

LE DIHYBRIDISME

C'est la transmission simultanée de deux caractères héréditaires.

1. CAS DE DEUX COUPLES D'ALLELES INDEPENDANTS

Quelques indications

Les deux couples d'allèles sont portés par deux paires de chromosomes différents.

1. 1 Analyse séparée des caractères (Etude caractère par caractère)

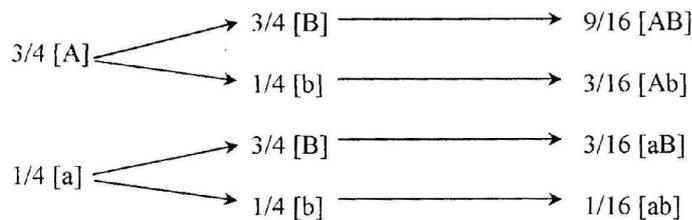
- Elle permet de déterminer le nombre de couples d'allèles gouvernant la réalisation de chaque caractère.
- Elle permet également de déterminer la structure génotypique des parents pour chacun des couples d'allèles mis en jeu.

1. 2 Recherche de ségrégation (Système branché)

❖ Cas d'une F₂

Exemple : Soit les deux couples d'allèles suivants : A/a et B/b.

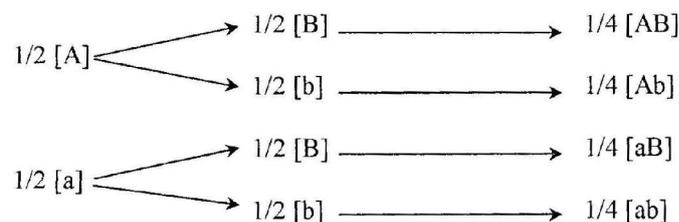
Si pour un caractère, la descendance présente une ségrégation 3/4, 1/4 et pour l'autre une ségrégation 3/4, 1/4 au niveau des phénotypes, en associant les deux couples d'allèles, on doit obtenir quatre phénotypes dans les proportions 9 – 3 – 3 – 1.



❖ Cas d'un test-cross

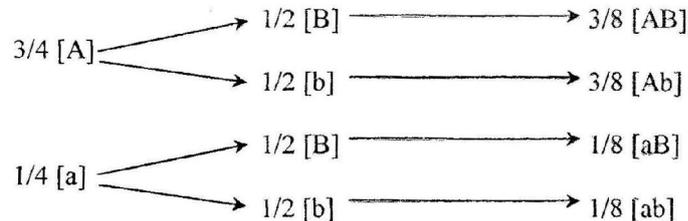
Soit les mêmes couples d'allèles A/a et B/b.

Si pour un caractère, la descendance présente une ségrégation 1/2, 1/2 et pour l'autre une ségrégation 1/2, 1/2 au niveau des phénotypes, en associant les deux couples d'allèles, on doit obtenir quatre phénotypes dans les proportions 1 – 1 – 1 – 1.



❖ Cas d'une F₂ normale et d'un test-cross

Si pour un caractère, la descendance présente une ségrégation 3/4, 1/4 et pour l'autre une ségrégation 1/2, 1/2 au niveau des phénotypes, en associant les deux couples d'allèles, on doit obtenir quatre phénotypes dans les proportions 3 – 3 – 1 – 1.



1. 3 Test de l'hypothèse d'indépendance

| Phénotypes observés | Effectifs observés | Hypothèse d'indépendance | |
|---------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | Ségrégation | Effectifs théoriques attendus |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Si les effectifs théoriques attendus sont identiques aux effectifs observés, alors les deux gènes mis en jeu sont indépendants.

Pour interpréter chromosomiquement les résultats, on peut alors poser les différents croisements avec les phénotypes, génotypes, gamètes des individus et réaliser les échiquiers de croisement.

1. 4 Exercice

On croise deux souches de drosophiles homozygotes : l'une à ailes « normales » et à corps « ébony », l'autre à ailes « vestigiales » et à corps « normal ». En F₁, toutes les drosophiles ont les ailes et le corps « normaux ». En F₂, on obtient :

- 730 drosophiles à corps et ailes « normaux »
- 245 drosophiles à corps « ébony » et ailes « normales »
- 243 drosophiles à corps « normal » et ailes « vestigiales »
- 81 drosophiles à corps « ébony » et ailes « vestigiales »

Résolution de l'exercice

Observations

Les caractères considérés dans ce problème sont :

- La couleur du corps présentant deux phénotypes : sauvage (normal = gris) et mutant (ébony).
- La longueur des ailes présentant deux phénotypes : sauvage (normal = ailes longues) et mutant (vestigiales).

Premier croisement

*Analyse

Les drosophiles croisées sont de phénotypes différents et donnent une descendance homogène.

*Interprétation

Ces drosophiles sont de lignée pure, donc homozygotes. Le phénotype qui s'exprime dans la descendance est dominant.

Deuxième croisementEtude caractère par caractère et calcul des proportions

- Couleur du corps

*Analyse

$$\text{Normal : } \frac{730 + 243}{1299} \times 100 = 74,90\% \quad \text{soit } 75\% \quad \text{ou} \quad 3/4$$

$$\text{Ebony : } \frac{245 + 81}{1299} \times 100 = 25,09\% \quad \text{soit } 25\% \quad \text{ou} \quad 1/4$$

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 , 1/4 au niveau des phénotypes.

*Interprétation

- Le caractère « couleur du corps » est sous la dépendance d'un couple d'allèles avec dominance.
- le phénotype normal qui s'exprime à la fréquence de 3/4 est dominant ; le phénotype ébony qui s'exprime à la fréquence de 1/4 est récessif.
- Choix des symboles

Ebony : e
Normal : e⁺

- Le couple d'allèles est e⁺/e.

- Les génotypes des individus croisés sont : $\frac{e^+}{e}$ et $\frac{e^-}{e}$

- Longueur des ailes

*Analyse

$$\text{Normal : } \frac{730 + 245}{1299} \times 100 = 75,05\% \quad \text{soit } 75\% \quad \text{ou} \quad 3/4$$

$$\text{Vestigial : } \frac{243 + 81}{1299} \times 100 = 24,94\% \quad \text{soit } 25\% \quad \text{ou} \quad 1/4$$

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 , 1/4 au niveau des phénotypes.

*Interprétation

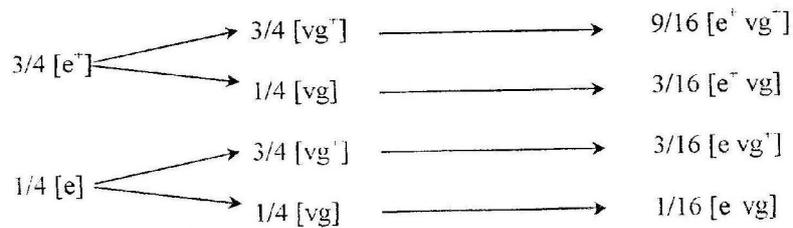
- Le caractère « longueur des ailes » est sous la dépendance d'un couple d'allèles avec dominance.
- le phénotype normal qui s'exprime à la fréquence de 3/4 est dominant ; le phénotype vestigial qui s'exprime à la fréquence de 1/4 est récessif.
- Choix des symboles

Vestigial : vg
Normal : vg⁺

- Le couple d'allèles est vg⁺/vg.

- Les génotypes des individus croisés sont : $\frac{vg^+}{vg}$ et $\frac{vg^+}{vg}$

Recherche de la ségrégation



Test de l'hypothèse d'indépendance

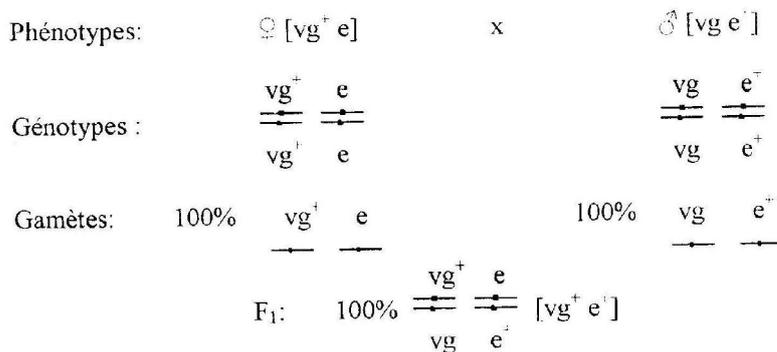
| Phénotypes observés | Effectifs observés | Hypothèse d'indépendance | |
|---------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | Ségrégation | Effectifs théoriques attendus |
| $[e^+ vg^+]$ | 730 | 9/16 | $1299 \times 9/16 = 730,68$ |
| $[e^- vg]$ | 243 | 3/16 | $1299 \times 3/16 = 243,56$ |
| $[e vg^+]$ | 245 | 3/16 | $1299 \times 3/16 = 243,56$ |
| $[e vg]$ | 81 | 1/16 | $1299 \times 1/16 = 81,18$ |

Total = 1299

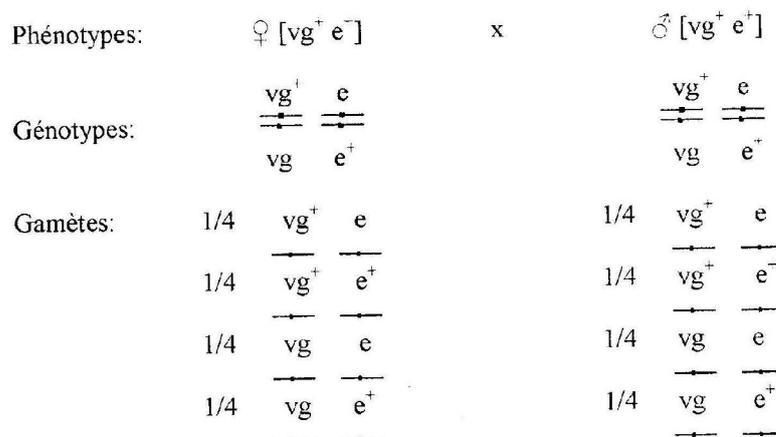
Les effectifs théoriques attendus sont statistiquement identiques aux effectifs observés ; les deux couples d'allèles e^+/e et vg^+/vg sont donc indépendants. On peut alors écrire le génotype des parents.

Vérification : interprétation chromosomique

Premier croisement



Deuxième croisement



Echiquier de croisement

| $\gamma \text{♀}$ \ $\gamma \text{♂}$ | $1/4 \text{ } \begin{array}{c} \text{vg}^+ \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \end{array}$ | $1/4 \text{ } \begin{array}{c} \text{vg}^+ \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \end{array}$ | $1/4 \text{ } \begin{array}{c} \text{vg} \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \end{array}$ | $1/4 \text{ } \begin{array}{c} \text{vg} \text{ e}^- \\ \text{---} \text{---} \end{array}$ |
|--|---|---|---|---|
| $1/4 \text{ } \begin{array}{c} \text{vg}^+ \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg}^+ \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg}^+ \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg}^+ \text{ e}] \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg}^+ \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg}^+ \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg}^+ \text{ e}^+] \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg} \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg}^+ \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg}^+ \text{ e}] \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg} \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg}^+ \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg}^+ \text{ e}^+] \end{array}$ |
| $1/4 \text{ } \begin{array}{c} \text{vg}^+ \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg}^+ \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg}^+ \text{ e}^- \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg}^+ \text{ e}^+] \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg}^+ \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg}^+ \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg}^+ \text{ e}^+] \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg} \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg}^+ \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg}^+ \text{ e}^+] \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg} \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg}^+ \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg}^+ \text{ e}^+] \end{array}$ |
| $1/4 \text{ } \begin{array}{c} \text{vg} \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg}^+ \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg} \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg}^+ \text{ e}] \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg}^+ \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg} \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg}^+ \text{ e}^+] \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg} \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg} \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg} \text{ e}] \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg} \text{ e}^- \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg} \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg} \text{ e}^-] \end{array}$ |
| $1/4 \text{ } \begin{array}{c} \text{vg} \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg}^+ \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg} \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg}^+ \text{ e}^+] \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg}^+ \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg} \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg}^+ \text{ e}^+] \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg} \text{ e} \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg} \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg} \text{ e}^+] \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{vg} \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \\ \text{vg} \text{ e}^+ \\ \text{---} \text{---} \\ 1/16 [\text{vg} \text{ e}^+] \end{array}$ |

On obtient effectivement :

$$\begin{aligned} & 9/16 [\text{vg}^+ \text{ e}^+] \\ & 3/16 [\text{vg}^+ \text{ e}] \\ & 3/16 [\text{vg} \text{ e}^+] \\ & 1/16 [\text{vg} \text{ e}] \end{aligned}$$

***Conclusion:** Les effectifs théoriques attendus sont statistiquement identiques aux effectifs observés ; les deux couples d'allèles e^+/e et vg^+/vg sont donc indépendants.

1. 5 Autre exemple : étude de la transmission des caractères « aspect » et « couleur » de la graine chez les pois

Expériences

Premier croisement : On croise des pois à graines lisses et jaunes, avec des pois à graines ridées et vertes ; on obtient uniquement des graines lisses et jaunes.

Deuxième croisement : Les graines lisses et jaunes récoltées à l'issue du premier croisement sont semées ; elles germent et engendrent des plants qui fleurissent. Leurs pollens fécondent leur propre pistil (autofécondation). On récolte alors :

- 3057 graines lisses et jaunes
- 1021 graines lisses et vertes
- 1012 graines ridées et jaunes
- 341 graines ridées et vertes

Troisième croisement : On croise des graines lisses et jaunes obtenues à l'issue du premier croisement avec des graines ridées et vertes. On obtient :

- 496 graines lisses et jaunes
- 507 graines lisses et vertes
- 496 graines ridées et jaunes
- 500 graines ridées et vertes

Interpréter ces résultats.

Résolution*Observation

Dans ce problème, les caractères considérés sont :

- Le caractère « couleur des graines. » Il se présente sous deux phénotypes : jaune et vert.
- Le caractère « aspect des graines » qui se présente sous deux phénotypes : lisse et ridé.

Premier croisement*Analyse

Les pois croisés de phénotypes différents donnent une descendance homogène.

*Interprétation

Les graines lisses et jaunes d'une part et les graines ridées et vertes d'autre part, utilisées pour ce croisement, sont de lignée pure, donc homozygotes. Le phénotype qui s'exprime dans la descendance est dominant.

Deuxième croisementEtude caractère par caractère

- Aspect de la graine

*Analyse

$$\text{Graine lisse: } \frac{3057 + 1021}{5431} \times 100 = 75,09\% \quad \text{soit } 3/4$$

$$\text{Graine ridée: } \frac{1012 + 341}{5431} \times 100 = 24,91\% \quad \text{soit } 1/4$$

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 , 1/4 au niveau des phénotypes.

*Interprétation

- Le caractère aspect de la graine est sous la dépendance d'un couple d'allèles avec dominance.
- le phénotype lisse qui s'exprime à la fréquence de 3/4 est dominant ; le phénotype ridé qui s'exprime à la fréquence de 1/4 est récessif.
- Choix des symboles

Ridé : r

Lisse : R

- Le couple d'allèles est R/r.

- Les génotypes des individus croisés sont : $\frac{R}{r}$ et $\frac{R}{r}$

- Couleur de la graine

*Analyse

$$\text{Graine jaune: } \frac{3057 + 1012}{5431} \times 100 = 74,92\% \quad \text{soit } 3/4$$

$$\text{Graine verte: } \frac{1021 + 341}{5431} \times 100 = 25,08\% \quad \text{soit } 1/4$$

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 , 1/4 au niveau des phénotypes.

Deuxième croisement

| | | | | |
|--------------|---|---|---|--|
| Phénotypes : | $\begin{matrix} [R V] \\ R & V \\ \hline r & v \end{matrix}$ | x | $\begin{matrix} [R V] \\ R & V \\ \hline r & v \end{matrix}$ | |
| Génotypes : | $\begin{matrix} \hline \hline \\ r & v \end{matrix}$ | | $\begin{matrix} \hline \hline \\ r & v \end{matrix}$ | |
| Gamètes : | $\begin{matrix} 1/4 & R & V \\ \hline 1/4 & R & v \\ \hline 1/4 & r & V \\ \hline 1/4 & r & v \end{matrix}$ | | $\begin{matrix} 1/4 & R & V \\ \hline 1/4 & R & v \\ \hline 1/4 & r & V \\ \hline 1/4 & r & v \end{matrix}$ | |

Echiquier de croisement

| | $\gamma \text{ ♂}$ | 1/4 $\begin{matrix} R & V \\ \hline \hline \end{matrix}$ | 1/4 $\begin{matrix} R & v \\ \hline \hline \end{matrix}$ | 1/4 $\begin{matrix} r & V \\ \hline \hline \end{matrix}$ | 1/4 $\begin{matrix} r & v \\ \hline \hline \end{matrix}$ |
|--------------------|--|--|--|--|--|
| $\gamma \text{ ♀}$ | $\begin{matrix} R & V \\ \hline \hline \end{matrix}$ | $\begin{matrix} R & V \\ \hline \hline \\ R & V \\ \hline \hline \\ 1/16 [R V] \end{matrix}$ | $\begin{matrix} R & v \\ \hline \hline \\ R & V \\ \hline \hline \\ 1/16 [R V] \end{matrix}$ | $\begin{matrix} r & V \\ \hline \hline \\ R & V \\ \hline \hline \\ 1/16 [R V] \end{matrix}$ | $\begin{matrix} r & v \\ \hline \hline \\ R & V \\ \hline \hline \\ 1/16 [R V] \end{matrix}$ |
| | $\begin{matrix} R & v \\ \hline \hline \end{matrix}$ | $\begin{matrix} R & V \\ \hline \hline \\ R & v \\ \hline \hline \\ 1/16 [R V] \end{matrix}$ | $\begin{matrix} R & v \\ \hline \hline \\ R & v \\ \hline \hline \\ 1/16 [R v] \end{matrix}$ | $\begin{matrix} r & V \\ \hline \hline \\ R & v \\ \hline \hline \\ 1/16 [R V] \end{matrix}$ | $\begin{matrix} r & v \\ \hline \hline \\ R & v \\ \hline \hline \\ 1/16 [R v] \end{matrix}$ |
| | $\begin{matrix} r & V \\ \hline \hline \end{matrix}$ | $\begin{matrix} R & V \\ \hline \hline \\ r & V \\ \hline \hline \\ 1/16 [R V] \end{matrix}$ | $\begin{matrix} R & v \\ \hline \hline \\ r & V \\ \hline \hline \\ 1/16 [R V] \end{matrix}$ | $\begin{matrix} r & V \\ \hline \hline \\ r & V \\ \hline \hline \\ 1/16 [r V] \end{matrix}$ | $\begin{matrix} r & v \\ \hline \hline \\ r & V \\ \hline \hline \\ 1/16 [r V] \end{matrix}$ |
| | $\begin{matrix} r & v \\ \hline \hline \end{matrix}$ | $\begin{matrix} R & V \\ \hline \hline \\ r & v \\ \hline \hline \\ 1/16 [R V] \end{matrix}$ | $\begin{matrix} R & v \\ \hline \hline \\ r & v \\ \hline \hline \\ 1/16 [R v] \end{matrix}$ | $\begin{matrix} r & V \\ \hline \hline \\ r & v \\ \hline \hline \\ 1/16 [r V] \end{matrix}$ | $\begin{matrix} r & v \\ \hline \hline \\ r & v \\ \hline \hline \\ 1/16 [r v] \end{matrix}$ |

On obtient :

$$\begin{array}{r}
 9/16 [R V] = 0,5625 = 56,25 \\
 3/16 [R v] = 0,1875 = 18,75 \\
 3/16 [r V] = 0,1875 = 18,75 \\
 1/16 [r v] = 0,0625 = 6,25 \\
 \hline
 16/16 \qquad \qquad 1 \qquad 100\%
 \end{array}$$

***Conclusion:** Les effectifs théoriques attendus sont statistiquement identiques aux effectifs observés ; les deux couples d'allèles R/r et V/v sont donc indépendants.

Troisième croisement

Etude caractère par caractère

- aspect de la graine

*Analyse

$$\text{Graine lisse: } \frac{496 + 507}{1999} \times 100 = 50,17\% \text{ soit } 50\% \text{ ou } 1/2$$

$$\text{Graine ridée: } \frac{496 + 500}{1999} \times 100 = 49,82\% \text{ soit } 50\% \text{ ou } 1/2$$

On obtient une descendance en ségrégation 1/2, 1/2 au niveau des phénotypes.

*Interprétation

- Le caractère étudié est sous la dépendance d'un couple d'allèles.

- Le croisement a été effectué entre un hétérozygote F₁ de génotype $\frac{R}{r}$ et un individu homozygote récessif de génotype $\frac{r}{r}$

- couleur de la graine

*Analyse

$$\text{Graine jaune: } \frac{496 + 496}{1999} \times 100 = 49,62\% \text{ soit } 50\% \text{ ou } 1/2$$

$$\text{Graine verte: } \frac{507 + 500}{1999} \times 100 = 50,37\% \text{ soit } 50\% \text{ ou } 1/2$$

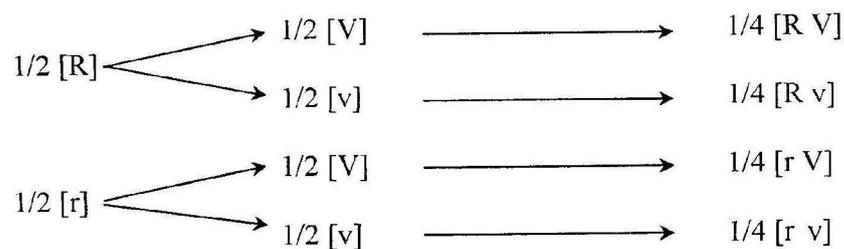
On obtient une descendance en ségrégation 1/2, 1/2 au niveau des phénotypes.

*Interprétation

- Le caractère « couleur de la graine » est sous la dépendance d'un couple d'allèles.

- Le croisement a été effectué entre un hétérozygote F₁ de génotype $\frac{V}{v}$ et un individu homozygote récessif de génotype $\frac{v}{v}$

Recherche de ségrégation (Système branché)



N. B :

Si à l'issue d'un test-cross de dihybridisme, on obtient les proportions 25%, 25%, 25%, 25% ou 1/4, 1/4, 1/4, 1/4, c'est que les deux couples d'allèles qui gouvernent les deux caractères étudiés **sont indépendants**.

Test de l'hypothèse d'indépendance

| Phénotypes observés | Effectifs observés | Hypothèse d'indépendance | |
|---------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | Ségrégation | Effectifs théoriques attendus |
| [R V] | 496 | 1/4 | 1999 x 1/4 = 499,75 |
| [R v] | 507 | 1/4 | 1999 x 1/4 = 499,75 |
| [r V] | 496 | 1/4 | 1999 x 1/4 = 499,75 |
| [r v] | 500 | 1/4 | 1999 x 1/4 = 499,75 |

Total = 1999

Les effectifs théoriques attendus sont statistiquement identiques aux effectifs observés ; les deux couples d'allèles R/r et V/v sont donc indépendants. On peut alors écrire le génotype des parents.

Vérification : interprétation chromosomiqueTroisième croisement

| | | | |
|--------------|----------------------------------|---|--------------------------------|
| Phénotypes : | ♀ [R V] | x | ♂ [r v] |
| Génotypes : | $\frac{R}{r} \frac{V}{v}$ | | $\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ |
| Gamètes : | 24,81% $\frac{R}{r} \frac{V}{v}$ | | 100% $\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ |
| | 25,81% $\frac{R}{r} \frac{v}{v}$ | | |
| | 24,81% $\frac{r}{r} \frac{V}{v}$ | | |
| | 25,01% $\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ | | |

Echiquier de croisement

| $\gamma \frac{r}{r} \frac{v}{v}$ | $\gamma \frac{R}{r} \frac{V}{v}$ | $\gamma \frac{R}{r} \frac{v}{v}$ | $\gamma \frac{r}{r} \frac{V}{v}$ | $\gamma \frac{r}{r} \frac{v}{v}$ |
|----------------------------------|---|---|---|---|
| 100% $\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ | $\frac{R}{r} \frac{V}{v}$ 24,81% [R V] | $\frac{R}{r} \frac{v}{v}$ 25,36% [R v] | $\frac{r}{r} \frac{V}{v}$ 24,81% [r V] | $\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ 25,01% [r v] |

On obtient :

| | |
|----------------------|------|
| [R V] = 24,81% ≈ 25% | |
| [R v] = 25,36% ≈ 25% | |
| [r V] = 24,81% ≈ 25% | |
| [r v] = 25,02% ≈ 25% | |
| 100% | 100% |

***Conclusion:** Les effectifs théoriques attendus sont statistiquement identiques aux effectifs observés ; les deux couples d'allèles R/r et V/v sont donc indépendants.

N.B. : - Le test-cross de dihybridisme à gènes indépendants engendre 4 phénotypes dans les mêmes proportions. Ces phénotypes traduisent exactement les génotypes des 4 types de gamètes formés par l'individu F₁.
- Les phénotypes des individus issus d'un test-cross reflètent toujours en qualité et en quantité les génotypes des gamètes fournis par l'individu F₁. Ceci est valable aussi bien en monohybridisme qu'en dihybridisme à gènes liés ou indépendants.

1. 6 Cas particuliers

Dans le cas d'un dihybridisme à gènes indépendants, mais où un caractère présente une codominance, on obtient en F₂, 6 phénotypes dans les proportions 3/16, 6/16, 3/16, 2/16, 1/16, 1/16 ou 3-6-3-2-1-1.
Dans le cas d'un dihybridisme à gènes indépendants, mais où les 2 caractères présentent une codominance, on obtient en F₂, 9 phénotypes dans les proportions 1/16, 2/16, 2/16, 4/16, 2/16, 1/16, 2/16, 1/16, 1/16 ou 1-2-2-4-2-1-2-1-1.

Remarque particulière

Dans un dihybridisme, c'est la F₂ ou le test-cross qui permet de savoir si les gènes sont liés ou indépendants. (il suffit de réaliser le test de l'hypothèse d'indépendance et vérifier si les résultats théoriques sont statistiquement identiques aux résultats expérimentaux ; s'ils le sont, c'est que les deux gènes mis en jeu sont indépendants ; dans le cas contraire, ils sont liés).

Exercice d'application

1) On croise deux plants de maïs issus l'un d'un grain noir et lisse, l'autre d'un grain blanc et ridé. Les épis formés ne comportent que des grains noirs et lisses. Un plant issu de ces grains, autofécondé expérimentalement donne un épi comportant :

286 grains noirs et lisses
98 grains blancs et lisses
96 grains noirs et ridés
33 grains blancs et ridés

2) En croisant deux autres plants issus également l'un d'un grain noir et lisse et l'autre d'un grain noir et ridé, on obtient des épis comportant :

202 grains noirs et lisses
69 grains blancs et lisses
203 grains noirs et ridés
70 grains blancs et ridés

Déduisez de ces résultats les génotypes des grains utilisés dans les croisements.

Résolution

*Observations

Les caractères considérés dans ce problème sont :

- Le caractère « couleur des grains » présentant deux phénotypes : noir et blanc.
- Le caractère « aspect des grains » présentant deux phénotypes : lisse et ridé.

Premier croisement

*Analyse

La descendance de ce premier croisement présente le même phénotype : grains noirs et lisses ; elle est homogène.

*Interprétation

Les plants croisés sont des lignées pures, donc homozygotes. Le phénotype qui s'exprime dans la descendance est dominant.

Remarque : Il est impossible à ce stade de représenter les génotypes des parents puisque ce premier croisement ne peut pas permettre de savoir si les gènes sont liés ou indépendants.

Deuxième croisement

Le nombre des grains de la F₂ est de : 286 + 98 + 96 + 33 = 513.

Etude caractère par caractère

- couleur des grains

*Analyse

$$\text{Noir} : \frac{286 + 96}{513} \times 100 = 74,46\% \text{ soit } 75\% \text{ ou } 3/4$$

$$\text{Blanc} : \frac{98 + 33}{513} \times 100 = 25,54\% \text{ soit } 25\% \text{ ou } 1/4$$

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 , 1/4 au niveau des phénotypes.

*Interprétation des résultats

- Le caractère couleur des grains est sous la dépendance d'un couple d'allèles avec dominance.
- le phénotype noir qui s'exprime à la fréquence de 3/4 est dominant ; le phénotype blanc qui s'exprime à la fréquence de 1/4 est récessif.

- Choix des symboles

Noir : B

Blanc : b

- Le couple d'allèles est B/b.

- Les plants autofécondés sont hétérozygotes de génotypes : $\frac{B}{b}$ et $\frac{B}{b}$

- aspect des grains

*Analyse

$$\text{Lisse} : \frac{286 + 98}{513} \times 100 = 74,85\% \text{ soit } 75\% \text{ ou } 3/4$$

$$\text{Ridé} : \frac{96 + 33}{513} \times 100 = 25,15\% \text{ soit } 25\% \text{ ou } 1/4$$

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 , 1/4 au niveau des phénotypes.

*Interprétation

- Le caractère aspect des grains est sous la dépendance d'un couple d'allèles avec dominance.
- le phénotype lisse qui s'exprime à la fréquence de 3/4 est dominant ; le phénotype ridé qui s'exprime à la fréquence de 1/4 est récessif.

- Choix des symboles

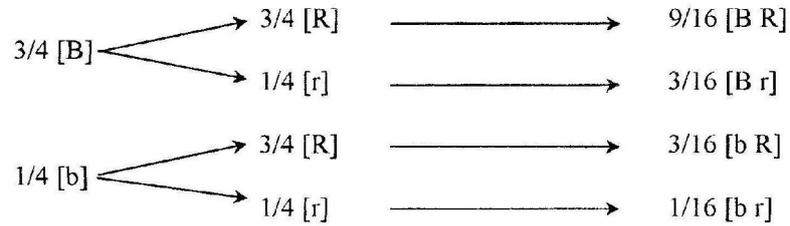
Ridé : r

Lisse : R

- Le couple d'allèles est R/r.

Les plants autofécondés sont hétérozygotes de génotypes $\frac{R}{r}$ et $\frac{R}{r}$

Recherche de la ségrégation (système branché)



Test de l'hypothèse d'indépendance

| Phénotypes observés | Effectifs observés | Hypothèse d'indépendance | |
|---------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | Ségrégation | Effectifs théoriques attendus |
| [B R] | 286 | 9/16 | 513 x 9/16 = 288,58 |
| [B r] | 96 | 3/16 | 513 x 3/16 = 96,18 |
| [b R] | 98 | 3/16 | 513 x 3/16 = 96,18 |
| [b r] | 33 | 1/16 | 513 x 1/16 = 32,06 |

Total = 513

Les effectifs théoriques attendus sont statistiquement identiques aux effectifs observés ; les deux couples d'allèles B/b et R/r sont donc indépendants. On peut alors écrire les génotypes des parents.

Vérification : interprétation chromosomique

Premier croisement

Phénotypes : ♀ [B R] x ♂ [b r]

Génotypes : $\frac{B}{r} \frac{R}{r}$ x $\frac{b}{r} \frac{r}{r}$

Gamètes : 100% $\frac{B}{r} \frac{R}{r}$ 100% $\frac{b}{r} \frac{r}{r}$

Fécondation: F₁: 100% $\frac{B}{b} \frac{R}{r}$ [B R]

Deuxième croisement

Phénotypes : ♀ [R V] x ♂ [R V]

Génotypes : $\frac{B}{b} \frac{R}{r}$ x $\frac{B}{b} \frac{R}{r}$

| | | |
|-----------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Gamètes : | 25% \underline{B} \underline{R} | 25% \underline{B} \underline{R} |
| | 25% \underline{B} \underline{r} | 25% \underline{B} \underline{r} |
| | 25% \underline{b} \underline{R} | 25% \underline{b} \underline{R} |
| | 25% \underline{b} \underline{r} | 25% \underline{b} \underline{r} |

Echiquier de croisement

| $\gamma \text{ } \sigma \text{ } F_1$ | 1/4 \underline{B} \underline{R} | 1/4 \underline{B} \underline{r} | 1/4 \underline{b} \underline{R} | 1/4 \underline{b} \underline{r} |
|---------------------------------------|--|--|--|--|
| $\gamma \text{ } \text{ } F_1$ | \underline{B} \underline{R} \underline{B} \underline{R} 1/16 [B R] |
| \underline{B} \underline{r} | \underline{B} \underline{R} \underline{B} \underline{r} 1/16 [B R] |
| \underline{b} \underline{R} | \underline{B} \underline{R} \underline{b} \underline{R} 1/16 [B R] |
| \underline{b} \underline{r} | \underline{B} \underline{R} \underline{b} \underline{r} 1/16 [B R] |

On obtient :

- 9/16 [B R]
- 3/16 [B r]
- 3/16 [b R]
- 1/16 [b r]

***Conclusion:** Les effectifs théoriques attendus sont statistiquement identiques aux effectifs observés ; les deux couples d'allèles B/b et R/r sont donc indépendants.

Troisième croisement

Le nombre de grains récoltés est de : 202 + 69 + 203 + 70 = 544

Etude caractère par caractère

- couleur des grains

***Analyse**

$$\text{Noir : } \frac{202 + 203}{544} \times 100 = 74,45\% \text{ soit } 75\% \text{ ou } 3/4$$

$$\text{Blanc : } \frac{69 + 70}{544} \times 100 = 25,55\% \text{ soit } 25\% \text{ ou } 1/4$$

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 , 1/4 au niveau des phénotypes.

***Interprétation**

- Le caractère « couleur des grains » est sous la dépendance d'un couple d'allèles avec dominance.
- le phénotype noir qui s'exprime à la fréquence de 3/4 est dominant ; le phénotype blanc qui s'exprime à la fréquence de 1/4 est récessif
- le couple d'allèles est B/b

- Les grains croisés sont hétérozygotes de génotypes : $\frac{B}{b}$ et $\frac{B}{b}$

- aspect des grains

***Analyse**

$$\text{Lisse : } \frac{202 + 69}{544} \times 100 = 49,82\% \text{ soit } 50\% \text{ ou } 1/2$$

$$\text{Ridé : } \frac{203 + 70}{544} \times 100 = 50,18\% \text{ soit } 50\% \text{ ou } 1/2$$

On obtient une descendance en ségrégation 1/2, 1/2 au niveau des phénotypes.

***Interprétation**

- Le caractère étudié est sous la dépendance d'un couple d'allèles avec dominance.

- Le croisement a été effectué entre un hétérozygote F₁ de génotype $\frac{R}{r}$ et un individu

homozygote récessif de génotype $\frac{r}{r}$

En associant les deux couples d'allèles, on s'aperçoit que pour le caractère « aspect des grains », le croisement effectué est un test-cross et pour le caractère « couleur des grains », une F₂ de monohybridisme.

Les génotypes des parents ne peuvent qu'être :

$$\frac{B}{b} \frac{R}{r} \text{ et } \frac{B}{b} \frac{r}{r}$$

2. CAS DE DEUX COUPLES D'ALLELES LIES

Quelques indications

Soit deux couples d'allèles A/a et B/b portés par une même paire de chromosomes homologues.

Un individu double hétérozygote de phénotype [A B] présente deux génotypes possibles :

- $\frac{A \ B}{a \ b}$ les allèles dans ce cas sont dits en position CIS
- $\frac{A \ b}{a \ B}$ les allèles dans ce cas sont dits en position TRANS

Chez le double hétérozygote $[A B]$ et de génotype $\begin{array}{c} A \quad B \\ \longleftrightarrow \\ a \quad b \end{array}$, les gamètes $A B$ et $a b$ sont des gamètes parentaux ; les gamètes $A b$ et $a B$ sont des gamètes recombinés. Soit P la fréquence de recombinaison ; la somme des fréquences des gamètes produits est égale à 1.

- Les gamètes parentaux $A B$ et $a b$ ont la même fréquence : $\frac{1-P}{2}$

- Les gamètes recombinés $A b$ et $a B$ ont la même fréquence : $\frac{P}{2}$

2. 1 Recherche des associations parentales et calcul de la distance génétique

2. 1. 1 Cas du test-cross

Les phénotypes majoritaires reflètent les gamètes parentaux. Ils permettent d'écrire le génotype du double hétérozygote.

Les phénotypes minoritaires reflètent les gamètes recombinés. Ils permettent de calculer la distance génétique.

Exercice d'application

Chez le Maïs, le croisement entre plant A à grains rouges et ronds et plant B à grains blancs et déprimés a donné une descendance composée de :

- 176 grains rouges et ronds
- 23 grains rouges et déprimés
- 17 grains blancs et ronds
- 184 grains blancs et déprimés

Interpréter ce résultat sachant que les allèles rouges et ronds dominent respectivement les allèles blancs et déprimés.

Résolution de l'exercice

*Observations

Les caractères considérés dans ce problème sont « la couleur des grains » présentant deux phénotypes alternatifs : rouge et blanc, et « la forme des grains » présentant deux phénotypes : rond et déprimé. Dans l'énoncé, il est signalé que le phénotype rouge domine le phénotype blanc qui est récessif et que le phénotype rond domine le phénotype déprimé.

Choix des symboles

Blanc : b Rouge : B
Déprimé : d Rond : D

Etude caractère par caractère

- couleur des grains

*Analyse

$$1 \quad \text{Rouge : } \frac{176 + 23}{400} \times 100 = 49,75\% \text{ soit } 50\% \text{ ou } 1/2$$

Blanc : $\frac{184 + 17}{400} \times 100 = 50,25\%$ soit 50% ou 1/2

On obtient une descendance en ségrégation 1/2 , 1/2 au niveau des phénotypes.

*Interprétation

- Le caractère « couleur des grains » est sous la dépendance d'un couple d'allèles.
- Le couple d'allèles est B/b.

- Le croisement a été effectué entre un hétérozygote F₁ de génotype $\frac{B}{b}$ et un individu

homozygote récessif de génotype $\frac{b}{b}$

- La forme des grains

*Analyse

Rond: $\frac{176 + 17}{400} \times 100 = 48,25\%$ soit 50% ou 1/2

Déprimé : $\frac{184 + 23}{400} \times 100 = 51,75\%$ soit 50% ou 1/2

On obtient une descendance en ségrégation 1/2 , 1/2 au niveau des phénotypes.

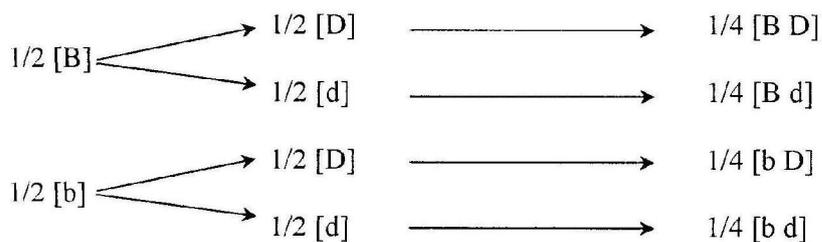
*Interprétation

- Le caractère forme des grains est sous la dépendance d'un couple d'allèles.
- Le couple d'allèles est D/d.

- Le croisement a été effectué entre un hétérozygote F₁ de génotype $\frac{D}{d}$ et un individu

homozygote récessif de génotype $\frac{d}{d}$

Recherche de la ségrégation

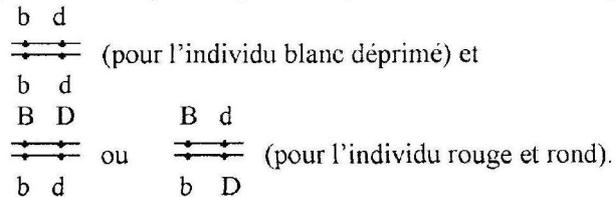


Test de l'hypothèse d'indépendance

| Phénotypes observés | Effectifs observés | Hypothèse d'indépendance | |
|---------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | Ségrégation | Effectifs théoriques attendus |
| [B D] | 176 | 1/4 | 400 x 1/4 = 100 |
| [B d] | 23 | 1/4 | 400 x 1/4 = 100 |
| [b D] | 17 | 1/4 | 400 x 1/4 = 100 |
| [b d] | 184 | 1/4 | 400 x 1/4 = 100 |

Total = 400

Les effectifs observés sont statistiquement différents des effectifs théoriques attendus : on en déduit que les deux gènes ne sont pas indépendants ; ils sont donc liés. Les génotypes des parents sont :



Le croisement effectué étant un test-cross, les phénotypes des individus obtenus reflètent en qualité et en quantité les gamètes produits par l'individu F₁ (hétérozygote).

[B D]: 176 > 100 donc $\overline{\overline{\cdot\cdot}}$ B D gamète parental (majoritaire)

[B d]: 184 > 100 donc $\overline{\overline{\cdot\cdot}}$ b d gamète parental (majoritaire)

[b D]: 23 < 100 donc $\overline{\overline{\cdot\cdot}}$ B d gamète recombiné (minoritaire)

[b d]: 17 < 100 donc $\overline{\overline{\cdot\cdot}}$ b D gamète recombiné (minoritaire)

Etant donné que $\overline{\overline{\cdot\cdot}}$ b d est un gamète parental, l'individu double hétérozygote ne peut qu'avoir un

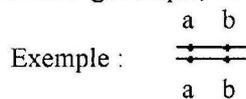
seul génotype qui est le suivant : $\overline{\overline{\cdot\cdot}}$ B D / $\overline{\overline{\cdot\cdot}}$ b d (les allèles sont en position CIS).

La distance génétique se calcule en additionnant les pourcentages de recombinaison :

$$\frac{(23 + 17) \times 100}{400} = \frac{40 \times 100}{400} = 10\% \text{ de recombinaison} = 10 \text{ CM} = 10 \text{ UR.}$$

2. 1. 2 Autres cas

Si le croisement effectué n'est pas un test-cross, pour trouver les génotypes des parents croisés et calculer la distance génétique, il faut s'intéresser uniquement à l'individu double homozygote récessif.



Il suffit de comparer l'effectif observé du phénotype [a b] à l'effectif théorique attendu dans l'hypothèse d'indépendance.

Si l'effectif observé est supérieur à l'effectif théorique attendu, le gamète $\overline{\overline{\cdot\cdot}}$ a b, donc l'individu

double hétérozygote a les allèles en position CIS $\overline{\overline{\cdot\cdot}}$ A B / $\overline{\overline{\cdot\cdot}}$ a b

Si l'effectif observé est inférieur à l'effectif théorique attendu dans le cas de l'hypothèse d'indépendance, le gamète $\overline{\overline{\cdot\cdot}}$ a b est recombiné ; donc l'individu double hétérozygote a les allèles en

position TRANS $\overline{\overline{\cdot\cdot}}$ A b / $\overline{\overline{\cdot\cdot}}$ a B

Pour calculer la distance génétique dans ces deux cas, on pose :

$$\text{Fréquence observée de [a b]} = \text{Fréquence théorique de [a b].}$$

Exercice d'application n° 1

Chez le Maïs, l'autofécondation d'un plant a donné la descendance suivante :

66 grains noirs et lisses
16 grains blancs et ridés
9 grains blancs et lisses
9 grains noirs et ridés

Interpréter ce résultat.

Résolution de l'exercice

*Observations

Dans ce problème, les caractères considérés sont :

- « La couleur des grains » présentant deux phénotypes alternatifs noir et blanc.
- « L'aspect des grains » présentant deux phénotypes alternatifs lisse et ridé.

Etude caractère par caractère

- Couleur des grains

*Analyse

$$\text{Noir : } \frac{66 + 9}{100} = \frac{75}{100} \text{ soit } 75\% \text{ ou } 3/4$$

$$\text{Blanc : } \frac{16 + 9}{100} = \frac{25}{100} \text{ soit } 25\% \text{ ou } 1/4$$

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 , 1/4 au niveau des phénotypes.

*Interprétation

- Le caractère couleur des grains est sous la dépendance d'un couple d'allèles avec dominance.
- le phénotype noir qui s'exprime à la fréquence de 3/4 est dominant ; le phénotype blanc qui s'exprime à la fréquence de 1/4 est récessif.
- Choix des symboles

Blanc : b

Noir : B

- Le caractère couleur des grains est gouverné par un couple d'allèles qui est B/b.

- Les individus croisés sont hétérozygotes et ont pour génotypes : $\frac{B}{b}$ et $\frac{B}{b}$

- Aspect des grains

*Analyse

$$\text{Ridé : } \frac{16 + 9}{100} = \frac{25}{100} \text{ soit } 25\% \text{ ou } 1/4$$

$$\text{Lisse : } \frac{66 + 9}{100} = \frac{75}{100} \text{ soit } 75\% \text{ ou } 3/4$$

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 , 1/4 au niveau des phénotypes.

*Interprétation

- Le caractère « aspect des grains » est sous la dépendance d'un couple d'allèles avec dominance.
- le phénotype lisse qui s'exprime à la fréquence de 3/4 est dominant ; le phénotype ridé qui s'exprime à la fréquence de 1/4 est récessif.
- Choix des symboles

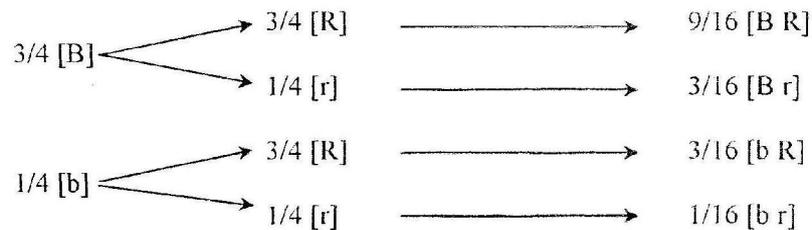
Ridé : r

Lisse : R

- Le caractère « aspect des grains » est gouverné par un couple d'allèles R/r.

- Les individus croisés sont hétérozygotes et ont pour génotypes : $\begin{array}{c} R \\ \longleftrightarrow \\ r \end{array}$ et $\begin{array}{c} R \\ \longleftrightarrow \\ r \end{array}$.

Recherche de la ségrégation



Test de l'hypothèse d'indépendance

| Phénotypes observés | Effectifs observés | Hypothèse d'indépendance | |
|---------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | Ségrégation | Effectifs théoriques attendus |
| [B R] | 66 | 9/16 | 100 x 9/16 = 56,25 |
| [B r] | 9 | 3/16 | 100 x 3/16 = 18,75 |
| [b R] | 9 | 3/16 | 100 x 3/16 = 18,75 |
| [b r] | 16 | 1/16 | 100 x 1/16 = 6,25 |

Total = 100

Les effectifs théoriques attendus sont statistiquement différents des effectifs observés ; les deux gènes mis en jeu ne sont donc pas indépendants ; ils sont liés.

Détermination des génotypes des parents

L'individu $\begin{array}{c} b \ r \\ \longleftrightarrow \\ b \ r \end{array}$ de phénotype [b r] a un effectif de 16 supérieur à l'effectif théorique attendu qui est de 6. Le gamète $\begin{array}{c} b \ r \\ \longleftrightarrow \end{array}$ est donc parental. Dans cette autofécondation, l'individu double

hétérozygote a les allèles en position CIS : les génotypes des parents sont : $\begin{array}{c} B \ R \\ \longleftrightarrow \\ b \ r \end{array}$ et $\begin{array}{c} B \ R \\ \longleftrightarrow \\ b \ r \end{array}$

Calcul de la distance génétique

L'individu [b r] de génotype $\begin{array}{c} b \ r \\ \longleftrightarrow \\ b \ r \end{array}$ a pour fréquence théorique $\left(\frac{1-P}{2}\right) \left(\frac{1-P}{2}\right) = \left(\frac{1-P}{2}\right)^2$

$$\left(\frac{1-P}{2}\right)^2 = \frac{16}{100} \Rightarrow \frac{1-P}{2} = \frac{4}{10} \Rightarrow 5 - 5P = 4 \text{ donc } P = \frac{1}{5} = 0,2$$

La distance génétique B/b et R/r = 100 x 0,2 = 20 UR

Exercice d'application n° 2 :

Etude de la transmission des caractères « couleur du corps » et « longueur des ailes » chez la drosophile

Expérience

Premier croisement

On croise une drosophile de souche sauvage (à corps gris et ailes longues) avec une drosophile de souche mutante (à corps noir et ailes vestigiales). Toutes les drosophiles obtenues sont à corps gris et ailes longues.

Deuxième croisement

On croise des drosophiles issues du premier croisement entre elles. On obtient :

719 drosophiles à corps gris et ailes longues
44 drosophiles à corps gris et ailes vestigiales
46 drosophiles à corps noir et ailes longues
216 drosophiles à corps noir et ailes vestigiales

Troisième croisement

On croise ♀ F₁ x ♂ [corps noir et ailes vestigiales]. On obtient :

171 drosophiles à corps gris et ailes longues
34 drosophiles à corps gris et ailes vestigiales
36 drosophiles à corps noir et ailes longues
169 drosophiles à corps noir et ailes vestigiales

Interpréter ces résultats.

Résolution

*Observations

Deux caractères sont considérés dans ce problème : le caractère « couleur du corps » présentant deux phénotypes : gris et noir, et le caractère « taille des ailes » présentant deux phénotypes : long et vestigial.

Premier croisement

*Analyse

Le croisement effectué entre deux parents de phénotypes différents a donné une descendance homogène.

*Interprétation

Ces parents croisés sont de lignée pure, donc homozygotes. Le phénotype qui s'exprime dans la descendance est dominant.

Deuxième croisement

Etude caractère par caractère

- Couleur du corps

*Analyse

$$1 \quad \text{Gris} : \frac{719 + 44}{1025} \times 100 = 74,44\% \text{ soit } 75\% \text{ ou } 3/4$$

Noir : $\frac{216 + 46}{1025} \times 100 = 25,56\%$ soit 25% ou 1/4

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 , 1/4 au niveau des phénotypes.

*Interprétation

- Le caractère « couleur du corps » est gouverné par un couple d'allèles avec dominance.
- Le phénotype gris qui s'exprime à la fréquence de 3/4 est dominant, et le phénotype noir qui s'exprime à la fréquence de 1/4 est récessif.

- Choix des symboles

Noir : n

Gris : n⁺

- Le couple d'allèles est n⁺/n.

- Le croisement a lieu entre deux drosophiles de la F1 de génotypes : $\frac{n^+}{n}$ et $\frac{n^+}{n}$

- Taille des ailes

*Analyse

Longue : $\frac{719 + 46}{1025} \times 100 = 74,63\%$ soit 75% ou 3/4

Vestigiale : $\frac{216 + 44}{1025} \times 100 = 25,37\%$ soit 25% ou 1/4

On obtient une descendance en ségrégation 3/4 , 1/4 au niveau des phénotypes.

*Interprétation

- Le caractère « taille des ailes » est gouverné par un couple d'allèles avec dominance.
- Le phénotype long qui s'exprime à la fréquence de 3/4 est dominant, et le phénotype vestigial qui s'exprime à la fréquence de 1/4 est récessif.

- Choix des symboles

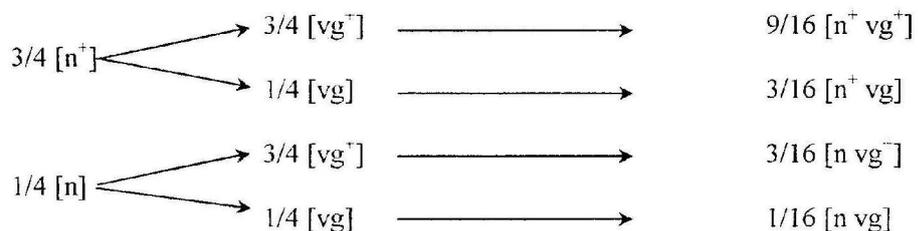
Vestigial : vg

Long : vg⁺

- Le couple d'allèles est vg⁺/vg.

- Les drosophiles croisées sont des hybrides de la F1 (hétérozygotes) de génotypes : $\frac{vg^+}{vg}$ et $\frac{vg^+}{vg}$.

Recherche de la ségrégation (système branché)



Test de l'hypothèse d'indépendance

| Phénotypes observés | Effectifs observés | Hypothèse d'indépendance | |
|---------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | Ségrégation | Effectifs théoriques attendus |
| $[n^+ vg^-]$ | 719 | 9/16 | $1025 \times 9/16 = 576,56$ |
| $[n^- vg]$ | 44 | 3/16 | $1025 \times 3/16 = 192,18$ |
| $[n vg^+]$ | 46 | 3/16 | $1025 \times 3/16 = 192,18$ |
| $[n vg]$ | 216 | 1/16 | $1025 \times 1/16 = 64,06$ |

Total = 1025

Les effectifs théoriques attendus sont différents des effectifs observés ; les deux couples d'allèles mis en jeu ne sont pas indépendants, ils sont donc liés.

L'effectif observé de $[n vg]$ qui est de 216 est supérieur à l'effectif théorique attendu égal à 64,06 ; le gamète $n^- vg$ est donc parental. Les allèles de l'individu double hétérozygote de phénotype $[n^+ vg^+]$

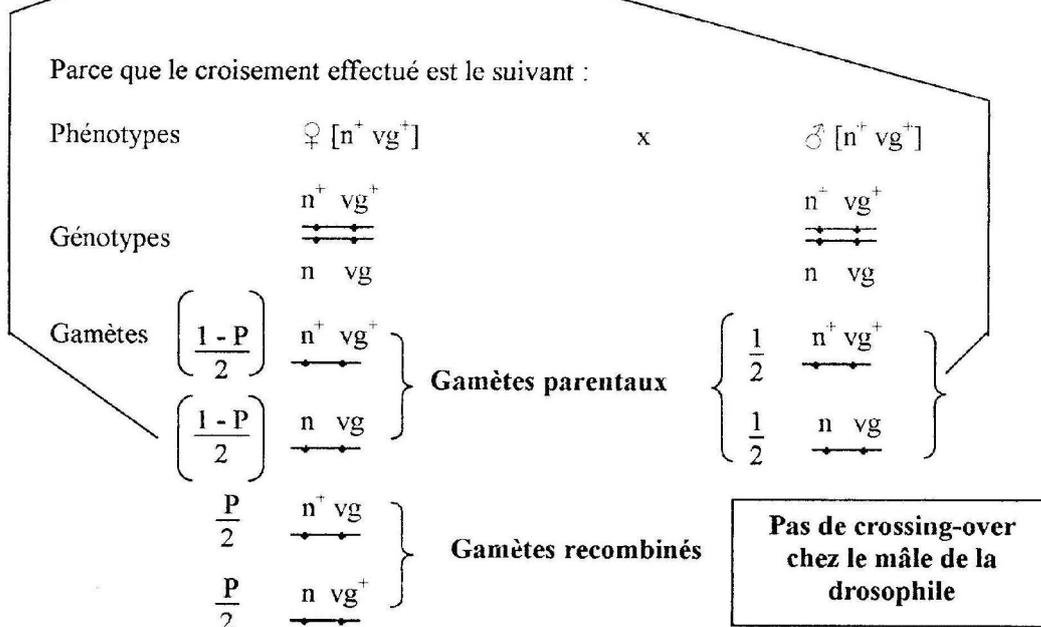
sont en position CIS. Son génotype ne peut qu'être :

$$\begin{array}{c} n^+ \quad vg^+ \\ \text{---} \\ n \quad vg \end{array}$$

l'individu $[n vg]$ de génotype

$$\begin{array}{c} n^- \quad vg \\ \text{---} \\ n \quad vg \end{array}$$

a pour fréquence théorique : $\left(\frac{1-P}{2}\right) \times \frac{1}{2}$



La fréquence observée de $[n vg]$ = à la fréquence théorique de $[n vg]$, c'est-à-dire :

$$\left(\frac{1-P}{2}\right) \times \frac{1}{2} = \frac{216}{1025} \Rightarrow \frac{1-P}{4} = \frac{216}{1025}$$

La valeur de P multipliée par 100 donne la valeur de la distance génétique :
soit $P = 0,1571 \times 100 = 16\%$ de recombinaison.

Troisième croisement

$$\text{♀ } F_1 [n^- vg^+] \times \text{♂ } [n vg]$$

Le nombre d'individus obtenus est de : $171 + 34 + 36 + 169 = 410$

Etude séparée des caractères

- Couleur du corps

*Analyse

$$\text{Gris : } \frac{171 + 34}{410} \times 100 = 50\% \text{ soit } 1/2$$

$$\text{Noir : } \frac{36 + 169}{410} \times 100 = 50\% \text{ soit } 1/2$$

On obtient une descendance en ségrégation 1/2 , 1/2 au niveau des phénotypes.

*Interprétation

- Le caractère « couleur du corps » est sous la dépendance d'un couple d'allèles.
- Le couple d'allèles est n^+/n^- .

- Le croisement entre un hétérozygote F1 de génotype $\frac{n^+}{n^-}$ et un individu homozygote récessif de génotype $\frac{n^-}{n^-}$

- Taille des ailes

*Analyse

$$\text{Longue : } \frac{171 + 36}{410} \times 100 = 50\% \text{ soit } 1/2$$

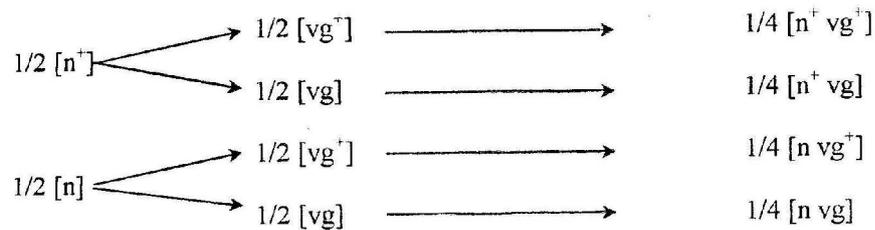
$$\text{Vestigiale : } \frac{34 + 169}{410} \times 100 = 50\% \text{ soit } 1/2$$

On obtient une descendance en ségrégation 1/2 , 1/2 au niveau des phénotypes.

*Interprétation

- Le caractère « taille des ailes » est sous la dépendance d'un couple d'allèles.
- Le couple d'allèles est vg^+/vg^- .

- Le croisement s'est effectué entre deux individus dont l'un est hétérozygote de génotype $\frac{vg^+}{vg^-}$ et l'autre homozygote de génotype $\frac{vg^-}{vg^-}$

Recherche de la ségrégation (système branché)Test de l'hypothèse d'indépendance

| Phénotypes observés | Effectifs observés | Hypothèse d'indépendance | |
|---------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | Ségrégation | Effectifs théoriques attendus |
| $[n^+ vg^+]$ | 171 | 1/4 | $410 \times 1/4 = 102,25$ |
| $[n^+ vg]$ | 34 | 1/4 | $410 \times 1/4 = 102,25$ |
| $[n vg^+]$ | 36 | 1/4 | $410 \times 1/4 = 102,25$ |
| $[n vg]$ | 169 | 1/4 | $410 \times 1/4 = 102,25$ |

Total = 410

Les effectifs théoriques sont différents des effectifs observés ; les couples d'allèles considérés ne sont pas indépendants mais plutôt liés.

L'effectif de $[n^+ vg^+] = 171 > 103$ donc $n^+ vg^+$ est parental (majoritaire)

L'effectif de $[n vg] = 169 > 103$ donc $n vg$ est parental (majoritaire)

L'effectif de $[n^+ vg] = 34 < 103$ donc $n^+ vg$ est recombiné (minoritaire)

L'effectif de $[n vg^+] = 36 < 103$ donc $n vg^+$ est recombiné (minoritaire)

La distance génétique se calcule en additionnant les pourcentages de recombinaison c'est-à-dire

$\frac{34 + 36}{410} = 0,17$ soit $0,17 \times 100 = 17\%$ de recombinaison ou 17 CM ou 17 UR. Cette valeur est statistiquement égale à celle trouvée dans le cas de la F_2 précédent.

**METHODE DE RESOLUTION DES PROBLEMES
DANS LE CAS D'UN DIHYBRIDISME**

1. Observation
 2. Analyse
 3. Interprétation
 4. Vérification
 5. Conclusion
- } Pour chaque croisement