

III/ ségrégation de deux gènes autosomiques liés :

On croise deux races pures des souris l'une à poils **gris et lisse**, l'autre à poils **blancs et crépus**. Les individus obtenus, **tous semblables** sont à poils **gris et lisses**.

On croise les individus de la **F1** entre eux on obtient une **F2** composée de :

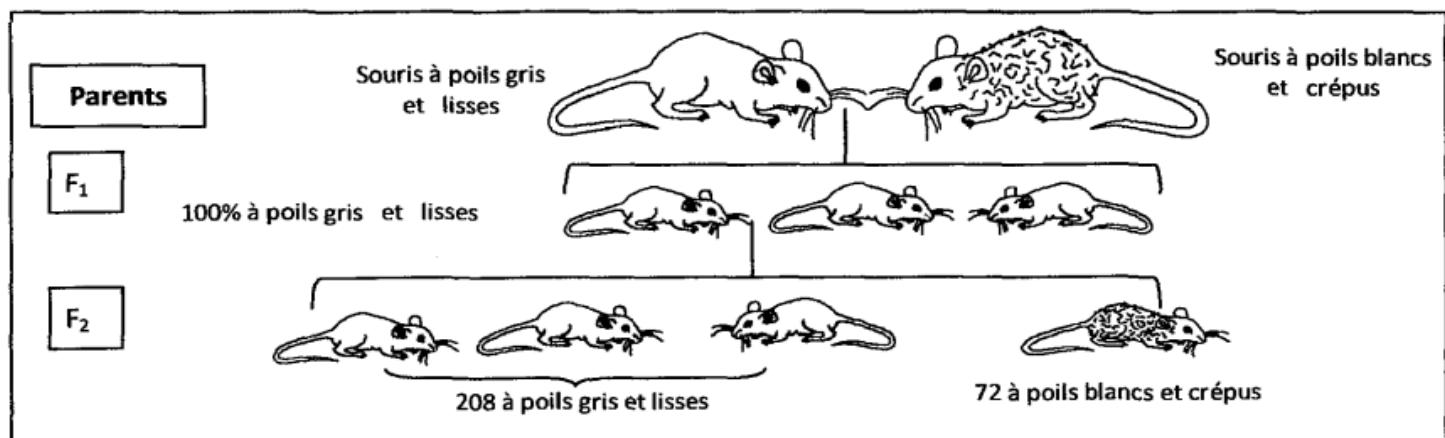
208 souris à poils gris et lisses.

72 souris à poils blancs et crépus

1/ que pouvez-vous en déduire de la F1?

2/ interprétez génétiquement les résultats de la F2.

3/ prévoyez la composition génétique et phénotypique d'un croisement d'un hybride F1 avec un double homozygote récessif et conclure.



1/ que pouvez-vous en déduire de la F1?

- ✖ Les souris croisées se diffèrent par deux caractères, la couleur et l'aspect du pelage.
c'est le cas de dihybridisme.
- ✖ La F1 est 100% homogène, donc **les parents** sont de **race pure**.

- La 1^{ère} loi de Mendel est vérifiée.
- ✖ la F1 est homogène et présente les caractères gris et lisses.

C'est le cas de dominance absolue.

- ✖ Donc la couleur grise domine la couleur blanche et l'aspect lisse domine l'aspect crépu.
- ✖ On considère les deux gènes suivants :

Le gène (G+, G) gouverne le caractère couleur de pelage avec G+>>G.

G+ couleur grise

G couleur blanche

Et le gène (L+, L) contrôle le caractère aspect de pelage avec L+>>L.

L+ aspect lisse

L aspect crépu

2/ interprétez génétiquement les résultats de la F2.

✗ Hypothèse 1:

Les deux caractères étudiés sont contrôlés par deux gènes autosomaux indépendants.

✗ Vérification:

Dans le cas de deux gènes indépendants avec dominance absolue pour les deux caractères, la F2 doit présenter 4 phénotypes (2 parentaux et 2 recombinés) avec les proportions 9,3,3,1.

Or ce n'est pas le cas, car la F2 présente que deux phénotypes parentaux.

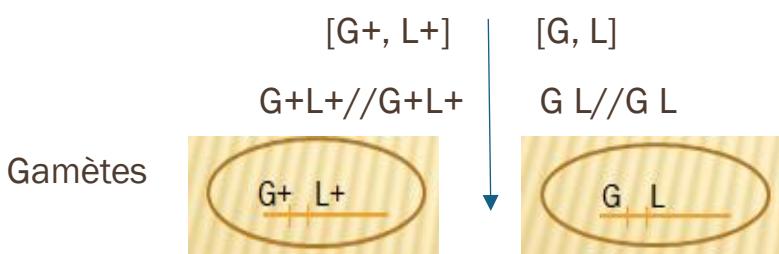
donc l'hypothèse à rejeter

✗ Hypothèse 2:

Les deux gènes sont liés par linkage absolu (la distance entre les deux gènes est pratiquement nulle.)

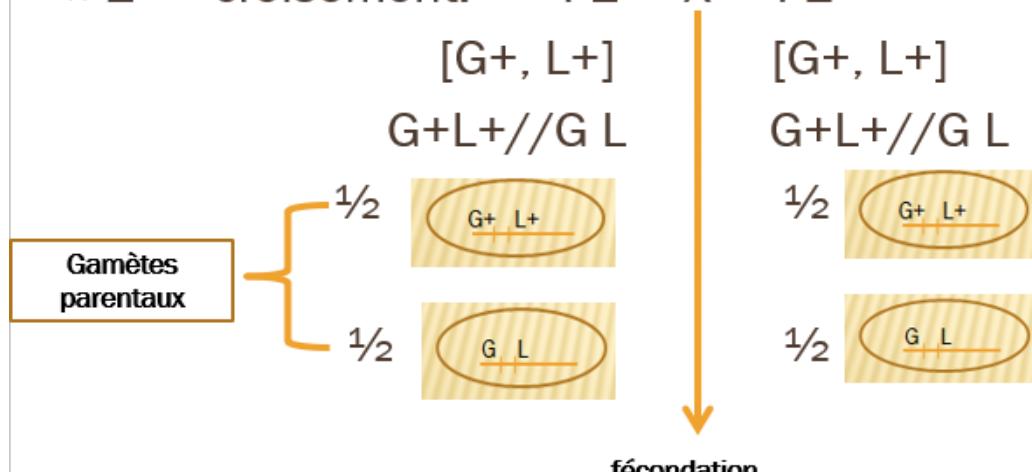
✗ Vérification génétique de l'hypothèse:

✗ 1^{er} croisement: P1 X P2



Fécondation F1 est 100% uniforme : [G+, L+] G+L+//G L

✗ 2^{ème} croisement: F1 X F1



	$\frac{1}{2}$ G+L+	$\frac{1}{2}$ GL
Echiquier	$\frac{1}{2}$ G+L+ $\frac{1}{4}$ G+L+//G+L+ [G+L+]	$\frac{1}{4}$ G+L+//GL [G+L+]
	$\frac{1}{2}$ GL $\frac{1}{4}$ G+L+//GL [G+L+]	$\frac{1}{4}$ GL//GL [GL]

F2: $\frac{3}{4}$ [G+, L+]
 $\frac{1}{4}$ [G, L]

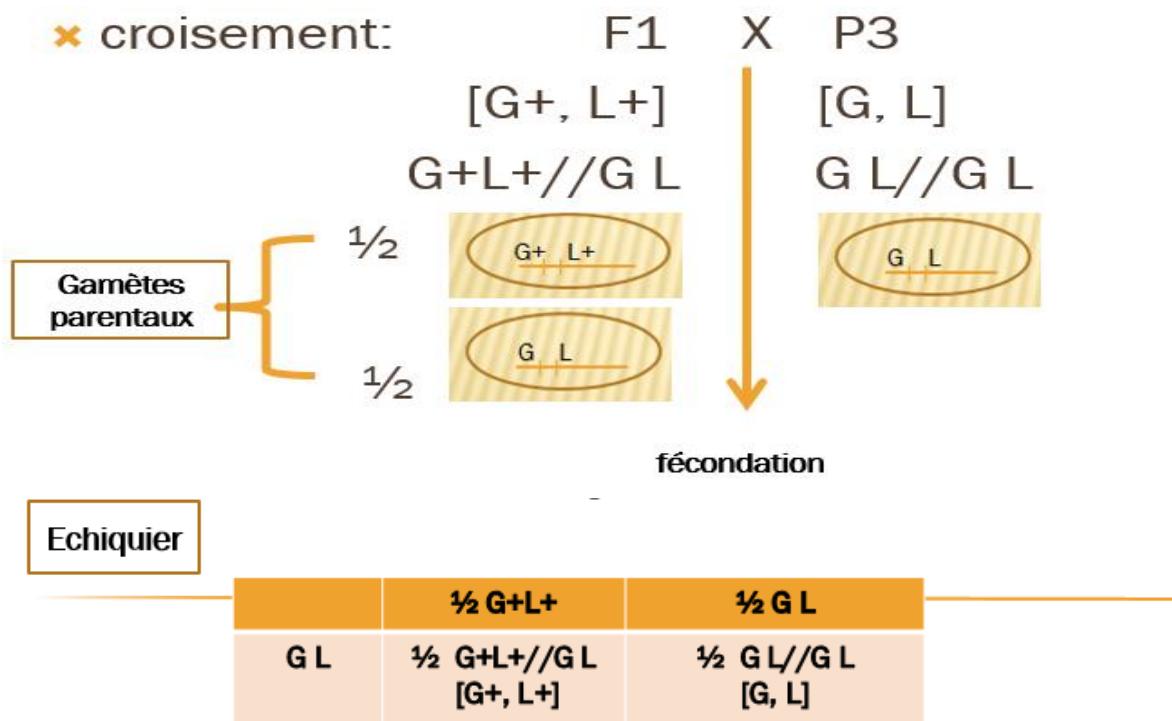
- Confrontation des résultats théoriques avec les résultats expérimentaux.

♦ Phénotype	♦ Résultats théoriques	♦ Résultats expérimentaux
♦ [G+, L+]	♦ $\frac{3}{4} = 0.75$	♦ $208/280=0.74$
♦ [G, L]	♦ $\frac{1}{4} = 0.25$	♦ $72/280=0.26$

- Les résultats pratiques sont en accord avec les résultats théoriques.
- dans le cas de linkage absolu, le taux de recombinaison égale à 0.

Donc l'hypothèse est confirmée et les deux gènes sont liés par linkage absolu.

3/ prévoyez la composition génétique et phénotypique d'un croisement d'un hybride F1 avec un double homozygote récessif et conclure.



Le résultat théorique du test cross est:

$\frac{1}{2}$ [G+, L+]; $\frac{1}{2}$ [G, L]

→ dans le cas de linkage absolu, le taux de recombinaison égale à 0, pas de crossing-over.

2/ cas de linkage partiel :

- ✖ On croise deux drosophiles, une **femelle** de phénotype **sauvage** et un **mâle au soies courtes et corps noir**. La **F1** a le phénotype **sauvage**.

1/ analysez ces résultats et **dégagez** des conclusions.

- ✖ Le croisement d'une **femelle** de **F1** avec un **mâle au soies courtes et corps noir** fournit:

- **440** de phénotypes **sauvages**.
- **60** drosophiles aux **soies courtes et corps normaux**.
- **60** drosophiles aux **soies normales et corps noirs**.
- **440** drosophiles aux **soies courtes et corps noirs**.

2/ a/ interprétez ces résultats (analyse, hypothèse, vérification génétique, conclusion). **Quelle** est la localisation relative des gènes étudiés.**b/ expliquez** en faisant des schémas les phénomènes qui ont permis l'obtention des drosophiles de phénotypes minoritaires (recombinés).

- ✖ Le croisement d'un **mâle** de la **F1** avec une **femelle aux soies courtes et au corps noir**, fournit:
 - **500** drosophiles de phénotypes **sauvages**
 - **500** drosophiles aux **soies courtes et au corps noirs**.

3/ comment pouvez -vous **expliquez** ces résultats.**4/ précisez** la composition phénotypique et génotypique sur **1000** drosophiles issus du croisement de deux drosophiles de la **F1**.**1/ analysez ces résultats et dégagez des conclusions :Réponse:**

- ✖ Les drosophiles croisés se diffèrent par deux caractères, la couleur de corps et la longueur de soies.

c'est le cas de dihybridisme.

- ✖ La **F1** est 100% homogène, donc **les parents** sont de **race pure**.

- ✖ La 1^{ère} loi de Mendel est vérifiée.
- ✖ la **F1** est homogène et présente le caractère **sauvages** (normal) pas de nouveau phénotype.

C'est le cas de dominance absolue.

- ✖ alors les deux caractères sauvages dominent les caractères **soies courtes et corps noir**.

On considère les deux gènes suivant:

Le gène ($C+$, C) contrôle le caractère longueur de soies avec $C+ \gg C$.

$C+$ soies sauvages.

C soies courtes.

Et le gène ($N+$, N) contrôle le caractère couleur de corps avec $N+ \gg N$.

$N+$ corps sauvage.

N corps noir.

2/ a/ interprétez ces résultats (analyse, hypothèse, vérification génétique, conclusion). Quelle est la localisation relative des gènes étudiés.

✗ Hypothèse 1:

Les deux caractères étudiés sont contrôlés par deux gènes autosomaux indépendants.

✗ Vérification:

Le croisement de la F1 avec une drosophile de phénotype double récessif [C,N], consiste à un test cross qui doit présenter 4 phénotypes équiprobales avec les proportions 25%, 25%, 25%, 25%. (50% parentaux et 50% recombinés)

Or ce n'est pas le cas, puisque ce croisement présente deux phénotypes parentaux majoritaires (> 50%) et deux autres recombinés minoritaires (<50%).

donc hypothèse à rejeter.

✗ Hypothèse 2:

Les deux gènes sont liés par linkage absolu (la distance entre les deux gènes est pratiquement nulle.)

✗ Vérification:

Dans ce cas les résultats doivent présenter que 2 phénotypes parentaux avec les proportions $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$

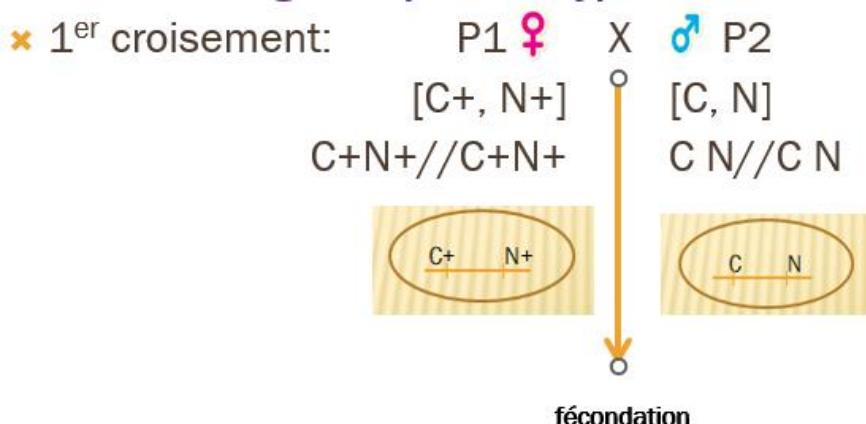
Puisque c'est un test cross, ce n'est pas le cas.

Hypothèse non validée.

✗ Hypothèse 3:

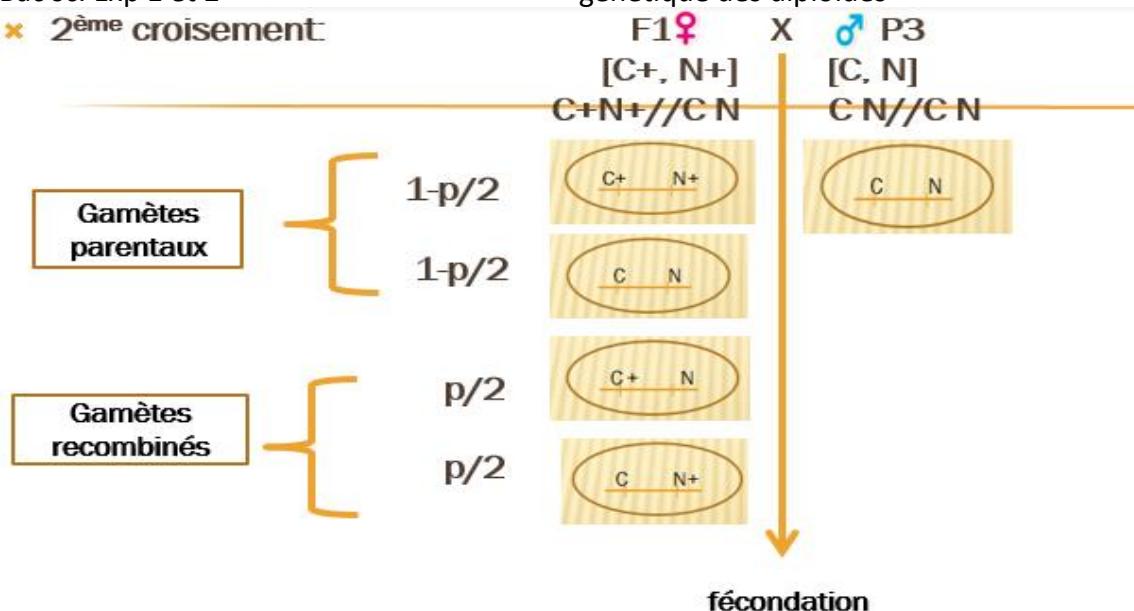
Les deux gènes sont liés par linkage partiel.

✗ Vérification génétique de l'hypothèse:



F1 est 100% uniforme sauvage: [C+, N+]

C+N+//CN

✖ 2^{ème} croisement:

On suppose **p**: la fréquence des gamètes recombinés.

1-p: la fréquence des gamètes parentaux.

Avec **0 < p < 0.5**

Echiquier				
	1-p/2 C+N+	1-p/2 CN	p/2 C+N	p/2 CN+
CN	1-p/2 C+N+//CN [C+, N+]	1-p/2 CN//CN [C, N]	p/2 C+N//CN [C+, N]	p/2 CN+//CN [C, N+]

✖ Calculant la fréquence de recombinaison.

P=nombre de recombinés/ nombre total

$$P = (60+60)/1000 = 120/1000 = 0.12$$

✖ Comparant les résultats théoriques avec les résultats pratiques

Phénotype	Résultats théoriques	Résultats expérimentaux
[C+, N+]	$1-p/2 = 1 - 0.12/2 = 0.44$	$440/1000 = 0.44$
[C, N]	$1-p/2 = 1 - 0.12/2 = 0.44$	$440/1000 = 0.44$
[C+, N]	$p/2 = 0.12/2 = 0.06$	$60/1000 = 0.06$
[C, N+]	$p/2 = 0.12/2 = 0.06$	$60/1000 = 0.06$

✖ Que pouvez-vous en déduire?

Les résultats pratiques sont conformes avec les résultats théoriques.

Donc l'hypothèse est vérifiée, les deux gènes sont liés par linkage partiel.

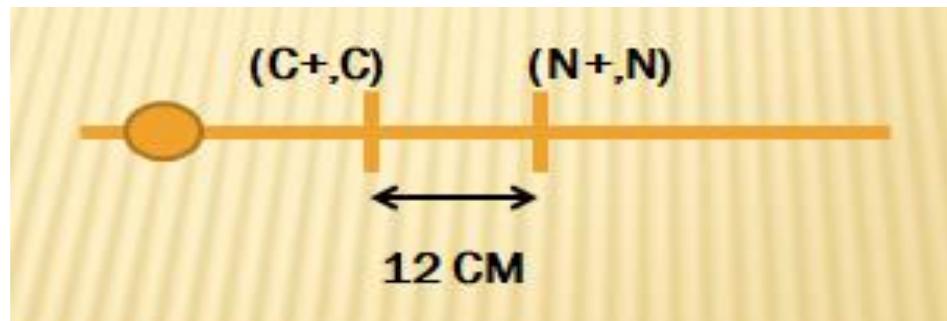
Remarque:

✖ Le % de phénotype parentaux est:

$$(0.44 \times 2) \times 100 = 88\% \text{ majoritaire.}$$

✖ Le % de phénotype recombinés est: $(0.06 \times 2) \times 100 = 12\% \text{ minoritaire.}$

- ✖ Puisque les deux gènes sont liés par linkage partiel, on peut calculer la distance gène-gène . Elle est exprimé en % ou en centimorgan (1% = 1 CM).
- ✖ $dg-g = p \times 100 = 0.12 \times 100 = 12 \text{ CM}$.
- ✖ On peut réaliser la carte génétique ou la carte factorielle.



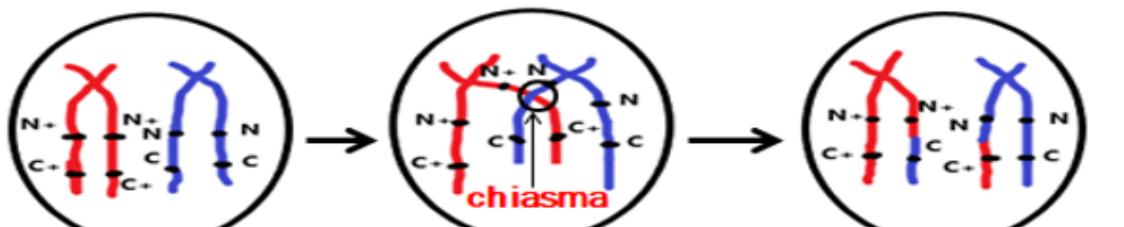
- ✖ Si la dg-g augmente, la probabilité de la réalisation de crossing-over augmente aussi.
- ✖ Si la dg-g < 50 CM, les deux gènes sont liés.
- ✖ Si la dg-g > 50 CM, les deux gènes sont indépendants.

b/ expliquez en faisant des schémas les phénomènes qui ont permis l'obtention des drosophiles de phénotypes minoritaires (recombinés).

Réponse ; Les phénomènes qui sont à l'origine des phénotypes minoritaires sont:

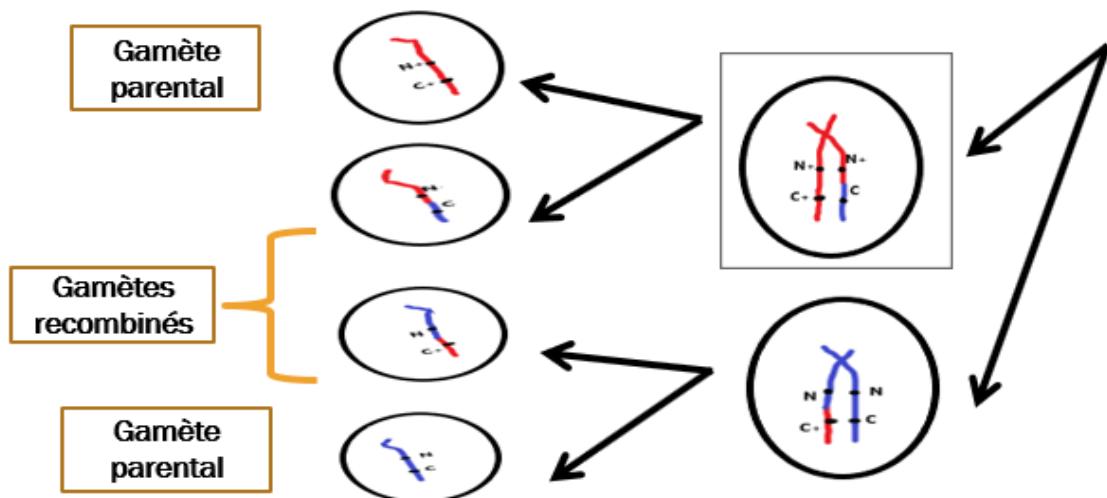
1/ le brassage intra-chromosomique au cours de la prophase I de la méiose lors de la formation des gamètes.

2/ Le brassage au cours de la fécondation.



Début de prophase I

Fin de prophase I



3/ comment pouvez -vous expliquez les résultats suivants.

Réponse :

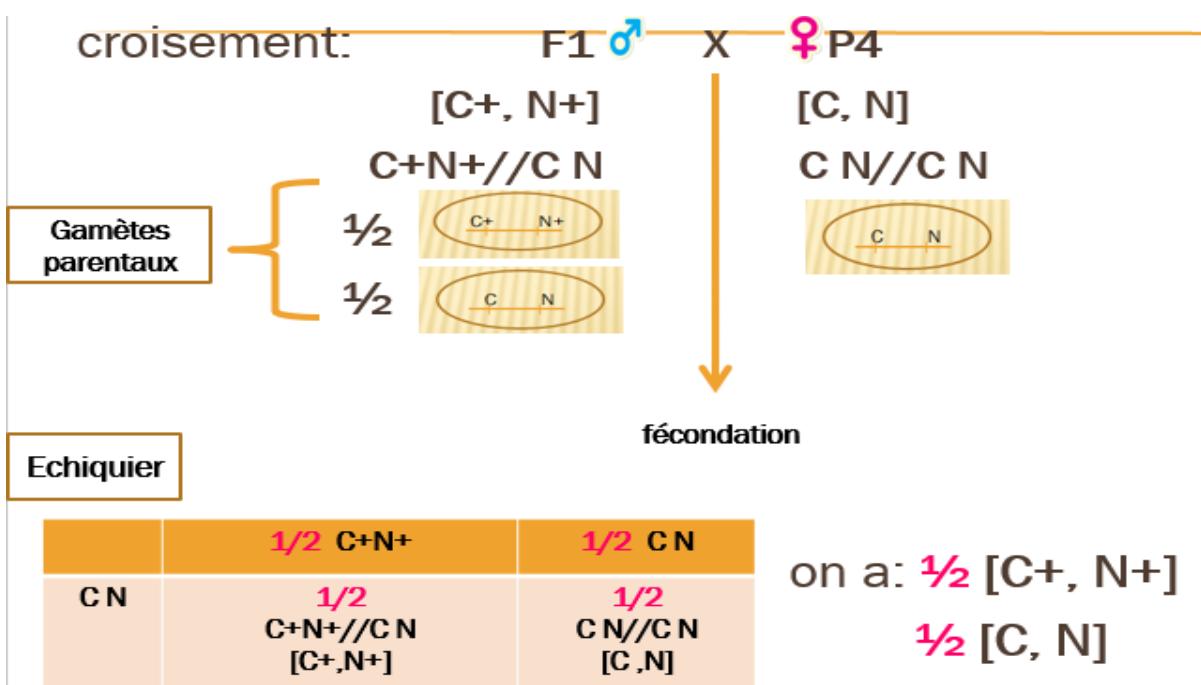
✗ Le croisement d'un mâle de la F1 avec une femelle aux soies courtes et au corps noir, fournit:

- 500 drosophiles de phénotypes sauvages
- 500 drosophiles aux soies courtes et au corps noirs.

✗ **Hypothèse :**

chez les drosophiles mâles, il ne se produit pas de crossing-over. Ils fournissent des gamètes parentaux seulement.

✗ **Vérification génétique :**



Comparant les résultats théoriques avec les résultats pratiques.

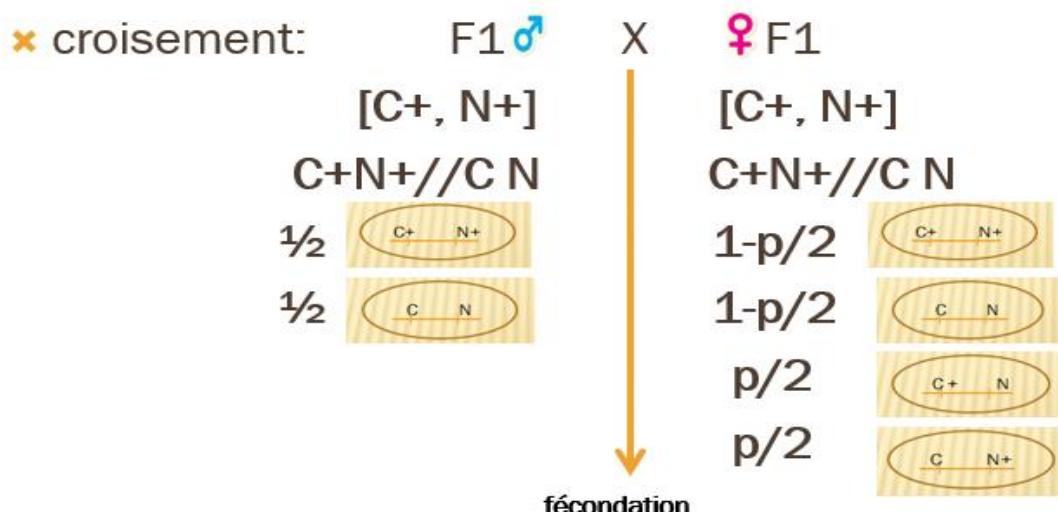
♦ Phénotype	♦ Résultats théoriques	♦ Résultats expérimentaux
<ul style="list-style-type: none"> • [C+,N+] • [C, N] 	<ul style="list-style-type: none"> • $\frac{1}{2} = 0.5$ • $\frac{1}{2} = 0.5$ 	<ul style="list-style-type: none"> • $500/1000= 0.5$ • $500/1000= 0.5$

✗ Les résultats pratiques sont **conformes avec les résultats théoriques**.

Donc l'hypothèse est vérifiée, ce croisement ne donne que de phénotypes parentaux et pas de phénotypes recombinés.

Donc chez les mâles drosophiles, il ne se produit pas de crossing-over malgré la dg-g de 12 CM.

4/ précisez la composition phénotypique et génotypique sur 1000 drosophiles issus du croisement de deux drosophiles de la F1.



	• $1-p/2$ C+N+	• $1-p/2$ C	• $p/2$ C+N	• $p/2$ C
• $C+N+$	• $1-p/4$ C+N+//C+N+ • $[C+,N+]$	• $1-p/4$ C+N+//C • N • $[C+,N+]$	• $p/4$ C+N+//C+N • $[C+,N+]$	• $p/4$ C+N+//C • $N+$ • $[C+,N+]$
• $C N$	• $1-p/4$ C+N+//C N • $[C+,N+]$	• $1-p/4$ C N//C N • N • $[C ,N]$	• $p/4$ C+N//C N • $[C+,N]$	• $p/4$ C N+//C • N • $[C,N+]$

× On a: $3 \times (1-p/4) [C+,N+] + 2 \times p/4 [C+,N+]$

$$1-p/4 [C ,N]$$

$$p/4 [C+,N]$$

$$p/4 [C,N+]$$

× Les proportions en % de chaque phénotype sont:

$$[C+,N+] : [3 \times (1 - 0.12/4) + 0.12/2] \times 100 = 72\%$$

$$[C ,N] : (1 - 0.12/4) \times 100 = 22\%$$

$$[C+,N] : (0.12/4) \times 100 = 3\%$$

$$[C,N+] : (0.12/4) \times 100 = 3\%$$

× Les proportions de chaque phénotype sur 1000 drosophiles sont:

$$[C+,N+] : (72 \times 1000)/100 = 720$$

$$[C ,N] : (22 \times 1000)/100 = 220$$

$$[C+,N] : (3 \times 1000)/100 = 30$$

$$[C,N+] : (3 \times 1000)/100 = 30$$

Remarque:

Lorsqu'on a deux couples d'allèles (A, a) et (B, b) liés partiellement, deux cas possible à voir:

1-Si F1 est de phénotype [A, B] et de génotype $AB//ab$ (montage en coupling en position cis); les gamètes parentaux sont: A B et a b ils sont plus fréquents que les gamètes recombinés A b et a B.

2-Si F1 est de phénotype [A, B] et de génotype $Ab//aB$ (montage en répulsion en position trans); les gamètes parentaux sont: A b et a B; ils sont plus fréquents que les gamètes recombinés AB et ab

⊕ Cas de 2 gènes indépendants (La 3^{ème} loi de Mendel est vérifiée)

 1 ^{ère} paire 1 ^{er} gène 2 ^{ème} paire 2 ^{ème} gène	type de croisement : F₂ = F₁ x F₁ Hybride x hybride 4 types de gètes (1/4 A/B/1/4 A/b/1/4 a/B/1/4 a/b) x 4 types de gètes (1/4 A/B/1/4 A/b/1/4 a/B/1/4 a/b) TG à 16 combinaisons	Type de croisement : Test cross: Testé x Testeur birécessif									
1^{er} cas : dominance absolue pour les 2 couples	1^{er} monohybridisme x 2^{ème} monohybridisme $(\frac{3}{4} [\text{dominant1}] + \frac{1}{4} [\text{récessif1}]) \times (\frac{3}{4} [\text{dominant2}] + \frac{1}{4} [\text{récessif2}])$ 2 phénotypes x 2 phénotypes <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td><td>$\frac{3}{4}$ [dominant1]</td><td>$\frac{1}{4}$ [récessif1]</td></tr> <tr> <td>$\frac{3}{4}$ [dominant2]</td><td>[dominant1,dominant2] 9/16</td><td>[récessif1,dominant2] 3/16</td></tr> <tr> <td>$\frac{1}{4}$ [récessif2]</td><td>[dominant1,récessif2] 3/16</td><td>[récessif1,récessif2] 1/16</td></tr> </table> <p>→ 4 phénotypes: 9/16 – 3/16 – 3/16 – 1/16</p>		$\frac{3}{4}$ [dominant1]	$\frac{1}{4}$ [récessif1]	$\frac{3}{4}$ [dominant2]	[dominant1,dominant2] 9/16	[récessif1,dominant2] 3/16	$\frac{1}{4}$ [récessif2]	[dominant1,récessif2] 3/16	[récessif1,récessif2] 1/16	$\frac{1}{4} - \frac{1}{4} - \frac{1}{4} - \frac{1}{4}$ Règle: le résultat d'un test cross (phénotype et proportions) est l' image des gamètes donnés par l'individu testé
	$\frac{3}{4}$ [dominant1]	$\frac{1}{4}$ [récessif1]									
$\frac{3}{4}$ [dominant2]	[dominant1,dominant2] 9/16	[récessif1,dominant2] 3/16									
$\frac{1}{4}$ [récessif2]	[dominant1,récessif2] 3/16	[récessif1,récessif2] 1/16									
2^{ème} cas : dominance pour l'un et codominance pour l'autre	1^{er} monohybridisme x 2^{ème} monohybridisme $(\frac{3}{4} + \frac{1}{4}) \times (\frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2})$ 2 phénotypes x 3 phénotypes → 6 phénotypes : $3/16 - 3/16 - 6/16 - 1/16 - 1/16 - 2/16$										
3^{ème} cas : codominance pour les 2 couples	1^{er} monohybridisme x 2^{ème} monohybridisme $(\frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2}) \times (\frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2})$ 3 phénotypes x 3 phénotypes → 9 phénotypes: $1/16 - 1/16 - 2/16 - 1/16 - 1/16 - 2/16 - 2/16 - 2/16 - 4/16$										

⊕ Cas de 2 gènes liés: linkage (d= p= % de recombinaison) (La 3^{ème} loi de Mendel est non vérifiée)

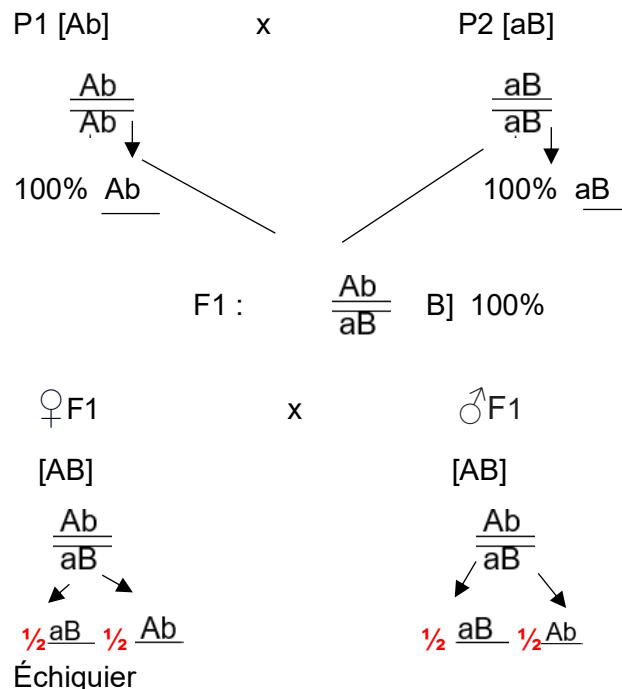
 F₂ = F₁ x F₁	Test cross: testé x testeur birecessif
Linkage absolu	1) F ₁ homogène de génotype Cis AB//ab $F_2: \text{♂ F1} \times \text{♀ F1}$ ↓ 2 phénotypes : 1/4 - 3/4
	2) F ₁ homogène de génotype Trans Ab//aB $F_2: \text{♂ F1} \times \text{♀ F1}$ ↓ 3 phénotypes : 1/4 - 1/4 - 1/2
Linkage partiel: avec C.O	1^{er} cas : dominance absolue pour les 2 couples $F_2: \text{♂ F1} \times \text{♀ F1}$ ↓ 4 gètes x 4 gètes $(P - R - R - P) \times (P - R - R - P)$ $(1-p)/4 - p/4 - p/4 - (1-p)/4 \quad (1-p)/4 - p/4 - p/4 - (1-p)/4$ $P > R \quad P > R$ 4 phénotypes ≠ 9/16 3/16 6/16 1/16
	2^{ème} cas : codominance pour 1 gène $F_2: 6 \text{ phénotypes: } \neq 3/16 - 3/16 - 6/16 - 1/16 - 1/16 - 2/16$
	3^{ème} cas : codominance pour 2 gènes 9 phénotypes: $\neq 1/16 - 1/16 - 2/16 - 1/16 - 1/16 - 2/16 - 2/16 - 2/16 - 4/16$

Cas particulier du Dihybridisme : Gène1(A,a) Gène2(B,b) avec A>a et B>b

1^{er} cas : chez la **drosophile** situation où on trouve les mêmes proportions en cas de **liaison partielle ou totale** :

$$\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}$$

Liaison totale + le génotype des doubles hybride est trans



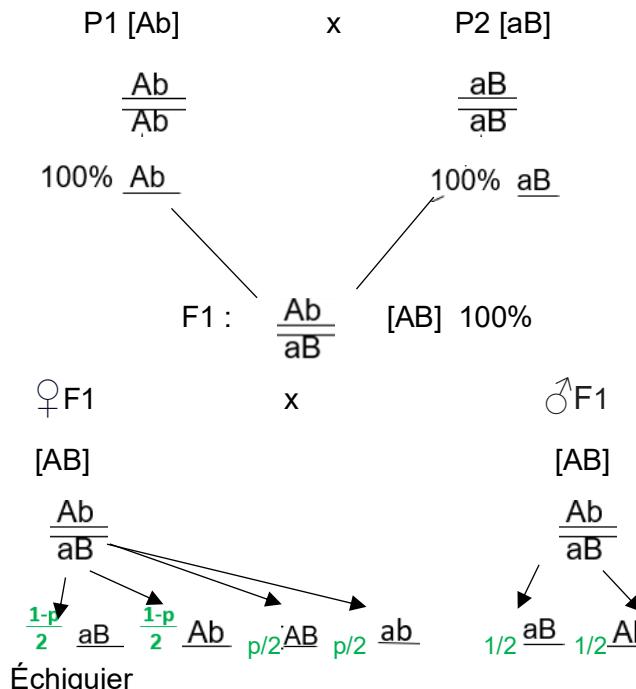
Gamètes ♀	$\frac{1}{2}Ab$	$\frac{1}{2}aB$
Gamètes ♂		
$\frac{1}{2}Ab$	$\frac{Ab}{Ab}$ [Ab] 1/4	$\frac{Ab}{aB}$ [AB] 1/4
$\frac{1}{2}aB$	$\frac{Ab}{aB}$ [AB] 1/4	$\frac{aB}{aB}$ [aB] 1/4

F2 : [aB] **1/4**

[Ab] **1/4**

[AB] **1/2**

Liaison partielle + le génotype du double hybride est trans



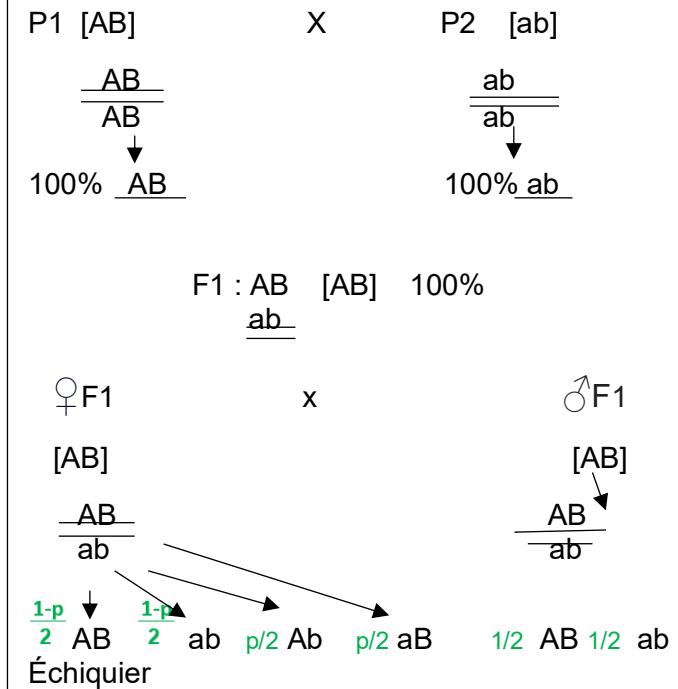
Gamètes ♀	$\frac{1-p}{2}aB$	$\frac{1-p}{2}Ab$	$\frac{p}{2}AB$	$\frac{p}{2}ab$
Gamètes ♂				
$\frac{1-p}{2}aB$	$\frac{aB}{aB}$ 1/2	$\frac{Ab}{aB}$	$\frac{AB}{aB}$	$\frac{ab}{aB}$
$\frac{1-p}{2}Ab$	$\frac{Ab}{Ab}$	$\frac{Ab}{Ab}$	$\frac{AB}{Ab}$	$\frac{ab}{Ab}$
$\frac{p}{2}AB$	$\frac{Ab}{Ab}$	$\frac{Ab}{Ab}$	$\frac{AB}{Ab}$	$\frac{ab}{Ab}$
$\frac{p}{2}ab$	$\frac{aB}{aB}$	$\frac{aB}{aB}$	$\frac{ab}{ab}$	$\frac{ab}{ab}$

F2 : [aB] **1/4**

[Ab]

[AB]

Liaison partielle + le génotype du double hybride est Cis



Gamètes ♀	$\frac{1-p}{2}AB$	$\frac{1-p}{2}ab$	$\frac{p}{2}AB$	$\frac{p}{2}ab$
Gamètes ♂				
$\frac{1-p}{2}AB$	$\frac{AB}{AB}$ 1/2	$\frac{ab}{AB}$	$\frac{AB}{ab}$	$\frac{ab}{ab}$
$\frac{1-p}{2}ab$	$\frac{AB}{ab}$	$\frac{ab}{ab}$	$\frac{AB}{ab}$	$\frac{ab}{ab}$
$\frac{p}{2}AB$	$\frac{AB}{ab}$	$\frac{ab}{ab}$	$\frac{AB}{ab}$	$\frac{ab}{ab}$
$\frac{p}{2}ab$	$\frac{AB}{ab}$	$\frac{ab}{ab}$	$\frac{AB}{ab}$	$\frac{ab}{ab}$

F2 : [AB] **(3 - P)/4**

[Ab] **P/4**

[aB] **P/4**

[ab] **(1-P)/4**

$[Ab] + [aB] = P/4 + P/4 = P/2$
P = 2x [recombinés]