







Les bases chromosomiques de l'hérédité

Expériences de *T. H. Morgan*

Avant de commencer ce chapitre voici un résumé des différents modes de transmission des caractères, ceux qui suivent les lois de *Mendel* et ceux qui en font exception

Degré de dominance	Description	Exemple
Dominance complète d'un allèle	<i>Le phénotype de l'hétérozygote est le même que celui de l'homozygote dominant</i>	PP  Pp 
Dominance incomplète de l'un des deux allèles	Le phénotype de l'hétérozygote est intermédiaire entre les deux Phénotypes homozygotes	   $C^R C^R$ $C^R C^W$ $C^W C^W$
Codominance	Hétérozygote : les deux phénotypes sont exprimés	$I^A I^B$ 
Allèles multiples	Dans une population, certains gènes ont plus de deux allèles	Système sanguin ABO trois allèles : I^A , I^B , i
Pléiotropie	Un gène est capable d'affecter de multiple caractères phénotypiques	Anémie à hématies <i>falciformes</i>

Campbell & Reece, 2010

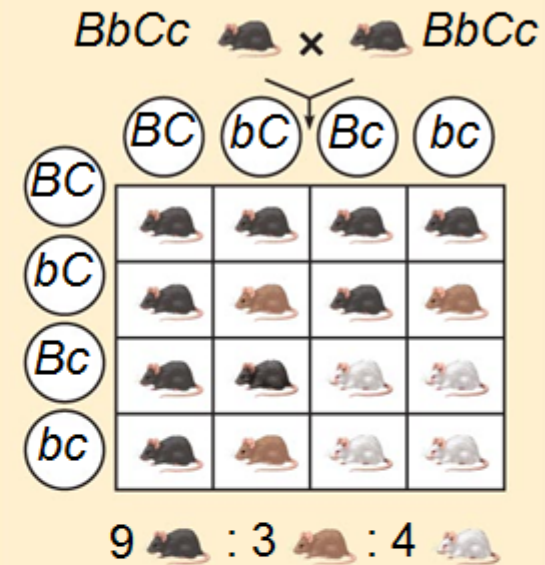
Relations entre gènes

Description

Exemple

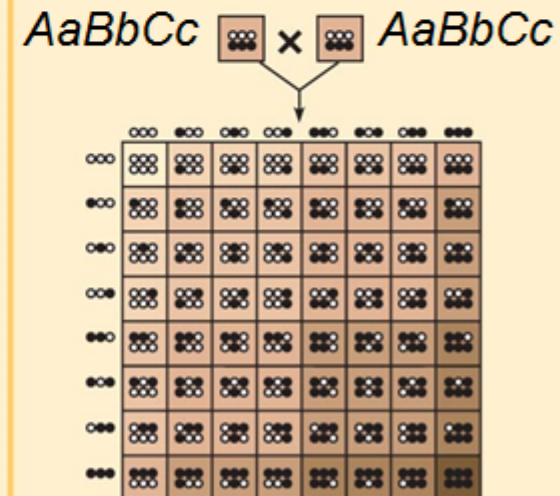
Epistasie

Un gène agit sur
l'expression d'un
autre gène



Hérédité polygénique

Un seul caractère
Phénotypique est
codé par deux ou plus
gènes

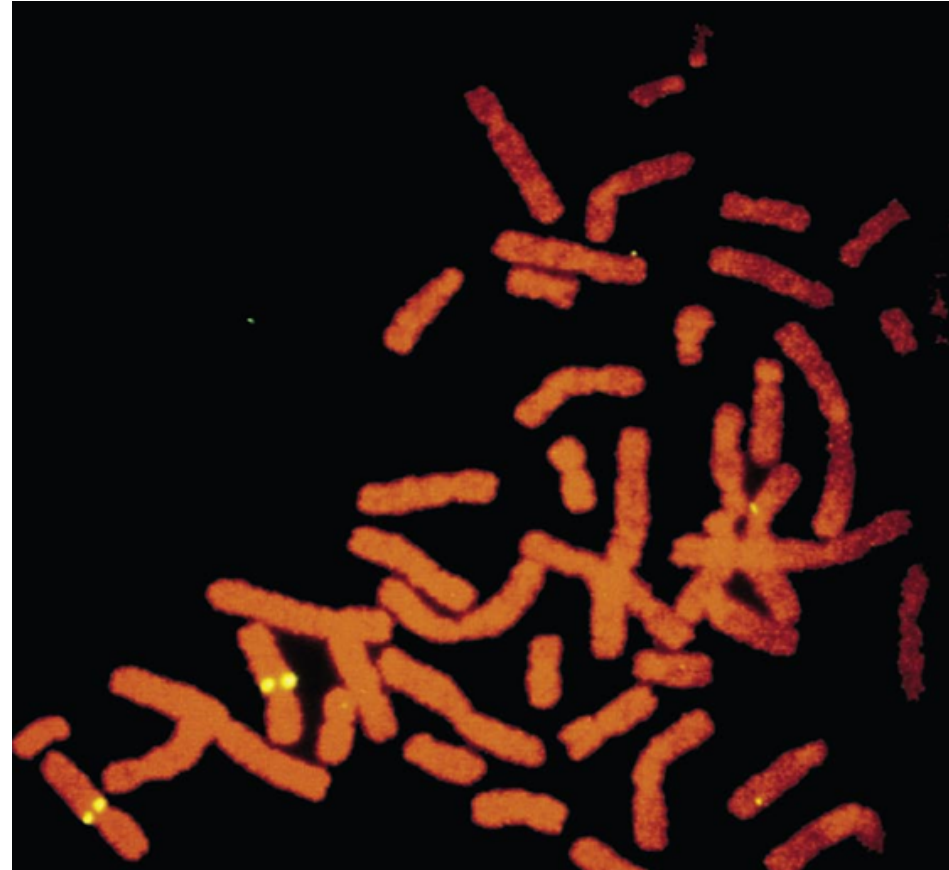


Campbell & Reece, 2010

Relations entre gènes

Le fondement physique de l'hérédité mendélienne réside dans le comportement des chromosomes

- Les facteurs héréditaires de *Mendel* étaient des gènes : ce qu'on ne savait pas à l'époque
- Aujourd'hui, nous pouvons démontrer que les gènes sont situés sur les chromosomes
- L'emplacement d'un gène particulier peut être mis en évidence par marquage fluorescent de chromosomes isolés



Théorie chromosomique validée par Thomas H. Morgan



T.-H. Morgan
(1866-1945)
Wikipedia.com

- Les expériences de *Morgan* avec les drosophiles* ont fourni des preuves convaincantes postulant que : les facteurs héréditaires de *Mendel* se trouvent bel et bien sur des chromosomes
- Le succès des expériences de *Morgan* est dû aux avantages qu'a la drosophile comme animal modèle adapté à des études génétiques :
 - se reproduisent à un rythme élevé
 - nombre de générations élevé : toutes les deux semaines
 - ont seulement quatre paires de chromosomes



* mouches du vinaigre

Théorie chromosomique de l'hérédité

1. Les gènes de *Mendel* ont des loci spécifiques (positions) sur les chromosomes
2. En méiose, il y a ségrégation allélique de chaque gène dans les gamètes. La transmission de deux gènes (ou plus) se fait de la façon suivante :
 - a) si les deux gènes sont situés sur deux chromosomes différents : **assortiment indépendant des gènes avec recombinaisons génétiques**
 - b) si les gènes sont liés (situés sur le même chromosome) et sont très proches les uns les autres: ils se transmettent en bloc : **linkage complet**
 - c) si les gènes liés sont assez distancés les uns les autres : **linkage incomplet et recombinaisons** à cause des enjambements (crossing-over) entre chromatides non-sœurs

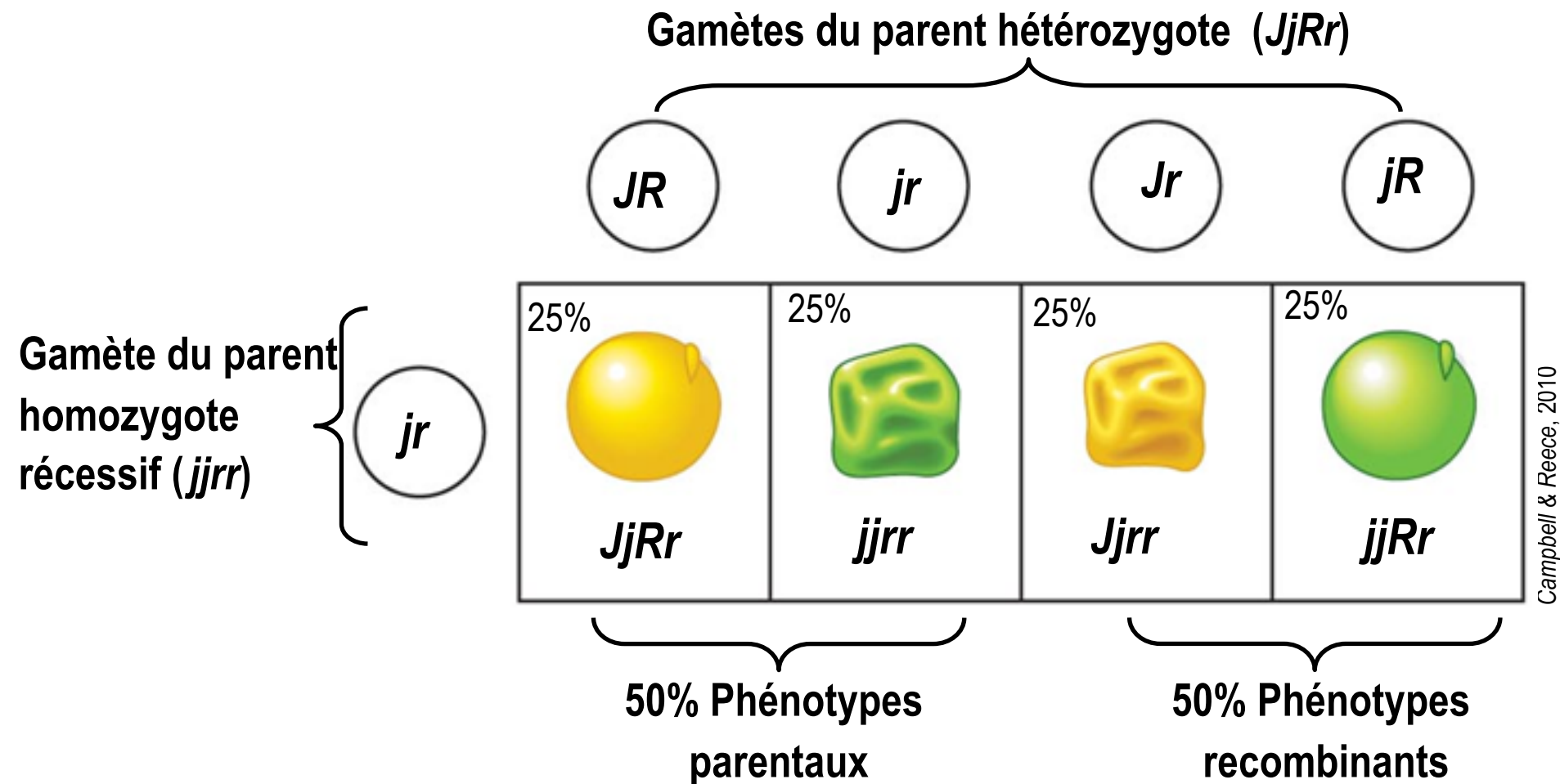
Linkage et recombinaisons génétiques

- Le linkage fait référence aux gènes localisés sur le même chromosome
- Ces gènes ne sont pas indépendants mais liés. Ces gènes restent ensemble lors de la formation des gamètes et sont transmis en groupe
- Mais souvent, les gènes liés se séparent les uns des autres à des degrés différents dans le cas où il se produit un crossing over : le linkage peut être complet ou incomplet
 - Linkage complet : les gènes liés ne se séparent pas
 - Linkage incomplet : les gènes se séparent après un crossing over
- Le linkage est le plus souvent étudié par le test-cross qui nous indique si on est en présence de gènes indépendants ou liés complètement ou incomplètement

Linkage et recombinaisons génétiques

- À chaque fois qu'il se produit un crossing-over, il s'effectue une **recombinaison génétique**
- le type recombinant résulte de deux processus différents :
 - Assortiment indépendant : le croisement de contrôle donne 50% de **types recombinants** et 50% de **types parentaux**
 - Crossing over : quatre phénotypes dans des proportions différents de celles du test-cross de *Mendel* (1:1:1:1)
- **Fréquence de recombinaison** : plus les gènes sont éloignés entre eux, plus la probabilité d'un crossing-over entre ces deux gènes est grande

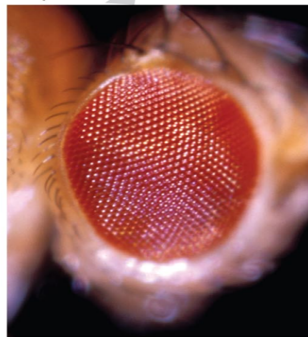
Test-cross dans le cas de l'assortiment indépendant



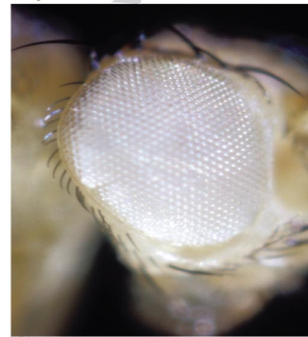
Test-cross dans le cas des gènes liés

- La représentation conventionnelle des allèles est désigné par un symbole choisi en fonction du nom du mutant :
 - **type sauvage** (*Wild Type*) : phénotypes communs dans les populations de drosophile, représenté avec l'exposant "+"
 - **mutant** : les traits alternatives au type sauvage

W^+ (type sauvage: yeux rouges)



W (mutant: yeux blancs (white))



Campbell & Reece, 2010

Le premier mutant est un mâle aux yeux blancs

Mode d'expression des gènes liés

Morgan a croisé des mouches qui diffèrent par la couleur de leur corps et la taille de leurs ailes.

Corps gris : b^+

ailes normales : vg^+

Corps noir : b (mutant)

ailes vestigiales : vg (mutant)

- *Morgan* a croisé des lignées pures de type sauvage (corps gris/ailes normales : b^+b^+/vg^+vg^+) avec des drosophiles de phénotypes doublement mutés (corps noir/ailes vestigiales : $bb/vgvg$):

Tous les individus de la génération F1 sont dihybrides à corps gris et ailes normales (b^+b/vg^+vg)

- Test-cross : femelle dihybrides b^+b/vg^+vg avec mâle de lignée pure ayant les phénotypes double mutant ($bb/vgvg$)

EXPERIENCE

P (homozygotes)

Wild type
(corps gris,
ailes normales)
 $b^+ b^+ vg^+ vg^+$



×



Double mutant
(corps noir,
Ailes vestigiales)
 $bb\ vgv g$

F₁ dihybrides
(wild type)
 $b^+ b\ vg^+ vg$

**Test-cross**

×



Double mutant
 $b b\ vg\ vg$

Descendants
F2

$b^+ vg^+$

$b\ vg$


$b^+ vg$

$b\ vg^+$

Ovules

Spermatozoïdes

$b\ vg$

	Wild type (gris-normal)	noir- vestigial	Gris- vestigial	noir- normal
	$b^+ b\ vg^+ vg$	$bb\ vgv g$	$b^+ b\ vgv g$	$bb\ vg^+ vg$

Campbell & Reece, 2010

PREDICTION DES PROPORTIONS

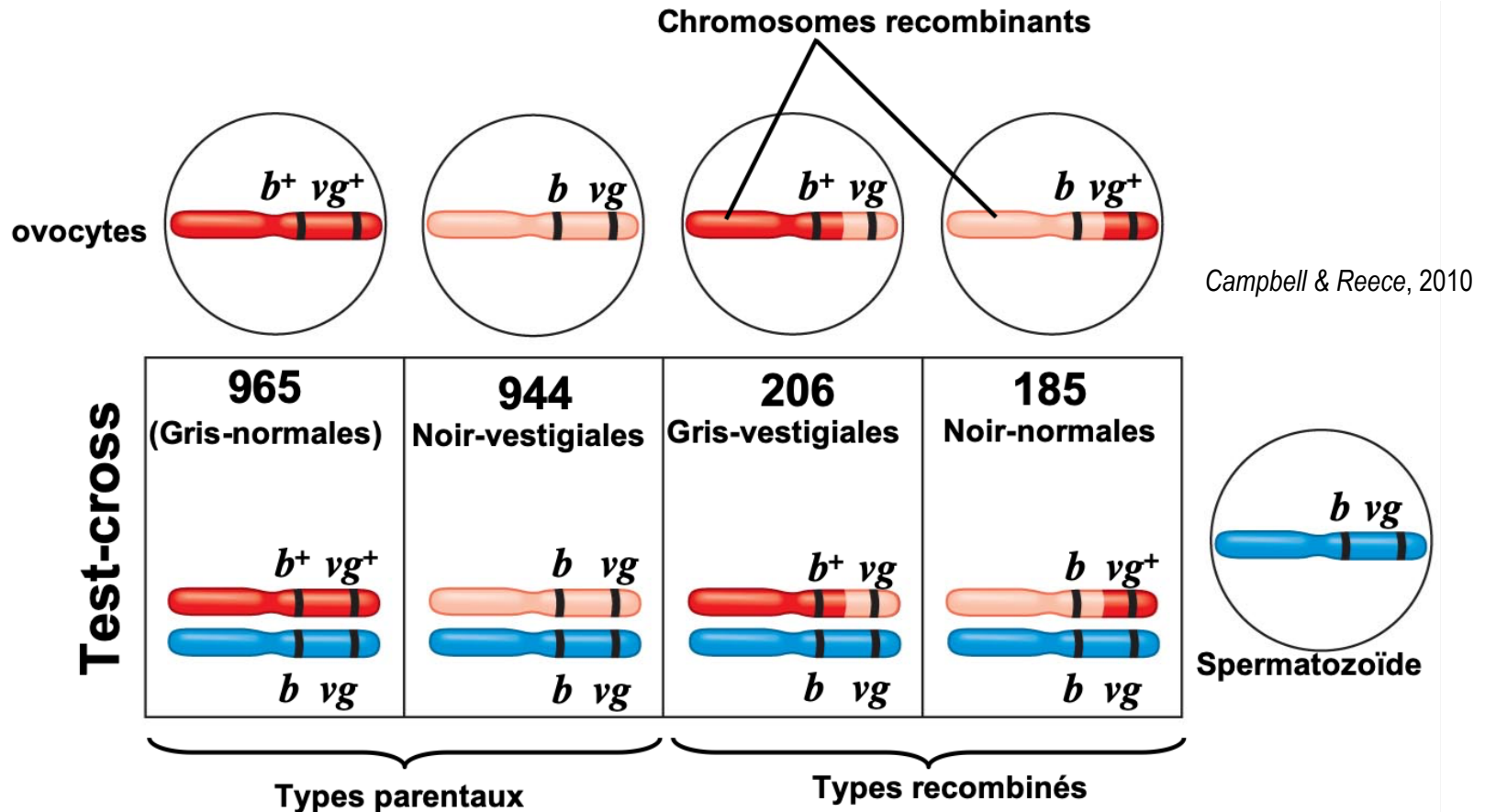
- Si les 2 gènes sont sur des chromosomes différents => 1 : 1 : 1 : 1
 - Si les 2 gènes sont sur le même chromosome => 1 : 1 : 0 : 0
- les allèles parentaux sont transmis en bloc*

MAIS !**RESULTATS**

965 : 944 : 206 : 185

Assortiment des gènes liés

- La couleur du corps et la taille des ailes sont transmis ensemble dans des compositions spécifiques de types parentaux. Cependant, des phénotypes recombinants sont aussi produits avec des fréquences de recombinaisons particulier

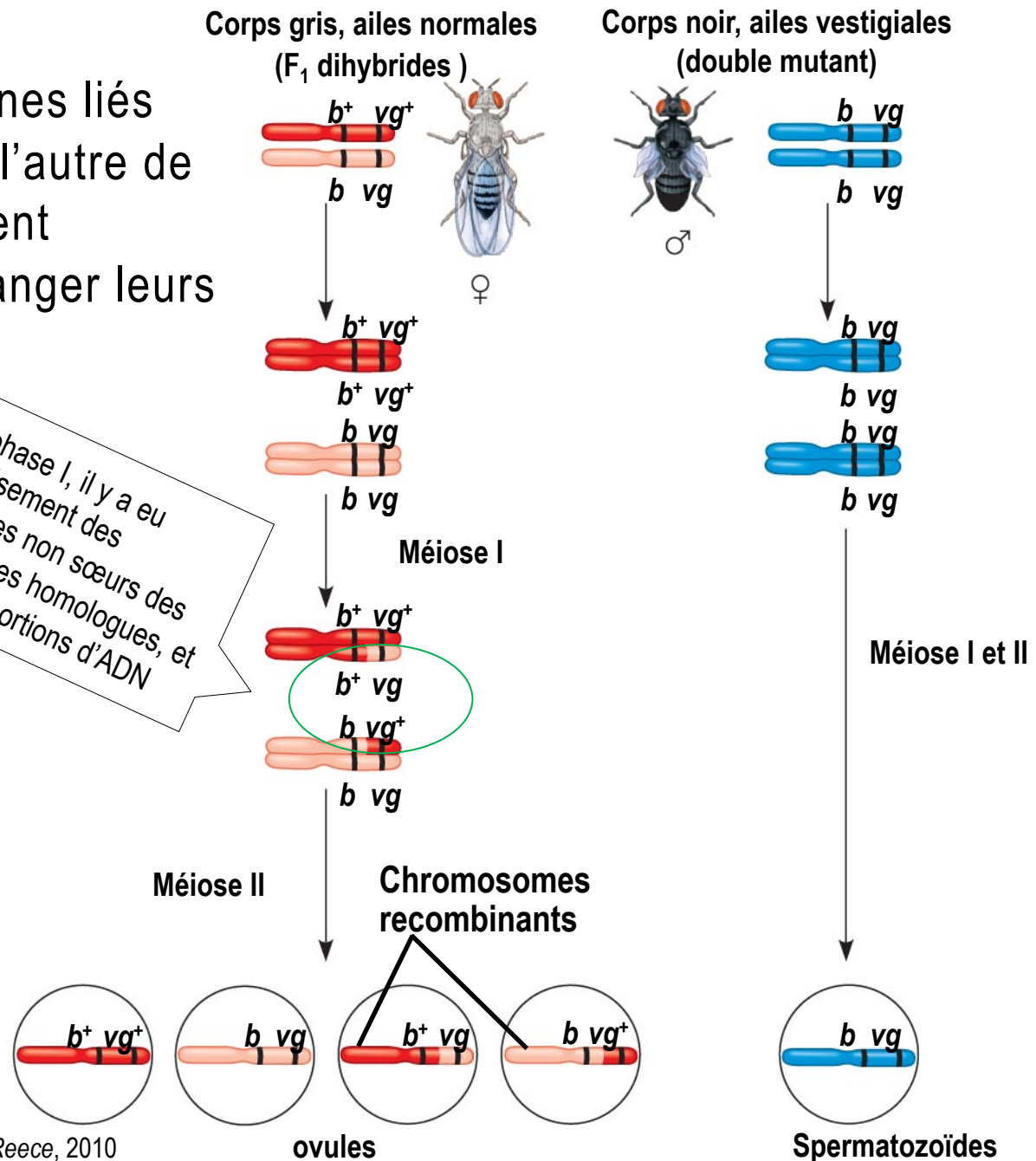


Recombinaison des gènes liés : crossing-over

- *Morgan* a découvert que les gènes peuvent être liés, **mais leur liaison est relative** (incomplète), comme en témoigne les fréquences de recombinaisons des types non parentaux
- *Morgan* a proposé que certains processus doivent parfois rompre la connexion physique entre les gènes situés sur le même chromosome : c'est le **crossing-over**
- Ainsi *Morgan* a théorisé le processus du crossing over, qui été découvert quelques années auparavant par le biologiste belge *Frans Alfons Janssens*

Recombinaison des gènes liés
mais distancés l'un de l'autre de
façon à ce qu'ils puissent
s'entrecroiser et s'échanger leurs
loci : crossing-over

En prophase I, il y a eu
entrecroisement des
chromatides non sœurs des
chromosomes homologues, et
échange de portions d'ADN



Campbell & Reece, 2010

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Carte de liaison génétique

- Une carte génétique est une liste ordonnée de loci génétiques le long d'un chromosome
- C'est *Alfred Sturtevant*, l'un des étudiants de *Morgan*, qui a établi une carte génétique de certains gènes de la drosophile
- Il a utilisé les données de recombinaisons génétiques pour élaborer une cartographie des distances entre les gènes
- *Sturtevant* a prédit que : plus deux gènes sont espacées, plus la probabilité qu'il se produise un croisement entre eux est grande, plus la fréquence de recombinaisons est grande

Carte de liaison génétique

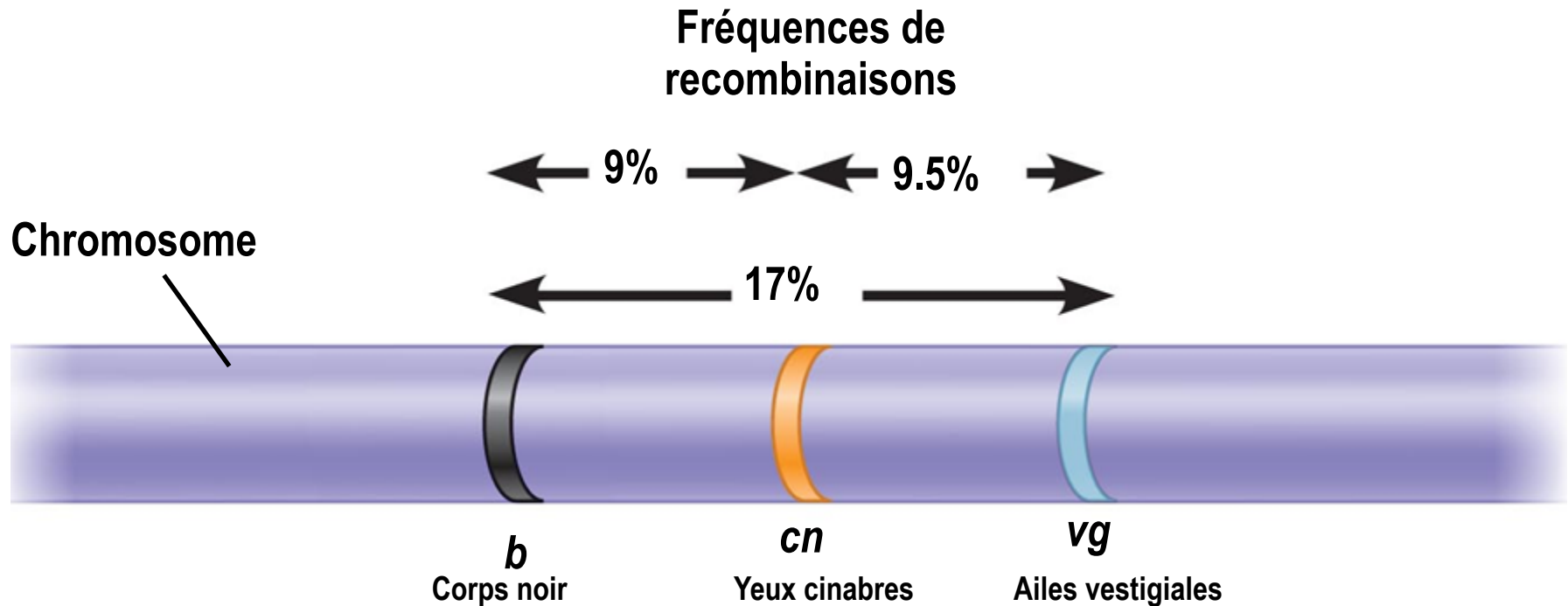
- Une carte génétique est basée sur les fréquences de recombinaisons entre gènes liés
- 1 **unité cartographique** (*map unit*) = 1 centimorgan (*cM*)
= une fréquence de recombinaison de 1%
- L'Assortiment indépendant 50% types recombinants et 50% types parentaux
- La fréquence de recombinaisons pour des gènes liés est toujours inférieure à 50%

$$\text{Fréquence de recombinaison} = \frac{\text{Nombre de types recombinants}}{\text{Nombre total des descendants}} \times 100$$

Carte de liaison génétique

Fréquence de recombinaisons entre le gène produisant la couleur du corps et le gène qui exprime la taille des ailes

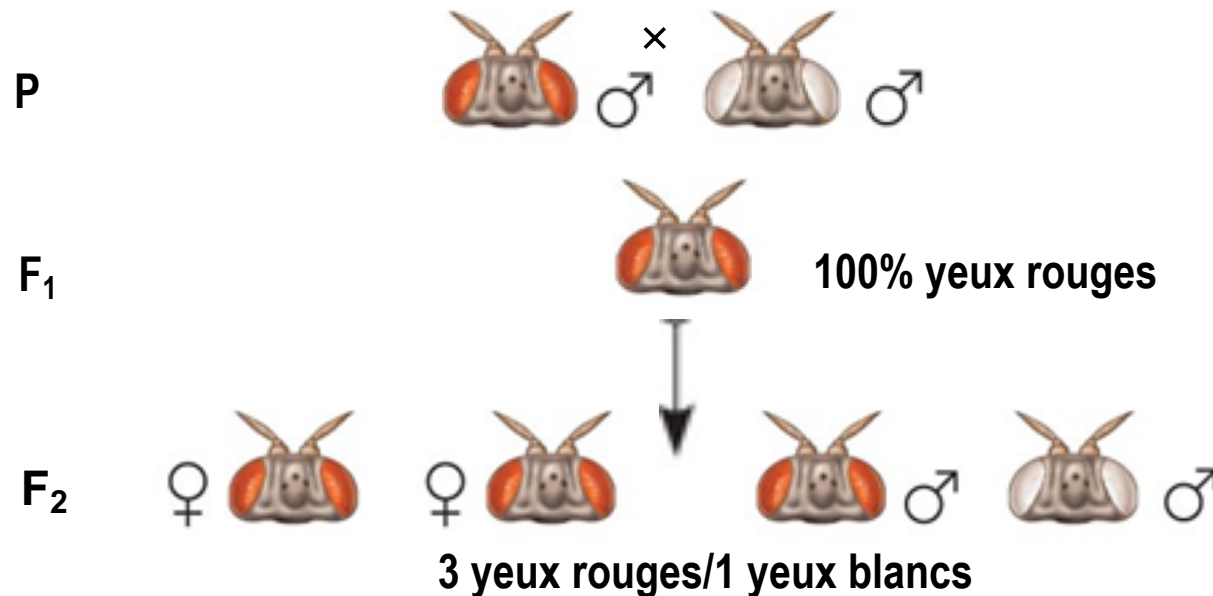
$$= \frac{391 \text{ types recombinants}}{2300 \text{ total des descendants}} \times 100 = 17\%$$



Campbell & Reece, 2010

Autre révélation de *Morgan* : la couleur des yeux de la drosophile est lié au sexe

EXPERIENCE



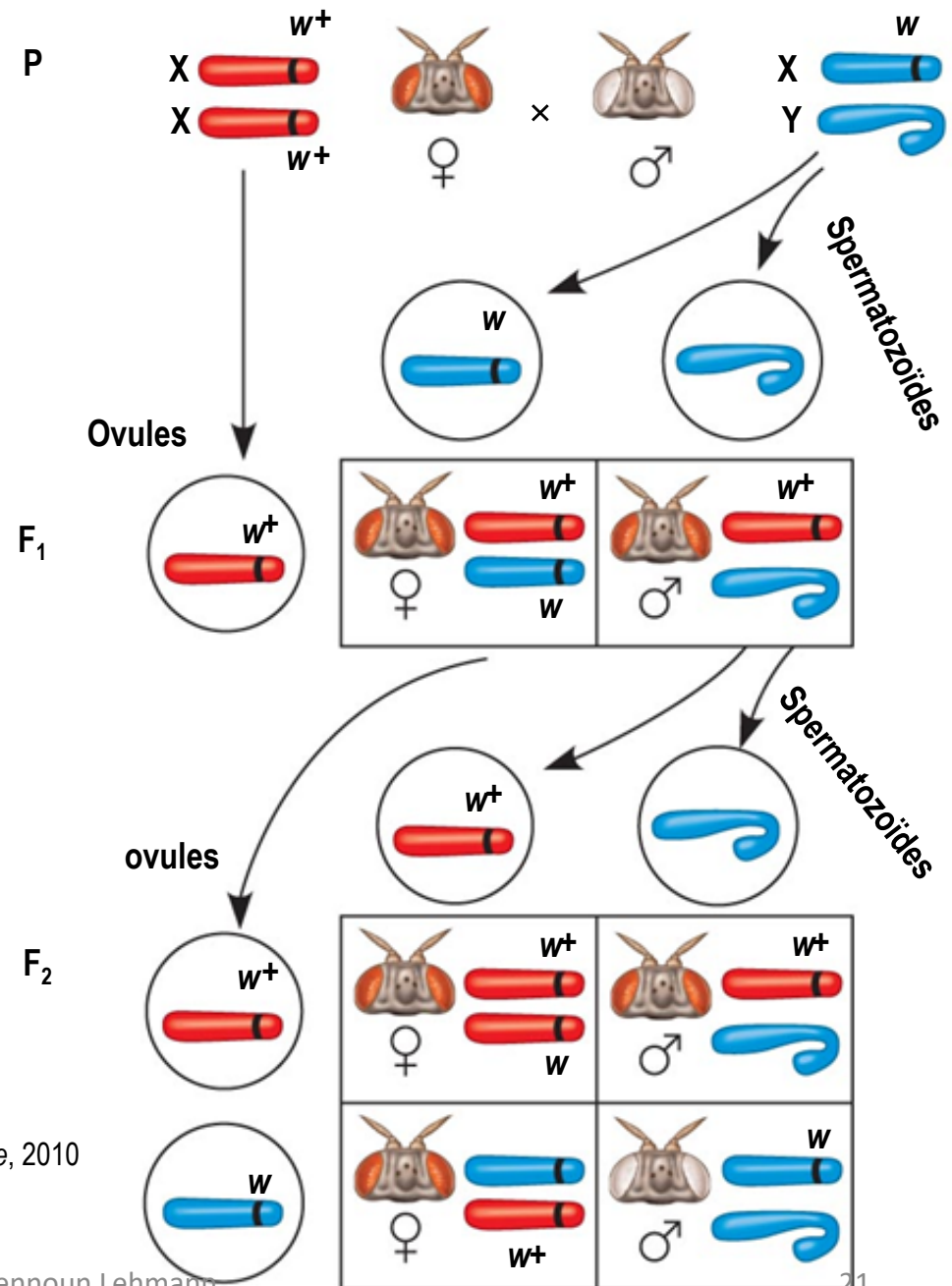
Campbell & Reece, 2010

RÉSULTATS

- toutes les femelle ont des yeux rouges => le type sauvage est dominant
- 50% de mâles ont des yeux rouges et 50% ont des yeux blancs => le gène de la couleur des yeux de la drosophile est lié au sexe

Morgan a déduit que :

- le gène codant pour la couleur des yeux de la drosophile se trouve exclusivement sur le chromosome X



Campbell & Reece, 2010

Objectifs du contrôle 4, du 11 juin 2019

- ① Divisions cellulaires : mitose et méiose
- ② Cycle cellulaire
- ③ Concepts de l'hérédité de *Mendel* et concordance des résultats de *Mendel* avec les événements de la méiose
- ④ Croisement de contrôle ou test-cross
- ⑤ Règles de probabilité gouvernant les lois de *Mendel*
- ⑥ Dominance complète, dominance incomplète et codominance
- ⑦ Pléiotropie, épistasie et hérédité polygénique
- ⑧ Règles conventionnelles de lignage ou Pedigree
- ⑨ Maladies génétiques chez l'humain
- ⑩ Théorie chromosomique de l'hérédité