



جمعية الشريف الادريسي
لدعم التمدريس والتنمية الثقافية والاجتماعية

Association CHARIF AL IDRISSE
POUR LE SOUTIEN SCOLAIRE
ET LE DEVELOPPEMENT CULTUREL ET SOCIAL



2^{ème} année du Baccalauréat

SVT

Sciences expérimentales - Option PC

Unité 2 : Nature de l'information génétique et le mécanisme de son expression – Transmission de l'information génétique par reproduction sexuée

Fiches de révision et entraînement
à l'examen national

2^{ème} année du Baccalauréat

SVT

Sciences expérimentales - Option PC

Unité 2 : Nature de l'information génétique et le mécanisme de son expression – Transmission de l'information génétique par reproduction sexuée

Fiches de révision et entraînement à l'examen national



جمعية الشريف الادريسي
لدعم التمدرس والتنمية الثقافية والاجتماعية

Association CHARIF AL IDRISI
POUR LE SOUTIEN SCOLAIRE
ET LE DEVELOPPEMENT CULTUREL ET SOCIAL

Travail réalisé par l'équipe pédagogique de l'association **CHARIF AL IDRISI** pour contribuer à la continuité pédagogique des élèves de 2^{ème} Bac sciences expérimentales – Option PC de l'Académie régionale de l'éducation et de la formation Région Casablanca – Settat

Sommaire

Chapitre 1 : Nature de l'information génétique et le mécanisme de son expression

Partie I : Résumé de cours

Fiche de révision 1 : L'information génétique : nature et localisation	6
Fiche de révision 2 : Nature chimique de l'information génétique : composition, structure et réplication de l'ADN.....	7
Fiche de révision 3 : Cycle cellulaire (1) : Interphase	8
Fiche de révision 4 : Cycle cellulaire (2) : mitose	10
Fiche de révision 5 : Mécanisme de l'expression de l'information génétique : La transcription.....	11
Fiche de révision 6 : Mécanisme de l'expression de l'information génétique : la traduction	12
Fiche de révision 7 : L'origine génétique des mutations ponctuelles	14

Partie 2 : Évaluation

Exercices : Restitution des connaissances.....	15
Exercices : Raisonnement et communication	17
Corrigé : Restitution des connaissances	26
Corrigé : Raisonnement et communication	27

Chapitre 2 : Transmission de l'information génétique par reproduction sexuée

Partie I : Résumé de cours

Fiche de révision 1 : Interprétation du maintien du caryotype à travers les générations (rôle de la méiose et de la fécondation).....	31
Fiche de révision 2 : La méiose ou passage de la diploïdie à l'haploïdie	32
Fiche de révision 3 : Brassage génétique à l'origine de la diversité génotypique.....	34
Fiche de révision 4 : Interprétation chromosomique de la transmission d'un seul caractère ou mono hybridisme.....	36
Fiche de révision 5 : La transmission de deux caractères ou dihybridisme	38
Fiche de révision 6 : Etablissement de la carte factorielle ou carte génétique.....	40

Partie 2 : Évaluation

Exercices : Restitution des connaissances.....	42
Exercices : Raisonnement et communication	43
Corrigé : Restitution des connaissances	50
Corrigé : Raisonnement et communication	51

Nature de l'information génétique et le mécanisme de son expression

Transmission de l'information génétique par reproduction sexuée

Chapitre	Titre	Cadre de référence pour l'examen national
1	Nature de l'information génétique et le mécanisme de son expression	1. Dédire la localisation de l'information génétique ; 2. Décrire et identifier les phases de la mitose (cellule végétale et cellule animale) ; 3. Construire et représenter le cycle cellulaire et déduire son rôle dans le maintien de la stabilité de l'information génétique à travers les générations cellulaires 4. Dédire le rôle des chromosomes dans la transmission de l'information génétique d'une cellule à l'autre ; 5. Déterminer la nature chimique du matériel génétique 6. Identifier la composition et la structure de l'ADN ; 7. Montrer/Mettre en évidence la relation entre les chromosomes et la molécule d'ADN ; 8. Montrer/Mettre en évidence la relation de la réplication de l'ADN dans le maintien de la stabilité de l'information génétique 9. Montrer/Mettre en évidence la relation gène – protéine – caractère (code génétique) ; 10. Dédire la signification génétique de la mutation.
2	Transmission de l'information génétique par reproduction sexuée	1. Décrire, reconnaître et schématiser les phases de la méiose 2. Analyser les caryotypes d'espèces diploïdes ; 3. Dédire le rôle de la fécondation et de la méiose dans le brassage génétique et dans le maintien du caryotype à travers les générations ; 4. Analyser et interpréter les résultats de la transmission d'un couple d'allèles (caractère autosomal, caractère gonosomal avec dominance totale ou codominance ou avec gène létal ou non) 5. Analyser et interpréter les résultats de la transmission de deux couples d'allèles (cas de gènes indépendants et cas de gène liés) ; 6. Schématiser le brassage interchromosomique et intrachromosomique ; 7. Calculer la distance entre deux gènes liés et établir la carte factorielle des gènes.

Résumé de cours

Chapitre 1 :

Nature de l'information génétique et le mécanisme de son expression

- ▶ Fiche de révision 1 :

L'information génétique : nature et localisation

- ▶ Fiche de révision 2 :

Nature chimique de l'information génétique :
composition, structure et réplication de l'ADN

- ▶ Fiche de révision 3 :

Cycle cellulaire (1) : Interphase

- ▶ Fiche de révision 4 :

Cycle cellulaire (2) : mitose

- ▶ Fiche de révision 5 :

Mécanisme de l'expression de l'information génétique :
la transcription

- ▶ Fiche de révision 6 :

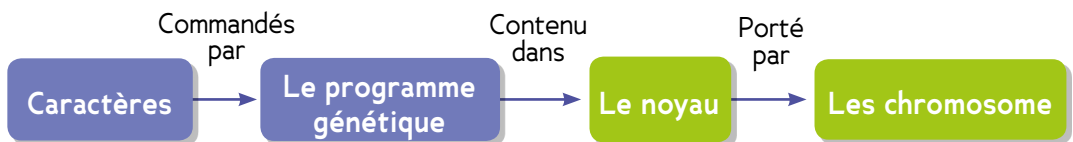
Mécanisme de l'expression de l'information génétique :
la traduction

- ▶ Fiche de révision 7 :

L'origine génétique des mutations ponctuelles

L'information génétique : nature et localisation

- L'information génétique est le matériel héréditaire qui contrôle l'apparition des caractères et qui permet de transmettre les caractères héréditaires à travers les générations.
- Elle est localisée dans les noyaux des cellules eucaryotes.
- Elle est portée par les chromosomes (au nombre de 23 paires chez l'Homme et de 4 paires chez la drosophile). L'ensemble des chromosomes d'un individu constitue le caryotype.



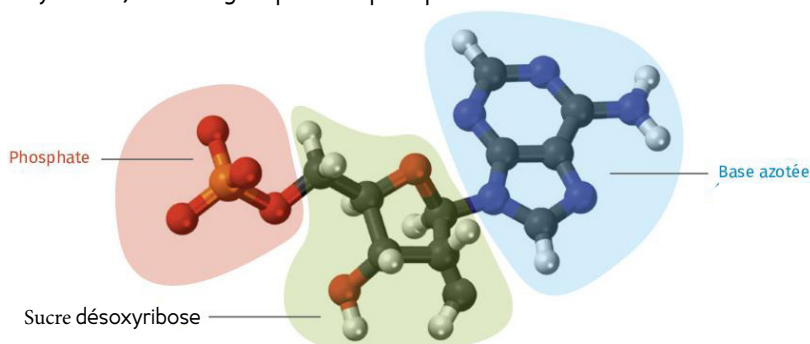
- Les chromosomes portent les gènes, unités d'informations génétiques qui permettent chacune l'expression d'un caractère héréditaire.
- À un gène peuvent correspondre deux ou plusieurs versions, ou allèles. Chacun des allèles d'un même gène occupe la même position sur chacun des deux chromosomes d'une paire :
 - si les deux allèles du gène sont identiques (individu homozygote), le caractère héréditaire déterminé par ces allèles s'exprimera nécessairement ;
 - si les deux allèles sont différents (individu hétérozygote), le plus souvent un des allèles, appelé dominant, prendra le dessus et exprimera seul un caractère héréditaire correspondant ; l'autre allèle, allèle récessif, ne s'exprimera pas ;
 - dans le cas où les deux allèles sont différents mais s'expriment ensemble au niveau du caractère héréditaire de l'individu : on dit qu'ils sont codominants.

Fiche
de révision

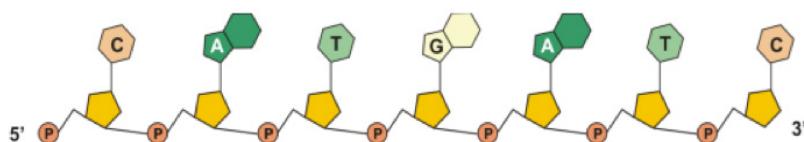
2

Nature chimique de l'information
génétique : composition, structure
et réplication de l'ADN

Dans les années 1940, Erwin Chargaff s'intéresse aux travaux d'Avery et McLeod, qui montrent que l'ADN est responsable de la virulence de bactéries. Chargaff comprend l'importance de l'ADN pour le vivant. Il découvre que l'ADN est une macromolécule composée de quatre nucléotides (A, T, C, G), composés chacun d'une base azotée spécifique, d'un sucre (le désoxyribose) et d'un groupement phosphate.

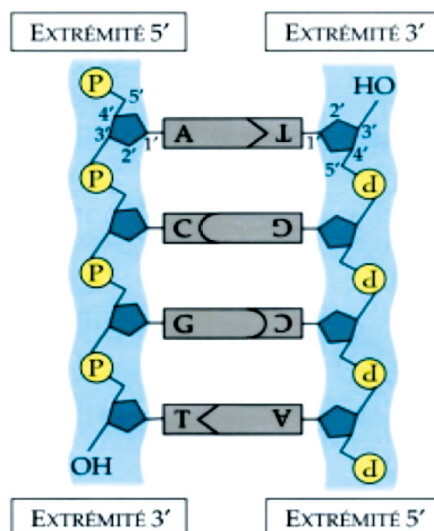


En outre, ces bases sont complémentaires: l'adénine est associée à la thymine et la cytosine à la guanine. Il résulte de cette complémentarité que les deux brins constituant la molécule d'ADN, unis par l'existence de liaisons hydrogène, obéissent toujours à un schéma adénine/thymine, cytosine/guanine. Par exemple, la séquence ACGT d'un brin sera liée par des liaisons hydrogènes à la séquence TGCA du brin homologue.

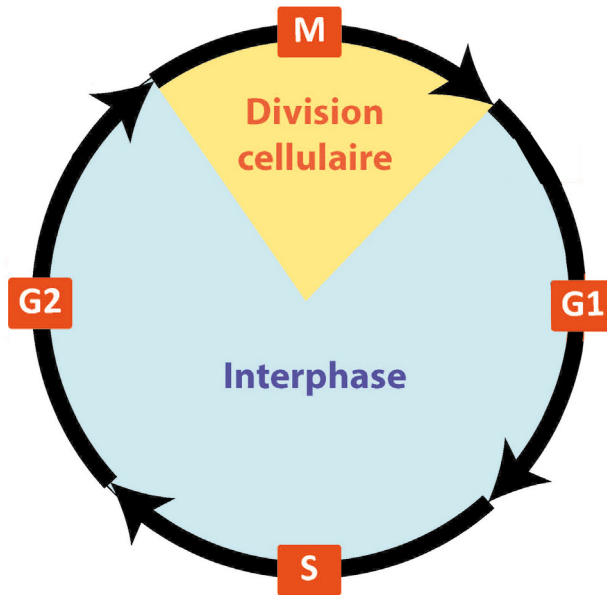


Donc la molécule d'ADN est formée de 2 brins de nucléotides. Ces deux brins ont trois propriétés essentielles :

- Antiparallèles ;
- Complémentaires ;
- hélicoïdaux.

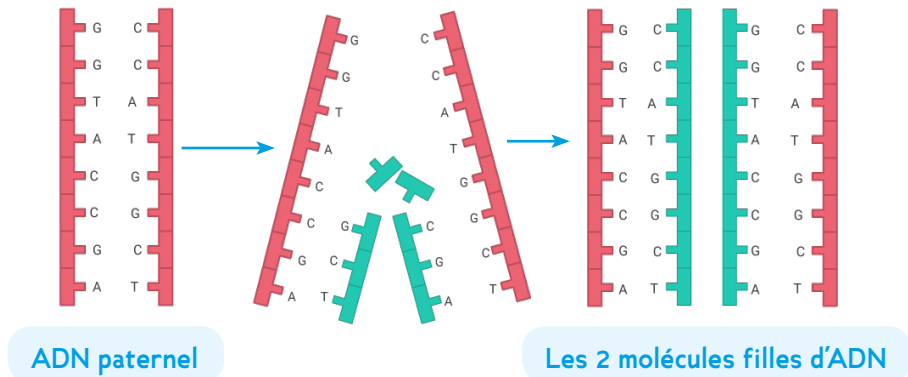


Un cycle cellulaire complet comporte deux phases : la mitose qui correspond à la division cellulaire et l'autre, nommée interphase, sépare deux mitoses.



Avant la transmission de l'information génétique il y a toujours une réplication de l'ADN qui assure la copie conforme de l'information génétique. La double hélice d'ADN s'ouvre, les deux brins de l'ADN se séparent et vont constituer chacun un modèle pour la constitution de deux brins complémentaires : des nucléotides s'apparient à chaque brin-père, et grâce au principe de la complémentarité des bases azotées, et sous l'action conjointe d'enzymes (les ADN polymérases) et d'énergie, deux nouveaux brins se constituent.

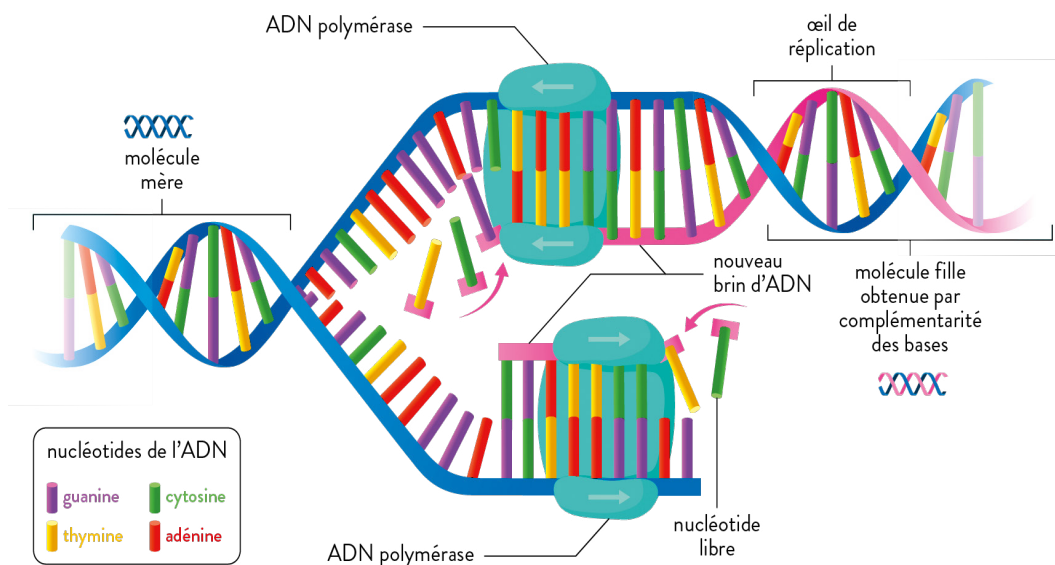
Schéma simplifié de la réplication de l'ADN



La réplication de l'ADN nécessite les éléments suivants :

- ADN matrice
- ADN polymérase (enzyme)
- Hélicase (enzyme)
- Des nucléotides libres (A/C/G/T)
- Le magnésium
- Energie (ATP)

La réplication de l'ADN est semi-conservative : elle aboutit à la formation de deux molécules d'ADN contenant chacune un brin ancien (= brin parent) et un brin nouveau (= brin fils = brin néoformé).



On obtient alors deux molécules d'ADN (qui formeront les deux chromatides de chaque chromosome) constituées chacune d'un brin-père et d'un brin-fils complémentaire.

La mitose comporte les quatre phases suivantes :

La prophase :

- Transformation de la chromatine (ADN + histones) qui se replie alors autour d'un squelette de protéines non-histones en filaments plus épais qui sont les chromosomes.
- A ce stade, chaque chromosome est bichromatidien (deux chromatides identiques, résultant de la condensation des molécules d'ADN, unis au niveau du centromère) La membrane nucléaire disparaît.

La métaphase :

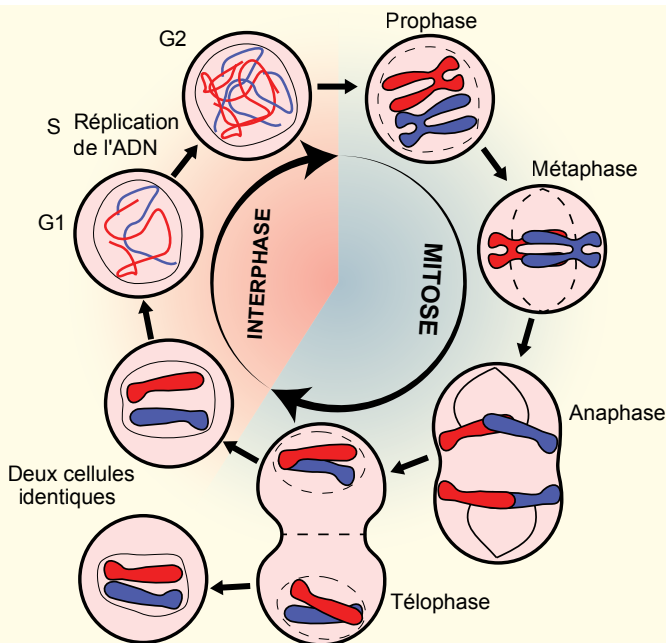
- Durant cette phase, les chromosomes, présentant un maximum de condensation, se positionnent au milieu de la cellule et forment la plaque équatoriale.
- Dans le cas d'une mitose animale, au niveau de chaque pôle de la cellule, on trouve une structure appelée l'aster. Les deux asters sont reliés par un fuseau achromatique.
- Dans le cas d'une cellule végétale, à la place de l'aster, on trouve une calotte polaire

L'anaphase :

- Les deux chromatides de chaque chromosome se séparent alors et migrent chacune vers les pôles opposés de la cellule.

Télophase :

- Il y a dès lors formation de deux cellules filles identiques par étranglement du cytoplasme (cas de la cellule animale) ou par formation d'une nouvelle paroi squelettique au milieu de la cellule (cas d'une cellule végétale).
- Chacune des deux cellules filles comportant une chromatide (chromosome fils) de chaque chromosome original par conséquent, chaque cellule fille aura le matériel chromosomique que la cellule mère.



Fiche de révision

5

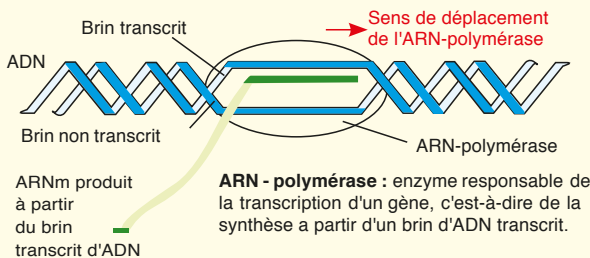
Mécanisme de l'expression de l'information génétique : la transcription

- La synthèse des polypeptides a lieu lors de l'interphase dans le cytoplasme au niveau de structures appelées ribosomes, et est catalysée par un apport extérieur d'énergie. Or, dans le cas des cellules eucaryotes, l'ADN reste confiné dans le noyau cellulaire.
- Les deux phases principales dans le passage de l'ADN aux protéines sont la transcription (au niveau du noyau) et la traduction au niveau du cytoplasme.
- Notons tout d'abord que la synthèse des polypeptides a lieu lors de l'interphase dans le cytoplasme au niveau de structures appelées ribosomes, et est catalysée par un apport extérieur d'énergie. Or, dans le cas des cellules eucaryotes, l'ADN reste confiné dans le noyau cellulaire. Nous allons donc dégager deux phases principales dans le passage de l'ADN aux protéines: une se situant dans le noyau cellulaire que nous nommerons transcription, l'autre dans le milieu cytoplasmique appelée traduction.

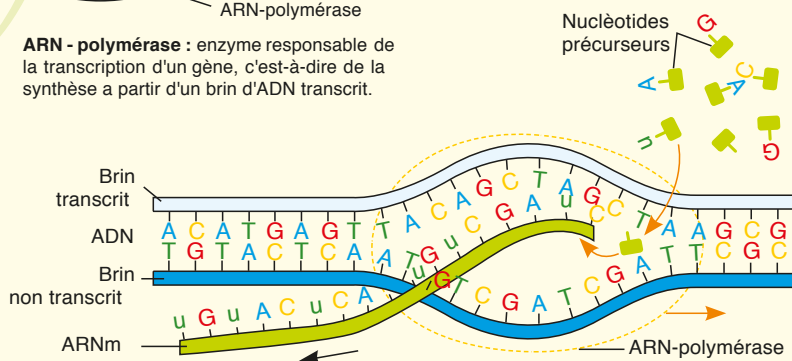
La transcription

- La transcription, opération qui se déroule dans le noyau des cellules eucaryotes, a pour but de synthétiser une molécule d'Acide Ribonucléique (ARN) dit messenger (ou ARNm) complémentaire à un brin d'ADN donné. Celui-ci sera ensuite diffusé dans le cytoplasme: il servira en quelque sorte de transfert de l'information génétique.

La transcription débute par l'ouverture et le déroulement d'une petite portion de la double hélice d'ADN

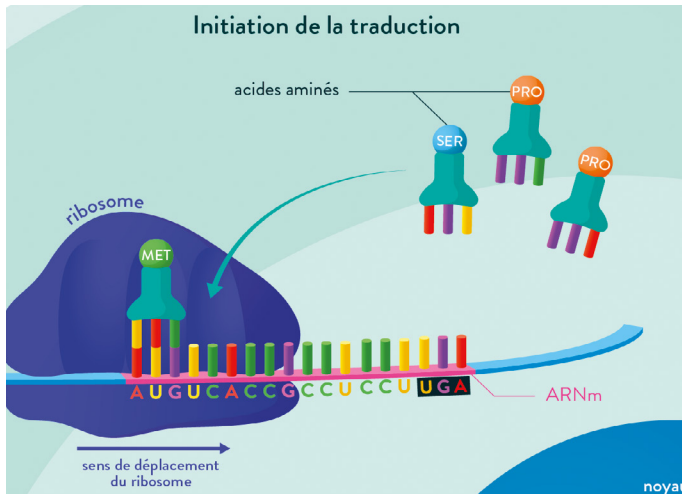


Au fur et à mesure de son déplacement, l'ARN-polymérase incorpore des nucléotides précurseurs, A, U, C, ou G par complémentarité avec l'un des brins d'ADN, qui sert de matrice



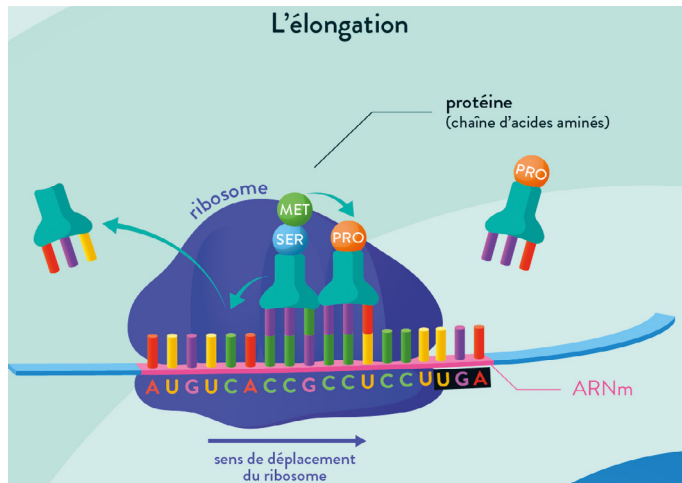
- Cette transcription comporte différentes phases. La double hélice d'ADN est tout d'abord ouverte sur une courte portion. Des nucléotides libres (ou ribonucléotides) présents dans le noyau viennent alors, sous l'action d'une enzyme (l'ARN polymérase), s'associer pour former une chaîne complémentaire à celle du brin d'ADN. En effet, la structure de l'ARNm est très similaire à celle de l'ADN: c'est aussi une suite de polymères de nucléotides constitués chacun d'acide phosphorique, de ribose et d'une base azotée caractéristique. Seule différence, celles-ci sont maintenant adénine, guanine, cytosine et uracile (l'uracile remplace la thymine). L'adénine s'apparie à l'uracile, la guanine s'apparie à la cytosine. Ainsi, à une séquence AGC sur le brin d'ADN correspondra la transcription UCG sur la molécule d'ARNm.

Mécanisme de l'expression de l'information génétique : la traduction



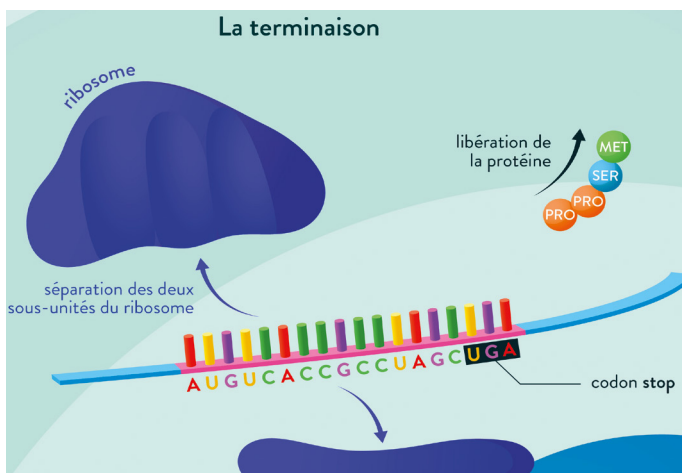
Initiation :

- L'assemblage des deux sous unités pour former le ribosome
- Commence par un codant UAG qui code pour la méthionine



Elongation :

Le mouvement du ribosome le long de l'ARNm s'accompagne de la lecture des codons successifs et donc d'une élongation de la chaîne peptidique en cours de formation par ajout successif d'acides aminés.



Terminaison :

Lorsque le ribosome arrive à un codon stop (UAG ou UAA ou UGA) pour lequel ne correspond aucun acide aminé, la traduction s'arrête et cela entraîne la dissociation des deux sous unités du ribosome, la libération de la chaîne peptidique dans le cytoplasme qui se débarrasse de son premier acide aminé (méthionine)

- Deux sortes d'ARN vont intervenir dans la traduction, en plus de l'ARNm. L'ARNr (ribosomal), d'une part, est constitutif des ribosomes. L'ARNt (ARN de transfert), d'autre part, exerce la plus grande part de la traduction.
- L'ARNt possède en effet un anti-codon formé de trois nucléotides complémentaires à ceux du codon de l'ARNm. A l'intérieur d'un ribosome, L'ARNt s'apparie (grâce à son anti-codon) à un codon de l'ARNm qui lui correspond.
- L'acide aminé correspondant au codon de l'ARNm que l'on veut traduire se fixe alors à cet ARNt. Peu à peu, par reconnaissances successives, la chaîne polypeptidique s'agglomère. Dès la rencontre d'un codon stop, le processus cesse : la protéine formée.
- Le système de correspondance entre un codon donné et un acide aminé porte le nom de code génétique. On qualifie souvent ce dernier d'universel, de redondant (deux codons distincts peuvent coder un même acide aminé) et de ponctué (présence de codon stop).

		Deuxième lettre									
		U		C		A		G			
Première lettre	U	UUU	Phényl-alanine	UCU	Sérine	UAU	Tyrosine	UGU	Cystéine	U	Troisième lettre
		UUC		UCC		UAC		UGC		C	
		UUA	Leucine	UCA		UAA	Codons-stop	UGA	Codon-stop	A	
		UUG		UCG		UAG	UGG	Tryptophane	G		
	C	CUU	Leucine	CCU	Proline	CAU	Histidine	CGU	Arginine	U	
		CUC		CCC		CAC		CGC		C	
		CUA		CCA		CAA	Glutamine	CGA		A	
		CUG		CCG		CAG		CGG		G	
	A	AUU	Isoleucine	ACU	Thréonine	AAU	Asparagine	AGU	Sérine	U	
		AUC		ACC		AAC		AGC		C	
		AUA		ACA		AAA	Lysine	AGA	Arginine	A	
		AUG	Méthionine	ACG		AAG		AGG		G	
	G	GUU	Valine	GCU	Alanine	GAU	Acide aspartique	GGU	Glycine	U	
		GUC		GCC		GAC		GGC		C	
		GUA		GCA		GAA	Acide glutamique	GGA		A	
		GUG		GCG		GAG		GGG		G	

L'origine génétique des mutations ponctuelles

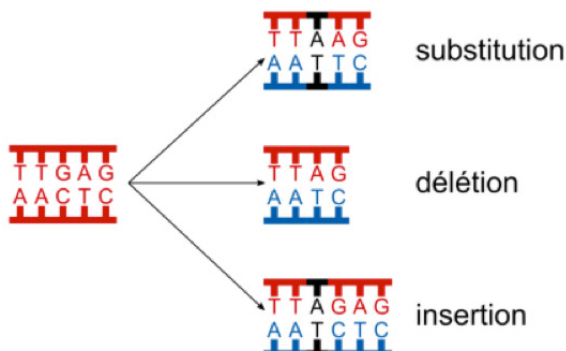
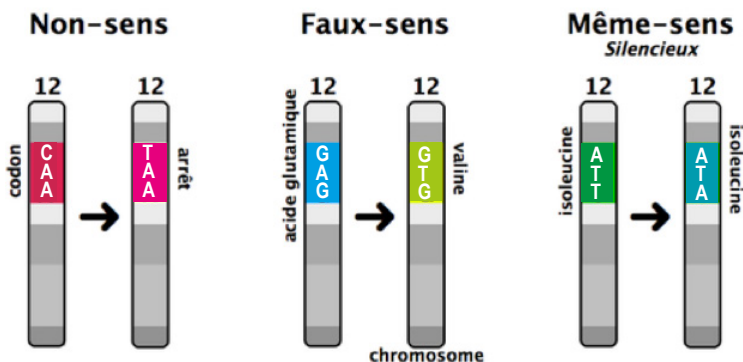
Une mutation ponctuelle est un changement de la structure du gène, affectant un à plusieurs nucléotides (entre un et dix).

Il existe quatre types de mutations ponctuelles :

- mutation par substitution : remplacement d'un (ou plusieurs) nucléotides par un autre (ou plusieurs autres) ;
- mutation par insertion : ajout d'un ou plusieurs nucléotides ;
- mutation par délétion : perte d'un ou plusieurs nucléotides.
- mutation par inversion : permutation de 2 désoxyribonucléoti des voisins ;

La mutation, pour être exprimée, doit être une substitution par un ou plusieurs nucléotides donnant un codon codant un acide aminé différent de celui donné par le nucléotide initial, sinon la mutation est dite silencieuse (sans effet sur la transcription en protéine, et son activité, si la séquence est un gène).

La thrombophilie (terme médical qui regroupe plusieurs anomalies prédisposant à la formation de caillots sanguins) est un exemple de maladie génétique provoquée par une mutation ponctuelle. La mutation consiste en une substitution au niveau du nucléotide 1691 d'une guanine par une adénine du gène du facteur V entraînant la synthèse d'un facteur V anormal.



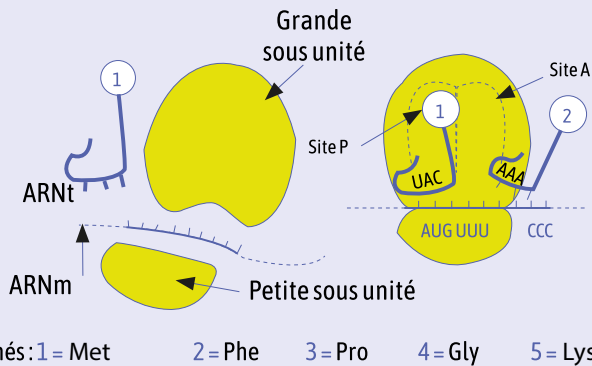
Exercices

Restitution des connaissances

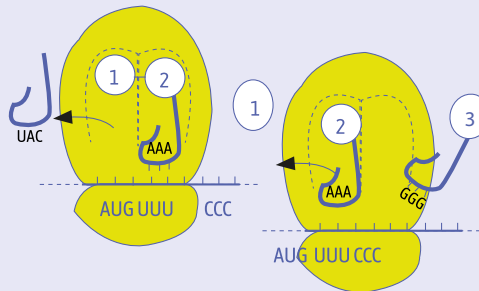
Exercice 1

- Définissez les notions suivantes : Allèle - Mutation
- Les caractéristiques des chromosomes (forme et disposition) changent selon les phases de la mitose et la méiose. Citez deux de ces caractéristiques pour chacune des deux phases suivantes:
a – l'anaphase I de la méiose. **b** – l'anaphase de la mitose.
- Les figures ci-dessous présentent trois étapes d'un phénomène biologique en relation avec l'expression de l'information génétique. Donnez le nom du phénomène présenté par les trois étapes et le nom de chacune des étapes 1, 2 et 3.

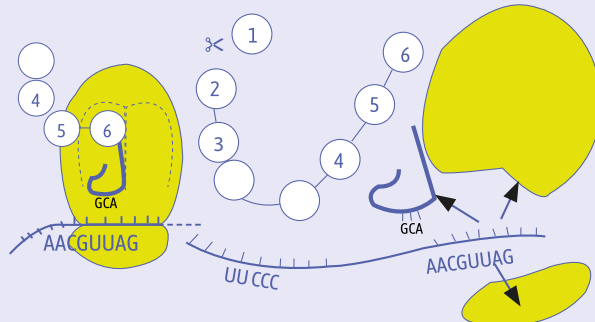
Etape 1



Etape 2



Etape 3



Exercices

1. Le brassage interchromosomique lors de la méiose résulte de la répartition indépendante et aléatoire :

- a- Des chromosomes homologues pendant l'anaphase I.
- b- Des chromosomes homologues pendant l'anaphase II.
- c- Des chromatides pendant l'anaphase I.
- d- Des chromatides pendant l'anaphase II.

2. Durant la métaphase de la mitose, chaque chromosome est formé :

- a- D'une seule chromatide constituée de deux brins d'ADN.
- b- De deux chromatides constituée chacune d'un brin d'ADN.
- c- De deux chromatides constituée chacune de deux brins d'ADN.
- d- De deux chromatides l'une constituée d'un seul brin d'ADN et l'autre de deux brins d'ADN.

3. Dans le cas du monohybridisme, le croisement entre un individu homozygote récessif et un individu hétéro-zygote donne :

- a- 25% de phénotype récessif et 75% de phénotype dominant.
- b- 75% de phénotype récessif et 25% de phénotype dominant.
- c- 25% de phénotype récessif, 50% de phénotype intermédiaire et 25% de phénotype dominant.
- d- 50% de phénotype récessif et 50% de phénotype dominant.

4. Au cours de la réplication de l'ADN :

- a- La double hélice parentale reste intacte et une deuxième copie entièrement nouvelle est synthétisée.
- b- Chaque brin des deux molécules d'ADN formées contient des fragments anciens et des fragments nouvellement synthétisés.
- c- Les deux brins de la double hélice parentale se séparent et chacun d'eux sert de modèle pour la synthèse d'un nouveau brin complémentaire.
- d- La double hélice parentale ne sert pas à la synthèse des deux nouvelles copies d'ADN.

Raisonnement et communication

Exercice 1

Dans le cas normal, la majorité du cholestérol est transportée dans le sang sous forme de lipoprotéine appelé LDL. Les cellules normales portent des récepteurs membranaires qui reconnaissent d'une manière spécifique LDL et facilitent sa pénétration dans le cytoplasme. Ceci contribue dans la diminution du taux de cholestérol dans le sang.

Une maladie génétique appelée Hypercholestérolémie se traduit par une augmentation de la concentration du cholestérol dans le sang.

Afin de déterminer l'origine de cette maladie, une étude a été réalisée sur des individus normaux et des individus malades, répartis sur trois groupes.

Le document 1 présente le nombre des récepteurs membranaires chez ces différents individus.

Groupes	Nombre de récepteurs normaux des molécules LDL (Unités arbitraires)	Concentration de cholestérol dans le sang (g/ L)
1. Individus normaux	52	De 0,5 à 1,6
2. Individus moyennement atteints	28	1,9 à 2,2
3. Individus gravement atteints.	0	4,7 à 4,9

document 1

1 En exploitant les données du document 1, **expliquez** la variation des concentrations du cholestérol dans le sang chez les 3 groupes d'individus.

Le récepteur des molécules LDL comprend une partie extérieure qui fixe les molécules LDL et une partie cytoplasmique responsable de la pénétration de ces molécules dans le cytoplasme de la cellule. La figure (a) du document 2 présente une partie du gène responsable de la synthèse de la partie cytoplasmique du récepteur chez un individu atteint et chez un individu malade. La figure b du document 2 expose un extrait du code génétique.

Exercices

Figure a : la séquence de la partie du brin transcrit des deux allèles du gène responsable de la synthèse des molécules LDL chez les individus sains et chez les individus atteints la maladie.

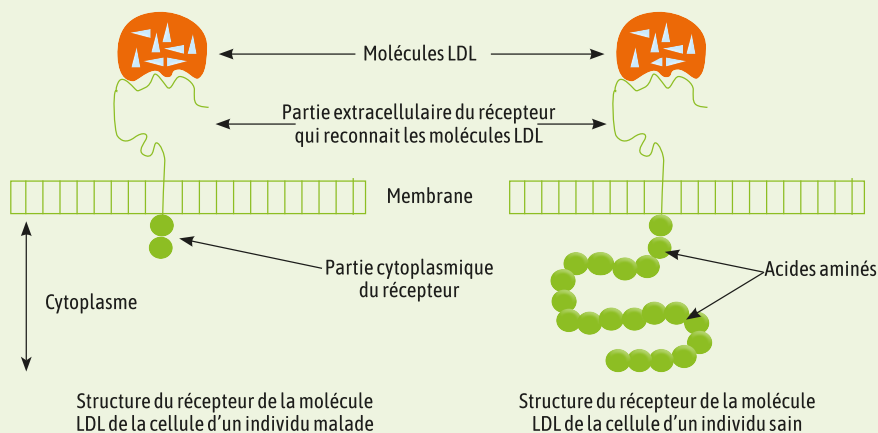
Individus sains	... TTT TTG ACC GCG GAA ...
Individus atteints	... TTT TTG ATC GCG GAA ... Sens de la lecture →

Figure b : Extrait du tableau du code génétique .

Codons	UAG UAG UAA	CGC CGU CGA	CUU CUC CUA	UGG	AAC AAU	AAA AAG
Acides aminés	cordon stop	Agr	Leu	Try	Asp	Lys

document 2

Le document 3 présente la structure de ce récepteur chez un individu sain et un autre gravement atteint.



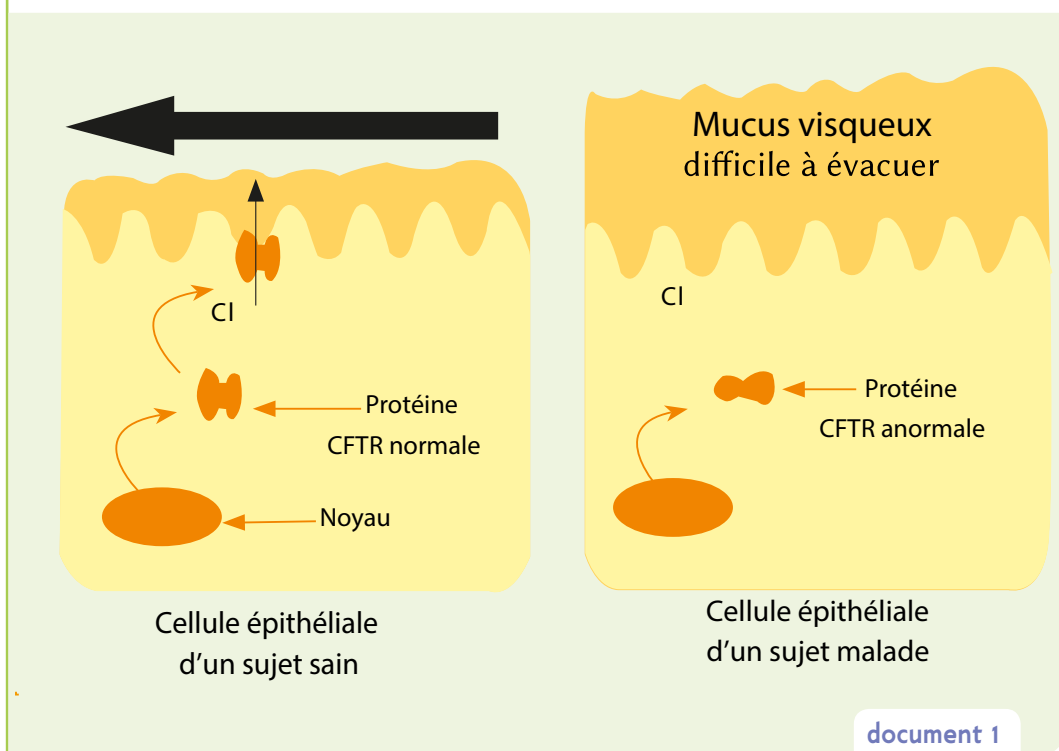
document 3

- 2 En utilisant les données de la figure (a) du document 2 et l'extrait du tableau du code génétique, **donnez** la séquence des acides aminés de la partie du gène normal et du gène muté.
- 3 En se basant sur le document 3, **comparez** la structure du récepteur chez l'individu sain et chez l'individu atteint et **expliquez** la différence observée.
- 4 En exploitant les données de cet exercice, **expliquez** la cause de l'apparition de la maladie chez les individus atteints.

Exercice 2

La mucoviscidose est une maladie génétique caractérisée par la production de mucus visqueux par les cellules épithéliales surtout au niveau pulmonaire et digestif. Afin de déterminer l'origine génétique de cette maladie on présente les données suivantes :

En 1989 des chercheurs ont établi la relation entre les symptômes de la mucoviscidose et une protéine membranaire CFTR. Cette protéine permet la sortie des ions Cl^- , nécessaire à la production d'un mucus fluide. Le document 1 présente la relation entre l'état de cette protéine et le degré de fluidité du mucus chez un sujet sain et un autre atteint de mucoviscidose.



document 1

1 En exploitant les données du document 1, montrez l'origine des symptômes de la maladie puis déduisez la relation protéine - caractère.

La synthèse de la protéine CFTR est contrôlée par un gène qui porte le même nom. Le document 2 présente deux fragments de l'allèle CFTR (brins transcrits), l'un chez un sujet sain et l'autre chez un sujet atteint de la mucoviscidose. Le document 3 présente un extrait du tableau du code génétique.

Exercices

Numéro du triplet: 505

508

511

Fragment de l'allèle CFTR
d'un sujet sain :

TTA-TAG-TAG-AAA-CCA-CAA-AGG

→ Sens de lecture

Fragment de l'allèle CFTR
d'un sujet malade

TTA-TAG-TAG-CCA-CAA-AGG

document 2

Codons	AAU AAC	AUC AUA	UUU UUC	GGU GGA	GUU GUC	UCC UCG	UGA UAA
Acides aminés	Asn	Ile	Phe	Gly	Val	Ser	Non sens

document 3

- 2 En vous basant sur les documents 2 et 3, **donnez** les séquences de ARNm et des acides aminés correspondant à chacun des fragments de l'allèle CFTR chez le sujet sain et chez le sujet malade, puis **expliquez** l'origine génétique de la mucoviscidose.

Exercice 3

Une protéine, la dystrophine qui intervient dans la contraction musculaire, est présente dans toutes les fibres musculaires sous la membrane cellulaire. Une anomalie dans la synthèse de cette protéine affecte les fibres musculaires et entraîne l'apparition de deux sortes de la myopathie.

Le document 1 présente la séquence des nucléotides d'une partie du brin codon du gène responsable de la synthèse de la dystrophine, chez un individu «A» normal et chez un individu «B» atteint par une sorte de myopathie.

Partie du brin codant d'un gène chez :	
L'individu A	L'individu B
CCA AAC TAA ACC TTA TAT	CCA AAC TAA ACT TTA TAT

document 1

Le document 2 présente le tableau du code génétique.

	U		C		A		G		
U	UUU	phénylalanine (Phe)	UCU	sérine (Ser)	UAU	tyrosine (Tyr)	UGU	cystéine (Cys)	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	leucine (Leu)	UCA		UAA	STOP	UGA	STOP	A
	UUG		UCG		UAG	STOP	UGG	tryptophane (Trp)	G
C	CUU	leucine	CCU	proline (Pro)	CAU	histidine (His)	CGU	arginine (Arg)	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	glutamine (Glu)	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	isoleucine (Ile)	ACU	thréonine (Thr)	AAU	asparagine (Asn)	AGU	sérine	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	lysine (Lys)	AGA	arginine	A
	AUG	méthionine	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	valine (Val)	GCU	alanine (Ala)	GAU	acide (Asp)	GGU	glycine (Gly)	U
	GUC		GCC		GAC	aspartique	GGC		C
	GUA		GCA		GAA	acide (Gln)	GGA		A
	GUG		GCG		GAG	glutamique	GGG		G

document 2

- En utilisant les documents 1 et 2, comparez les deux séquences d'acides aminés qui résultent de l'expression des deux parties de gènes chez les individus A et B.
- Déduisez la cause de l'apparition de la myopathie chez l'individu B.

Exercices

Exercice 4

Après l'infiltration des macrolides à l'intérieur des bactéries Pa, ces molécules se fixent sur les ribosomes, ce qui inhibe la synthèse de certaines protéines indispensables à la multiplication de ces bactéries. Le document 1 représente la concentration des macrolides (en unités arbitraires) à l'intérieur et à l'extérieur de deux souches de bactéries Pa : une souche sauvage et une souche mutante, placées dans un milieu contenant la même concentration de ces antibiotiques.

	Souche sauvage	Souche mutante
Concentration des macrolides à l'intérieur de la bactérie (en U.A)	17	4
Concentration des macrolides à l'extérieur de la bactérie (en U.A)	3	16

document 1

Les bactéries Pa possèdent une protéine membranaire nommée MexAB-OprM qui joue le rôle d'une pompe rejetant les macrolides à l'extérieur des bactéries Pa. Le document 2 présente la concentration de cette protéine membranaire chez les deux souches bactériennes Pa étudiées.

	Souche sauvage	Souche mutante
Nombre de pompes MexAB-OprM	faible	élevé

document 2

1 À partir de la comparaison des résultats indiqués sur les documents 1 et 2, **expliquez** la résistance de la souche mutante aux macrolides.

-La protéine Mex.R inhibe la synthèse d'une grande quantité de la protéine MexAB-OprM. Le document 3 présente une partie du brin non transcrit du gène qui contrôle la synthèse de la protéine Mex.R chez les deux souches sauvage et mutante, alors que le document 4 représente un extrait du code génétique.

→ Sens de lecture

107 108 109 110 111 112 113 114 115

Souche sauvage: CAT GCG GAA GCC ATC ATG TCA TGC GTG

Souche mutante: CAT GCG GAA GCC ATC ATG TCA TGA GTG

document 3

Codons	GUG GUA	UGC UGU	CAU CAC	GCG GCC	ACU ACC	UCA UCG	GAG GAA	AUG	UGA UAG	AUC AUA
Acides aminés	Val	Cys	His	Ala	Thr	Ser	Glu	Met	Non sens	Ile

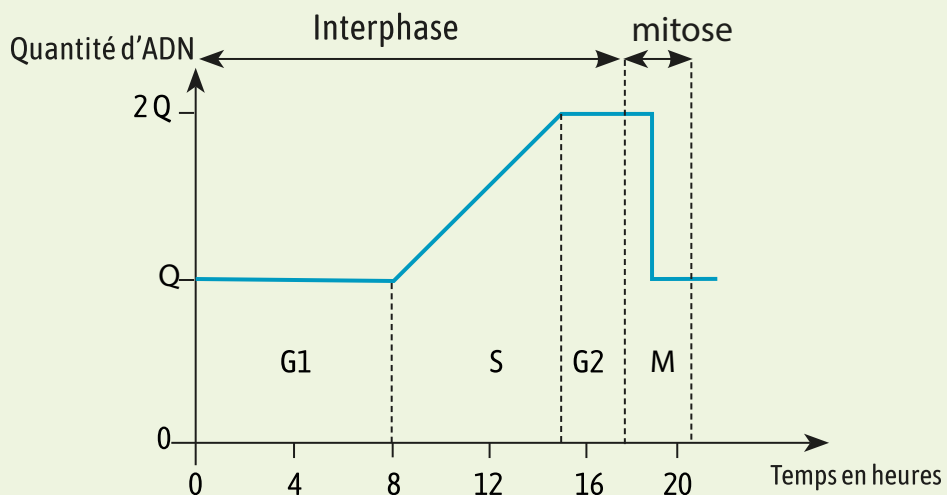
document 4

- 2 En utilisant les données des documents 3 et 4, **déterminez** la séquence des acides aminés correspondante à chaque partie du gène contrôlant la synthèse de la protéine Mex.R chez les deux souches bactériennes étudiées, et **expliquez** l'origine héréditaire de la résistance observée chez la souche mutante.

Exercice 5

Pour dégager certaines caractéristiques de la transmission de l'information génétique au niveau cellulaire et déterminer les mécanismes de son expression, on propose les données suivantes :

A. Le cycle cellulaire se caractérise par la succession de deux étapes essentielles: l'interphase et la mitose. Le document 1 présente l'évolution de la quantité d'ADN dans le noyau d'une cellule animale en fonction du temps durant un cycle cellulaire.



document 1

Exercices

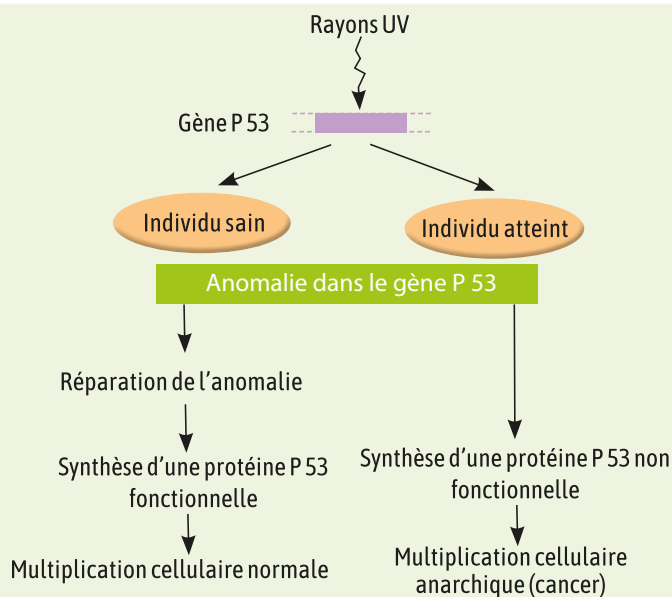
1 **Décrivez** l'évolution de la quantité d'ADN au cours du cycle cellulaire .

2 **Représentez**, par deux schémas légendés, les phases suivantes (cas d'une cellule animale) :

- Métaphase ($2n = 4$)
- Anaphase ($2n = 6$)

B. Les tumeurs cancéreuses apparaissent dans le corps suite à la transformation de certaines cellules normales en cellules cancéreuses qui se divisent d'une façon rapide et aléatoire. Pour déterminer le mécanisme de la transformation des cellules normales en cellules cancéreuses, on présente les données suivantes :

- Xeroderma pigmentosum est une maladie génétique rare, parmi ces symptômes l'apparition de lésions cutanées à cause de l'exposition des cellules cutanées aux rayons UV. Ces lésions peuvent évoluer en tumeurs cancéreuses.
- Les rayons UV peuvent provoquer une anomalie au niveau des molécules d'ADN des cellules cutanées (mutation somatique).
- Chez l'individu sain, lors d'une anomalie au niveau de l'ADN des cellules cutanées, une protéine appelée P 53 intervient pour arrêter la mitose de ces cellules, jusqu'à la réparation de cette anomalie. Cette réparation se fait à l'aide d'une enzyme appelée ERCC 3.
- Chez les individus malades de Xeroderma, le gène ERCC3 est muté, la protéine ERCC3 n'est pas fonctionnelle, la protéine p53, exprimée à partir d'un gène muté sous l'action des UV, ne sera pas réparée et la cellule se divisera ce qui entraînera l'apparition des tumeurs cancéreuses (document 2).



document 2

Le document 3 montre un fragment de l'allèle responsable de la synthèse de la protéine ERCC 3 normale et un fragment de l'allèle responsable de la synthèse de la protéine ERCC 3 mutée.

Figure a : Partie de l'allèle responsable de la synthèse de la protéine ERCC 3 chez l'individu sain et l'individu atteint.

Individu sain	...AGA TGC GTT ACA GCT AGC...
Individu atteint	...AGA TGC GTT ATA GCT AGC... Sens de la lecture →

Figure b : Extrait du tableau du code génétique .

Codons	CAA CAG	UAU UAC	UGC UCU	UCG UCA UCU	CGU CGC CGA	UGA UAA UAG	ACU ACA ACG
Acides aminés	Gln	Thy	Cys	Ser	Arg	Codons stop	Thr

document 3

- En s'appuyant sur le document 3, donnez la chaîne peptidique de chacun des deux allèles.
Expliquez la différence observée.
- En utilisant ces données, **dégagez** la relation gène-protéine-caractère.

Restitution des connaissances

Exercice 1

1. **Allèle** : une séquence nucléotidique qui représente l'une des formes que peut avoir un gène.
Mutation : est une modification aléatoire de la séquence de la molécule d'ADN qui peut toucher un ou plusieurs nucléotides.
2. **a** - Au cours de l'anaphase I de la méiose : chromosomes à deux chromatides - séparation des chromosomes homologues sans clivage du centromère.
b - Au cours de l'anaphase de la mitose : chromosomes à un seule chromatide - clivage du centromère et séparation des chromatides.
3. Nom du phénomène : la traduction Nom correspondant à chaque étape
étape 1 : initiation ; **étape 2** : élongation ; **étape 3** : terminaison.
4. (1 , a) ; (2 , c) ; (3 , d) ; (4 , c)

Raisonnement et communication

Exercice 1

1. Chez les individus normaux :

La présence d'un grand nombre de récepteurs LDL membranaires et normaux favorise l'entrée d'une grande quantité de LDL du sang vers les cellules d'où la faible concentration du cholestérol dans le sang.

Chez les individus moyennement atteints :

La présence d'un nombre moyen de récepteurs LDL membranaires et normaux favorise l'entrée d'une quantité moyenne de LDL du sang vers les cellules d'où une concentration moyenne du cholestérol dans le sang.

Chez les individus gravement atteints :

L'absence de récepteurs LDL membranaires et normaux entraîne une absence d'entrée de LDL du sang vers les cellules. Par conséquent, la concentration du cholestérol dans le sang augmente.

2. L'allèle normal

ARNm : AAA - AAC - UGG - CGC - CUU

Séquence des acides aminés : Lys - Asp - Try - Arg - Leu

L'allèle muté

ARNm : AAA-AAC-UAG-CGC-CUU

Séquence des acides aminés : Lys-Asp

3. Chez les deux l'individu sain et atteint, on a une ressemblance au niveau de la partie du récepteur qui reconnaît les molécules LDL, et une différence dans la fraction cytoplasmique. Chez l'individu atteint on a moins d'acide aminé .

4. La mutation ponctuelle (substitution de C par T) chez l'individu atteint a entraîné l'apparition d'un codon stop UGA au niveau d'ARNm. La synthèse de la séquence des acides aminés s'est arrêtée au niveau de ce codon, ce qui a donné une protéine courte et un récepteur non fonctionnelle qui ne facilite plus l'entrée des molécules LDL dans les cellules. Ce qui entraîne l'augmentation de la concentration du cholestérol dans le sang.

Corrigé des exercices

Exercice 2

1. Origine des symptômes de la maladie :

Protéine CFTR anormale → ne s'intègre pas dans la membrane des cellules épithéliales → pas de sortie de Cl → accumulation de mucus visqueux difficile à évacuer → apparition des symptômes de la maladie.

La relation protéine-caractère :

Protéine CFTR normale → sujet à phénotype normale. Protéine CFTR anormale → sujet atteint de la mucoviscidose.

→ Tout changement de la protéine conduit à un changement au niveau du phénotype du caractère

2. Séquence de l'ARNm

Le sujet sain : AAU - AUC - AUC - UUU - GGU - GUU - UCC

Le sujet malade : AAU - AUC - AUC - GGU - GIJU - UCC

Séquence d'acides aminés :

Asn-Ile-Ile-Phe-Glv-Val-Ser

Le sujet malade : Asn-Ile-Ile-Gly-Val-Ser

Implication de l'origine génétique de la maladie :

Mutation par délétion du triplet nucléotidique AAA numéro 508 → synthèse de protéine CFTR anormale → apparition de la maladie de mucoviscidose.

Exercice 3

1. Séquence d'acides aminés chez l'individu A :

ARNm : GGU UUG AUU UGG AAU AUA

La séquence des acides aminés : Gly-Leu-Ile-trp-Asn-Ile

Séquence des acides aminés chez l'individu B :

ARNm : GGU UUG AUU UGA AAU AUA

La séquence des acides aminés : Gly-Leu-Ile

Comparaison : La séquence d'acides aminés synthétisée par l'individu A comporte 6 acides aminés, alors la séquence d'acides aminés synthétisée par l'individu B n'est constituée que par les 3 premiers acides aminés de la chaîne de l'individu A.

2. La cause de l'apparition de la myopathie chez l'individu B :

Suite à une mutation par substitution de la cytosine (C) (3ème nucléotide du 4ème triplet) par la thymine (T), au niveau de l'allèle responsable de la synthèse de la dystrophine, on note l'apparition du codon stop UGA sur la molécule d'ARNm d'où l'arrêt de la synthèse de cette protéine et l'apparition de la myopathie.

Exercice 4**1. Comparaison**

- Contrairement à la souche sauvage, chez la souche mutante la concentration des antibiotiques macrolides dans le milieu extérieur est supérieure à sa concentration dans le milieu intérieur
- La souche mutante contient une quantité de protéine MexAB- OprM plus grande que celle présente chez la souche sauvage.

Interprétation :

La résistance aux macrolides chez la souche mutante est liée à la concentration élevée de la protéine MexAB-OprM qui assure l'ex- pulsion des macrolides hors des bactéries concernées...

2. Séquence d'acides aminés correspondante à la partie du gène codant la synthèse de la protéine Mex-R chez la souche sauvage:

ARNm : CAU GCG GAA GCC AUC AUG UCA UGC GUG

Séquence d'acides aminés : His – Ala – Glu – Ala – Ile – Met – Ser – Cys – Val

Séquence d'acides aminés correspondante à la partie du gène codant la synthèse de la protéine Mex-R chez la souche mutante:

ARNm : CAU GCG GAA GCC AUC AUG UCA UGA GUG

Séquence d'acides aminés : His – Ala – Glu – Ala – Ile – Met – Ser

Explication :

La résistance aux macrolides est due à une mutation de substitution de G par T au niveau du triplet 114 du brin transcrit de l'ADN → apparition d'un codon non sens (stop) UGA au niveau de l'ARNm → synthèse d'une protéine Mex-R courte et inefficace → absence de l'inhibition de la synthèse de la protéine

MexAB-OprM → production d'une grande quantité de la protéine MexAB-OprM → expulsion excessive des macrolides hors de la bactérie → souche bactérienne mutante résistante.

Exercice 5

1. Classement selon l'ordre chronologique correspondant au déroulement d'une mitose.
D → A → C → B → E
2. Phases de mitose et justifications.

D et A : Prophase.

Justification : Apparition des chromosomes et leur dispersion au milieu de la cellule.

C : Métaphase

Justification : Regroupement des chromosomes au milieu de la cellule (plaque équatoriale).

B : Anaphase

Justification : Séparation des chromosomes en deux lots identiques qui se dirigent chacun vers un pôle de la cellule.

E : Télaphase

Justification : Réapparition d'un noyau au niveau de chaque pôle de la cellule à partir du lot chromosomique.

Chapitre 2 :

Transmission de l'information génétique par reproduction sexuée

► Fiche de révision 1 :

Interprétation du maintien du caryotype à travers les générations (rôle de la méiose et de la fécondation)

► Fiche de révision 2 :

La méiose ou passage de la diploïdie à l'haploïdie

► Fiche de révision 3 :

Brassage génétique à l'origine de la diversité génotypique

► Fiche de révision 4 :

Interprétation chromosomique de la transmission d'un seul caractère ou mono hybridisme

► Fiche de révision 5 :

La transmission de deux caractères ou dihybridisme

► Fiche de révision 6 :

Etablissement de la carte factorielle ou carte génétique

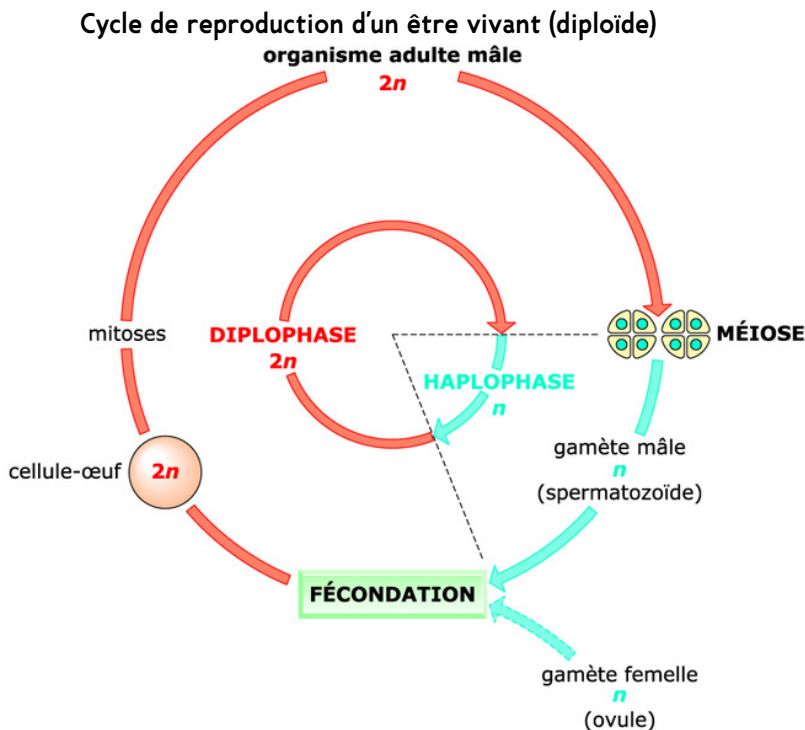
Fiche
de révision

1

Interprétation du maintien du
caryotype à travers les générations
(rôle de la méiose et de la fécondation)

Chaque espèce est caractérisée par la stabilité de son caryotype : le nombre de chromosomes, fixe pour une espèce donnée, est maintenu constant au cours des générations issues de la reproduction sexuée.

Le maintien de la stabilité du caryotype (génome) et la diversité génotypique à l'origine de la diversité phénotypique des individus s'expliquent par l'alternance de la méiose et de la fécondation lors de la reproduction sexuée. Donc la reproduction sexuée comporte l'alternance d'une phase haploïde et d'une phase diploïde.

**Remarque**

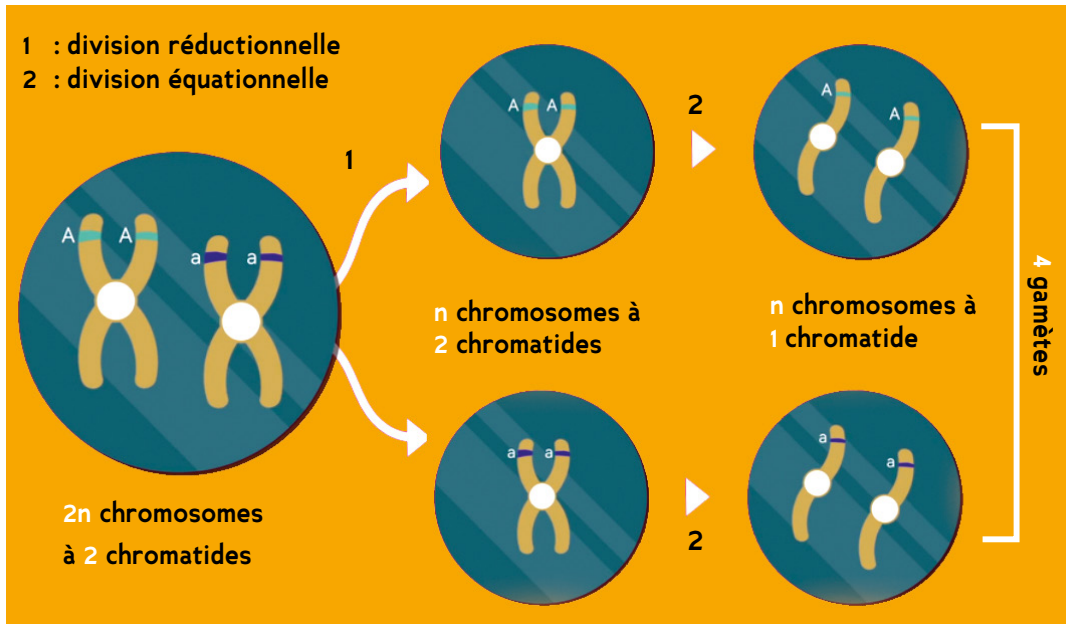
Une cellule diploïde est une cellule dont le noyau comporte des paires de chromosomes homologues.

Une cellule haploïde est toute cellule dont le noyau comporte des chromosomes différents les uns des autres et où chaque chromosome ne ressemble qu'à lui-même.

Chez les organismes diploïdes, les cellules somatiques sont toujours diploïdes et ne subissent jamais de méiose (elles peuvent se multiplier par des mitoses), alors que les gamètes sont des cellules haploïdes résultant de cellules germinales après méiose.

La méiose ou passage de la diploïdie à l'haploïdie

La méiose est un processus de division cellulaire qui se déroule selon deux divisions : une division réductionnelle et une division équationnelle.

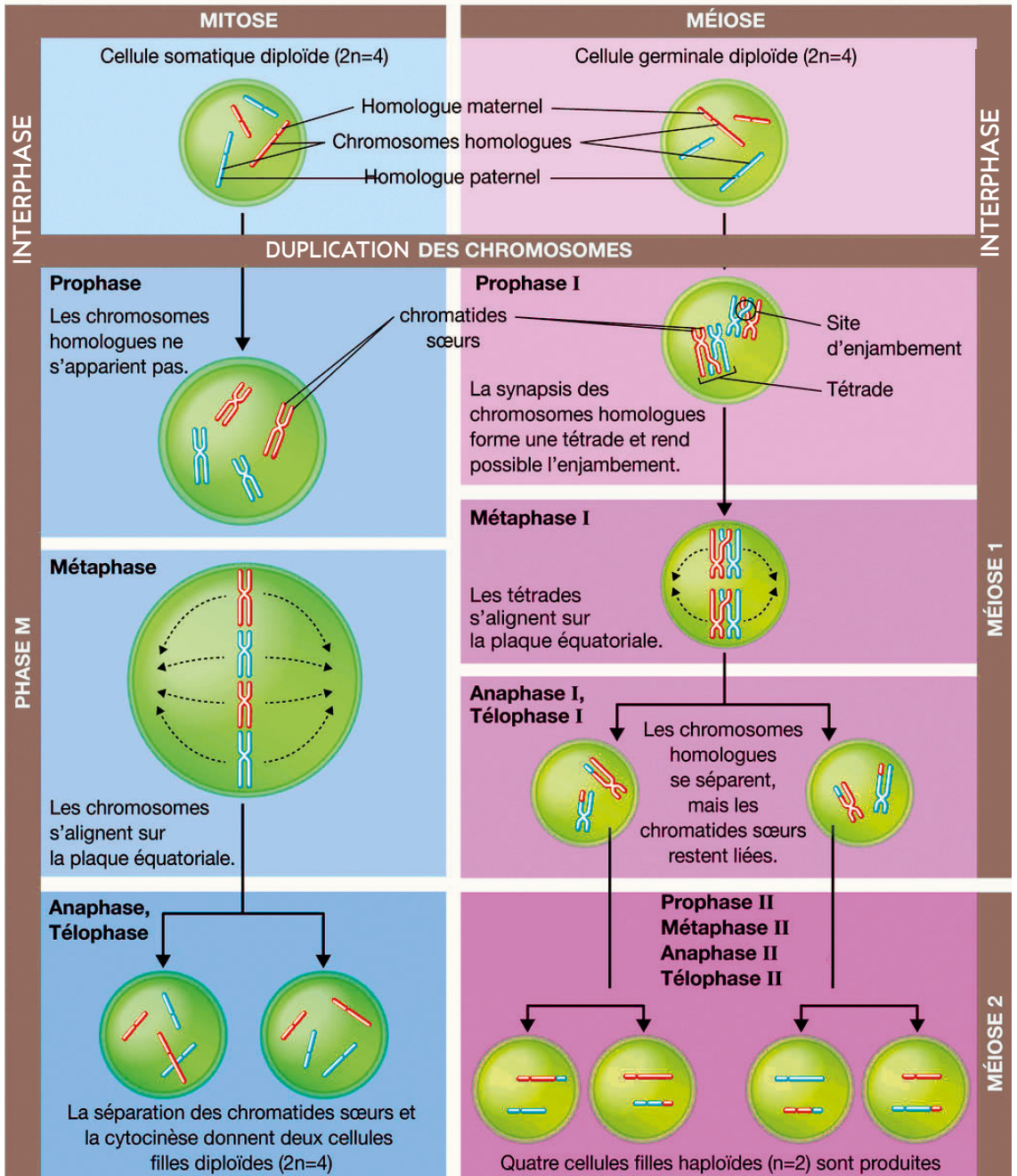


Pendant la division réductionnelle, les chromosomes homologues se séparent pour aboutir à des cellules haploïdes (n) avec des chromosomes à 2 chromatides chacun.

Pendant la division équationnelle, les chromatides de chaque chromosome se séparent. Les cellules obtenues à la fin de cette deuxième division sont des cellules haploïdes avec des chromosomes monochromatidiens.

Chacune des deux divisions de la méiose (I et II) se déroule selon quatre phases :

- Division réductionnelle : Prophase I, métaphase I, anaphase I et télophase I
- Division équationnelle : Prophase II, métaphase II, anaphase II et télophase II

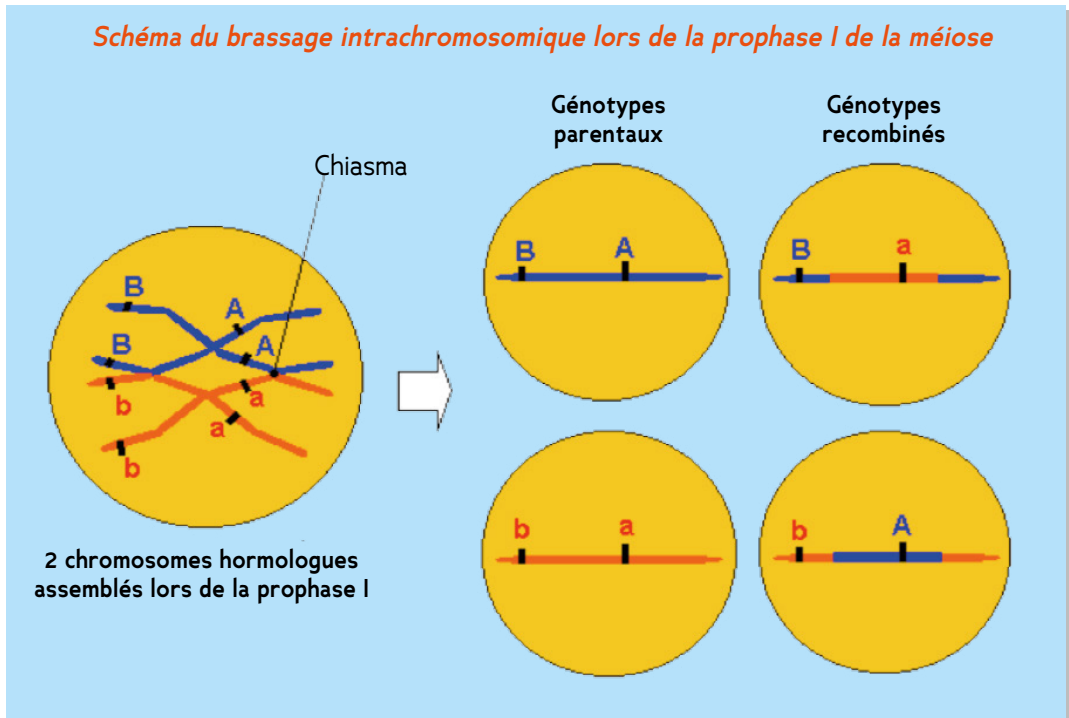


Brassage génétique à l'origine de la diversité génotypique

Le brassage intrachromosomique a lieu lors de la prophase de la division réductionnelle

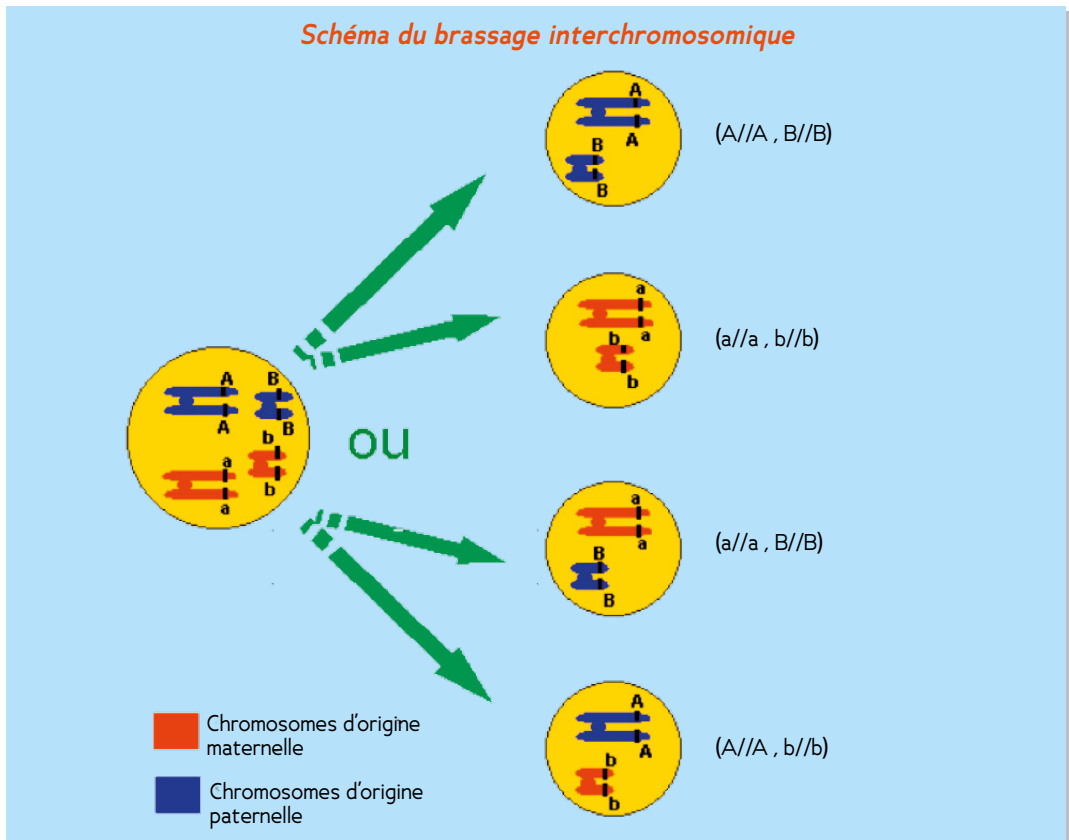
- La méiose est précédée de l'interphase pendant laquelle l'ADN s'est dupliquée. Chaque chromosome est donc constitué de deux chromatides. L'enveloppe nucléaire disparaît. La chromatine de chaque chromosome commence à se condenser et les chromosomes homologues se rapprochent et s'apparient. Les points de contact sont appelés chiasma.
- Il peut alors se produire des échanges, au niveau d'un chiasma, de portions de chromatides ou crossing over. Lors de ces échanges des portions de chromatides entre deux chromosomes homologues (crossing over), il se crée de nouvelles combinaisons d'allèles par rapport aux combinaisons parentales. On parle de brassage intrachromosomique.
- Dans l'exemple qui suit, on a illustré ce brassage intra-chromosomique en choisissant une cellule à $2n=2$ chromosomes et deux gènes à deux allèles : gène A aux allèles A et a et gène B aux allèles B et b.

Schéma du brassage intrachromosomique lors de la prophase I de la méiose



Le brassage interchromosomique a lieu lors de l'anaphase de la division réductionnelle

- La prophase I est suivie par la métaphase I. Les chromosomes appariés se dirigent vers le centre de la cellule et se placent sur la plaque équatoriale de la cellule. Puis les chromosomes de chaque paire se séparent et migrent chacun vers un pôle cellulaire opposé. C'est l'anaphase I.
- La répartition des chromosomes à chaque pôle cellulaire a lieu de façon aléatoire, sans considération de l'origine maternelle ou paternelle des chromosomes. Il en résulte un brassage interchromosomique, c'est à dire l'apparition de nouvelles combinaisons de gènes portés par les chromosomes maternels et paternels.



- A la suite de l'anaphase I, le cytoplasme de la cellule se scinde pour donner naissance à deux cellules filles. C'est la télophase I. Lors de la division réductionnelle, à partir d'une cellule mère diploïde contenant $2n$ chromosomes à deux chromatides, se forment deux cellules filles haploïdes contenant n chromosomes à deux chromatides.
- La fécondation, union de deux gamètes haploïdes, reconstitue des paires de chromosomes homologues. La combinaison aléatoire des gamètes accentue la diversité génétique entre organismes, en multipliant le nombre de combinaisons alléliques.

Interprétation chromosomique de la transmission d'un seul caractère

Le monohybridisme est un croisement entre parents différents par les phénotypes relatifs à un seul caractère. Lors de l'analyse des différents types de croisements - monohybridisme, on doit déterminer si les parents croisés sont de même phénotype ou de deux phénotypes différents afin de déduire les bonnes déductions qui nous permettent d'élaborer les bonnes interprétations chromosomiques.

Cas de croisements entre parents de même phénotype (5 cas)

Croisement	Résultat obtenu	Déduction
[A] x [A]	100% [A]	- Les parents et leur descendance forment une race pure pour le caractère étudié - Ils sont tous des homozygotes
[B] x [B]	[B] 3/4 + [b] 1/4	- La génération obtenue est hétérogène donc les deux parents ne sont pas de race pure, ils sont tous deux hybrides - L'apparition de phénotype [b] montre que l'allèle responsable de ce phénotype est récessif par conséquent le B est dominant (le cas de dominance absolue)
[C] x [C]	[C] 2/3 + [c] 1/3	- La génération obtenue est hétérogène donc les deux parents ne sont pas de race pure (ils sont hybrides) - L'apparition de phénotype [c] montre que l'allèle responsable de ce phénotype est récessif par conséquent l'allèle C est dominant (cas de dominance absolue) - Les proportions obtenues (2/3, 1/3) confirment que le gène étudié est un gène létal à l'état dominant homozygote C//C
[D] x [D]	[D] 1/2 + [D1] 1/4 + [D2] 1/4	- La génération obtenue est hétérogène donc les deux parents ne sont pas de race pure (ils sont hybrides) - L'obtention de trois phénotypes avec des proportions de 1/2, 1/4, 1/4 confirment que les deux allèles D1 et D2 sont codominants (cas de codominance)
[E] x [E]	[E] 3/4 (mâles et femelles) + 1/4 [e] (males uniquement)	- La génération obtenue est hétérogène donc les deux parents ne sont pas de race pure (ils sont hybrides) - L'apparition de phénotype [e] montre que l'allèle responsable de ce phénotype est récessif par conséquent le E est dominant (le cas de dominance absolue) - Le phénotype [e] obtenu ne concerne que les mâles donc le gène étudié est porté par un chromosome sexuel (gonosomes)

Remarque

- Un caractère non lié au sexe est contrôlé par un gène porté par un autosome.
- Un caractère lié au sexe est contrôlé par un gène porté par un gonosome (X). Pour la plupart de certaines espèces, le mâle est hétérogamétique (XY) et la femelle est homogamétique (XX). Alors que certaines espèces tels les papillons et les oiseaux, le mâle est homogamétique (XX) et la femelle est hétérogamétique (XY).

Cas de croisements entre parents de phénotypes différents (4 cas)

Croisement	Résultat obtenu	Déduction
$[A] \times [A]$	F1 : 100% [A]	- F1 homogène donc les parents croisés sont de 2 races pures pour le caractère étudié : Donc la première loi de Mendel est vérifiée, les individus de la F1 sont hétérozygotes. - Les individus de la F1 sont de phénotype A, donc L'allèle responsable de ce phénotype est dominant et l'allèle responsable de phénotype A' est récessif (cas de dominance absolue).
$[B] \times [B]$	F1 : 100% [BB']	- F1 homogène donc les parents croisés sont de 2 races pures pour le caractère étudié : Donc la première loi de Mendel est vérifiée, les individus de la F1 sont hétérozygotes. - Les individus de la F1 sont de phénotype BB' (un troisième phénotype), donc Les allèles B et B' sont codominants (cas de codominance).
$[C] \times [C]$	[C] 50%, et [C] 50%	- Dominance absolue. - L'un des parents est homozygote l'autre est hétérozygote. - On ne peut pas préciser lequel des deux allèles est dominant.
$[D] \times [D]$	[D] 50%(femelles) [D] 50% (mâles)	- Dominance absolue - Le caractère étudié est lié au sexe vu que les résultats diffèrent selon le sexe des individus obtenus.

Lois de Mendel (cas d'un monohybridisme)**- La première loi de Mendel : loi d'uniformité des hybrides de la F1**

Dans le cas de la transmission d'un caractère héréditaire, le croisement entre deux parents de phénotypes différents appartenant à une race pure donnent une génération F1 homogène et hybride.

Remarque :

La première loi de Mendel est toujours vérifiée (pour deux croisements réciproques à partir de parents purs). Alors que dans le cas d'un caractère lié au sexe, la première loi de Mendel est vérifiée pour l'un des croisements réciproques et elle n'est pas vérifiée pour l'autre croisement réciproque.

- La deuxième loi de Mendel : loi de la pureté des gamètes

Chez les organismes diploïdes les deux allèles d'un gène se séparent lors de la méiose ce qui aboutit à des gamètes purs (la pureté des gamètes).

La transmission de deux caractères ou dihybridisme

Cas 1 : les deux caractères étudiés sont liés au sexe c.-à-d. que leurs deux gènes sont portés par la même paire de gonosomes (XX et XY surtout X)

Exemple d'écriture de génotype

Mâle [a, b]	Femelle [a, b]	Mâle [A, B]
$\frac{x}{Y} \frac{a}{b} \rightarrow$	$\frac{x}{x} \frac{a}{a} \frac{b}{b}$	$\frac{x}{Y} \frac{A}{B} \rightarrow$

Cas 2 : un gène autosomal et un gène gonosomal donc les deux gènes sont obligatoirement indépendants (dans ce cas)

Exemple d'écriture de génotype

Mâle [a, b]	Femelle [a, b]	Mâle [a, B]
$\frac{a}{a} \frac{x}{Y} \frac{b}{b} \rightarrow$	$\frac{a}{a} \frac{x}{x} \frac{b}{b}$	$\frac{a}{a} \frac{x}{Y} \frac{B}{b} \rightarrow$

Mâle [A, B] :

$$\frac{A}{a} \frac{x}{Y} \frac{b}{b} \rightarrow \text{ou} \frac{A}{A} \frac{x}{Y} \frac{b}{b} \rightarrow$$

Femelle [A, B] deux génotype possible :

$$\frac{A}{a} \frac{x}{x} \frac{b}{b} \text{ ou } \frac{A}{A} \frac{x}{x} \frac{b}{b}$$

Mâle [a, B] deux génotype possible :

$$\frac{a}{a} \frac{x}{Y} \frac{B}{b} \rightarrow$$

Cas 3 : les deux caractères étudiés sont portés par des autosomes

Le problème : les deux gènes sont-ils liés ou indépendants ?

Croisement 1	Croisement 2	Croisement 3
$[A,B] \times [a,b]$  $F_1 100\% [A,B]$ Déduction : • Dihybridisme • Dominance absolue pour les deux gènes • La génération F_1 est homogène  la première loi de Mendel est vérifiée, les parents sont de deux races pures Pour calculer la distance entre deux gènes liés on utilise la règle suivante : $D = \frac{\beta_1 + \beta_2}{\alpha_1 + \alpha_2 + \beta_1 + \beta_2} \times 100$ • Unité en (centimorgan (CMg)) • La distance = taux des recombines	$F_1 [A,B] \times [a,b]$  $\alpha_1 [A,B]$ $\alpha_2 [a,b]$ } P % $\beta_1 [A,b]$ $\beta_2 [a,B]$ } R % Possibilité : • $\alpha_1 = \alpha_2 = \beta_1 = \beta_2$ Les deux gènes sont indépendants • $\alpha_1 = \alpha_2 > \beta_1 = \beta_2$ Les deux gènes sont liés • $\beta_1 = \beta_2 = 0\%$ Les deux gènes (pas de crossing over)	$F_1 [A,B] \times F_1 [A,B]$  $9/16 [A,B]$ $1/16 [a,b]$ $3/16 [A,b]$ $3/16 [a,B]$ } les deux gènes sont indépendants Sinon  les deux gènes sont liés

Les lois de Mendel (cas de dihybridisme)

- Pour chacun des deux caractères : 1ère loi et 2ème loi de Mendel
- Pour les deux caractères en même temps : la 3ème loi de Mendel
- La troisième loi de Mendel : loi de la ségrégation indépendante des allèles

Dans le cas d'un dihybridisme avec deux gènes indépendants, les individus double hétérozygotes forment des gamètes dont les proportions sont équiprobables, ils sont la conséquence d'une ségrégation indépendante des allèles lors de la méiose (brassage interchromosomique).

Remarque :

la troisième loi de Mendel n'est vérifiée et applicable que dans le cas de deux gènes indépendants.

Etablissement de la carte factorielle ou carte génétique

Une carte génétique ou carte factorielle est un alignement linéaire des gènes sur un chromosome, basé sur les fréquences de recombinaison (carte de liaison).

L'établissement d'une carte factorielle ou d'une carte génétique nécessite :

- La détermination des distances qui séparent les gènes liés.
- La détermination de l'ordre dans lequel les gènes sont distribués sur le chromosome (donc la localisation des gènes les uns par rapport aux autres).

La distance entre deux gènes se définit par la fréquence d'apparition d'événements de recombinaisons entre ces deux gènes d'une génération à l'autre. Cette fréquence constitue l'unité de mesure des cartes génétiques : 1% de recombinaison = 1 centiMorgan (cM).

Exemple :

Considérons deux souches de drosophiles

- Une souche sauvage avec des yeux rouges, des ailes longues et un corps gris.
- Une souche mutante avec des yeux cinnabar (rouge vif), des ailes vestigiales et un corps noir.

1. Premier croisement : taille des ailes et couleur des yeux

Parents : ♂ à ailes longues et yeux rouges x ♀ à yeux cinnabar et ailes vestigiales



F1 : Descendance constituée de drosophiles toutes à ailes longues et yeux rouges

Réalisons un test cross : Test cross 1

♀ à ailes longues, yeux rouges x ♂ à ailes vestigiales et à yeux cinnabar

La descendance est composée



Phénotypes	Nombre d'individus	
Ailes longues, yeux rouges :	200	
Ailes longues, yeux cinnabar:	19	types recombinés
Ailes vestigiales, yeux rouges	26	9,97%
Ailes vestigiales, yeux cinnabar:	206	types parentaux 90,02%

Sur la base des résultats de ce test cross, on peut retenir :

- Le pourcentage d'individus à phénotypes parentaux est plus grand que celui des individus à phénotypes recombinés. Donc les deux gènes étudiés sont liés.
- Le pourcentage des individus à phénotypes recombinés est de 09,97 % , par conséquent lors de la formation des gamètes chez la souche parentale hybride, le pourcentage des gamètes recombinés est de 09,97 %.
- Le pourcentage de recombinaison étant de 09,97 % , on peut déduire que la distance entre les deux gènes liés (gène de la taille des ailes et de la couleur des yeux) est de 09,97 cMg

Remarque :

La recombinaison s'effectue par un crossing over ou échange réciproque entre deux des chromatides homologues non sœurs.

2. Deuxième croisement : taille des ailes et couleur du corps

Parents ♂ à ailes longues, corps gris x ♀ à ailes vestigiales, corps noir



F1 : Drosophiles à ailes longues et corps gris

Réalisons le 2ème test cross: Test cross 2 (test cross de la ♀)

♀ à ailes longues, corps gris x ♂ à ailes vestigiales et à corps noir

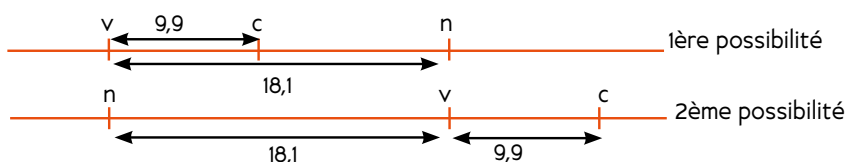
La descendance est composée



Phénotypes	Nombre d'individus	
Ailes longues, corps gris ,	152	types parentaux
Ailes longues, corps noir:	35	types recombinés
Ailes vestigiales, corps gris :	31	types recombinés
Ailes vestigiales, corps noir:	147	types parentaux

De ces données, on peut déduire que :

- Le % de recombinaison = 18,1% = 18,1 centiMorgan.
- La distance entre le gène taille des ailes et le gène couleur du corps est égale à 18,1 cMg.
- Le gène qui code pour la taille des ailes est plus proche du gène qui code pour la couleur des yeux.
- De ces résultats, on peut établir une carte provisoire (2 possibilités)



Exercices

Restitution des connaissances

Exercice 1

I. Répondez, sur votre feuille de rédaction, aux questions suivantes :

a - Définissez les deux notions suivantes:

- Brassage interchromosomique.
- Individu homozygote pour un caractère donné

b - Citez une différence entre l'anaphase I et l'anaphase II de la méiose.

c - Déterminez deux rôles de la fécondation.

II. Choisissez la bonne réponse pour chaque proposition

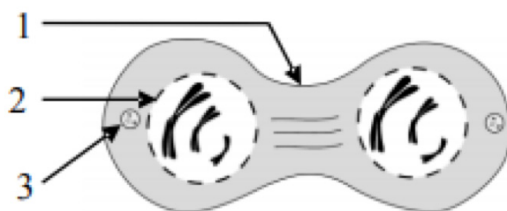
1. Dans le cas de deux gènes liés le crossing-over, qui permet la diversité génétique des gamètes, se produit lors:

- a- de la prophase I d'une cellule mère des gamètes homozygote;
- b- de la prophase I d'une cellule mère des gamètes hétérozygote;
- c- de la prophase II d'une cellule mère des gamètes homozygote;
- d- de la prophase II d'une cellule mère des gamètes hétérozygote.

2. La méiose donne:

- a- 4 cellules haploïdes à partir d'une cellule mère diploïde ;
- b- deux cellules diploïdes à partir d'une cellule mère diploïde ;
- c- 4 cellules diploïdes à partir d'une cellule mère diploïde ;
- d- deux cellules haploïdes à partir d'une cellule mère diploïde.

III. le schéma ci-contre présente une phase de la méiose. Recopiez, sur votre feuille de production, le chiffre (1, 2, 3 et 4), et écrivez devant chacun d'eux le nom qui convient.



4 : Titre de la phase :

Raisonnement et communication

Exercice 1

Chez le tournesol, des observations ont permis de mettre en évidence deux couples d'allèles: un couple d'allèles responsable de la couleur des pieds (plantes à pieds rouges et plantes à pieds verts) et un couple d'allèles responsable de la fertilité ou de la stérilité des étamines. Afin d'étudier le mode de transmission de ces deux caractères, les deux croisements suivants ont été réalisés :

- **Premier croisement:** entre des plantes de race pure, à pieds rouges et étamines fertiles et des plantes de race pure, à pieds verts et étamines stériles. Après germination des graines (akènes) issues de ce croisement, on obtient une 1ère génération F1 formée uniquement de plantes à pieds rouges et étamines fertiles.
- **Deuxième croisement:** entre les plantes de la génération Fi et des plantes à pieds verts et étamines stériles. On obtient une 2ème génération F'2 formée de:

- 485 plantes à pieds rouges et étamines fertiles.	- 13 plantes à pieds verts et étamines fertiles.
- 491 plantes à pieds verts et étamines stériles.	- 11 plantes à pieds rouges et étamines stériles.

1. En exploitant les résultats du 1ère et du 2ème croisement, **déterminez**, le mode de transmission des deux caractères héréditaires étudiés.

Utiliser les symboles (R ou r) pour les allèles responsables du caractère «couleur du pied» et les symboles (F ou f) pour les allèles responsables du caractère «fertilité ou la stérilité des étamines».

2. En vous basant sur l'échiquier de croisement, **donnez** l'interprétation chromosomique des résultats du 2ème croisement.
3. **Représentez** schématiquement les étapes du phénomène, qui a eu lieu chez les individus de Fi, responsable des phénotypes obtenus en F'2.
4. **Réalisez**, la carte factorielle des deux gènes étudiés en déterminant les étapes de cette réalisation. Utiliser : 2 cm pour 1 cMg

Exercices

Exercice 2

Des variétés de Mufler diffèrent par la forme de la corolle (corolle de forme normale ou de forme anormale) et par la couleur de la corolle (corolle de couleur rouge ou de couleur blanche). Afin d'étudier le mode de transmission de ces deux caractères héréditaires, on propose les croisements suivants :

- **Premier croisement** : Entre plantes de deux variétés de races pures:
 - La variété A: plantes à corolle de forme normale et de couleur rouge;
 - La variété B: plantes à corolle de forme anormale et de couleur blanche.

On sème les graines issues de ce croisement. Toutes les plantes obtenues ont des fleurs à corolle de forme normale et de couleur rose (génération F₁).

1. Que déduisez-vous des résultats du premier croisement ?)

Utilisez les symboles (N, n) pour les allèles responsables du caractère «forme de la corolle» et les symboles (R, r) ou (B, b) pour les allèles responsables du caractère «couleur de la corolle».

- **Deuxième croisement** : Par autofécondation des fleurs de la génération F₁, on obtient des graines dont la germination donne naissance à une deuxième génération F₂ composée de:
 - 370 plantes avec des fleurs à corolle de forme normale et de couleur rose.
 - 189 plantes avec des fleurs à corolle de forme normale et de couleur rouge.
 - 187 plantes avec des fleurs à corolle de forme normale et de couleur blanche.
 - 126 plantes avec des fleurs à corolle de forme anormale et de couleur rose.
 - 63 plantes avec des fleurs à corolle de forme anormale et de couleur rouge.
 - 62 plantes avec des fleurs à corolle de forme anormale et de couleur blanche.

Pour expliquer la répartition statistique des phénotypes obtenus dans la génération F₂, un groupe d'apprenants a proposé ce qui suit : les deux gènes responsables de la forme et de la couleur de la corolle sont indépendants.

2. Réalisez l'interprétation chromosomique du premier et du deuxième croisement, puis déterminez si la proposition de ce groupe concorde avec les résultats obtenus.

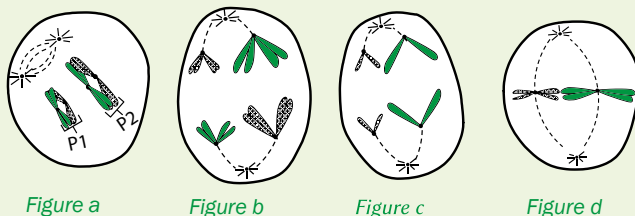
- **Troisième croisement** : Entre des plantes de la génération F₂ dont les fleurs sont à corolle de forme normale et de couleur blanche, hétérozygotes pour le caractère forme de la corolle, et des plantes avec des fleurs à corolle de forme anormale et de couleur rouge.
- 3. A l'aide d'un échiquier de croisement, **déterminez** les pourcentages des phénotypes attendus de ce croisement.

Exercice 3

Pour mettre en évidence l'effet de certains phénomènes biologiques sur la transmission de l'information génétique lors de la formation des gamètes chez les êtres vivants diploïdes, on propose l'exploitation des données suivantes :

- I. Les figures du document ci-dessous représentent certaines phases d'un phénomène biologique chez une cellule animale dont la formule chromosomique est $2n = 4$.

P1 et P2 : Deux paires de chromosomes homologues.



1. Identifiez, en justifiant votre réponse, les phases représentées par le document précédent et déduisez le phénomène biologique étudié.
 2. Réalisez le schéma de la deuxième possibilité de la disposition des chromosomes de la phase représentée par la figure b du document précédent. Déduisez le nom du phénomène responsable des deux possibilités en indiquant son effet sur la transmission de l'information génétique.
- II. Afin d'étudier le mode de la transmission de deux caractères héréditaires chez la drosophile, on réalise les deux croisements suivants :

Premier croisement : entre des femelles aux yeux rouges et ailes droites et des mâles aux yeux pourpres et ailes courbées. La première génération obtenue F1 est constituée uniquement d'individus avec des yeux rouges et des ailes droites.

Remarque : le croisement inverse du premier croisement donne les mêmes résultats.

Deuxième croisement : entre des mâles aux yeux pourpres et ailes courbées et des femelles de F1, la génération F2 obtenue compte :

- 390 drosophiles aux yeux rouges et ailes droites.
- 380 drosophiles aux yeux pourpres et ailes courbées.
- 120 drosophiles aux yeux rouges et ailes courbées.
- 110 drosophiles aux yeux pourpres et ailes droites.

Utiliser les symboles R où r pour le caractère «couleur des yeux» et les symboles D où d pour le caractère «forme des aile»

3. En exploitant les résultats des deux croisements, déterminez le mode de transmission des deux caractères héréditaires étudiés.
4. Donnez l'interprétation chromosomique du deuxième croisement en se basant sur l'échiquier de croisement.
5. Établissez la carte factorielle des deux gènes étudiés en montrant les étapes suivies dans cette réalisation.

Exercices

Exercice 4

Dans le cadre de l'étude de la transmission de certains caractères héréditaires chez la drosophile, et de certains facteurs intervenant dans la diversité génétique, on propose les données suivantes:

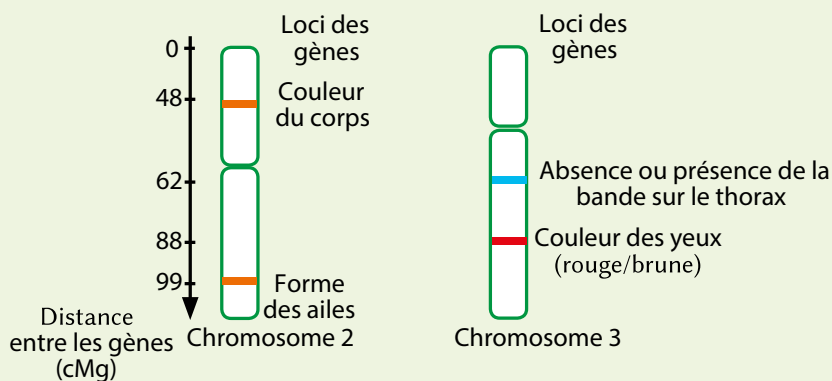
Donnée 1 : On réalise un croisement entre des femelles sans bande grise sur le thorax et aux yeux rouges et des mâles avec une bande grise sur le thorax et aux yeux bruns. La génération F1 issue de ce croisement est composée de drosophiles sans bande grise sur le thorax et aux yeux rouges.

1. Que **déduisez-vous** des résultats de ce croisement ?
2. Sachant que les deux gènes étudiés ne sont pas liés au sexe, **donnez** les génotypes des individus de la génération F1 dans le cas où ces deux gènes sont indépendants, et dans le cas où ils sont liés.

Utilisez les symboles suivants :

- **B** et **b** pour les allèles du gène responsable de la présence ou l'absence d'une bande grise sur le thorax ;
- **R** et **r** pour les allèles du gène responsable de la couleur des yeux.

Donnée 2 : Le document 1 présente l'emplacement relatif de quelques gènes (loci) de la drosophile sur les chromosomes 2 et 3.



3. En vous basant sur le document 1 :
 - a - Donnez le génotype à garder parmi les génotypes proposés dans la réponse à la question 2. Justifiez votre réponse.
 - b - Déterminez la distance qui sépare les deux gènes étudiés.
4. **Déterminez** la proportion des phénotypes attendus suite à un croisement entre des femelles de la génération F1 et des mâles doubles récessifs, en vous aidant d'un échiquier de croisement.

Exercice 5

Dans le cadre de l'étude de la transmission des caractères héréditaires chez la drosophile, on propose les résultats des croisements suivants :

Premier croisement : Réalisé entre des drosophiles sauvages aux ailes longues et aux yeux rouges et des drosophiles aux ailes vestigiales et aux yeux bruns. Les individus de la génération F1 sont tous de phénotype sauvage.

1. Que déduisez-vous à partir des résultats de ce croisement ?

Deuxième croisement : Réalisé entre des mâles aux ailes vestigiales et aux yeux bruns et des femelles de la génération F1.

Le tableau suivant présente les résultats de la génération F'2 obtenue :

Phénotypes des drosophiles	Ailes longues et yeux rouges	Ailes longues et yeux bruns	Ailes vestigiales et yeux rouges	Ailes vestigiales et yeux bruns
Nombre d'individus à la F'2	716	296	238	702

2. a- Les deux gènes étudiés sont-ils indépendants ou liés ? Justifiez votre réponse.

b- Donnez, en utilisant l'échiquier de croisement, l'interprétation chromosomique des résultats du deuxième croisement.

Utilisez les symboles suivants :

- L et l pour les allèles du gène responsable de la forme des ailes.
- R et r pour les allèles du gène responsable de la couleur des yeux.

Troisième croisement: Réalisé entre des femelles double hétérozygotes aux corps clairs et aux yeux rouges et des mâles aux corps noirs et aux yeux bruns. Ce croisement a donné 7.51% d'individus à phénotypes recombinés.

3. En vous basant sur les résultats du deuxième et du troisième croisement, réalisez les deux cartes factorielles possibles qui représentent la localisation relative des trois gènes étudiés.

Exercices

Exercice 6

Dans le cadre de l'étude de la transmission de certains caractères héréditaires ainsi que l'effet de certains facteurs sur la structure génétique d'une population de moustiques, on propose les données suivantes :

On suit la transmission de deux caractères, la couleur du corps et la couleur des yeux, chez une espèce de moustique, en réalisant les deux croisements présentés dans le tableau du document 1.

Croisements	Résultats obtenus
Premier croisement : Entre des moustiques de phénotype sauvage (corps gris et œil prune) et des moustiques à corps noir et œil clair.	Tous les individus de la F1 sont de phénotype sauvage (corps gris et œil prune).
Deuxième croisement : Entre des femelles de F1 et des mâles à corps noir et œil clair.	698 moustiques à corps gris et œil prune 712 moustiques à corps noir et œil clair 290 moustiques à corps gris et œil clair 282 moustiques à corps noir et œil prune

document 1

1. Que déduisez vous des résultats du premier croisement ?
2. En exploitant les résultats du deuxième croisement, montrez si les deux gènes sont liés ou indépendants, puis donnez l'interprétation chromosomique des résultats de ce croisement en vous aidant d'un échiquier de croisement.

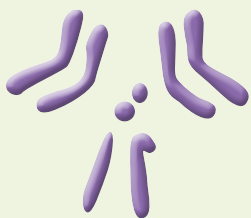
Utilisez les symboles suivants :

- «G» et «g» pour les allèles du gène responsable de la couleur du corps.
- «M» et «m» pour les allèles du gène responsable de la couleur des yeux.

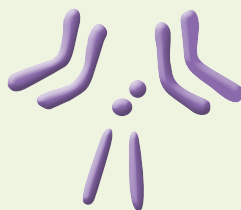
Exercice 7

Dans le but d'étudier le mode de transmission de certains caractères héréditaires chez des organismes diploïdes, on propose les données expérimentales suivantes :

Le document 1 présente deux caryotypes chez la drosophile.



Caryotype d'un cellule somatique mâle



Caryotype d'un cellule somatique femelle

document 1

1. Comparez les deux caryotypes et déduisez la formule chromosomique du mâle et de la femelle.

Les croisements suivants sont réalisés chez deux souches pures de drosophile.

Premier croisement : entre des mâles aux yeux blancs (W) et ailes échancrées (C) et des femelles aux yeux rouges (W+) et ailes normales (C+). Ce croisement a donné une génération F1 constituée de drosophiles sauvages [W+,C+].

Deuxième croisement : entre des femelles aux yeux blancs et ailes échancrées [W,C] et des mâles de souche sauvage [W+,C+]. Ce croisement a donné une génération F1 constituée de femelles sauvages et des mâles aux yeux blancs et ailes échancrées [W,C]

Troisième croisement : entre des drosophiles de la génération F1 du deuxième croisement. Ce croisement a donné une génération F2 constituée de :

- 810 drosophiles à yeux rouges et ailes normales :
- 807 drosophiles à yeux blancs et ailes échancrées ;
- 131 drosophiles à yeux rouges et ailes échancrées ;
- 128 drosophiles à yeux blancs et ailes normales.

2. Comparez les résultats du premier et du deuxième croisement. Qu'en déduisez-vous ?
3. Interprétez les résultats du 3ème croisement en s'aidant d'un échiquier de croisement.

Restitution des connaissances

Exercice 1

I. a- Définition correcte, à titre d'exemple :

- **Brassage interchromosomique** : la recombinaison génétique des allèles due à une ségrégation aléatoire des chromosomes homologues lors de l'anaphase I et II de la méiose
- **Anomalie chromosomique** : modification du nombre ou de la structure des chromosomes qui apparaît sur le caryotype

b- Accepter une différence parmi :

- réduction chromatique (passage de $2n$ à n chromosomes) lors de l'anaphase I.
- séparation des chromosomes homologues sans division du centromère lors de l'anaphase I.
- maintien du nombre de chromosome (passage de n à n chromosomes) lors de l'anaphase II.
- séparation des chromatides de chaque chromosome par division du centromère lors de l'anaphase II.

c- Deux rôles parmi :

- Identifier l'allèle dominant ou l'allèle récessif.
- reconnaître le type de chromosome porteur du gène responsable du caractère.
- déterminer des génotypes.
- calcul de probabilité d'apparition d'une maladie chez la descendance d'une famille

II. (1 ; b) ; (2 ; a) ; (3 ; c) ; (4 ; c)

III.1 : étranglement équatorial.

2 : enveloppe nucléaire.

3 : centrosome.

4 : télophase I de la méiose chez une cellule animale.

Raisonnement et communication

Exercice 1

1. Premier croisement :

- Transmission de deux caractères héréditaires, dihybridisme
- Parents de races pures, F_1 est homogène, la première loi de Mendel est vérifiée
- La descendance F_1 possède le phénotype de l'un des parents:
- l'allèle responsable de la couleur rouge est dominant (R) et l'allèle responsable de la couleur verte est récessif (r)
- l'allèle responsable des étamines fertiles est dominant (F) et l'allèle responsable des étamines stériles est récessif (f)

Deuxième croisement :

- les deux gènes étudiés sont liés avec crossing-over
- Argumentation: la génération F'_2 , issue d'un croisement-test, est composée de quatre phénotypes, les phénotypes parentaux sont plus fréquents (97.6%) par rapport aux phénotypes recombinés (2.4%)

2. L'interprétation chromosomique du deuxième croisement:

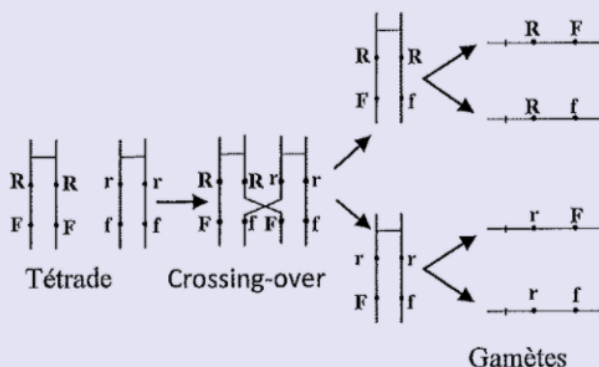
	F_1		×		individu double homozygote
Phénotypes (0.25 pt)	[R,F]				[r,f]
Génotypes (0.25 pt)	$\frac{R F}{r f}$				$\frac{r f}{r f}$
Gamètes (0.25 pt)	$\frac{R F}{48.5\%}$	$\frac{r f}{49.1\%}$	$\frac{r F}{1.3\%}$	$\frac{R f}{1.1\%}$	$\frac{r f}{100\%}$
Echiquier de croisement (0.5 pt)					

γF_1	$\frac{R F}{48.5\%}$	$\frac{r f}{49.1\%}$	$\frac{r F}{1.3\%}$	$\frac{R f}{1.1\%}$
γ	$\frac{R F}{r f}$ [R,F] 48.5%	$\frac{r f}{r f}$ [r,f] 49.1%	$\frac{r F}{r f}$ [r,F] 1.3%	$\frac{R f}{r f}$ [R,f] 1.1%

Descendance F'_2 : [R,F] 48.5% ; [r,f] 49.1% ; [r,F] 1.3% ; [R,f] 1.1%

Corrigé des exercices

3. Réalisation des schémas du crossing-over



4. Réalisation de la carte factorielle:

- calcul du % des recombinés ($P = 2.4\%$) ;
- détermination de la distance en cMg ($d = 24 \text{ cMg}$) ;
- respect de l'échelle ;
- localisation exacte des deux gènes sur le chromosome

Exercice 2

1. - Fi est homogène, la première loi de Mendel est vérifiée

- Pour la forme de la corolle, la descendance Fi possède le phénotype de l'un des parents, donc l'allèle responsable de la forme normale est dominant noté N et l'allèle responsable la forme anormale est récessif noté n
- Pour la couleur de la corolle, la descendance Fi possède un phénotype intermédiaire entre les phénotypes des parents, donc les allèles responsables de la couleur de la corolle sont codominants: l'allèle responsable de la couleur blanche est noté B et l'allèle responsable de la couleur rouge est noté R

2. Interprétation chromosomique du premier croisement:

Parents	P_1	$\times$	P_2
Phénotypes	[N, R]		[n, B]
Génotypes:	$\frac{N}{N} \frac{R}{R}$		$\frac{n}{n} \frac{B}{B}$
Gamètes :	$\frac{N}{100\%} \frac{R}{100\%}$		$\frac{n}{100\%} \frac{B}{100\%}$
Fécondation	$\frac{N}{n} \frac{R}{B}$		
F ₁	[N, RB] 100%		

Interprétation chromosomique du deuxième croisement:

$F_1 \times F_1$:	[N, RB]				[N, RB]			
Génotypes	$\frac{N}{n} \frac{R}{B}$				$\frac{N}{n} \frac{R}{B}$			
Gamètes	$\frac{NR}{25\%}$	$\frac{NB}{25\%}$	$\frac{nR}{25\%}$	$\frac{nB}{25\%}$	$\frac{NR}{25\%}$	$\frac{NB}{25\%}$	$\frac{nR}{25\%}$	$\frac{nB}{25\%}$

Echiquier de croisement

$F_1 \backslash F_1$	$\frac{1}{4} \frac{N}{n} \frac{R}{B}$	$\frac{1}{4} \frac{N}{n} \frac{B}{B}$	$\frac{1}{4} \frac{n}{n} \frac{R}{B}$	$\frac{1}{4} \frac{n}{n} \frac{B}{B}$
$\frac{N}{n} \frac{R}{B}$ $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16} \frac{N}{N} \frac{R}{R}$ [N,R]	$\frac{1}{16} \frac{N}{N} \frac{B}{B}$ [N,RB]	$\frac{1}{16} \frac{n}{N} \frac{R}{R}$ [N,R]	$\frac{1}{16} \frac{n}{N} \frac{B}{B}$ [N,RB]
$\frac{N}{n} \frac{B}{B}$ $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16} \frac{N}{N} \frac{R}{B}$ [N,RB]	$\frac{1}{16} \frac{N}{N} \frac{B}{B}$ [N,B]	$\frac{1}{16} \frac{n}{N} \frac{R}{B}$ [N,RB]	$\frac{1}{16} \frac{n}{N} \frac{B}{B}$ [N,B]
$\frac{n}{n} \frac{R}{B}$ $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16} \frac{N}{n} \frac{R}{R}$ [n,R]	$\frac{1}{16} \frac{N}{n} \frac{B}{B}$ [n,RB]	$\frac{1}{16} \frac{n}{n} \frac{R}{R}$ [n,R]	$\frac{1}{16} \frac{n}{n} \frac{B}{B}$ [n,RB]
$\frac{n}{n} \frac{B}{B}$ $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16} \frac{N}{n} \frac{R}{B}$ [n,RB]	$\frac{1}{16} \frac{N}{n} \frac{B}{B}$ [n,B]	$\frac{1}{16} \frac{n}{n} \frac{R}{B}$ [n,RB]	$\frac{1}{16} \frac{n}{n} \frac{B}{B}$ [n,B]

Résultats théoriques des individus de F2:

[N, RB] 6/16 ; [N, B] 3/16 ; [N, R] 3/16 ; [n, RB] 2/16 ; [n, B] 1/16 ; [n, R] 1/16

Résultats expérimentaux des individus de F2

$$[N, RB] = 370/997 = 0.37 \approx 6/16$$

$$[N, B] = 187/997 = 0.19 \approx 3/16$$

$$[N, R] = 189/997 = 0.19 \approx 3/16$$

$$[n, RB] = 126/997 = 0.13 \approx 2/16$$

$$[n, B] = 62/997 = 0.06 \approx 1/16$$

$$[n, R] = 63/997 = 0.06 \approx 1/16$$

Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux, la proposition des apprenants est correcte

Corrigé des exercices

3. Troisième croisement:

- La fleur à corolle de forme anormale et de couleur rouge est double homozygote pour les deux gènes, donc produit un seul type de gamète ($\underline{n} \underline{R}$ 100%)
- La fleur, hétérozygote pour le gène responsable de la forme de la corolle, produit deux types de gamètes ($\underline{N} \underline{B}$ 50% et $\underline{n} \underline{B}$ 50%)

Echiquier de croisement :

$\begin{matrix} F_1 \\ P \end{matrix}$	$\begin{matrix} \underline{N} \underline{B} \\ 1/2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \underline{n} \underline{B} \\ 1/2 \end{matrix}$
$\begin{matrix} \underline{n} \underline{R} \\ 1/1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \underline{N} \underline{B} \\ \underline{n} \underline{R} \\ [N, RB] 1/2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \underline{n} \underline{B} \\ \underline{n} \underline{R} \\ [n, RB] 1/2 \end{matrix}$

La descendance: $[N, RB]$ 50% ; $[n, RB]$ 50%

Exercice 3

1. Figure a : prophase I → formation des tétrades.

Figure b : anaphase I → migration polaire des chromosomes sans clivage des centromères.

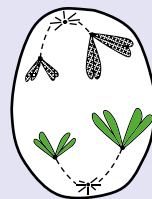
Figure c : anaphase II → migration polaire après clivage des centromères.

Figure d : métaphase II → plaque équatoriale constituée de n chromosomes formés de deux chromatides.

- Le phénomène étudié : la **méiose**.

2 - Réalisation d'un schéma correcte de la deuxième possibilité de l'anaphase I.

- Le phénomène responsable des deux possibilités : la ségrégation indépendante des allèles (brassage inter chromosomique) qui aboutit à la diversification de l'information génétique des cellules filles (gamètes) issues de la méiose.



3. Exploitation des résultats du premier croisement :

- Cas de dihybridisme : étude de la transmission de deux caractères héréditaires.
- Les individus de F1 ressemblent à l'un des parents : dominance de l'allèle responsable des yeux rouges (R) sur l'allèle responsable des yeux pourpres (r), et dominance de l'allèle responsable des ailes droites (D) sur l'allèle responsable des ailes courbées (d).
- F1 est homogène → parents de lignées pures selon la 1ère loi de Mendel.
- Le croisement réciproque donne les mêmes résultats : hérédité non liée au sexe.

Exploitation des résultats du deuxième croisement :

- Il s'agit d'un Back-Cross, car on a croisé un individu de F1 avec le parent double récessif.
- F2 est composée de quatre phénotypes avec des pourcentages différents : 77.2% phénotypes parentaux et 22.8% phénotypes recombinés → les deux gènes étudiés sont liés (liaison partielle, enjambement chromosomique).

4. Interprétation chromosomique du deuxième croisement :

Parents :	mâle	×	femelle (F1)
Phénotypes :	[r, d]		[R, D]
Génotypes :	$\frac{r}{r} \frac{d}{d}$		$\frac{R}{r} \frac{D}{d}$
	$\frac{r}{r} \frac{d}{d}$		$\frac{R}{r} \frac{D}{d}$
	100%		39% ; 12% ; 11% ; 38%

Échiquier de croisement :

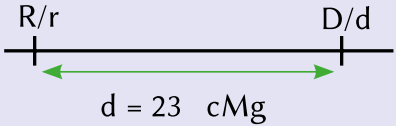
♀F1 \ ♂ P2	$\frac{R}{r} \frac{D}{d}$	$\frac{R}{r} \frac{d}{d}$	$\frac{r}{r} \frac{D}{d}$	$\frac{r}{r} \frac{d}{d}$
$\frac{r}{r} \frac{d}{d}$	$\frac{R}{r} \frac{D}{d}$ 39% [R,D]	$\frac{R}{r} \frac{d}{d}$ 12% [R,d]	$\frac{r}{r} \frac{D}{d}$ 11% [r,D]	$\frac{r}{r} \frac{d}{d}$ 38% [r,d]

Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

5. Calcul du pourcentage des phénotypes de type recombiné (TR) :

$$\%TR = (230/1000) \times 100 = 23\%$$

Ainsi la distance séparant les deux gènes est 23 cMg



Corrigé des exercices

Exercice 4

1 Dédution:

- La génération F1 est homogène, donc les parents sont de 2 races pure selon la première loi du Mendel.
- L'allèle responsable de la couleur rouge des yeux est dominant alors que l'allèle responsable de la couleur brune des yeux est récessif.
- L'allèle responsable de l'absence de la bande grise sur le thorax est dominant alors que l'allèle responsable de la présence de la bande grise sur le thorax est récessif.

2. Les génotypes des individus de la génération F1

- Si les deux gènes sont indépendants : $B//b R//r$
- Si les deux gènes sont liés : $B R br$

3.a- Les deux gènes sont portés par le même chromosome (3), donc le génotype à garder et celui des gènes liés

b- La distance entre les deux gènes est : $d(B,R) = 88 - 62 = 26 \text{ cMg}$

4. Parents	♀F1	x	♂
Phénotypes	[B , R]		[b , r]
Génotypes	<u>B R</u>		<u>b r</u>
Gamètes	<u>b r</u>		<u>b r</u>
	BR br		br
	74%	26%	100%

Gamètes	<u>B R</u> 37%	<u>b r</u> 37%	<u>B r</u> 13%	<u>b R</u> 13%
<u>b r</u>	BR//br [B,R] 37%	br // br [b,r] 37%	B r // br [B,r] 13%	bR // br [R,b] 13%

Les proportions des phénotypes attendus sont : 37% [BR]; 37% [br] ; 13% [Br] ; 13% [Rb]

Exercice 5**1 Dédutions du premier croisement :**

- Les parents sont de race pure d'après la première loi de Mendel
- La forme des ailes : l'allèle responsable de la forme longue des ailes est dominant par rapport à l'allèle responsable de la forme vestigiale des ailes
- La couleur des yeux : l'allèle responsable de la couleur rouge des yeux est dominant par rapport à l'allèle responsable de la couleur brune des yeux

2. a- Liaison/indépendance des gènes : les deux gènes sont liés

Argumentation : la génération F₂, issue d'un croisement-test, est composée de quatre phénotypes, les phénotypes parentaux sont plus fréquents (72,64%) par rapport aux phénotypes recombinés (27,35)

b- L'interprétation chromosomique du deuxième croisement :

F1 ♂

×

F1 ♀

Phénotypes :

[ℓ, r]

[L, R]

Génotypes :

$\frac{\ell}{\ell} \frac{r}{r}$

$\frac{L}{\ell} \frac{R}{r}$

Gamètes :

$\frac{\ell}{100\%} \frac{r}{100\%}$

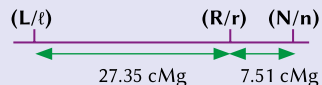
$\frac{\ell}{35,96\%} \frac{r}{15,16\%}$

$\frac{L}{12,19\%} \frac{R}{36,68\%}$

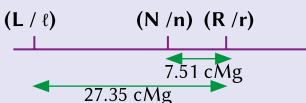
♀ P ♂ F1	$\frac{\ell}{35,96} \frac{r}{100\%}$	$\frac{L}{15,16\%} \frac{r}{100\%}$	$\frac{\ell}{12,19\%} \frac{R}{100\%}$	$\frac{L}{36,68\%} \frac{R}{100\%}$
$\frac{\ell}{100\%} \frac{r}{100\%}$	$\frac{\ell}{35,96} \frac{r}{100\%}$	$\frac{L}{15,16\%} \frac{r}{100\%}$	$\frac{\ell}{12,19\%} \frac{R}{100\%}$	$\frac{L}{36,68\%} \frac{R}{100\%}$
	[ℓ, r] 35,96%	[L, r] 15,16%	[ℓ, R] 12,19%	[L, R] 36,68%

3. Les cartes factorielles possibles :

- La carte factorielle 2 :



- La carte factorielle 1 :



Corrigé des exercices

Exercice 6

1 Dédutions

- Les parents sont de 2 races pures selon la première loi du Mendel.
- L'allèle responsable de la couleur grise du corps (G) est dominant alors que l'allèle responsable de la couleur noire du corps (g) est récessif.
- L'allèle responsable de la couleur prune des yeux est dominant (M) alors que l'allèle responsable de la couleur claire des yeux (m) est récessif.

2. -Le deuxième croisement donne quatre phénotypes avec des proportions différentes : deux phénotypes parentaux avec des proportions élevées (71%) et deux phénotypes recombinés avec des faibles proportions (29%) , d'où les deux gènes étudiés sont liés.

L'interprétation chromosomique:

Parents :	♀	×	♂		
Phénotypes :	[G,M]		[g,m]		
	<u>G M</u>		<u>g m</u>		
	<u>g m</u>		<u>g m</u>		
Gamètes :	<u>G M</u>	<u>g m</u>	<u>G m</u>	<u>g M</u>	<u>g m</u>
	35,21%	35,92%	14,63%	14,22%	100%

Échiquier de croisement:

Gamètes	<u>G M</u> 35,21%	<u>g m</u> 35,92%	<u>G m</u> 14,63%	<u>g M</u> 14,22%
<u>g m</u> 100%	<u>G M</u> <u>G m</u> [G,M] 35,21%	<u>g m</u> <u>g m</u> [g,m] 35,92%	<u>G m</u> <u>g m</u> [G,m] 14,63%	<u>g M</u> <u>g m</u> [g,M] 14,22%

Exercice 7

1. Les deux caryotypes se ressemblent par trois couples de chromosomes, et diffèrent par un quatrième couple qui est représenté chez la femelle par deux chromosomes homologues (XX), et chez le mâle par un chromosome X et un chromosome Y.

Formule chromosomique du mâle : $2n = 3AA + XY = 8$;

Formule chromosomique de la femelle : $2n = 3AA + XX = 8$.

2. À partir de parents races pures, Le premier croisement a donné une génération homogène, mais le croisement réciproque (deuxième croisement) a donné une génération hétérogène : les femelles sont à phénotypes sauvages $[W^+, C^+]$ et les mâles sont à phénotypes récessifs $[W, C]$.

On déduit que les deux gènes étudiés sont liés au sexe et que l'allèle W^+ domine l'allèle W , et l'allèle C^+ domine l'allèle c .

3. L'interprétation chromosomique du troisième croisement :

Troisième croisement :

Parents:	♂ $[W, C]$	x	♀ $[W^+, C^+]$
Génotypes:	X $\frac{W}{C}$ Y $\frac{C}{C}$		X $\frac{W^+}{C^+}$ X $\frac{W^+}{C^+}$
Gamètes:	50% X $\frac{W}{C}$ 50% Y $\frac{C}{C}$		43% X $\frac{W^+}{C^+}$ 43% X $\frac{W}{C}$ 7% X $\frac{W}{C^+}$ 7% X $\frac{W^+}{C}$

Échiquier de croisement :

♂ \ ♀	X $\frac{W^+}{C^+}$	X $\frac{W}{C}$	X $\frac{W}{C^+}$	X $\frac{W^+}{C}$
X $\frac{W}{C}$ 50%	X $\frac{W^+}{C^+}$ X $\frac{W}{C}$ [W ⁺ , C ⁺] 21,5%	X $\frac{W}{C}$ X $\frac{W}{C}$ [W, C] 21,5%	X $\frac{W}{C^+}$ X $\frac{W}{C}$ [W, C ⁺] 3,5%	X $\frac{W^+}{C}$ X $\frac{W}{C}$ [W ⁺ , C] 3,5%
Y $\frac{C}{C}$ 50%	X $\frac{W^+}{C^+}$ Y $\frac{C}{C}$ [W ⁺ , C ⁺] 21,5%	X $\frac{W}{C}$ Y $\frac{C}{C}$ [W ⁺ , C ⁺] 21,5%	X $\frac{W}{C^+}$ Y $\frac{C}{C}$ [W, C ⁺] 3,5%	X $\frac{W^+}{C}$ Y $\frac{C}{C}$ [W ⁺ , C] 3,5%



جمعية الشريف الإدريسي
لدعم التمدريس والتنمية الثقافية والاجتماعية

Association CHARIF AL IDRISSE
POUR LE SOUTIEN SCOLAIRE
ET LE DEVELOPPEMENT CULTUREL ET SOCIAL

Travail réalisé par l'équipe pédagogique de l'association **CHARIF AL IDRISSE**
pour contribuer à la continuité pédagogique des élèves de 2^{ème} Bac sciences
expérimentales – Option PC de l'Académie régionale de l'éducation et de la
formation Région Casablanca – Settat