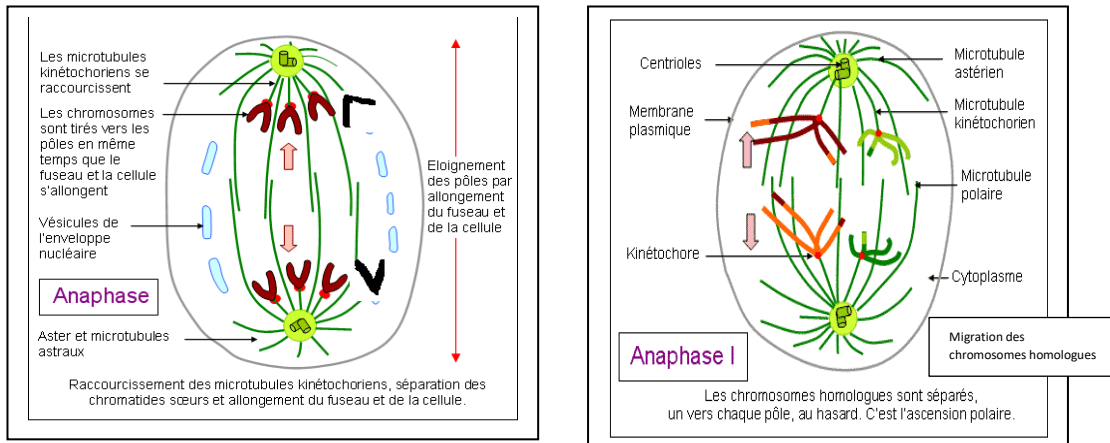


## Solution de l'exercice 1

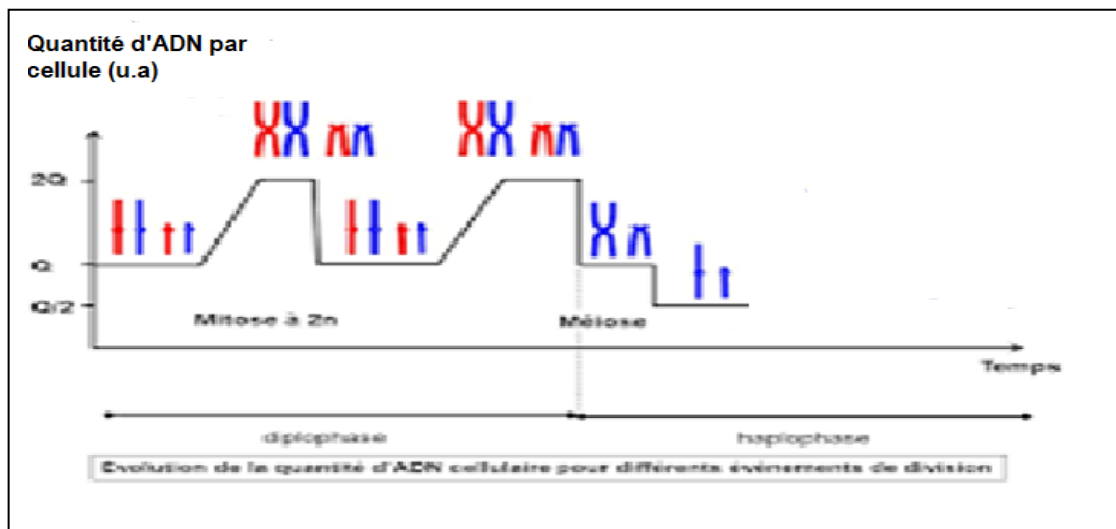
### Mitose, méiose & cycle cellulaire

#### Solution de l'exercice 1 :

- 1) Représentez l'anaphase de mitose et de la méiose I d'une cellule à 4 chromosomes.



- 2) Décrivez les variations morphologiques des chromosomes au cours de la mitose et la méiose.



- 3) Comparaison entre la méiose et la mitose

Propriétés	Mitose	Méiose
Duplication de l'ADN	Se produit pendant l'interphase avant le début de la mitose.	Se produit pendant l'interphase avant le début de la méiose.
Nombre de division	Une seule comprenant 4 phases : prophase, métaphase, anaphase et télophase.	Deux divisions comprenant chacune 4 phases : méiose I : prophase I, métaphase I, anaphase I et télophase I. Méiose II : prophase II, métaphase II, anaphase II et télophase II.
Synapsis des	Absente	Se produit pendant la prophase

chromosomes homologues		I, formant des tétrades (groupe de 4 chromatides), s'accompagnant d'un enjambement entre les chromatides.
Nombre de cellules filles et composition génétique	2 cellules diploïdes (2n) génétiquement identiques à la cellule mère.	4 cellules haploïdes (n) qui contiennent la ½ du nombre de chromosomes de la cellule mère et qui sont génétiquement différentes les unes des autres et de la cellule mère.
Rôle dans l'organisme (ex. animal)	Développement d'un individu multicellulaire à partir d'un zygote, production d'un grand nombre de cellule servant à la cicatrisation des blessures, renouvellement des cellules sanguines et immunitaires, .... cancer	Production de gamètes (cellules sexuelles) ; réduction du nombre de chromosomes de moitié et création d'une variabilité génétique des gamètes.

- 4) La reproduction sexuée assure à la fois stabilité de l'espèce et la diversité de l'individu :

Chez les organismes présentant une reproduction sexuée, une phase haploïde et une phase diploïde alternent. La méiose assure le passage de la phase diploïde à la phase haploïde. Elle suit une phase de réplication de l'ADN et se compose de deux divisions cellulaires successives qui conduisent à la présence d'un lot haploïde de chromosomes par cellule fille. Les deux brassages chromosomiques (intra et inter-chromosomique) sont responsables de la diversité. La fécondation rétablit la diploïdie en réunissant les lots haploïdes des gamètes d'une même espèce. Les individus sont différents les uns des autres car ils possèdent des allèles différents.

### Carte génétique dans le cas des tétrades

#### Solution d'exercice 2

Croisement entre les deux souches de *Neurospora* :

**Souche (m) X souche sauvage (m +)**

**m / X m + /**

**Zygote : m // m + ou bien m + // m**

**En absence de crossing-over, on obtient des asques pré-réduits**

**1<sup>er</sup> cas : m m m m + + + + disposition 4 : 4**

**2<sup>ème</sup> cas : + + + + m m m m disposition 4 : 4**

**Les asques 5 et 6 correspondant à ces deux cas et par conséquent ils sont pré-réduits.**

**Les autres types d'asques (de 1 à 4) sont par conséquent post-réduits :**

	Nb d'asques	Spores			
		1 + 2	3 + 4	5 + 6	7 + 8
(1)	6	+	m	+	m
(2)	5	m	+	+	m
(3)	6	m	+	m	+
(4)	7	+	m	m	+
(5)	40	m	m	+	+
(6)	36	+	+	m	m

Calcul de la distance entre le gène et son centromère :

Total des asques = 76 + 24 = 100 asques.

- Les types d'asques 5 et 6 (76 / 100) sont ceux où aucun C.O n'est intervenu entre le gène « m » et son centromère, se sont des asques pré-réduits.

- Croisement : m x m +

Il y a formation du zygote de génotype : m // m + ou m + // m

- Par contre les asques 1, 2, 3 et 4 (24 asques / 100) sont ceux où un C.O a eu lieu entre « m » et son centromère : se sont des asques post-réduits.
- Seulement ½ des spores de ces asques contiennent une chromatide remaniée entre m et le centromère.
- La distance entre m et le centromère est donc de 12 unités :
- % post-réduction =  $24 \times 100 / \text{total des asques} = 24 \times 100 / 100 = 24\%$

- % post-réduction = 24%

- d (ct, m) = % post-réduction / 2

$$\text{- d(ct, m) = } 24 / 2 = 12 \text{ u.c.o}$$

- L'origine des asques 1, 2, 3 et 4 peut-être schématisée comme suit :  
Voir Schémas :

**C.O entre 2-3 asque (1) + m + m**

Après mitose on obtient : + + m m + + m m

Disposition 2 2 2 2

**CO entre 1 – 3 asque (2) m + + m**

Après mitose on obtient : m m + + + + m m

Disposition 2 4 2

**C.O entre 1 – 4 asque (3) m + m +**

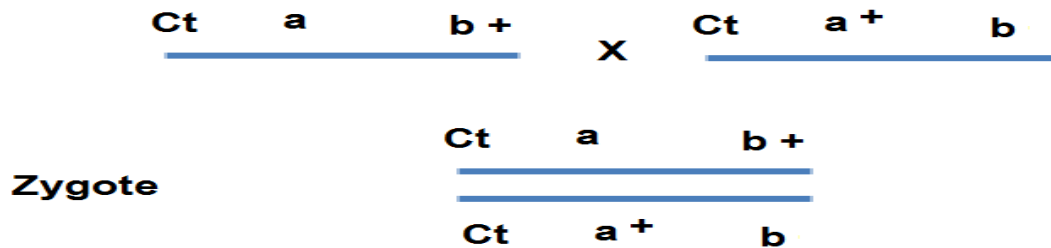
Après mitose on obtient : m m + + m m + +

Disposition 2 2 2 2

**C.O entre 2 – 4 asque (4) + m m +**  
**Après mitose on obtient : ++ m m m m ++**  
**Disposition 2 4 2**

### Solution de l'exercice 3

Le croisement  $ab + \times a + b$  ; a et b deux gènes liés avec a est celui qui, des deux est le plus proche du centromère.



#### • **Tétrade 1 : a b + b a + + +**

On remarque en 1<sup>er</sup> lieu que cette tétrade est un Tetratype parce que :

a b spore recombinée, + b : spore parentale ; a + : spore parentale alors que ++ : spore recombinée.

Deux parentales et deux recombinées = tetratype.

Un C.O a donc eu lieu entre a et b.

- D'autre part a est post-réduit : un C.O a donc eu lieu entre a et son centromère.
- b se situe plus loin que a par rapport au centromère, il est pré-réduit et les deux C.O situés entre b et son centromère ont touché soit les deux même chromatides soit les quatre chromatides.
- Origine du tetrade 1 : Un CO entre a et son centromère impliquant les chromatides 2 – 3 et un C.O entre a – b impliquant les chromatides 1 – 4.

Voir schéma :

#### • **Tétrade 2 : + b a + + b a + DP**

On remarque + b : spore parentale, a + : spore parentale ; + b : spore parentale et a + : spore parentale et donc aucun C.O n'a eu lieu entre les deux gènes a et b.

Par contre a et b sont post-réduits donc un C.O a eu lieu entre a et le centromère : un C.O entre le centromère et a impliquant les deux chromatides 1 – 4.

Voir schéma :

(1) **Tétrade 3 : a + + b a b + +**

L'asque 3 est un tetratype:

**a +** : spore parentale, **+ b** : spore parentale ; **a b** : spore recombinée et **+ +** : spore recombinée

Il y a donc eu C.O entre a et b.

En plus, a est post-réduit et par conséquent, il y a un C.O entre a et le centromère.

Malgré les deux C.O ayant eu lieu entre b et son centromère, b reste post-réduit, ces deux C.O touchent trois chromatides.

Un C.O entre centromère et a impliquant les chromatides 1 – 4, et un C.O entre a et b impliquant les chromatides 2 – 4.

Voir schéma :

## Solution de l'exercice 4 :

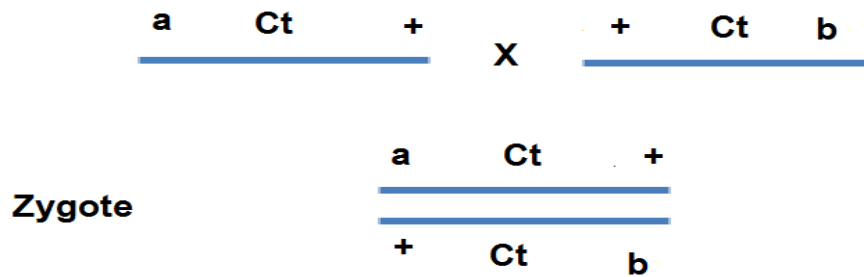
On croise deux souches d'un organisme haploïde, l'une mutée pour le gène a et l'autre pour le gène b.

	Pourcentage d'asques	Spores			
		1 + 2	3 + 4	5 + 6	7 + 8
(1)	79	a +	a +	+ b	+ b
(2)	14	a +	+ +	a b	+ b
(3)	6	a +	a b	+ +	+ b
(4)	1	a +	+ b	a +	+ b

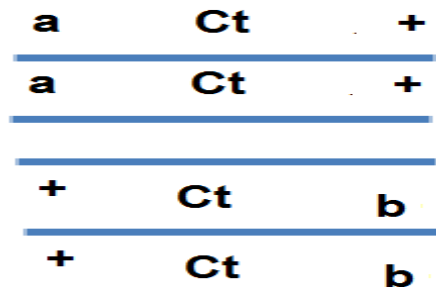
a- **Distance de chaque gène à son centromère :**

Parents : **a + / x + b /**

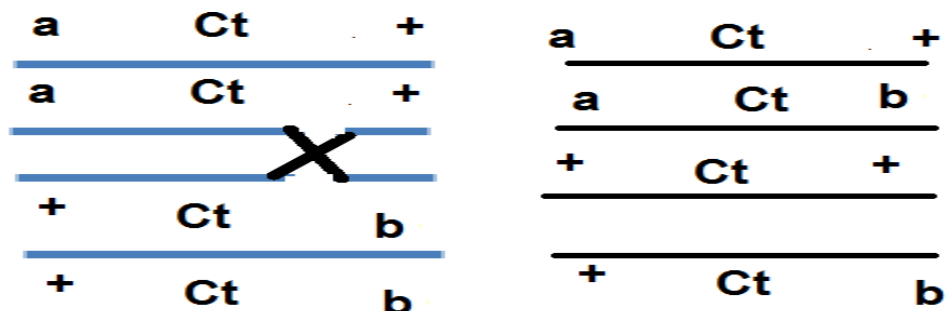
Zygote :



**Tetrad 1 : pré-réduit pour a**



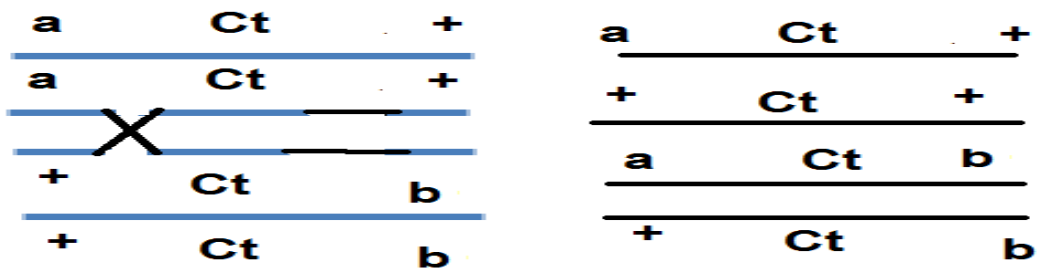
**Tetrad 3 : est aussi pré-réduit pour a. (C.O entre le centromère et b impliquant les chromatides 2 – 3).**



- Les types d'asques 1 et 3 (85% = 79 + 6) sont pré-réduits pour a et les types d'asques 2 et 4 (14 + 1 = 15%) sont post-réduits pour a.
  - La distance entre le gène a et son centromère ; gène a est donc situé à 7.5 u.c.o de son centromère
  - % post-réduction = 14 + 1 = 15%
- $d(\text{ct} - a) = \% \text{ post-réduction} \times \frac{1}{2}$

$$d(\text{ct} - a) = 15 / 2 = 7.5 \text{ u.c.o}$$

**Tetrad 2 : Un C.O a lieu entre le gene a et son centromere impliquant les chromatides 2 – 3.**



- Les types d'asques 1 (79) sont pré-réduits pour *b*.
- Les types 3 et 4 sont post-réduits pour *b* ( $6 + 1 = 7$ )

$$\% \text{ post-réduction} = 6 + 1 = 7\%$$

$$d(ct - b) = 7 / 2 = 3,5 \text{ u.c.o}$$

### b- Liaison entre les 2 gènes :

#### Distinguer les DP, DR et les tetratypes ?

##### Rappel :

*DP* : quatre spores 2 à 2 identiques à chacune des deux types parentales. Origine : absence de C.O ou double C.O touchant les même chromatides.

*T* : quatre spores différentes 2 parentales et 2 recombinées. Origine 1 C.O touchant deux chromatides ou 2 CO impliquant 3 chromatides.

*DR* : quatre spores deux à deux identiques à chacune des deux types recombinées. Origine 2 CO touchant quatre chromatides.

- Les types d'asques 1 et 4 sont des DP (spores parentales), alors que 2 et 3 sont des Tetratypes (T) (2 spores parentales et 2 spores recombinées), dans ce cas DR = 0
- Les gènes *a* et *b* sont donc liés.

#### Deux suggestions sont alors possibles

*a* et *b* sont situés soit du même côté (cas 1), soit de part et d'autre du centromère (cas 2)  
(voir schéma).

- L'interprétation des quatre types d'asques permet de choisir entre les deux types d'hypothèses.
- Le tableau ci-dessous donne le nombre minimum de C.O pour rendre compte de chaque type d'asque dans le cas 1 et le cas 2.

Types d'asques	Nombre de CO Cas 1	Nombre de CO Cas 2
----------------	-----------------------	-----------------------

<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

- Dans le cas 1, on remarque que la classe de recombinés (3) ne peut s'expliquer que par des doubles C.O. or elle est plus nombreuse que la classe (4), la moins nombreuse qui s'explique par des doubles C.O. La disposition II est donc la plus probable. Un calcul direct de la distance entre a et b permet de confirmer cette disposition.

### Solution de l'exercice 5 :

	1	2	3	4	5	6	7	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
Asques	b b <b>n</b> <b>n</b>	<b>n</b> <b>n</b> b b	<b>n</b> b b <b>n</b>	b <b>n</b> <b>n</b> b	<b>n</b> b <b>n</b> b	<b>n</b> b <b>n</b> b	<b>b</b> <b>b</b> <b>b</b> <b>b</b>	<b>n</b> b b b	b <b>n</b> b b	b b <b>n</b> b	b b b <b>n</b>
Total	144	144	1	1	1	1	<b>292</b>	54	54	54	54

**a- Sordaria** sont des champignons ascomycètes qui possèdent normalement des spores noires.

On croise une souche à spores blanches avec une autre à spores blanches, on obtient F 1 : spores noires.

Spores blanches X spores blanches



F 1 à spores noires et des spores blanches.

- L'apparition des spores noires est inexplicable avec un seul gène. Il faut au moins deux gènes indépendants. C.à.d. deux gènes sur deux chromosomes mais séparés par une distance de telle sorte que le taux d'enjambement soit de 50%.

**b-** Sur les 800 asques examinés, on trouve : (voir le tableau et soulever les asques avec des spores noires).

Asques avec spores noires : 1 (1/2), 2 (1/2), 3 (1/2), 4 (1/2), 5 (1/2), 6 (1/2), 8, 9, 10 et 11 c'est 1/4 chacun.

$$(144/2 + 144/2 + 1/2 + 1/2 + 1/2 + 1/2 + 54/4 + 54/4 + 54/4 + 54/4) \times 4 \\ = (144 + 2 + 54) \times 4 = 200 \times 4 = 800 \text{ spores noires}$$



De la même façon pour les spores blanches :

$$((144 + 2 + (3 \times 54) + 292) \times 4) = 2400 \text{ spores blanches}$$

- De plus, on remarque qu'il y a autant de DP (asque 7) avec 292 asques que de types recombinés  $DR = 144 + 144 + 1 + 1 + 1 + 1 = 292$  asques.

Ces résultats confirment l'hypothèse de deux gènes indépendants.

c- L'examen des résultats indiqués dans le tableau permet de calculer la somme des distances des deux gènes en cause à leurs centromères respectifs. En effet les tetratypes T proviennent d'un C.O sur l'un des deux chromosomes on aura alors :

$$\begin{aligned} \% \text{ C.O} &= \frac{1}{2} T + DR / DP + DR + T \times 100 \\ &= 4 \times 54 \times 100 / 800 = 0.26 \times 100 = 27 \text{ u.c.o} \end{aligned}$$

L'un des deux gènes est au maximum à 27 u.c.o de son centromère.

### Exercice 6 :

On croise entre elle deux souches mutantes de *Sordaria*, l'une forme des spores jaunes, l'autre des spores roses (le type sauvage a des spores noires). Un certain nombre d'asques hybrides ont été analysés; les types d'asques observés sont classés en fréquence décroissantes sur le tableau ci-dessous où la couleur des spores est symbolisée par une lettre :

**N : spore noire ; B : spore blanche ; R : spore rose ; J : spore jaune**

J	R	R	N	N	J	N	N	N	J	J	R	R	N	R	N	N	J	N	B
J	R	R	N	N	J	N	N	N	J	J	R	R	N	R	N	N	J	N	B
J	N	N	R	R	N	J	B	J	N	R	J	J	B	J	B	N	R	B	N
J	N	N	R	R	N	J	B	J	N	R	J	J	B	J	B	N	R	B	N
R	J	B	B	J	B	R	N	B	R	N	N	J	R	R	J	B	R	B	N
R	J	B	B	J	B	R	N	B	R	N	N	J	R	R	J	B	R	B	N
R	B	J	J	B	R	B	B	R	B	B	B	R	J	J	R	B	J	N	B
R	B	J	J	B	R	B	B	R	B	B	B	R	J	J	R	B	J	N	B
169	78	58	55	53	44	42	33	31	28	28	26	26	25	24	24	19	18	14	14

- 1- Que signifie la présence de spores noires dans certains asques ? comment interpréter l'existence des spores blanches ?
- 2- Calculer le pourcentage de post-réduction pour chaque locus.
- 3- Les gènes intervenant dans ce croisement sont-ils liés ? Pourquoi ? Etablir la ou les cartes factorielles.

### Solution Exercice 6 :

**Croisement : spores jaunes x spores roses**

### Résultats du tableau

**1-La présence de spores noires dans certains asques montre qu'il y a eu recombinaison.**

On peut en conclure qu'il y a deux gènes intervenant dans ce phénomène héréditaire. Aux quatre phénotypes indiqués (jaune, rose, noir et blanc), on peut faire correspondre les génotypes suivants :

1<sup>er</sup> gén. : J + : spore jaune → (J)

2<sup>ème</sup> gén. : + R : spore rose → (R)

3<sup>ème</sup> gén. : + + : spore noire → (N)

4<sup>ème</sup> gén. : J R : spore blanche → (B)

Un nouveau phénotype apparu chez les F 1.

- La souche à spores jaunes peut donner 6 types d'asques :
- 2 pré-réduits : J J + + ou + + J J
- 4 post-réduits : J + J + ; J + + J ;  
+ J J + ; + J + J

De même la souche à spores roses peut donner six types d'asques ;

- 2 pré-réduits : R R + + ou + + R R
- 4 post-réduits : R + R + ; R + + R ;  
+ R R + ; + R + R

Lorsque l'on croise les deux souches on obtiendra 36 types d'asques.

	J J + +	+ + J J	J + J +	J + + J	+ J J +	+ J + J
R R + +	B B N N	R R J J	B R J N	B R N J	R B J N	R B N J
+ + R R	J J R R	N N B B	J N B R	J N R B	N J B R	N J R B
R	B	R	B	B	R	R

<b>+</b> <b>R</b> <b>+</b>	<b>J</b> <b>R</b> <b>N</b>	<b>N</b> <b>B</b> <b>J</b>	<b>N</b> <b>B</b> <b>N</b>	<b>N</b> <b>R</b> <b>J</b>	<b>J</b> <b>B</b> <b>N</b>	<b>J</b> <b>R</b> <b>J</b>
<b>R</b> <b>+</b> <b>+</b> <b>R</b>	<b>B</b> <b>J</b> <b>N</b> <b>R</b>	<b>R</b> <b>N</b> <b>J</b> <b>B</b>	<b>B</b> <b>N</b> <b>J</b> <b>R</b>	<b>B</b> <b>N</b> <b>N</b> <b>B</b>	<b>R</b> <b>J</b> <b>J</b> <b>R</b>	<b>R</b> <b>J</b> <b>N</b> <b>B</b>
<b>+</b> <b>R</b> <b>R</b> <b>+</b>	<b>J</b> <b>B</b> <b>R</b> <b>N</b>	<b>N</b> <b>R</b> <b>B</b> <b>J</b>	<b>J</b> <b>R</b> <b>B</b> <b>N</b>	<b>J</b> <b>R</b> <b>R</b> <b>J</b>	<b>N</b> <b>B</b> <b>B</b> <b>N</b>	<b>N</b> <b>B</b> <b>R</b> <b>J</b>
<b>+</b> <b>R</b> <b>+</b> <b>R</b>	<b>J</b> <b>B</b> <b>N</b> <b>R</b>	<b>N</b> <b>R</b> <b>J</b> <b>B</b>	<b>J</b> <b>R</b> <b>J</b> <b>R</b>	<b>J</b> <b>R</b> <b>N</b> <b>B</b>	<b>N</b> <b>B</b> <b>J</b> <b>R</b>	<b>N</b> <b>B</b> <b>N</b> <b>B</b>

Si  $p$  est la fréquence de C.O pour J et si  $q$  est la fréquence de C.O pour R, on observe la répartition suivante dans le tableau :

	$1 - p$ sans C.O	$p$ C.O
$1 - q$ pas de C.O	DP DR Pré-réduits pour R et J	Tetratypes Pré-réduits pour R Post-réduits pour J
$q$ C.O	Tetratypes Post-réduits pour R Pré-réduits pour J	DP DR Tetratypes Post-réduits pour R et J

2- Le tableau de l'énoncé, permet de donner le nombre d'asques post-réduits pour J.

Nombre d'asques post-réduits pour J = 377

% post-réduction :  $377 / 809$  (total d'asques)

$$= 0.466$$

% recombinaison =  $\frac{1}{2} \times$  % post-réduction

$$= \frac{1}{2} \times 0.466$$

$$= 0.233 \times 100$$

Ainsi la distance entre centromère et J

$$d(ct - J) = 23,3 \text{ c.m.g}$$

Nombre d'asques post-réduits pour R

$$809 - 377 = 476$$

$$\% \text{ post-réduction} = 476 \times 100 / 809 = 58.8\%$$

$$\text{Le } \% \text{ recombinaison} = \% \text{ post-réduction} / 2$$

$$= 58.8 / 2$$

$$= 29.4\%$$

$$\text{Distance (ct - R)} = 29.4 \text{ cmg}$$

3- Faire une hypothèse sur la liaison ou l'indépendance des deux gènes J et R.

1<sup>er</sup> cas : Si ces deux gènes sont indépendants, on doit avoir autant de spores blanches que de spores jaunes et roses.

Nombre de spores B et N est très supérieur nombre des spores J et N.

Si par contre, les gènes sont liés, le nombre de DP sera différent de celui des DR.

Dans ce cas on a, 80 DR et 237 DP

On peut dire que, les gènes J et R sont liés.

La distance qui sépare J et R est :

$$d(J - R) = T + 2 DR / 2 \times (T + DR + DP) \\ = 40,3 \text{ cmg}$$

Il faut signaler qu'avec cette méthode seule mettre en compte les simples C.O

En effet, on a calculé précédemment la distance de J au centromère (23,3) et celle de R au même en