

GENETIQUE FORMELLE

# DIHYBRIDISME

Dr. BENSAFI-GHERAÏBIA  
Faculté de Médecine  
Université Badji Mokhtari-Annaba  
2015-2016

Le croisement de deux individus de races pures qui diffèrent par deux caractères est un cas de  
Dihybridisme

# Un problème à résoudre ?

Si dans un croisement entre lignées différentes, nous considérons la transmission de deux couples d'allèles (dihybridisme), deux hypothèses peuvent être envisagées:

**Hypothèse 1:** les deux couples sont portés par deux paires différents de chromosomes homologues (gènes indépendants)

**Hypothèse 2:** les deux couples sont portés par la même paire de chromosomes homologues en deux locus différents (gènes liés)

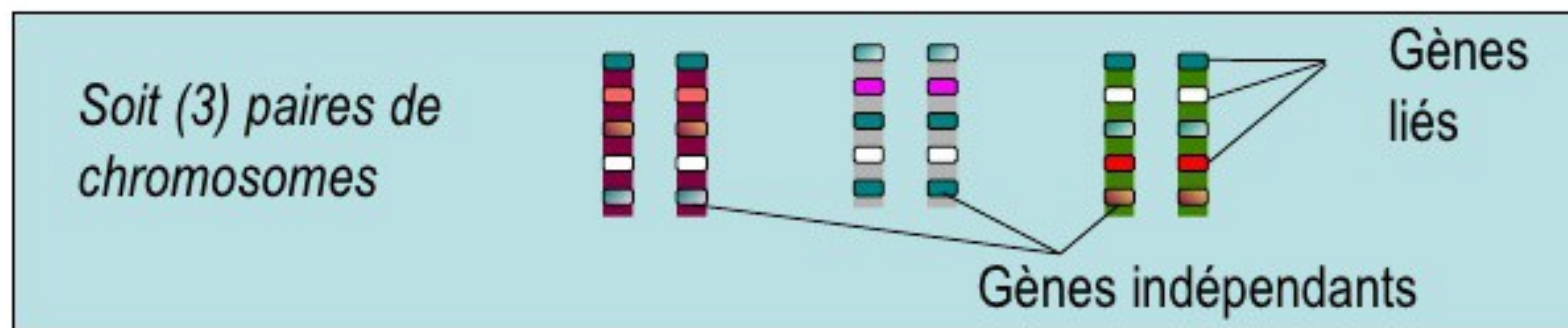
# 7. Comparaison des gènes indépendants et des gènes liés

## GÈNES INDÉPENDANTS

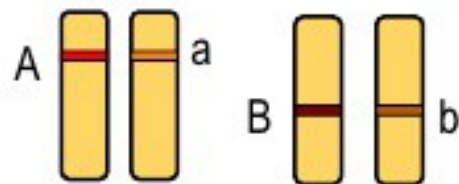
Tous les gènes qui sont sur les autres chromosomes, par rapport aux gènes d'un chromosome donné, sont indépendants.

## GÈNES LIÉS

Tous les gènes qui sont sur un même chromosome sont liés.

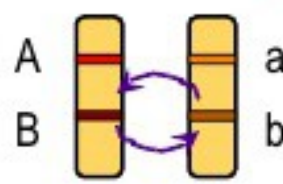


Les gènes indépendants se retrouvent en proportion égale dans les gamètes. (*À cause des assortiments indépendants des chromosomes homologues à la métaphase 1 de la méiose.*)



25% AB, 25% Ab, 25% aB, 25% ab

Les gènes liés se retrouvent en proportion inégale dans les gamètes. (*Parce que les gènes liés se séparent habituellement ensemble mais aussi par le fait qu'il se produit quelques enjambements au cours de la prophase 1 de la méiose.*)



Une majorité : AB et ab et une minorité : Ab et aB

# LES DIFFERENTS CROISEMENTS

## 1° CAS :

**Le brassage interchromosomique:**

les gènes ne sont pas liés (gènes indépendants)

(portés par des paires de chromosomes différents)

## 2° CAS :

**Le brassage intrachromosomique:**

les gènes sont liés

(portés par la même paire de chromosomes )

# Pourquoi la drosophile ?

Modèle de laboratoire

Elevage facile

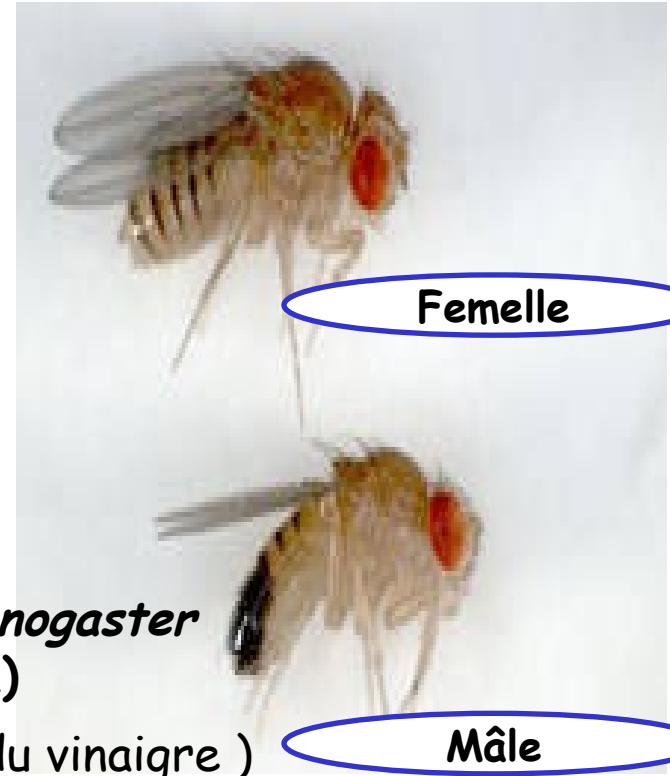
Cycle de vie très court

Génome séquencé



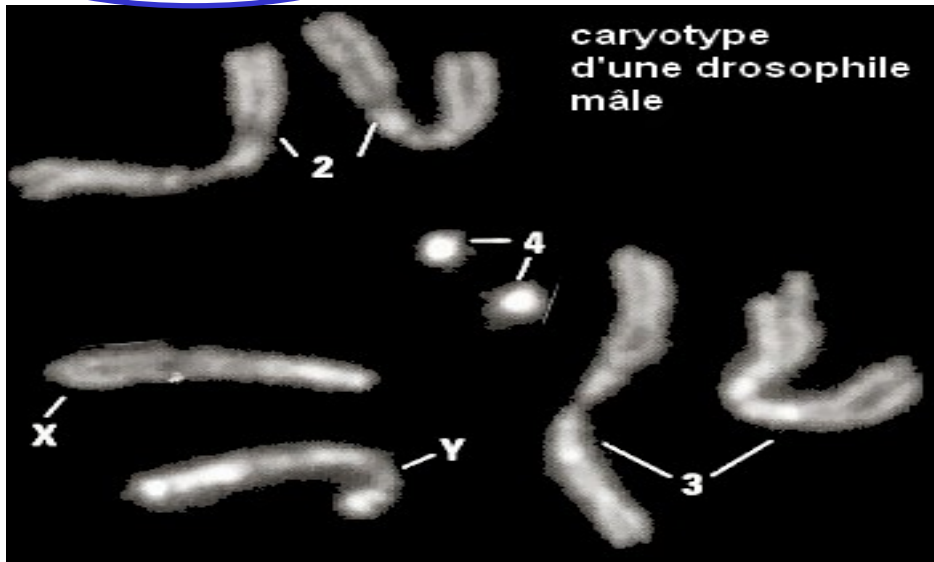
*Drosophila melanogaster*  
(Diptera)

(mouche du vinaigre)



Femelle

Mâle



caryotype  
d'une drosophile  
mâle

# 1° CAS : LA TRANSMISSION DES GENES NON LIES

## CHOIX DU COUPLE DE DROSOPHILES

On croise deux races pures de drosophiles  
Les croisements sont réalisés entre des drosophiles homozygotes pour les deux gènes étudiés.

Exemple :

- l'un des parents est de type sauvage (*ailes longues, corps gris*)
- L'autre parent est de type muté (*ailes vestigiales, corps ebony*)

# Expérience: Croisement de drosophiles présentant deux « différences » héréditaires

Choix du premier gène :

longueur des ailes

le couple d'allèles  
étudié est donc:

1° allèle : longues

2° allèle : vestigiales

Choix du second gène :

couleur du corps

le couple d'allèles  
étudié est donc:

1° allèle : gris

2° allèle : ebony (noir)

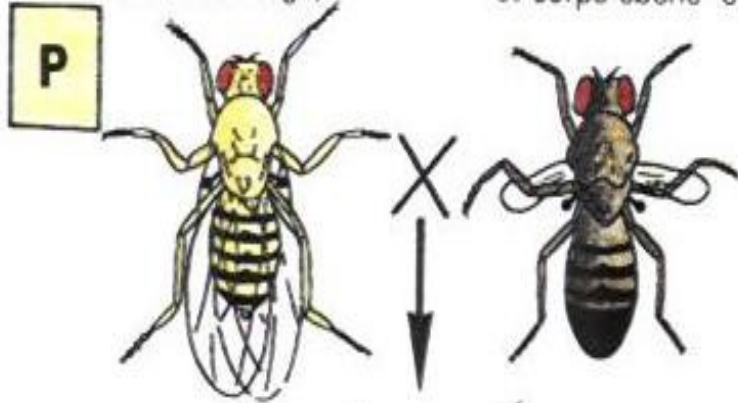
**RAPPEL:** Allèles = différentes formes possibles d'un gène occupant la même position (locus) sur des chromosomes homologues.



### Premier exemple

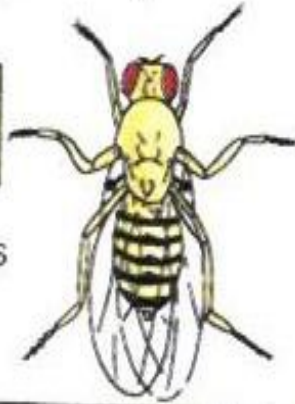
drosophiles  
à ailes longues L  
et corps gris G  
(souche sauvage)

drosophiles  
à ailes vestigiales v  
et corps ébène e



F<sub>1</sub>

hybrides



100% de  
drosophiles  
de phénotype :  
ailes longues L  
corps gris G  
(autant de ♂  
que de ♀)

# Quel est le génotype des hybrides F1?

Les hybrides F1 [L,G] peuvent avoir pour génotype

- soit ils sont homozygotes dominants

(L L, G G) ou (L // L, G // G)

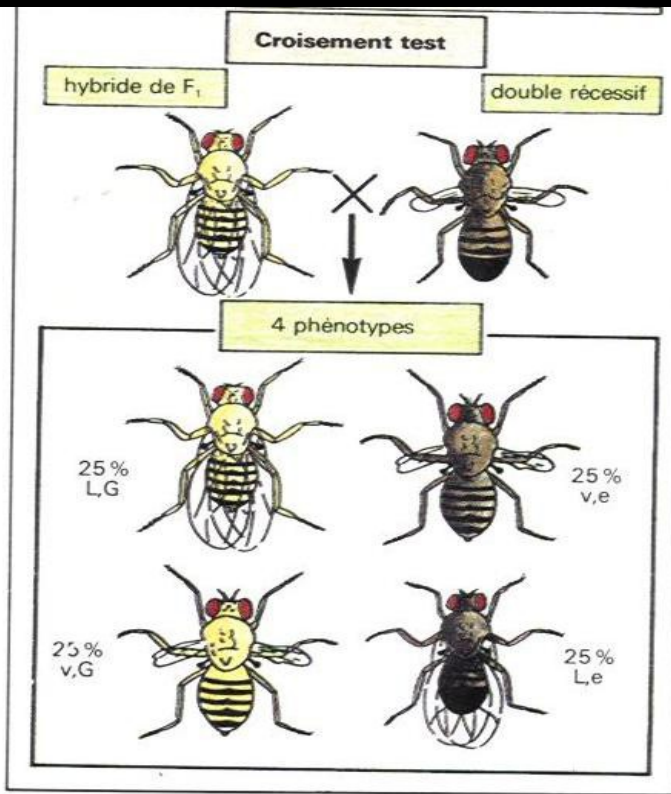
- soit ils sont hétérozygotes

(L vg, G e) ou (L // vg, G // e)

Pour le déterminer il faut réaliser un croisement appelé **TEST- CROSS** (croisement -test)

On réalise un croisement -test ou test -cross :

C'est le croisement d'un individu **HYBRIDE F1** avec un individu **HOMOZYGOTE RÉCESSIF**



**2** Croisements de drosophiles présentant deux « différences » héréditaires. Émettez des hypothèses pour expliquer la présence de quatre phénotypes à la génération F<sub>2</sub> obtenue par croisement-test (croisement entre un hybride et un individu de souche récessive).

Dans la descendance il y a: - **deux phénotypes identiques à ceux des parents** que l'on dit de *type parental*

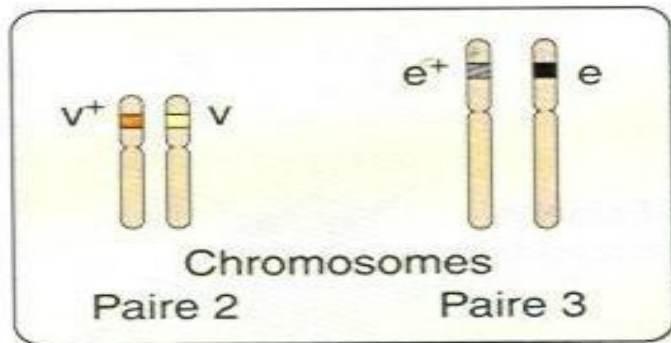
- **deux nouveaux phénotypes** que l'on dit de *type recombiné*

- 253 drosophiles sauvages ailes longues et corps gris  
soit **25%**

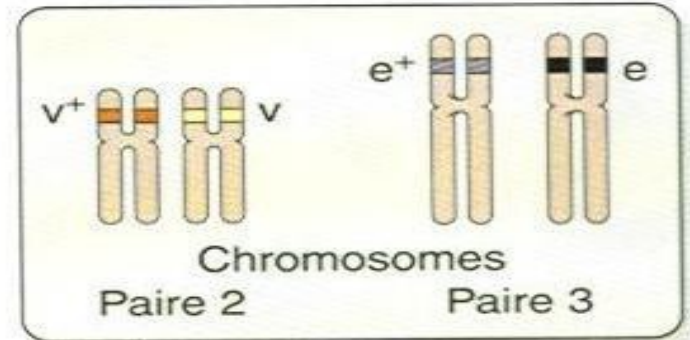
- 248 drosophiles mutantes aux ailes vestigiales et au corps ebony : soit **25%**

- 251 drosophiles aux ailes longues et au corps ebony  
soit **25%**

- 249 drosophiles aux ailes vestigiales et au corps gris  
soit **25%**



Réplication  
→  
(interphase  
pré-méiotique)



**d** **Génotype d'une mouche hétérozygote** pour chacun des deux gènes. On a représenté seulement les chromosomes concernés.

# Échiquier du croisement -test

Quatre combinaisons géniques équiprobables pour les gamètes de l'hybride F<sub>1</sub>

25 % G, L

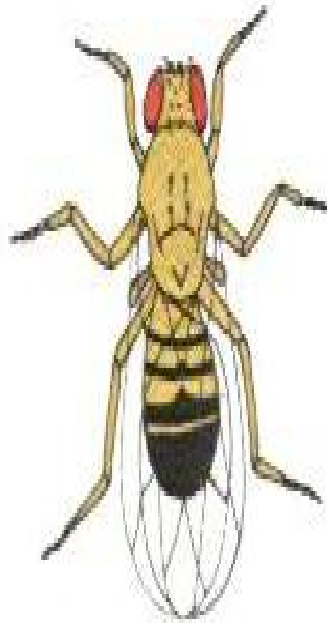
25 % e, v

25 % e, L

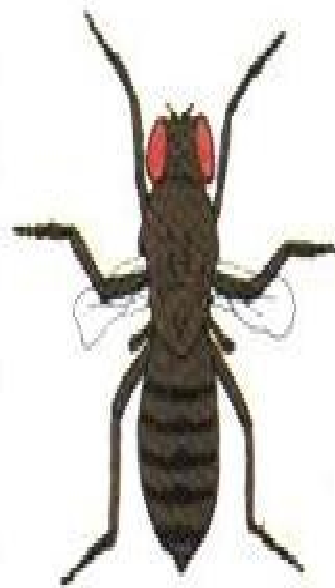
25 % G, v

← Gamètes

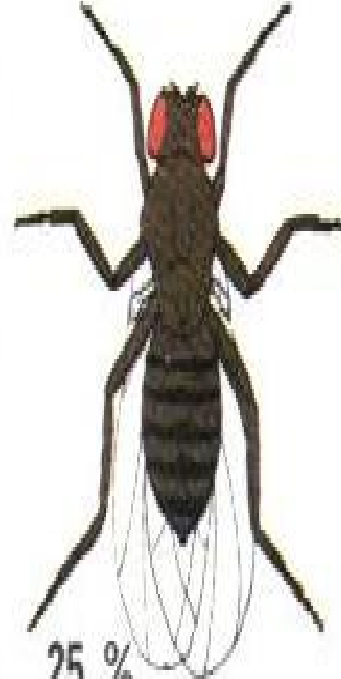
Phénotypes  
et  
fréquences  
observés  
dans la  
F<sub>2</sub>



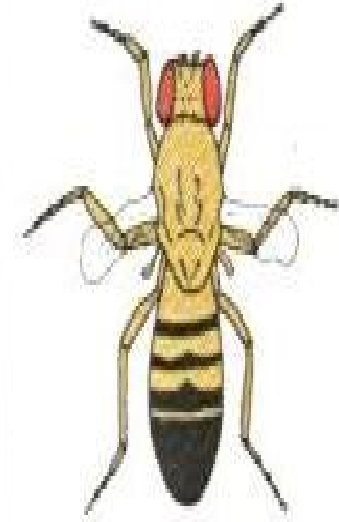
25 %



25 %



25 %



25 %

100 %  
e, v

une seule combinaison  
génique pour les gamètes  
du parent double récessif

Génotypes

$$\frac{G, L}{e, v}$$

$$\frac{e, v}{e, v}$$

$$\frac{e, L}{e, v}$$

$$\frac{G, v}{e, v}$$

F<sub>2</sub> = croisement test = test-cross

# Quelques rappels importants

Un organisme **diploïde** possède **deux allèles** d'un gène dans toutes ses cellules

Ces deux allèles sont **identiques** si l'organisme est de **lignée pure (= homozygote)** différents s'il est hétérozygote

Un **gamète** ne renferme qu'un **seul allèle** de chaque gène

Un individu **récessif** pour un caractère déterminé est obligatoirement **homozygote** pour ce caractère et ne fabrique qu'un seul type de gamètes

## Conclusion 1

\*Lorsque les résultats du test-cross donnent quatre phénotypes avec des proportions de 4 fois 25%

\*les gènes sont indépendants c'est-à-dire portés par deux paires de chromosomes différents

\*il y a eu brassage interchromosomique soit une répartition aléatoire et indépendante des paires de chromosomes à l'anaphase de première division de méiose



## 2ème CAS : LA TRANSMISSION DES GENES LIES



**a** Drosophile mâle, yeux marrons, ailes échancrées (1) et Drosophile femelle, yeux rouges, ailes normales (2).

Ailes échancrées:  $\acute{e}$   
Yeux marrons:  $m$



Ailes longues:  $L$   
Yeux rouges:  $R$

# Premier croisement

- On obtient 100% d'hybrides F1 de phénotype ailes longues et yeux rouges

on peut donc en déduire les caractères

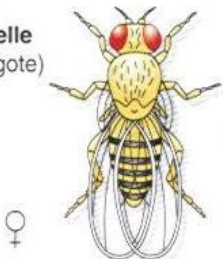
**dominants** : ailes longues: L

yeux rouges: R

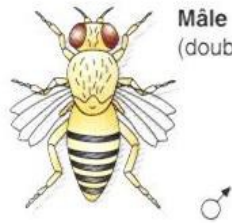
**récessifs** : ailes échancrées: é

yeux marrons: m

Femelle  
(hétérozygote)

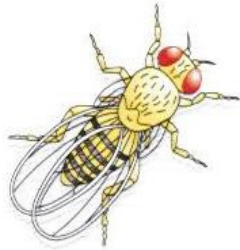


Mâle  
(double récessif)



[yeux rouges, ailes longues]

[yeux marrons, ailes échancrées]



[yeux rouges, ailes longues]



[yeux marrons, ailes longues]







[yeux rouges, ailes échancrées]



[yeux marrons, ailes échancrées]

**b** Croisement entre un hétérozygote et un homozygote récessif.

Œil rouge et ailes normales	Œil rouge et ailes échancrées	Œil marron et ailes normales	Œil marron et ailes échancrées
			
410	111	109	400

C **Phénotypes et nombre de descendants** issus du croisement entre une Drosophile femelle hétérozygote et un mâle homozygote récessif.

# Caractères dominants et récessifs deux conventions d'écriture

Ancienne convention

Nouvelle convention

Dominant

L , R

é+ , m+

Récessif

é , m

é , m

# Calcul des pourcentages

- 410 drosophiles aux ailes longues et yeux rouges  
soit: 39,80 %

Phénotype parental [ L,R ]

- 400 drosophiles aux ailes échancrées et yeux marrons  
soit: 38,83 %

Phénotype parental [ é,m ]

- 111 drosophiles aux ailes échancrées et yeux rouges  
soit: 10,77 %

Phénotype recombiné [ é,R ]

- 109 drosophiles aux ailes longues et yeux marrons  
soit: 10,58 %

Phénotype recombiné [ L,  
m ]

# Analyse des résultats

- 78,63% de phénotypes parentaux [ L,R ] et [ é,m]
- 21,35% de phénotypes recombinés [ L,m] et [ é, R]

Les résultats ne sont donc pas ceux du premier cas :  
4 fois 25%

## MAIS

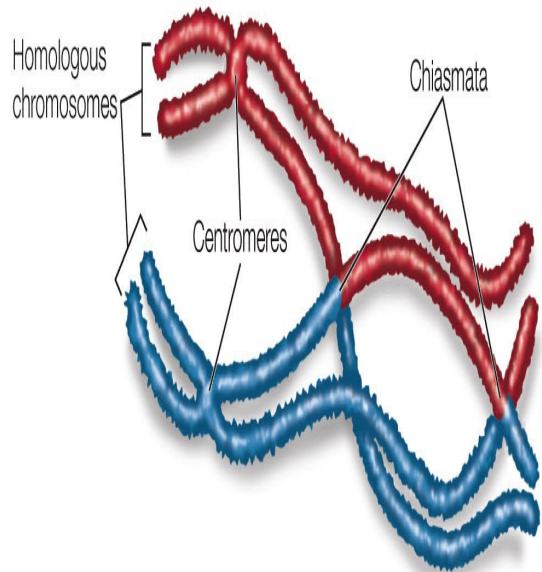
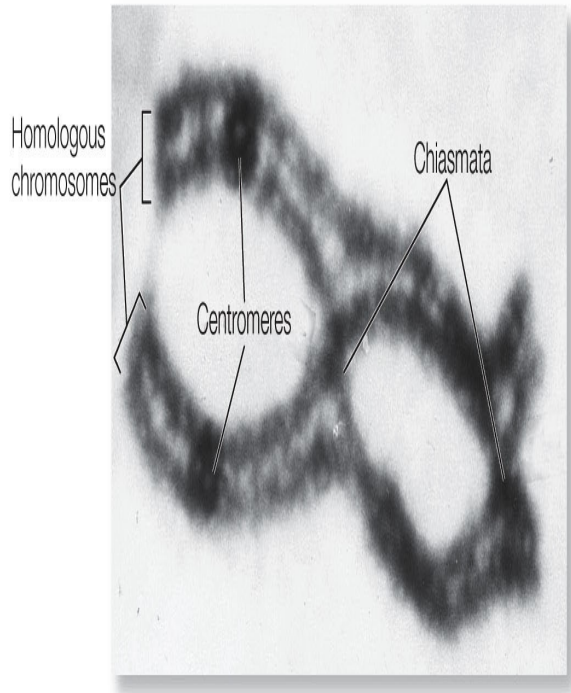
- une majorité de phénotype « parental »  
ex ici : 78,63%
- une minorité de phénotype « recombiné »  
ex ici : 21,35%

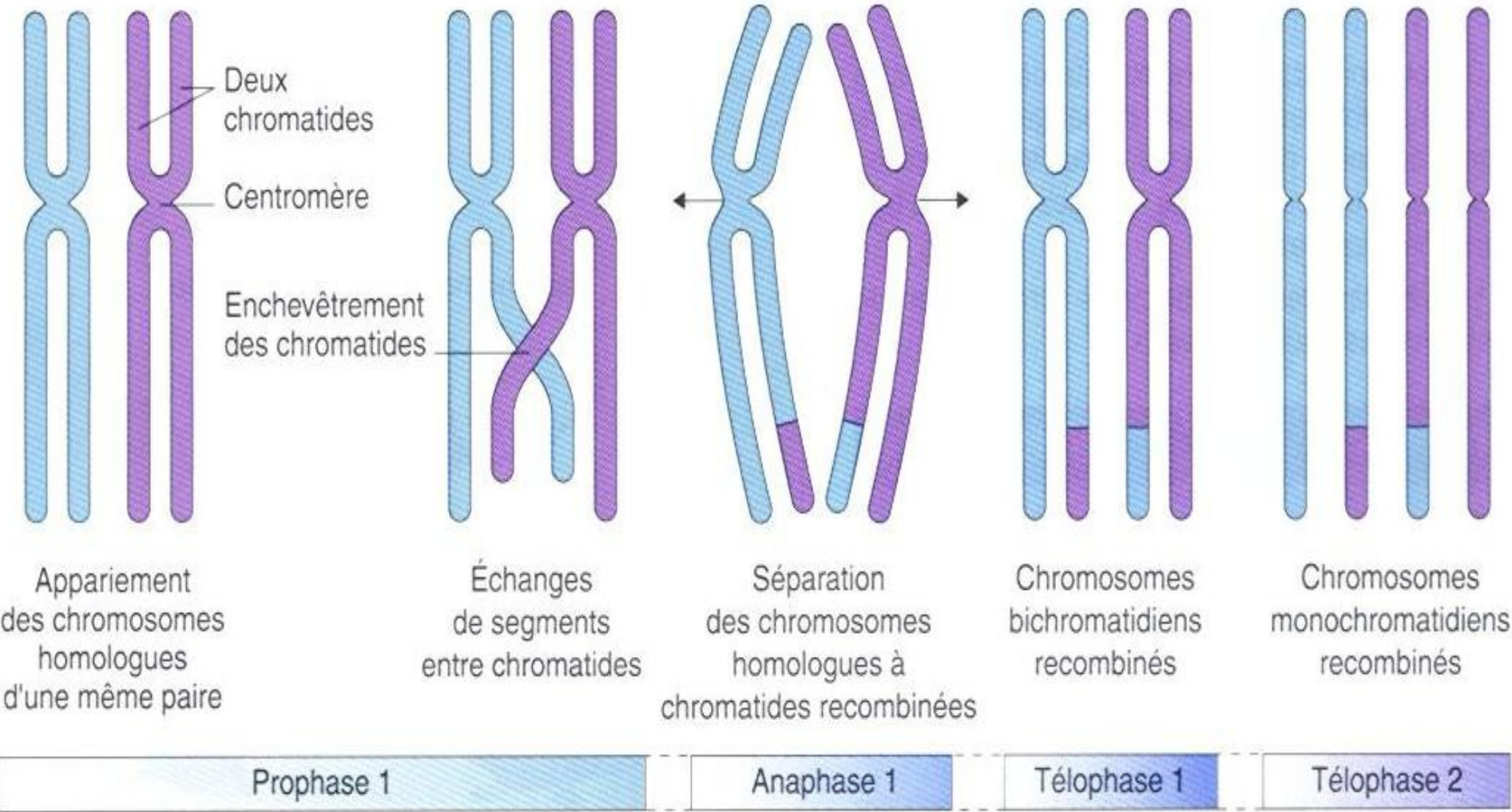
Le **croisement-test** montre que les 4 types de gamètes produits par les hybrides F1 ne sont pas équiprobables

- Deux combinaisons géniques sont prédominantes (type parental)
- Deux combinaisons géniques sont minoritaires (type recombiné)

Ceci ne peut s'expliquer que par l'existence des **enjambements** ou **crossing-over** lors de la prophase 1 de la méiose



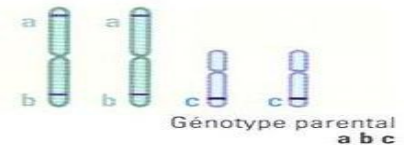
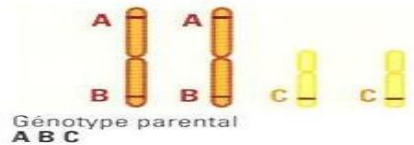






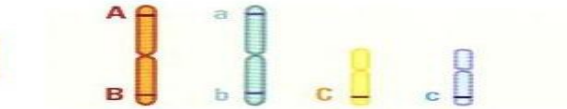
# Le brassage génétique

**PARENTS**



**F1**

Cellule-mère des gamètes

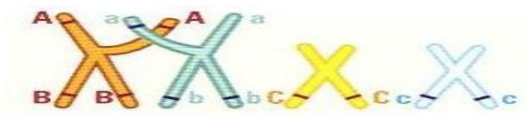


Réplication de l'ADN



Crossing-over en prophase I de méiose

**BRASSAGE INTRACHROMOSOMIQUE**

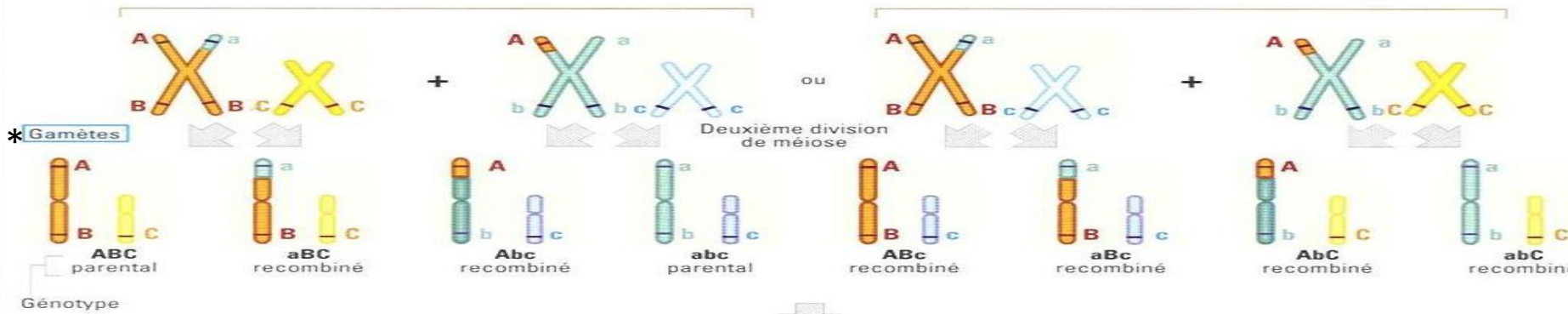


Fin de la prophase I de méiose (Chromosomes remaniés)



Métaphase I - Anaphase I de la méiose

**BRASSAGE INTERCHROMOSOMIQUE**



\*Cellules issues des 2 brassages

Amplification du brassage génétique par réunion au hasard des gamètes lors de la fécondation

# Résultat d'une fécondation croisant deux hybrides F1 soit $F1 \times F1 = F2$

♀ \ ♂	(G, L) 1/4	(G, v) 1/4	(e, L) 1/4	(e, v) 1/4
(G, L) 1/4	(G/G, L/L) 1/16	(G/G, v/L) 1/16	(e/G, L/L) 1/16	(e/G, v/L) 1/16
(G, v) 1/4	(G/G, L/v) 1/16	(G/G, v/v) 1/16	(e/G, L/v) 1/16	(e/G, v/v) 1/16
(e, L) 1/4	(G/e, L/L) 1/16	(G/e, v/L) 1/16	(e/e, L/L) 1/16	(e/e, v/L) 1/16
(e, v) 1/4	(G/e, L/v) 1/16	(G/e, v/v) 1/16	(e/e, L/v) 1/16	(e/e, v/v) 1/16

F1 X F1



F2

Les résultats donnent pour les différents phénotypes des fréquences statistiques stables:

- Corps gris, ailes normales: 56,25 % soit 9/16
- Corps gris, ailes vestigiales: 18,75 % soit 3/16
- Corps ebony, ailes normales: 18,75 % soit 3/16
- Corps ebony, ailes vestigiales: 6,25 % soit 1/16

# Les lois de MENDEL

1 - Loi d'uniformité des hybrides de première génération (tous les hybrides F1 sont semblables les uns aux autres)

ex: 2 homozygotes différents  $AA \times aa$

F1 tous hétérozygotes identiques  $Aa$

# Les lois de MENDEL

2- Loi disjonction (ségrégation) des caractères en F2: les individus F2 sont différents les uns des autres (présentent plusieurs phénotypes)

ex: Croisement F1:  $Aa \times Aa$

F2 : 25% AA, 50% Aa, 25% aa



# Les lois de MENDEL

3- Loi d'indépendance des caractères:  
les phénotypes observés montrent que la  
disjonction s'est faite de manière  
indépendante pour les divers couples  
d'allèles