b).

Gènes étudiés	Allèles correspondants
Gène 1	Allèle A Allèle a

Gènes étudiés	Allèles correspondants
Gène 2	Allèle B Allèle b



Une seule paire de chromosomes homologues

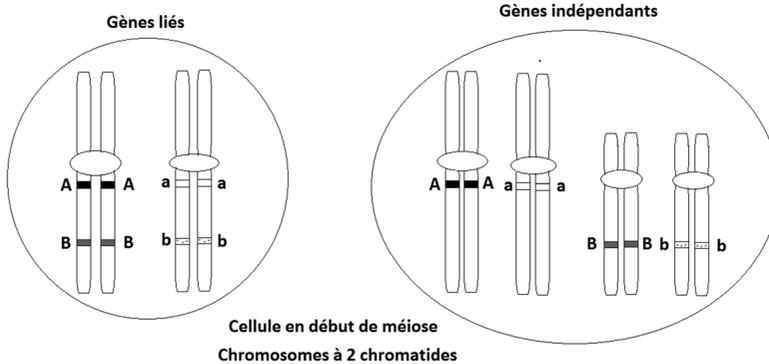


Deux paires de chromosomes homologues

Dans le cas des gènes liés, on doit suivre une seule paire de chromosomes. Dans le cas des gènes indépendants, on doit suivre deux paires de chromosomes.

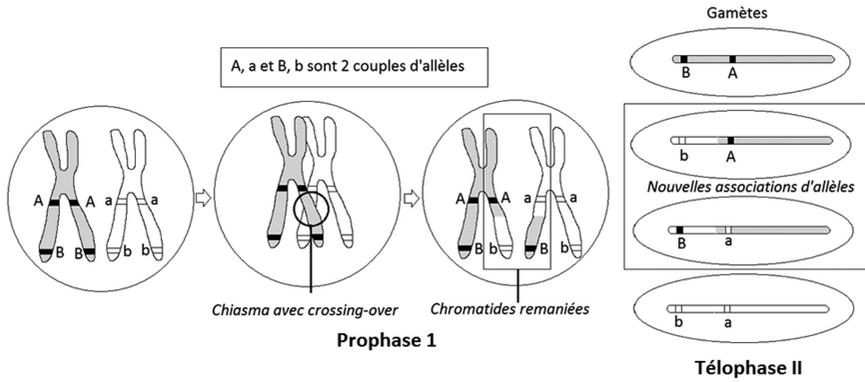
Attention ! En début de méiose, les chromosomes dupliqués ont deux **chromatides identiques**. Les deux chromatides d'un même chromosome portent donc les mêmes allèles.

Étudions comment la méiose distribue les chromosomes aux gamètes :



### ■ Le mécanisme qui mélange les gènes liés

Lors de l'appariement des chromosomes homologues en prophase 1, des échanges de fragments de chromatides entre les chromosomes homologues peuvent se produire au niveau des chiasmata. C'est le **crossing-over**.



Au départ l'allèle A est associé à l'allèle B et l'allèle a à l'allèle b.

S'il y n'avait pas eu de crossing-over, ils seraient restés associés dans les gamètes. Il n'y aurait eu aucun mélange des allèles.

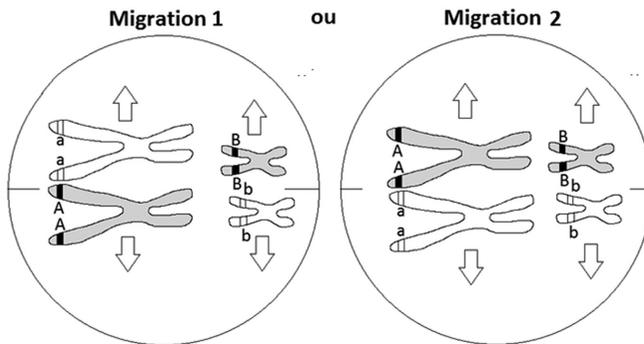
Grâce au crossing-over, de nouvelles combinaisons d'allèles se constituent au niveau des chromatides dites remaniées : l'allèle A se retrouve associé à l'allèle b et l'allèle a avec l'allèle B. Le crossing-over a mélangé ou brassé les allèles.

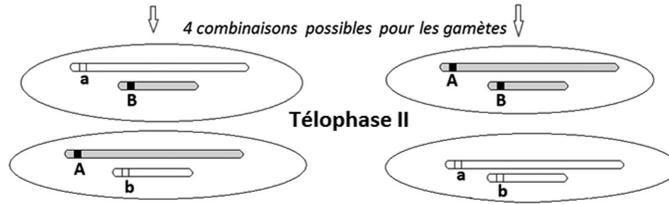
On parle de brassage intrachromosomique car il se réalise à l'intérieur du chromosome. Il se produit durant la prophase I de méiose.

### ■ Le mécanisme qui mélange les gènes indépendants lors de la méiose

Lors de l'anaphase 1, les chromosomes de chaque paire se séparent et migrent de façon aléatoire et indépendante vers l'un ou l'autre des deux pôles.

Migrations possibles lors de l'anaphase I





Grâce à ce phénomène, on obtient 4 combinaisons possibles d'allèles.

On parle de brassage interchromosomique, car il se réalise entre chromosomes de paires différentes. Il se produit lors de l'anaphase I de la méiose

■ **Le brassage lors de la fécondation**

Les combinaisons génotypiques aléatoires obtenues lors de la fécondation peuvent être comptabilisées en réalisant toutes les rencontres possibles d'un gamète mâle et d'un gamète femelle, sous la forme d'un tableau à double entrée, appelé **échiquier de croisement**.

**EXEMPLE** Prenons deux parents hétérozygotes pour les gènes 1 et 2. Chaque parent produit par les mécanismes de brassage expliqués ci-dessus, 4 gamètes génotypiquement différents : A, B / a, b / A, b / a, B.

		Génotypes du gamète femelle			
		A, B	a, b	A, b	a, B
Génotypes du gamète mâle	A, B	AB//AB	ab//AB	Ab//AB	aB//AB
	a, b	AB//ab	ab//ab	Ab//ab	aB//ab
	A, b	AB//Ab	ab//Ab	Ab//Ab	aB//Ab
	a, B	AB//aB	ab//aB	Ab//aB	aB//aB

En associant, par le fruit du hasard seul, deux génotypes issus de deux parents différents, la fécondation crée de nouvelles combinaisons alléliques. C'est un processus amplificateur de la diversité génétique.

## Que faire ?

Être capable de montrer la diversité des gamètes formés à partir d'une cellule initiale dont le génotype est imposé et dont les gènes sont liés ou indépendants.

## Conseils

Éviter les sources d'erreur les plus fréquentes :

### ■ Erreur 1 : placer de façon incorrecte les gènes et allèles

Un gène occupe un locus (emplacement sur le chromosome) bien précis. Les allèles d'un même gène sont donc toujours positionnés sur le même locus.

Par contre, on ne peut mettre deux allèles appartenant à des gènes différents sur le même locus.

### ■ Erreur 2 : faire des chromatides différentes en début de méiose

Ne pas oublier qu'avant d'entrer en méiose, les chromosomes sont à une chromatide. En début de méiose, les chromosomes se dupliquent donnant deux chromatides parfaitement identiques. On a donc les mêmes allèles sur chaque chromatide.

## Exemple traité

Le professeur donne à l'élève A, le sujet suivant :

Montrer que la méiose produit une diversité génétique de gamètes.

*Consigne. Prendre un individu hétérozygote et se limiter à deux gènes situés sur deux paires de chromosomes, en utilisant les couples d'allèles A, a et B, b.*

Il donne à l'élève B, un sujet différent :

Montrer que la méiose produit une diversité génétique de gamètes.

*Consigne. Prendre un individu hétérozygote et se limiter à deux gènes situés sur la même paire de chromosomes, en utilisant les couples d'allèles A, a et B, b.*

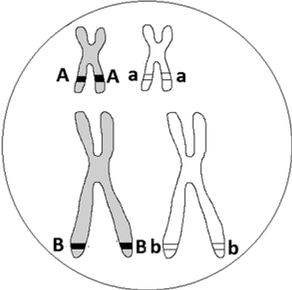
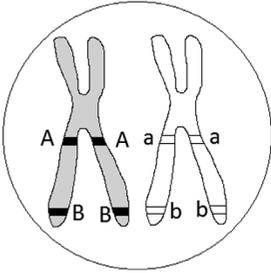
- 1 Réaliser le schéma de la cellule hétérozygote en début de méiose pour chaque cas, en respectant les consignes.
- 2 Préciser le type de brassage qui sera illustré dans chaque cas.

► SOLUTION

L'élève A doit traiter le cas de deux gènes indépendants (portés par deux paires de chromosomes différents). Il lui faut donc représenter une cellule à  $2n = 4$ .

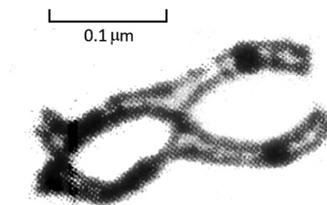
L'élève B doit traiter le cas de deux gènes liés (sur la même paire de chromosomes). Il lui suffit de représenter une cellule à  $2n = 2$ .

Dans les deux sujets, on part d'un individu hétérozygote.

	Élève A	Élève B
Gènes	Indépendants	Liés
Génotype de l'hétérozygote	$\left( \begin{array}{c} \underline{A} \quad \underline{B} \\ a \quad b \end{array} \right)$	$\left( \begin{array}{c} \underline{A B} \\ a b \end{array} \right)$
Schéma possible de la cellule en début de méiose		
Brassage concerné	Interchromosomique	Intrachromosomique

**Exercices**

**EXERCICE 2.1** La photographie montre deux chromosomes homologues durant une étape de la méiose, la prophase I.



☞ Extrait du sujet bac S. 2007. Amérique du Sud

- 1 Interpréter schématiquement la position des deux chromosomes.
- 2 Pourquoi cette étape est-elle particulièrement importante pour expliquer le brassage allélique lors de la méiose ?

**EXERCICE 2.2** Le jeu de cartes, une analogie pour comprendre comment la méiose crée une diversité de combinaisons génotypiques.

Soit le jeu suivant :



**Au niveau chromosomique**, chaque carte représente un chromosome. Les chromosomes homologues correspondent aux cartes ayant la même valeur.

**Au niveau génique**, les deux cartes de gauche portent le gène « roi » sous deux versions alléliques différentes : trèfle ou carreau,

Les deux cartes de droite portent le gène « dame » sous deux formes alléliques différentes : cœur ou pique

**Quelles sont les combinaisons alléliques produites par le brassage interchromosomique ?**

**EXERCICE 2.3** Voir sujet de synthèse de la fiche 33.

## Pour vous aider à démarrer

### EXERCICE 2.1

Réviser la méiose et observer les phénomènes qui se produisent lors de la prophase I.

Schématiser les chromosomes en repérant le centromère. Identifier les zones remarquables.

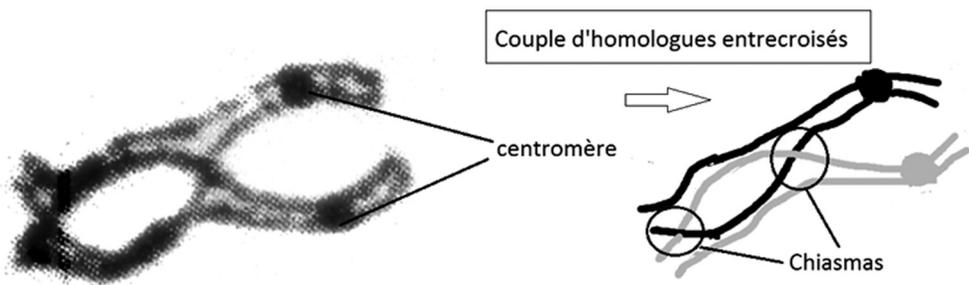
### EXERCICE 2.2

Se rappeler que  $n$  correspond à un seul lot (un roi et une reine). Utiliser les connaissances sur la méiose pour trouver les différentes combinaisons.

## Solutions des exercices

### EXERCICE 2.1

Puisqu'on est en prophase I, les chromosomes homologues sont appariés et entrelacés (chiasmata). Au niveau des chiasmata, des échanges de chromatides peuvent se produire entre les chromatides des chromosomes homologues (crossing-over).



Lors d'un crossing-over, il peut donc se former des chromatides remaniés qui portent de nouvelles combinaisons d'allèles.

### EXERCICE 2.2

Le brassage interchromosomique se réalise lors de l'anaphase I. Il consiste en la séparation aléatoire et indépendante des couples de chromosomes.

► **Ce qu'on doit retrouver obligatoirement dans chaque cellule-fille**

Une carte avec le roi et une carte avec la reine soit  $n = 2$ .

► **Ce qui est dû au brassage interchromosomique**

Cela donne les combinaisons suivantes : 4 combinaisons alléliques possibles :

