

Tous parents, tous différents

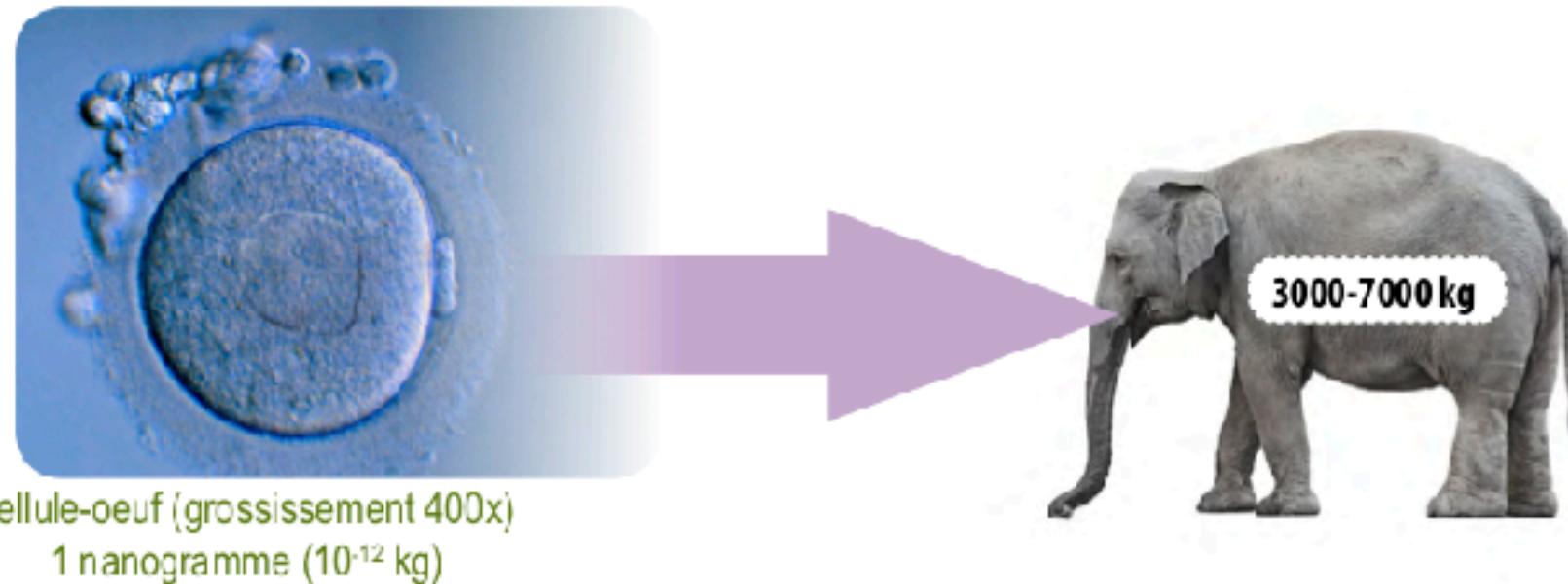


Comment grandit-on ?



1. Comment grandit-on ?

- a) Comment expliques-tu qu'un éléphant de 5 tonnes provient d'une cellule qui ne pèse qu'un nanogramme ?



Qu'est ce que l'information génétique ?



Comment l'information génétique se transmet-elle ?



Activité 2, p.9



**1. Les caractères ou caractéristiques physiques de chacun nous définissent.
Certains sont génétiques et d'autres non.**

a) Cite quatre caractéristiques physiques qui te différencient de tes camarades.

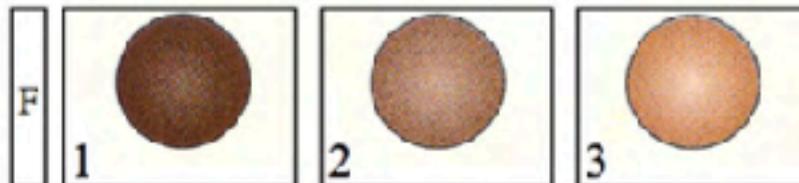
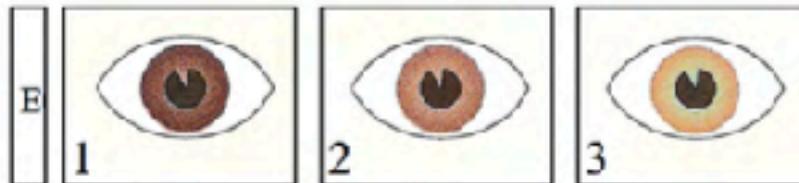
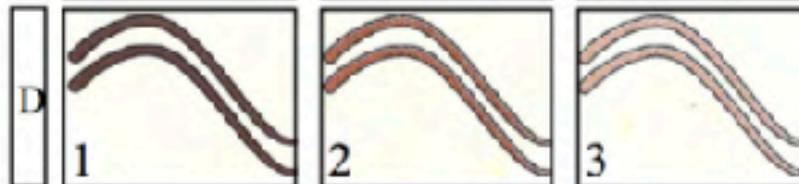
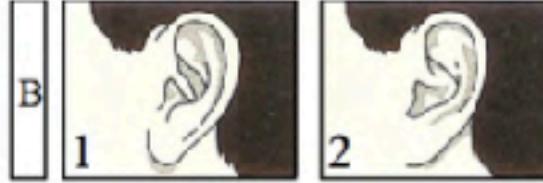


b) Parmi les caractéristiques physiques que tu as citées, lesquelles sont selon toi héritées de tes parents ?



Activité 2, p.10

a) Par groupe de deux, ou à l'aide d'un miroir, observe et entoure dans le tableau les six caractéristiques physiques qui sont le plus proche des tiennes.



- A – Possibilité de rouler la langue
- B – Forme des lobes d'oreilles
- C – Forme de l'empreinte digitale de l'index gauche
- D – Couleur des cheveux
- E – Couleur des yeux
- F – Couleur de la peau

b) Trouve les camarades qui ont les mêmes caractéristiques A et B que toi.

c) Parmi les camarades qui ont les mêmes caractéristiques A et B que toi, qui a aussi la même caractéristique C que toi ?

Puis la même caractéristique D ? Puis E ? Puis F ?

d) Que constates-tu ?

Activité 2, p.10

d) Que constates-tu ?

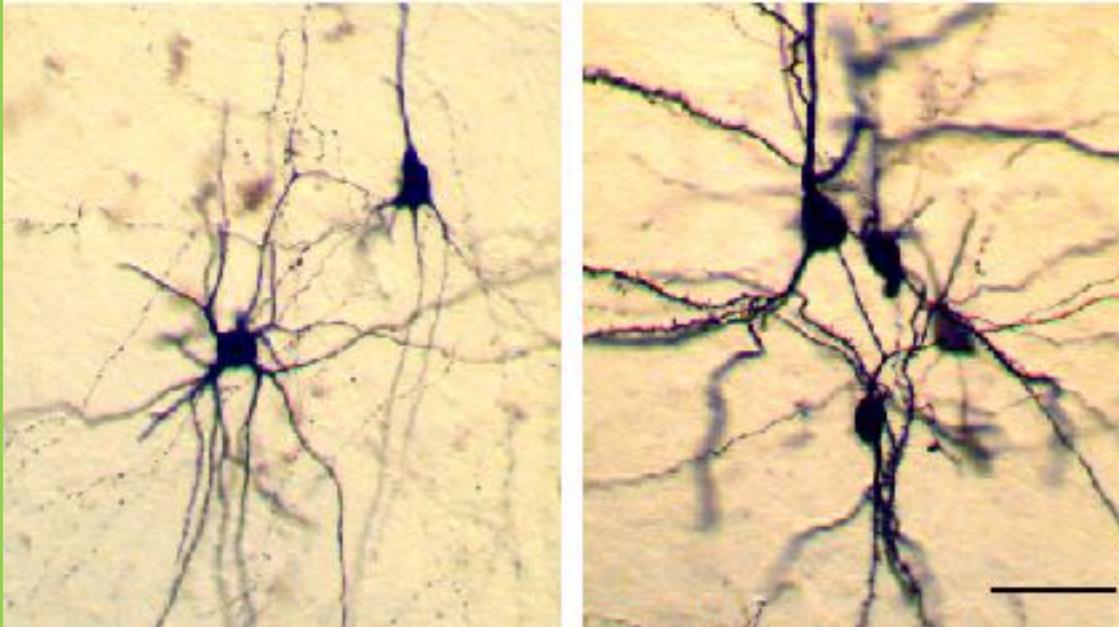
Rappel sur la cellule (9CO)

Cellules animales

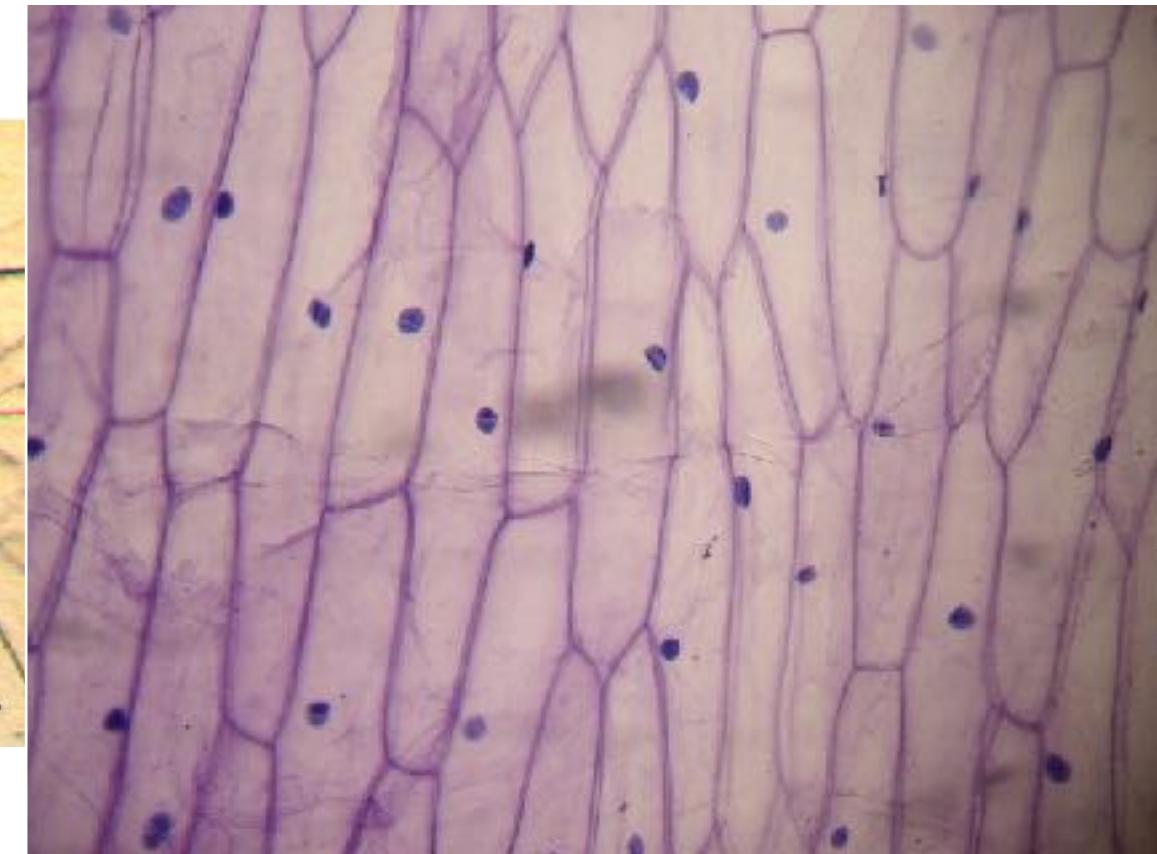
Cellules végétales

Rappel sur la cellule (9CO)

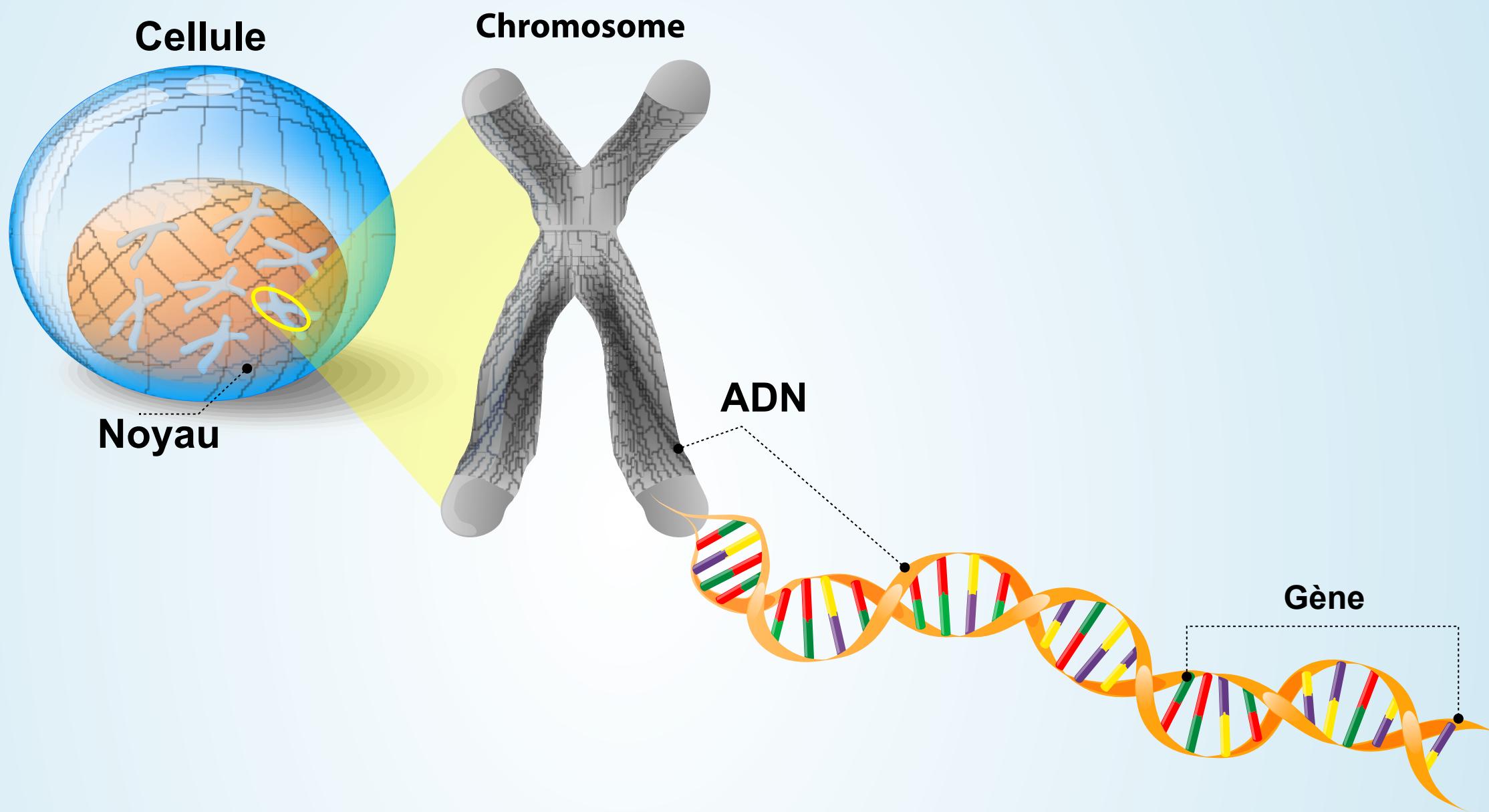
Cellules animales



Cellules végétales



Localisation de l'ADN

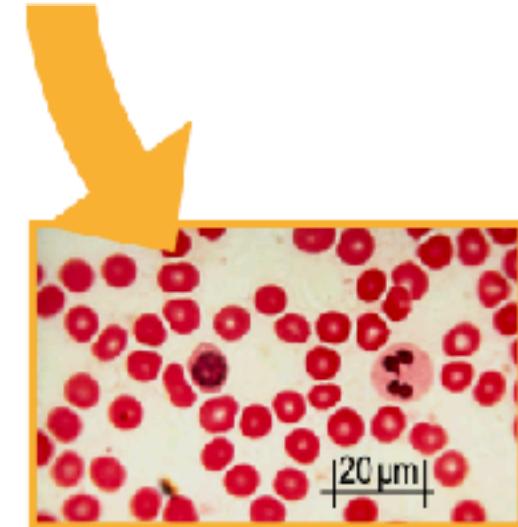
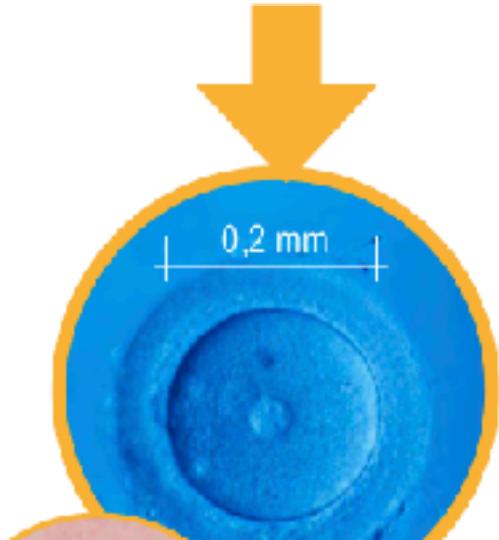
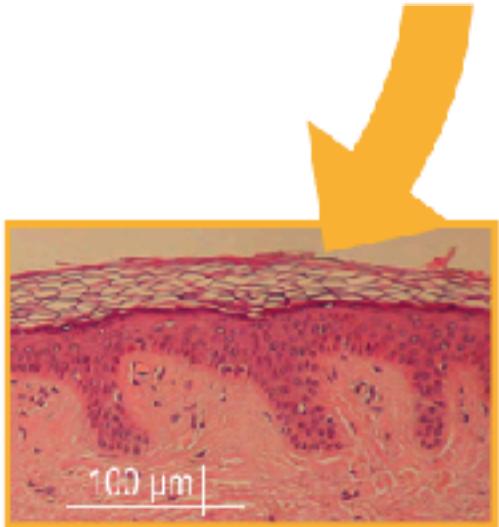


Activité 4, p.17

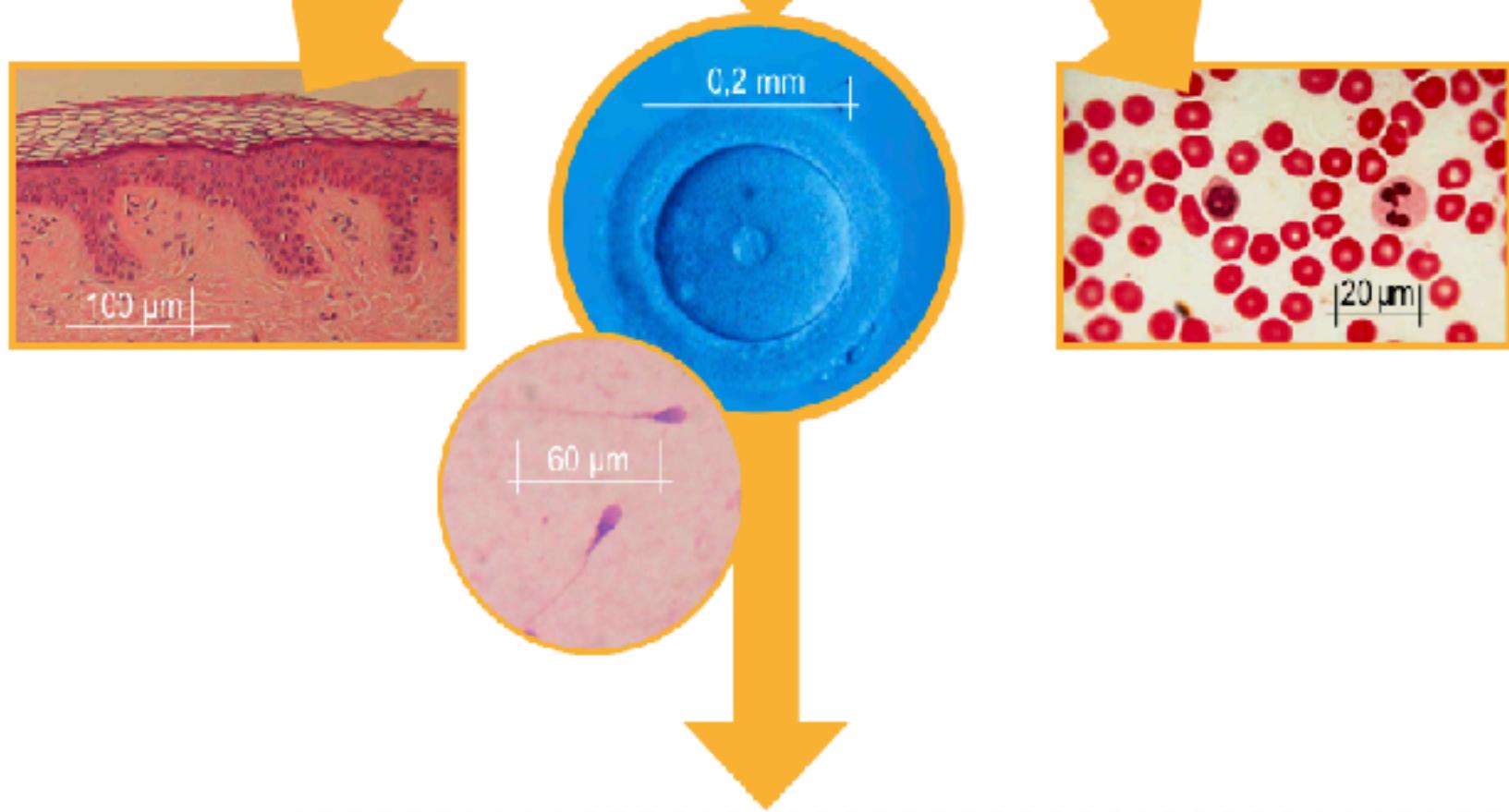


L'être humain, tout comme les animaux et les plantes, est constitué d'un assemblage de cent mille milliards de cellules.

Les cellules sont l'unité fondamentale du vivant.

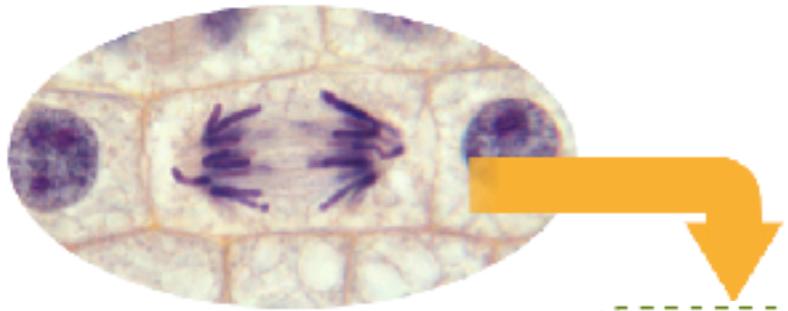


Activité 4, p.17



Certaines cellules jouent un rôle fondamental dans la transmission des caractères héréditaires de génération en génération. Il s'agit de l'**ovule** et du **spermatozoïde**.

Activité 4, p.18



Le **noyau de la cellule** contient les **chromosomes**. Chez l'être humain, il y a 46 chromosomes répartis en 23 paires.

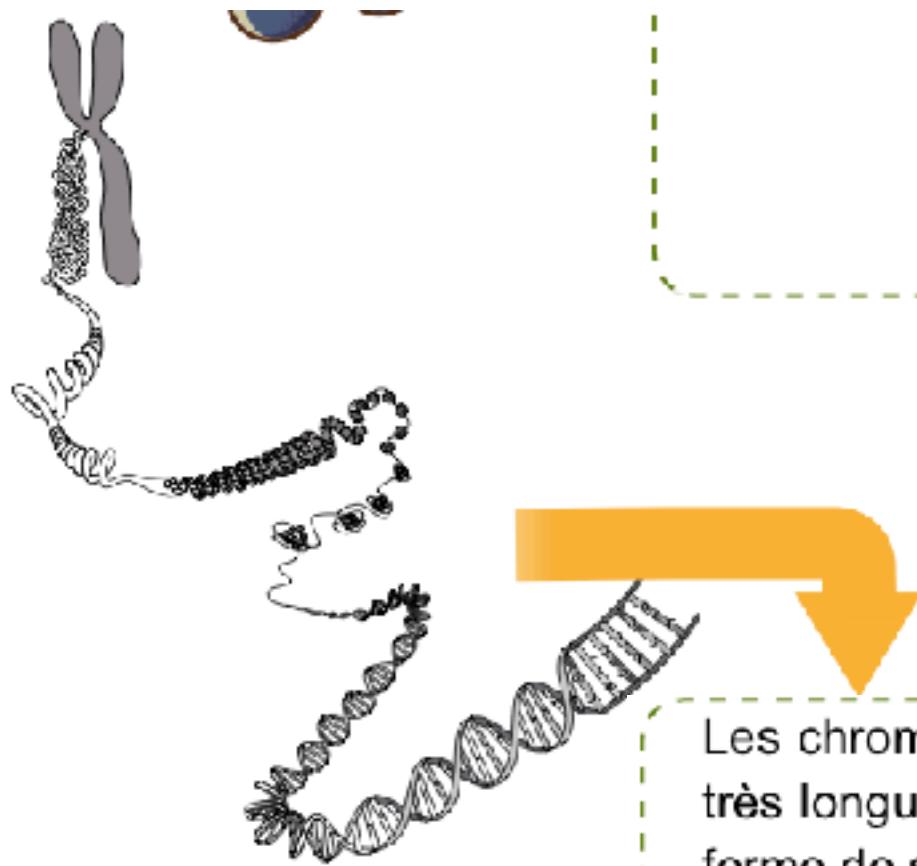
Les **chromosomes** sont comme de grands livres qui contiennent toutes les informations pour « fabriquer » un être humain.



Les **chromosomes** sont segmentés en **gènes**. Les gènes contiennent les informations pour la transmission des caractères héréditaires. Chez l'être humain, il y a entre 20 000 et 30 000 gènes!

Les **gènes** sont comme les chapitres d'un livre. Un chapitre pourra par exemple contenir les informations nécessaires à la fabrication d'une des protéines de l'hémoglobine.

Activité 4, p.18

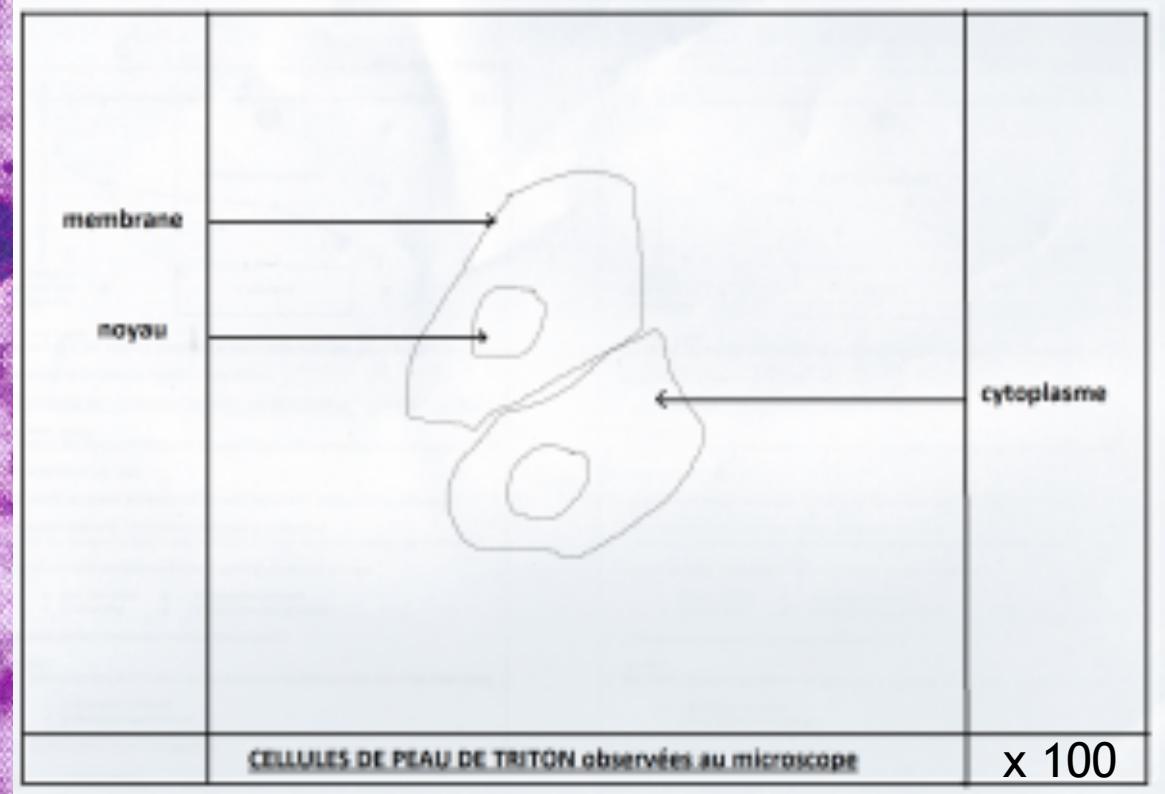
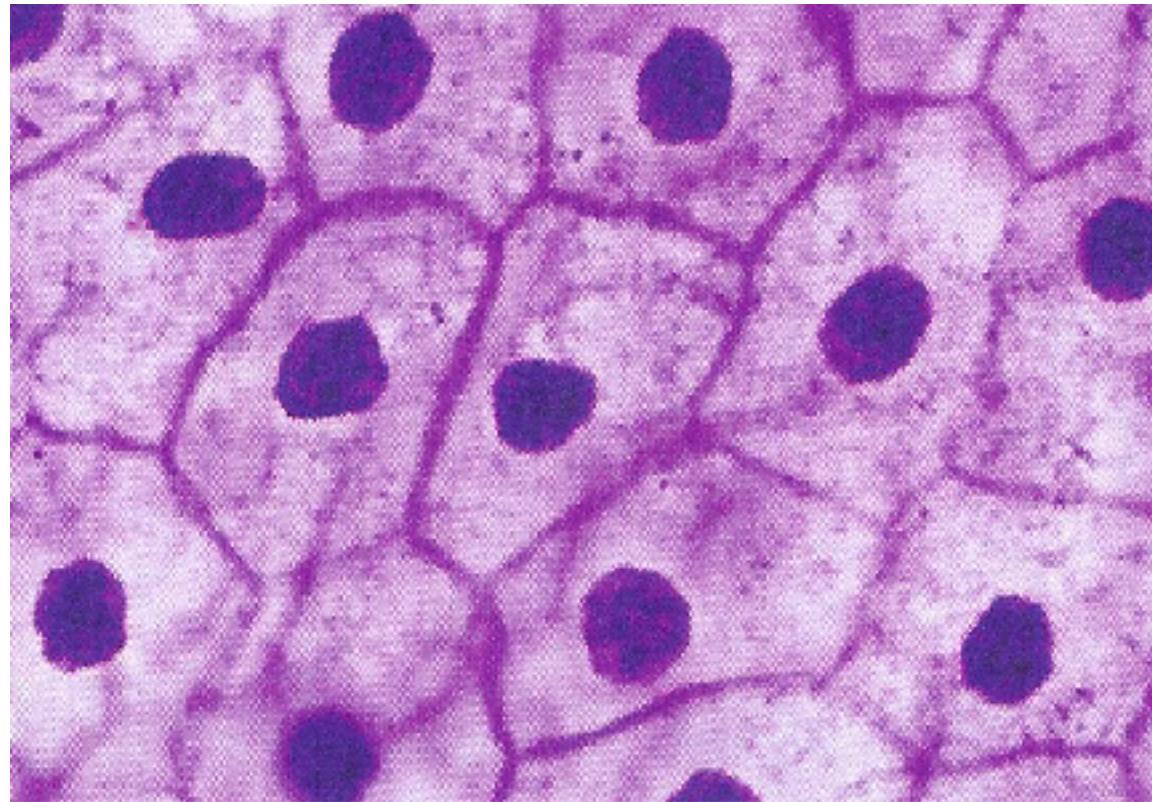


Les chromosomes et les gènes sont composés d'**ADN**, une très longue molécule qui a l'aspect d'une longue échelle en forme de spirale, nommée «double hélice».

L'**ADN** est le texte dans lequel sont écrites les informations pour «fabriquer» un être humain. Contrairement à notre alphabet qui comprend 26 caractères, le texte de l'ADN comporte quatre caractères, tout comme celui de l'ensemble des êtres vivants. L'ADN est universel.

Dessin d'observation scientifique

Titre - légende - dessin - grossissement

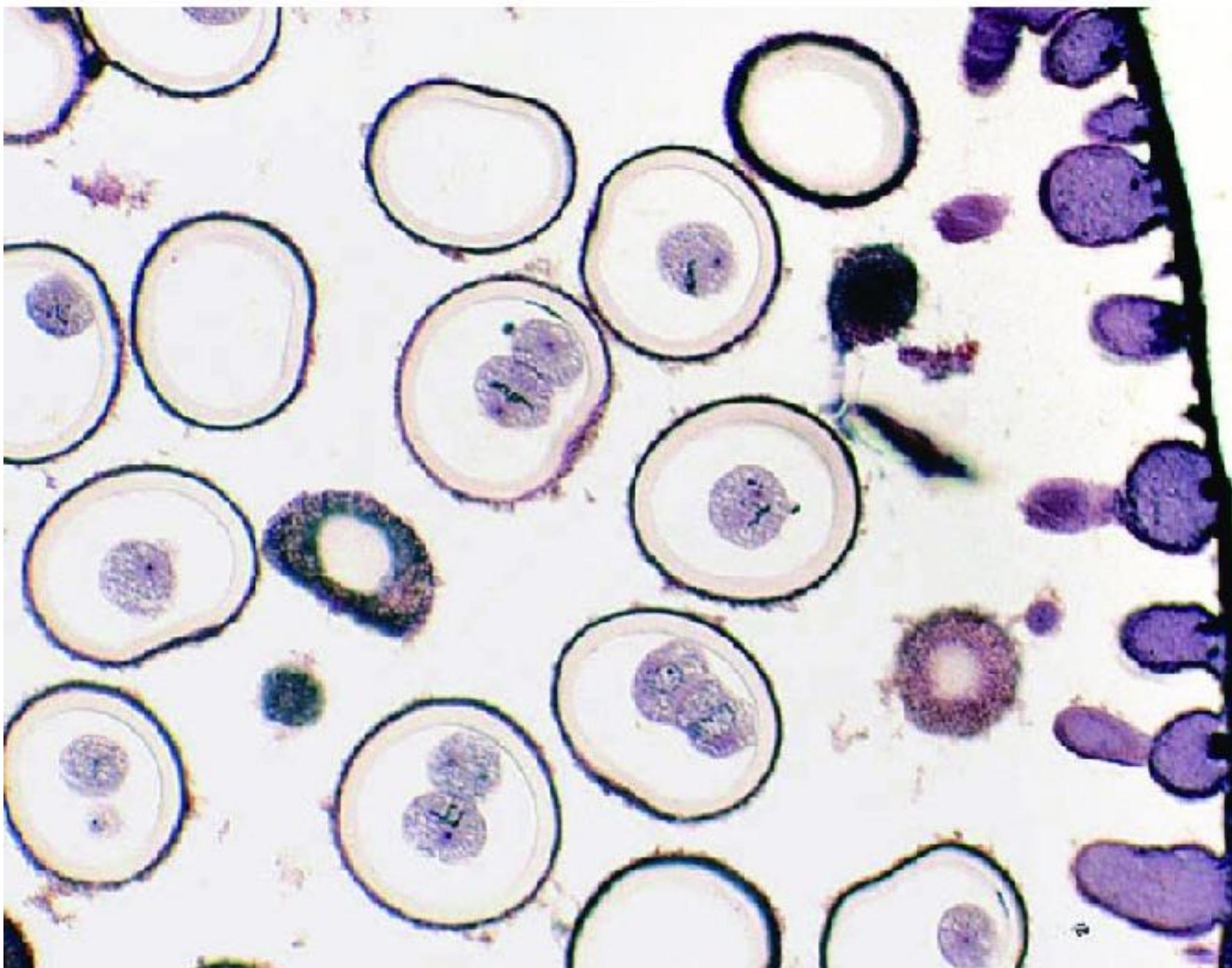


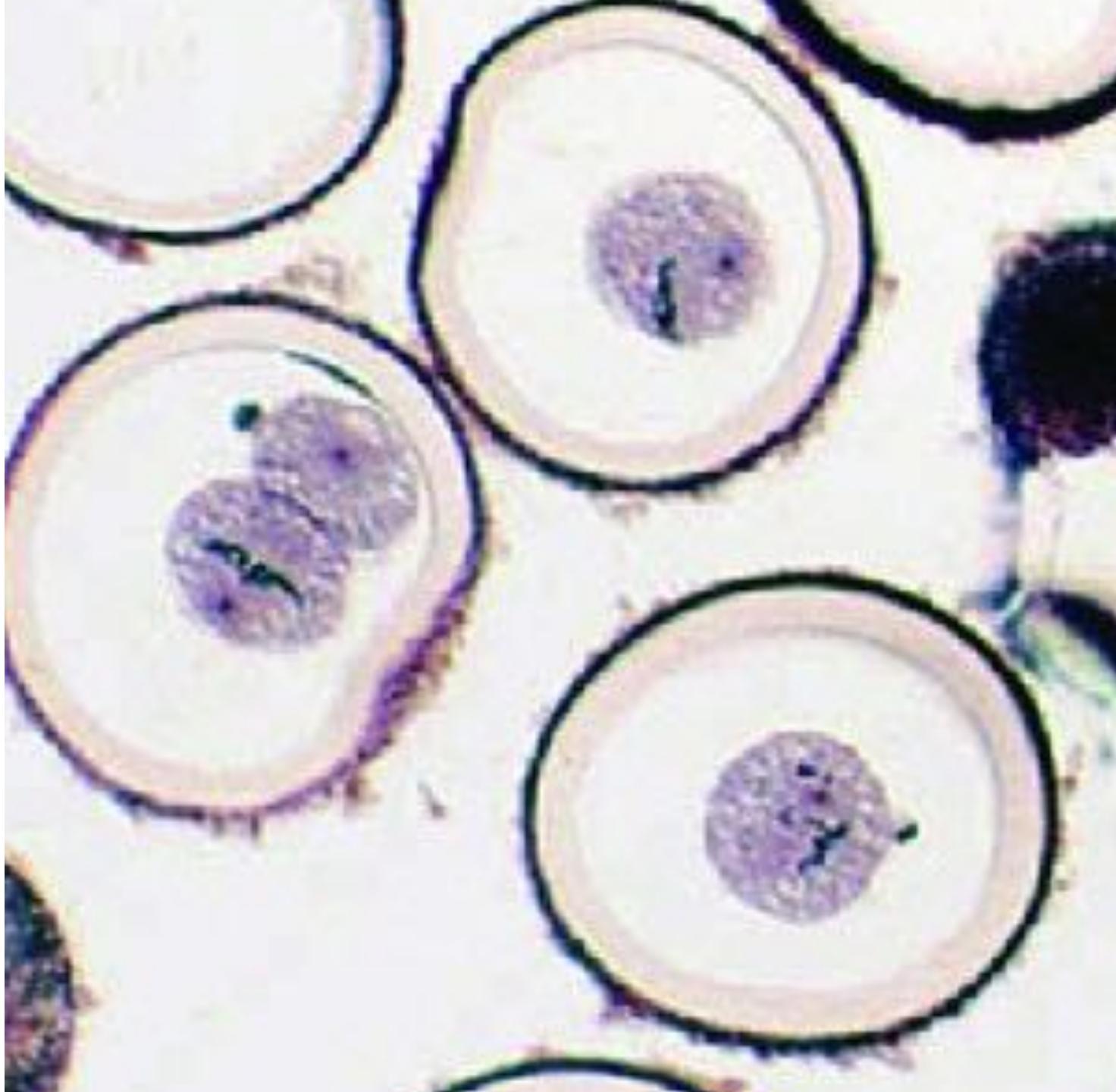
Activité 1 , p.4

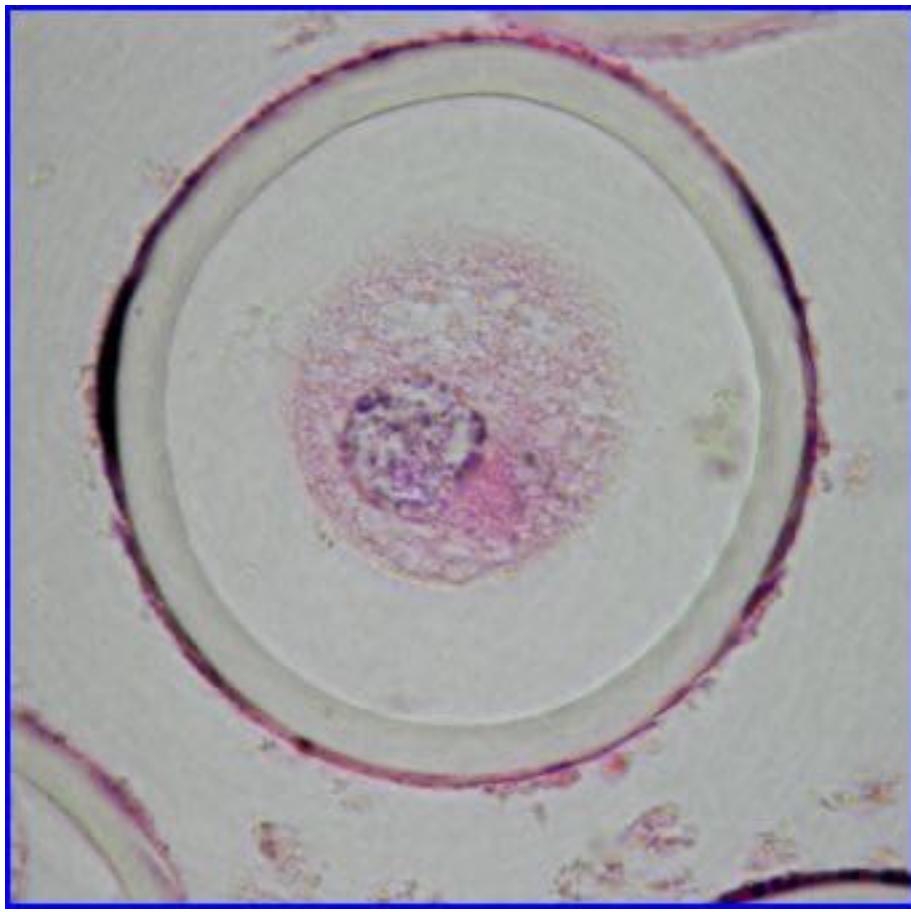
Groupe 1	Groupe 2
6 microscopes, par deux → Utilisation et observation	Réalisation d'un dessin d'observation selon les consignes

- Observe au microscope la lame proposée par ton enseignant.
→ *Aide-mémoire pp.52-53*
- Réalise sur une feuille annexe **un dessin d'observation scientifique.**
→ *Aide mémoire p.49* 









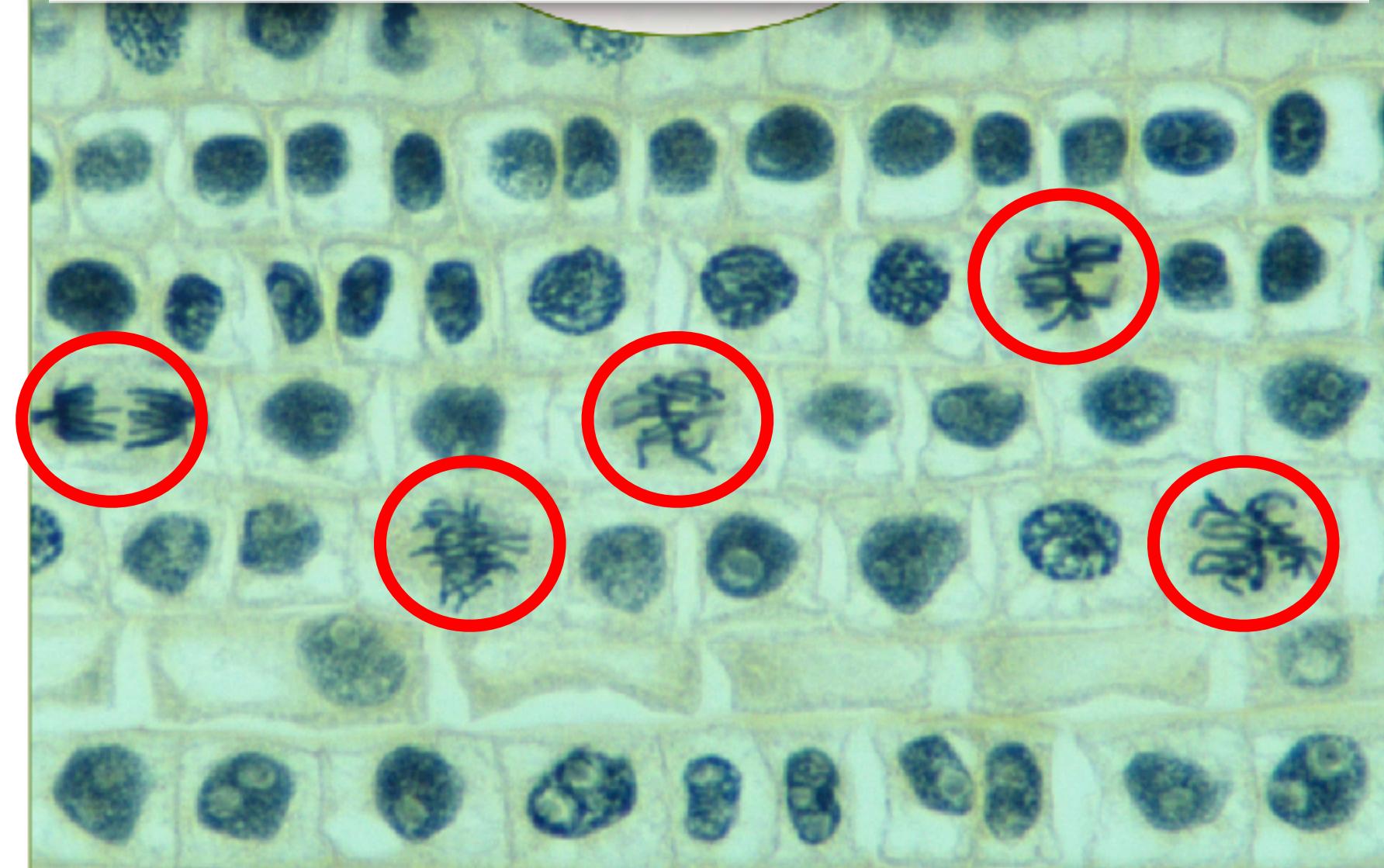




Activité 1 , p.5

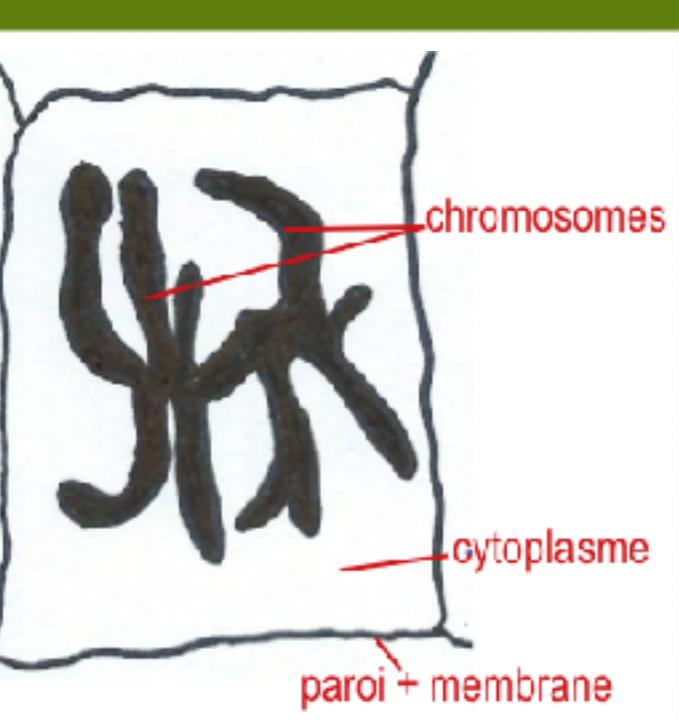


b) Repère des cellules d'aspects différents et entoure chaque cellule ressemblant à celles observées au microscope sur l'image ci-dessous.

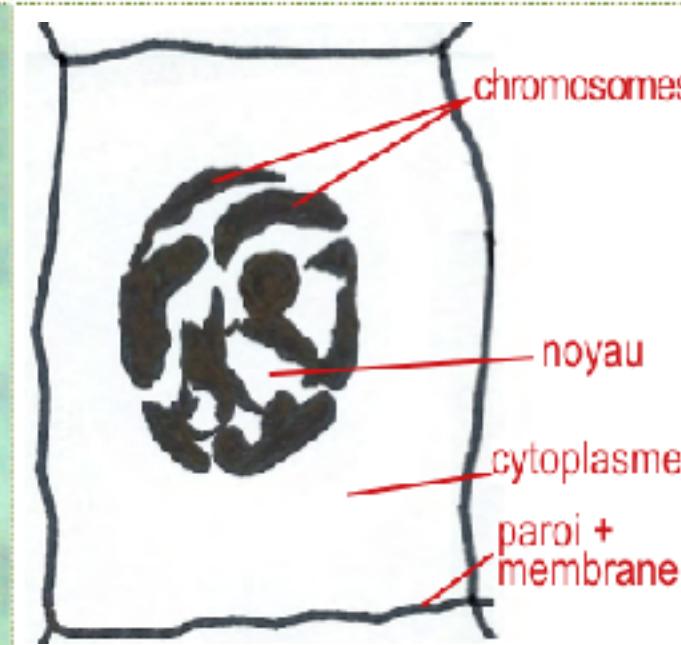
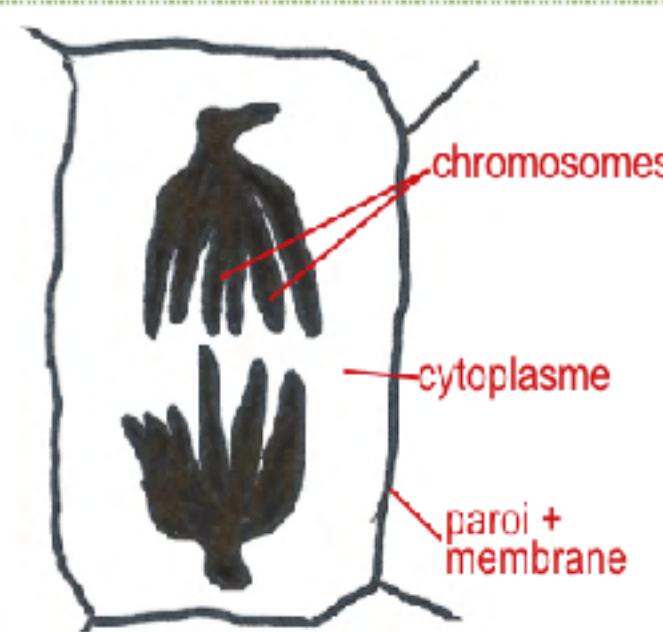


3. Processus de la mitose

- a) Légende une des photos de cellule présentées ci-dessous à l'aide des mots suivants : noyau, paroi + membrane, cytoplasme, chromosomes.
- b) Schématise les cellules présentées et décris à côté de chaque image l'état et la position des chromosomes sur les photographies.
- (NB : l'ail et l'oignon ont 16 chromosomes, alors que la jacinthe en a 8).

Photos	Schémas ou dessins	Descriptions
	 <p>The schematic diagram shows a cell with a black outline. Inside, there are four pairs of chromosomes, each consisting of two dark, curved shapes joined at a central point. Red lines point from the word "chromosomes" to these structures. Below the cell outline, the word "cytoplasme" is written next to a red line pointing to the interior. At the bottom, the words "paroi + membrane" are written next to a red line pointing to the outer boundary.</p>	<p>Les chromosomes doubles s'alignent sur l'équateur de la cellule et commencent à se séparer.</p>

Activité 1 , p.5



Les chromosomes doubles se séparent.
Les chromosomes simples migrent dans des directions opposées vers les pôles de la cellule.

La membrane du noyau disparaît.
Les chromosomes doubles se condensent et deviennent visibles.

- c) Les cellules de la pointe de la racine ont des apparences différentes, alors que tu as appris que dans un tissu les cellules sont, en règle générale, toutes les mêmes. Pourquoi? Propose une explication.

Les cellules ont des aspects différents lorsqu'elles sont dans des états (étapes) différents de la division cellulaire, c'est à dire la MITOSE.

- d) Tes observations confirment-elles ou infirment-elles l'hypothèse choisie en page 3 ? Justifie ta réponse.

e) Indique des situations dans lesquelles les cellules d'un organisme se multiplient.

Les cellules d'un organisme se multiplient lorsqu'il grandit et lorsqu'il renouvelle les cellules qui le constituent.

Le savais-tu ?

Un nombre différent de chromosomes

L'être humain (*Homo sapiens*) a 46 chromosomes comme l'olivier (*Olea europaea*), alors que le kangourou géant (*Macropus giganteus*) n'en a que 16, comme l'oignon (*Allium cepa*), et la jacinthe en a 8 (*Hyacinthus orientalis*). La mouche à vinaigre (*Drosophila melanogaster*) a 8 chromosomes et le poisson rouge (*Carassius auratus*) 100 !



mouche à vinaigre



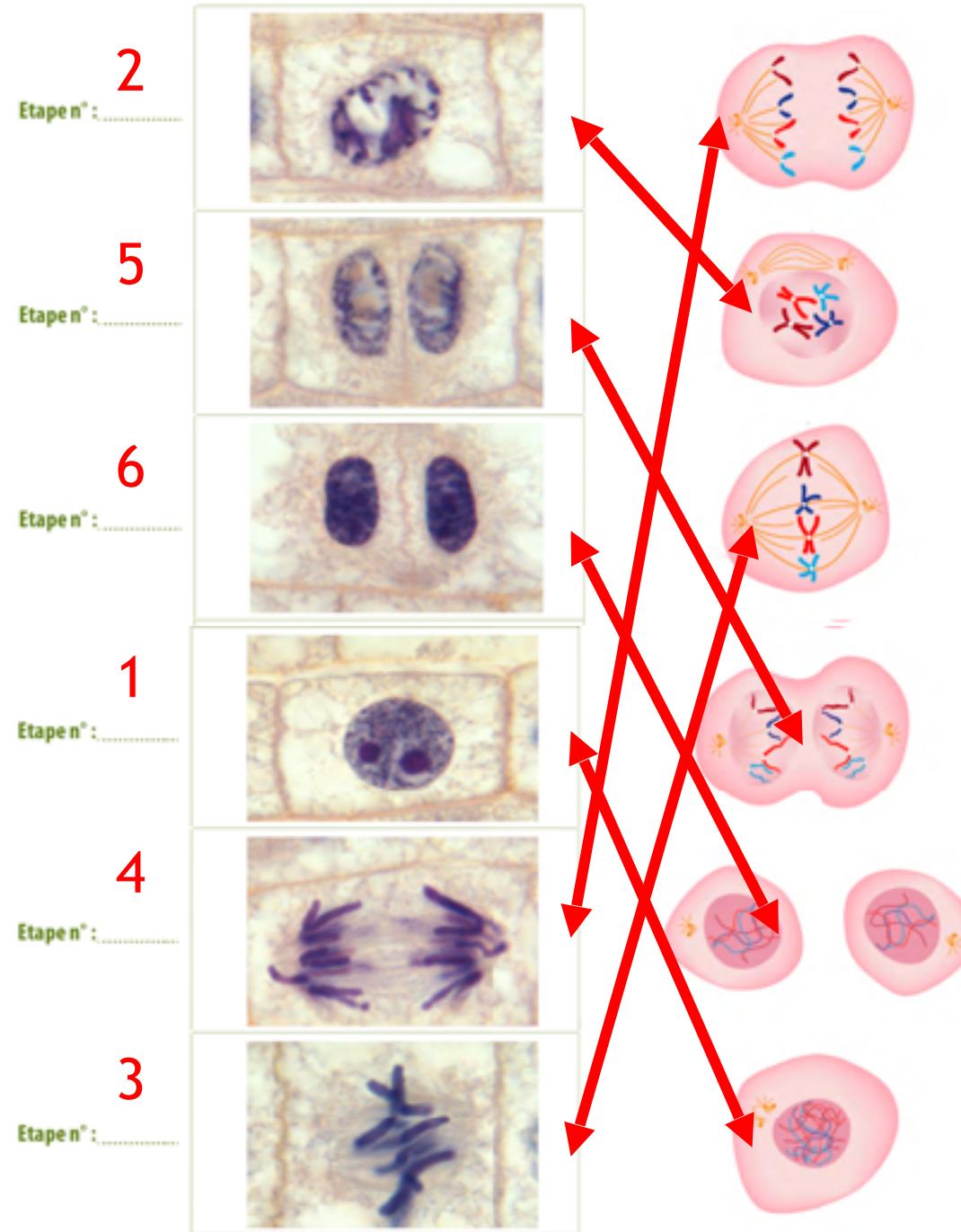
olivier

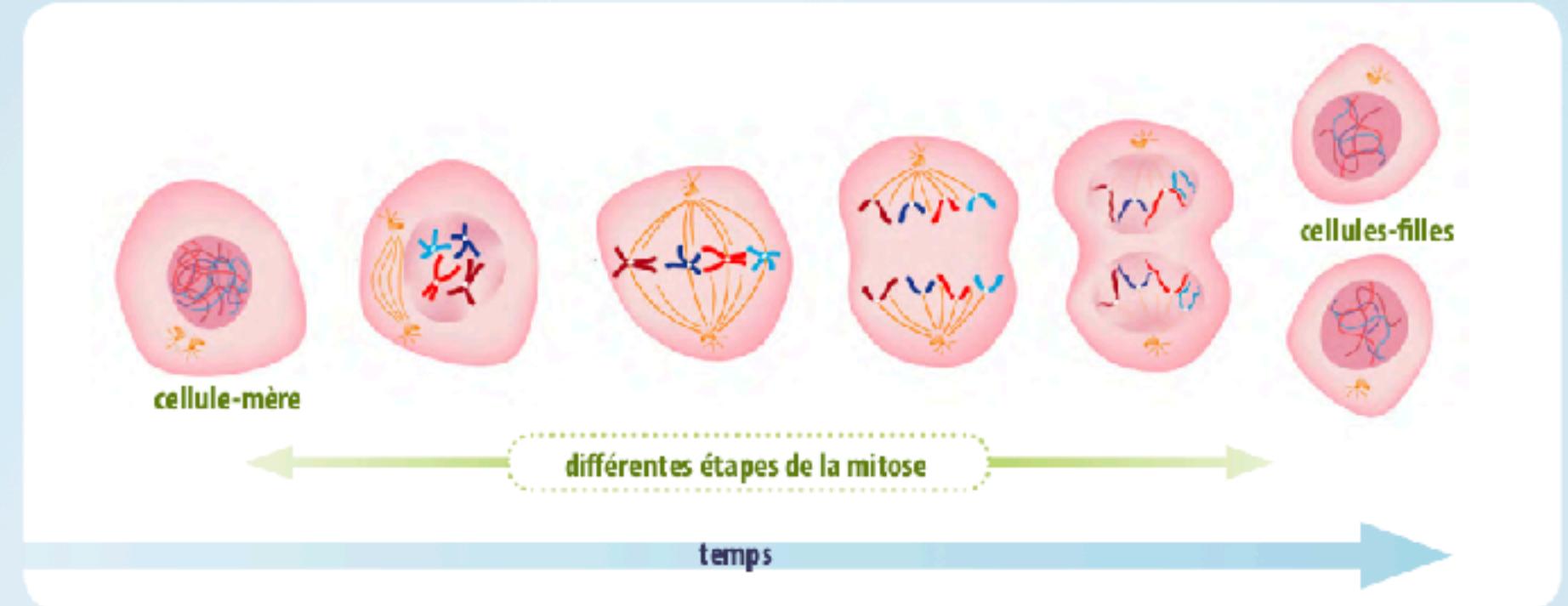


jacinthe

Activité 1 , p.7

Mitose



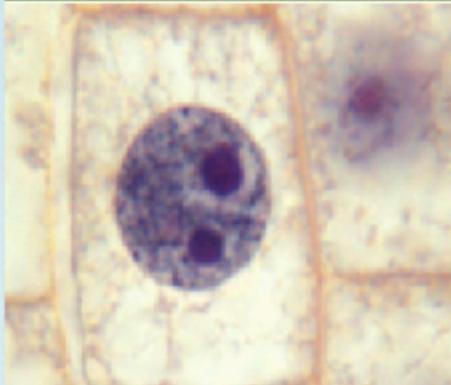
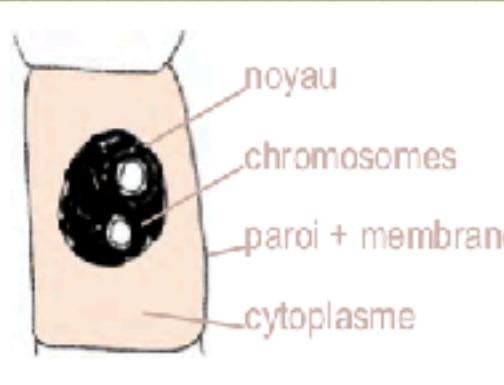
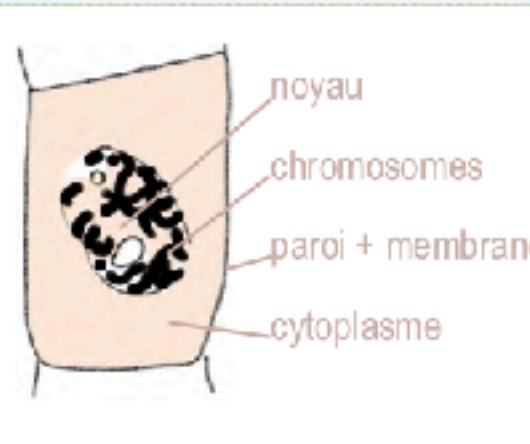


Avant la mitose, la cellule de départ, dite cellule-mère, double son matériel génétique et tous les constituants cellulaires. A partir d'une cellule-mère contenant N paires de chromosomes, la mitose produit deux cellules-filles contenant le même nombre de chromosomes que la cellule-mère. A chaque cycle de multiplication le nombre de cellules est doublé : 2, puis 4, 8, 16, 32, 64, 128...

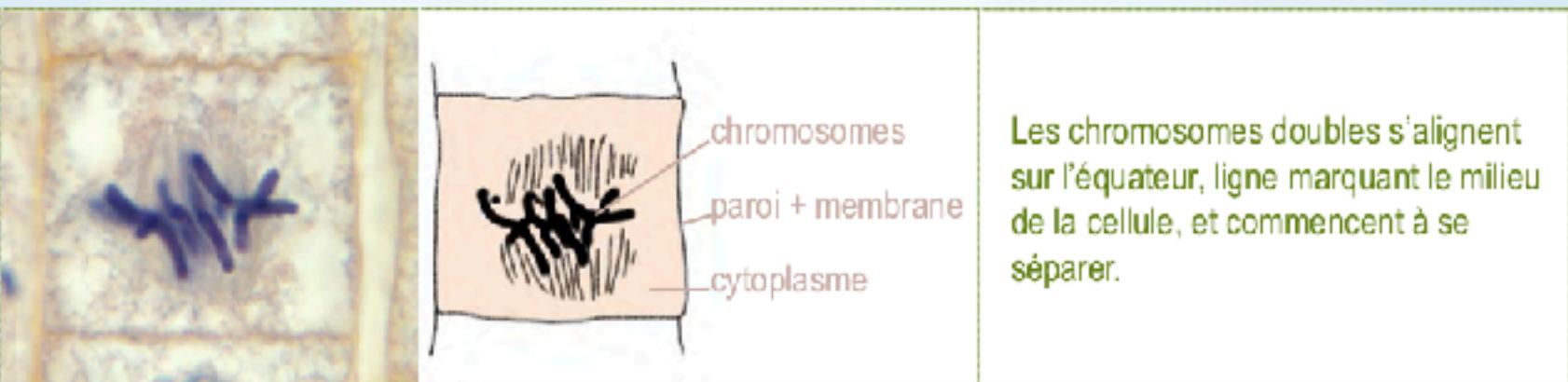
La mitose est le processus permettant la croissance et le renouvellement des cellules des organismes pluricellulaires, ainsi que la réparation des tissus endommagés. Chez les unicellulaires, la mitose permet la reproduction de l'organisme.

Processus de la division cellulaire : la mitose

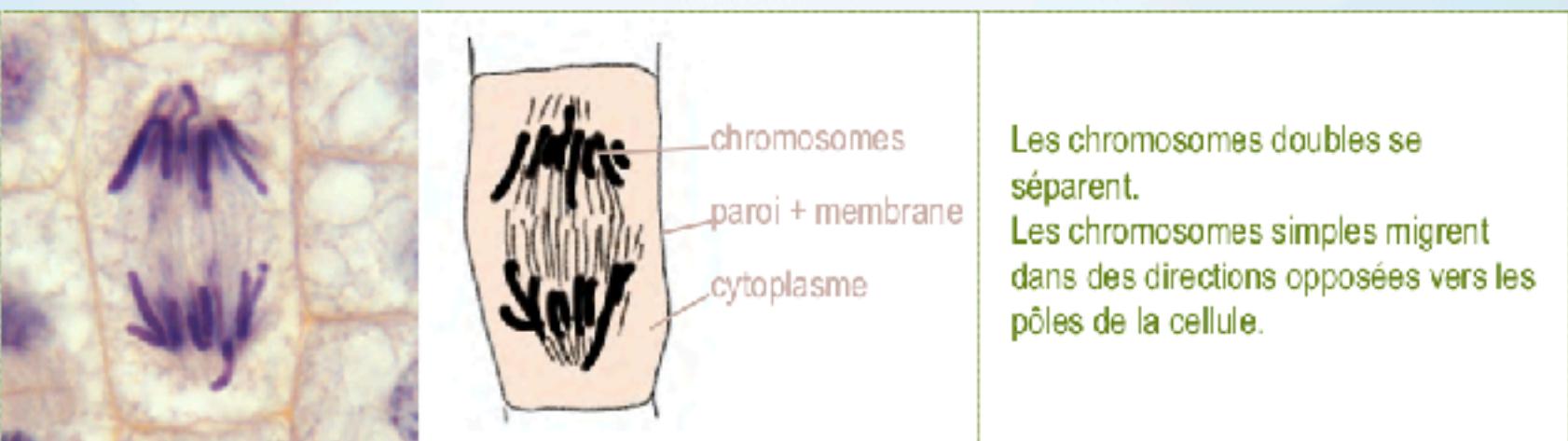
Photos, schémas ou textes, trois façons de décrire les étapes de la mitose.

Photos	Schémas	Descriptions
		<p>La cellule-mère se prépare à la division cellulaire. Le noyau a une apparence granuleuse. Les chromosomes se dupliquent et deviennent doubles.</p>
		<p>L'enveloppe du noyau disparaît. Les chromosomes se condensent et deviennent visibles.</p>

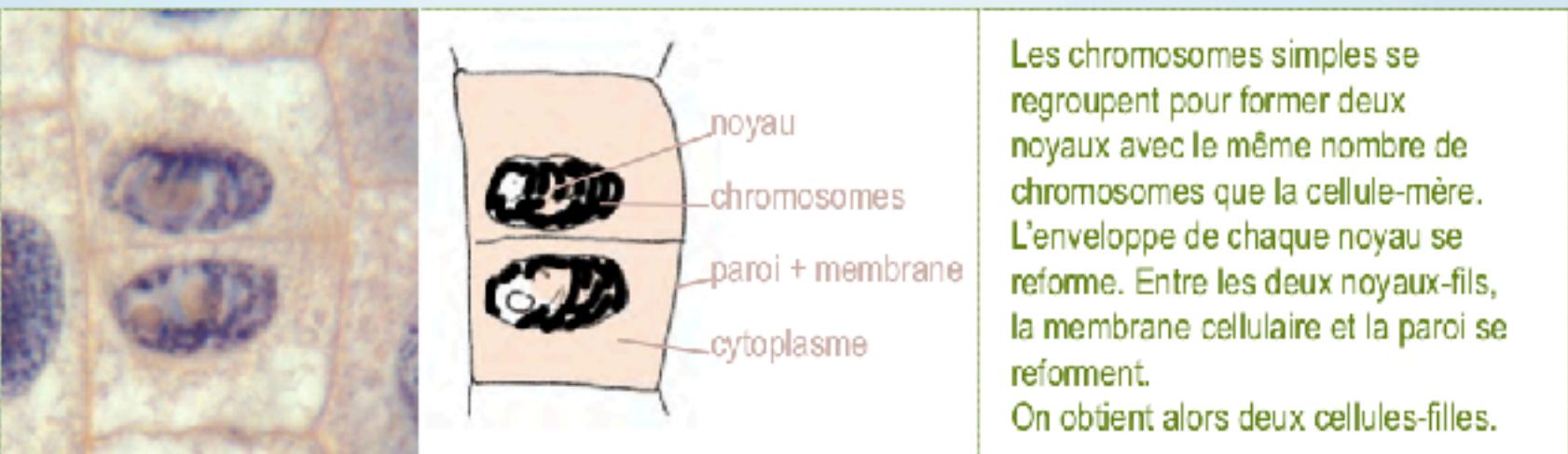
Fiche de synthèse, p.22



Les chromosomes doubles s'alignent sur l'équateur, ligne marquant le milieu de la cellule, et commencent à se séparer.



Les chromosomes doubles se séparent.
Les chromosomes simples migrent dans des directions opposées vers les pôles de la cellule.



Les chromosomes simples se regroupent pour former deux noyaux avec le même nombre de chromosomes que la cellule-mère. L'enveloppe de chaque noyau se reforme. Entre les deux noyaux-fils, la membrane cellulaire et la paroi se reforment.
On obtient alors deux cellules-filles.

Activité 3, p.11

La diversité au sein d'une espèce

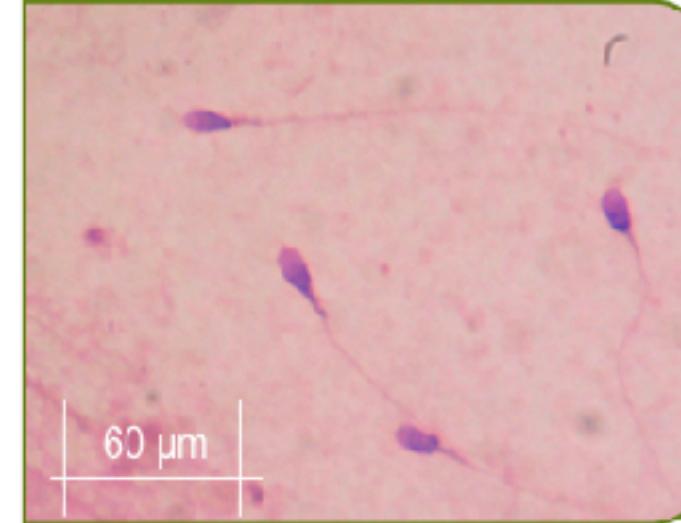


1. Comment se fait-il que nous soyons tous différents même au sein d'une même famille ?

?

Activité 3, p.11

2. Combien y a-t-il de chromosomes dans chaque cellule sexuelle ?

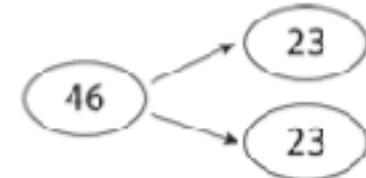


Il y a 23 chromosomes dans un ovule et 23 chromosomes dans un spermatozoïde. Ce qui donne 23 paires de chromosomes lorsque les noyaux fusionnent lors de la fécondation.

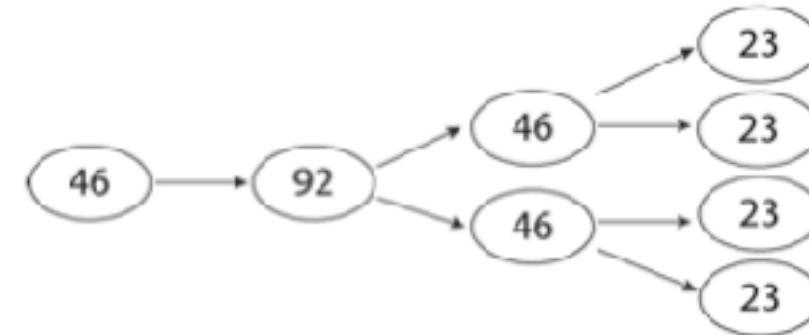
Activité 3, p.12

- a) Lis attentivement les hypothèses ci-dessous, proposées par des élèves, sachant que les êtres humains ont 46 chromosomes.

Hypothèse d'Annick : «La cellule sexuelle mère donne la moitié de ses chromosomes à chacune des cellules sexuelles filles».



Hypothèse d'Yves : «La cellule sexuelle mère double le nombre de ses chromosomes puis se divise deux fois pour donner la moitié de ses chromosomes à quatre cellules sexuelles filles».



Hypothèse d'Alain : «La cellule sexuelle mère double le nombre de ses chromosomes avant de se diviser pour en donner la moitié à chacune des cellules sexuelles filles».



Activité 3, p.12

b) Quelle hypothèse te paraît correcte ? Justifie ton choix.

L'hypothèse correcte est celle d'Yves

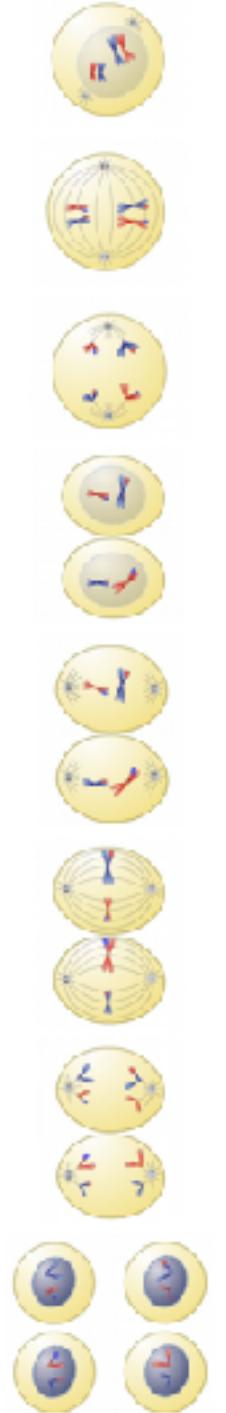
Hypothèse d'Yves : «La cellule sexuelle mère double le nombre de ses chromosomes puis se divise deux fois pour donner la moitié de ses chromosomes à quatre cellules sexuelles filles».



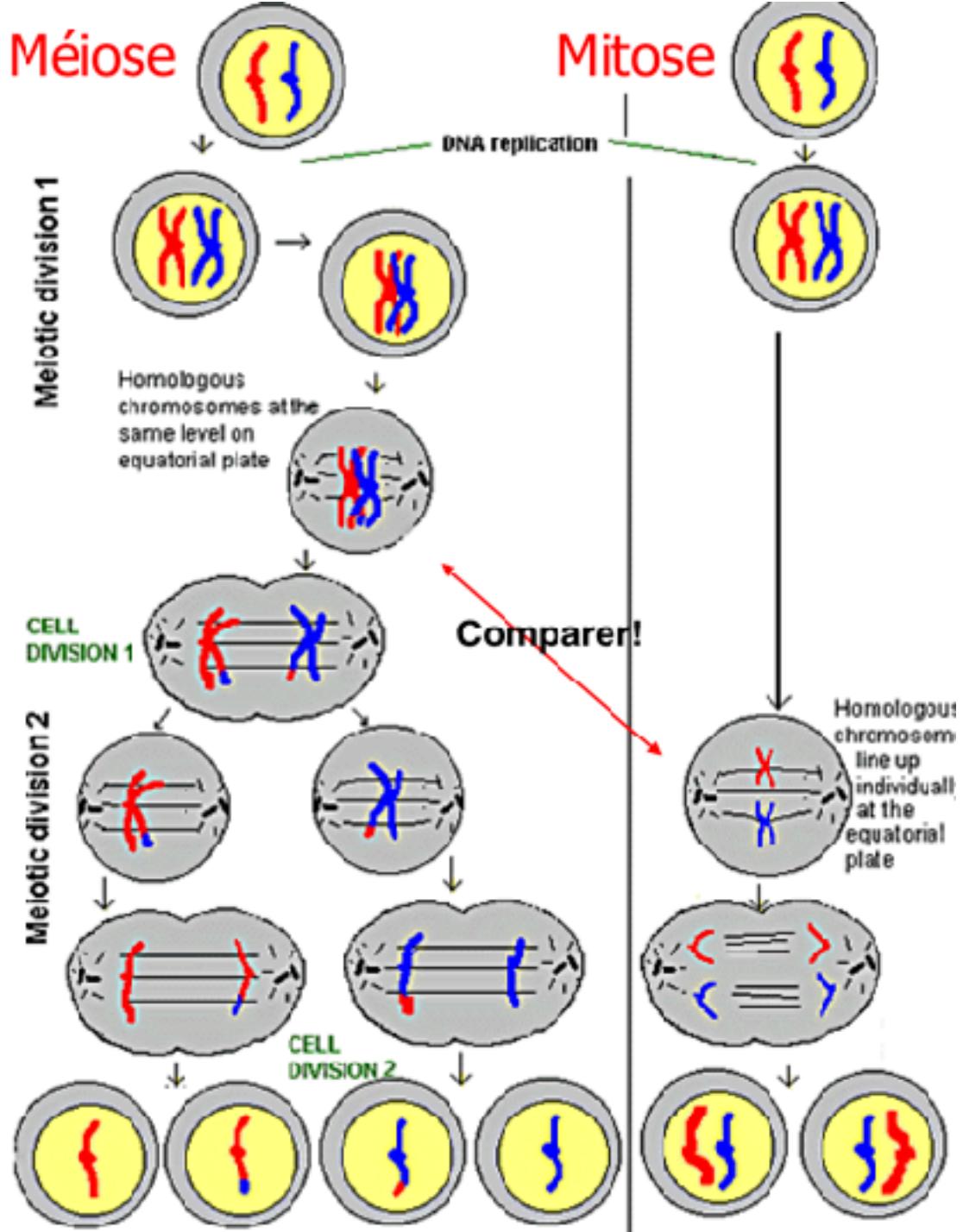
Pour aller plus loin...

Consulte le site www.biologieenflash.net (menu biologie / biologie cellulaire).

Activité 3.5, feuille compl.



Méiose & mitose



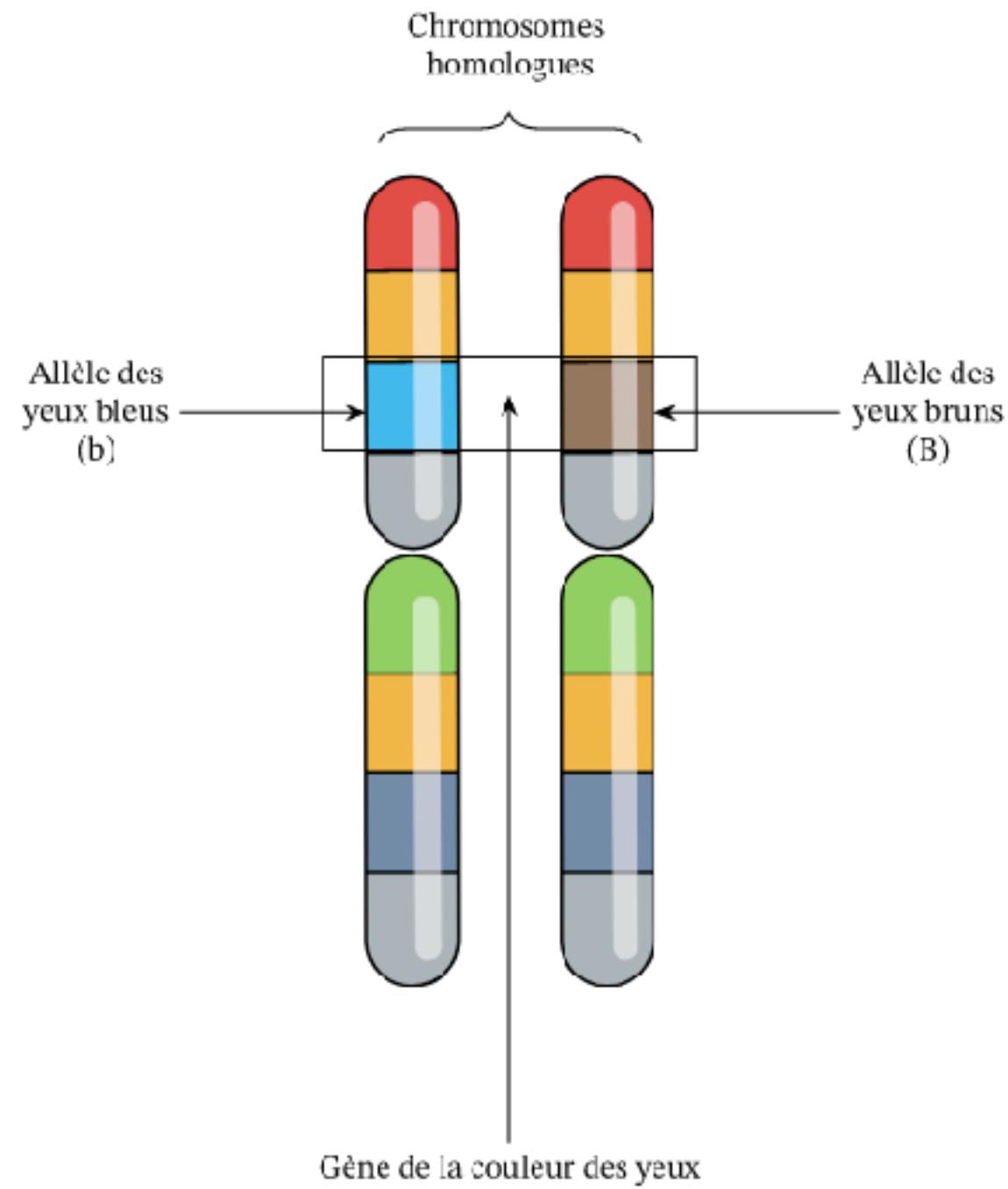
Pour aller plus loin...

1865 - Lois de l'hérédité

Lors de ses essais de croisement sur les petits pois dans le couvent de Brünn (aujourd'hui en Tchéquie), le moine Augustin Johann Gregor Mendel (1822-1884) découvrit les lois de l'hérédité. Mendel observa certaines caractéristiques des pois (par exemple la couleur ou l'apparence de la peau) et formula les règles de transmission des caractères des plantes mères à leurs descendantes. Il en conclut que chaque caractéristique extérieure d'une plante correspond à un «élément» (appelé aujourd'hui gène) à l'intérieur de ses cellules et qu'il doit y en avoir au moins deux exemplaires par «élément». Mendel pense à juste titre qu'un «élément» est issu de la plante «père» et l'autre de la plante «mère». Ses travaux sont cependant très mathématiques et c'est peut-être la raison pour laquelle ils sont restés longtemps dans l'oubli.



Johann Gregor Mendel

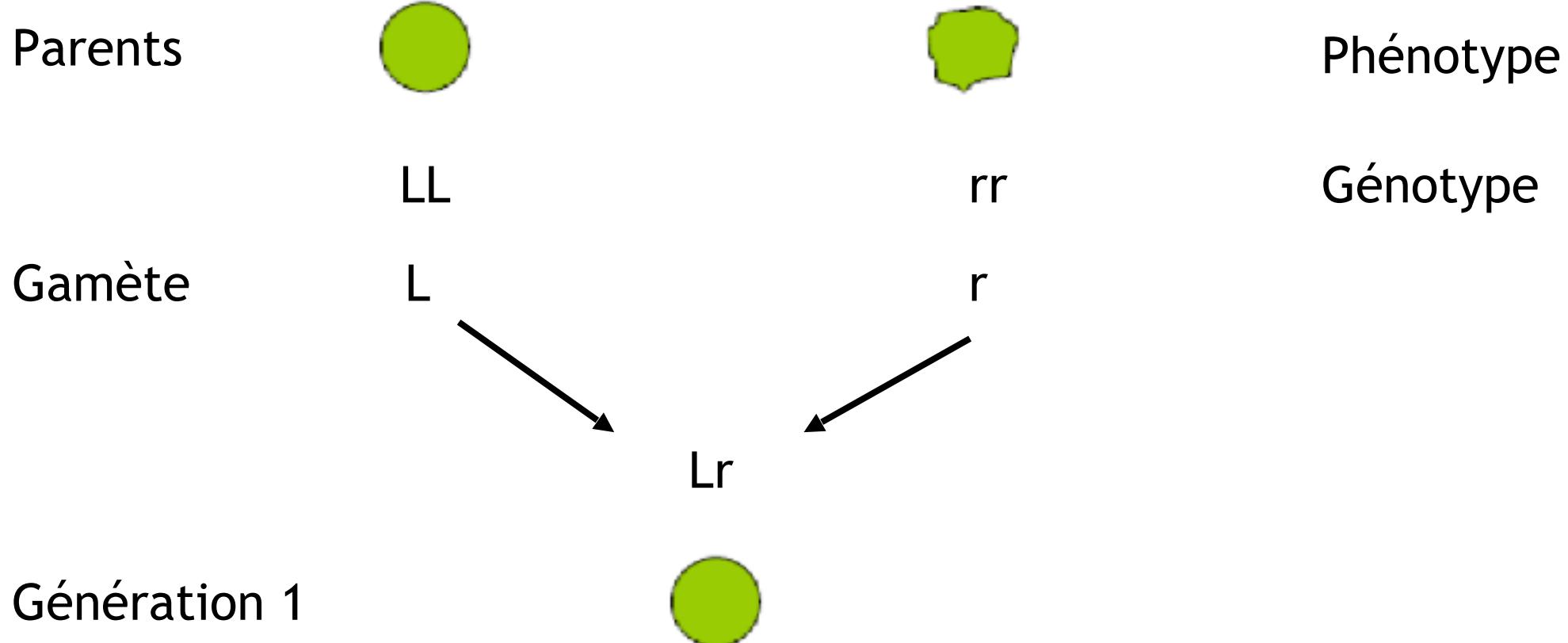


Dominance et récessivité

- Un gène (partie d'ADN) est **dominant** quand il suffit d'un seul exemplaire (allèle) du gène pour que celui-ci s'exprime.
- Un gène est **récessif** quand il faut deux exemplaires (2 allèles) du gène pour que celui-ci puisse s'exprimer.

Expérience de Mendel - 1

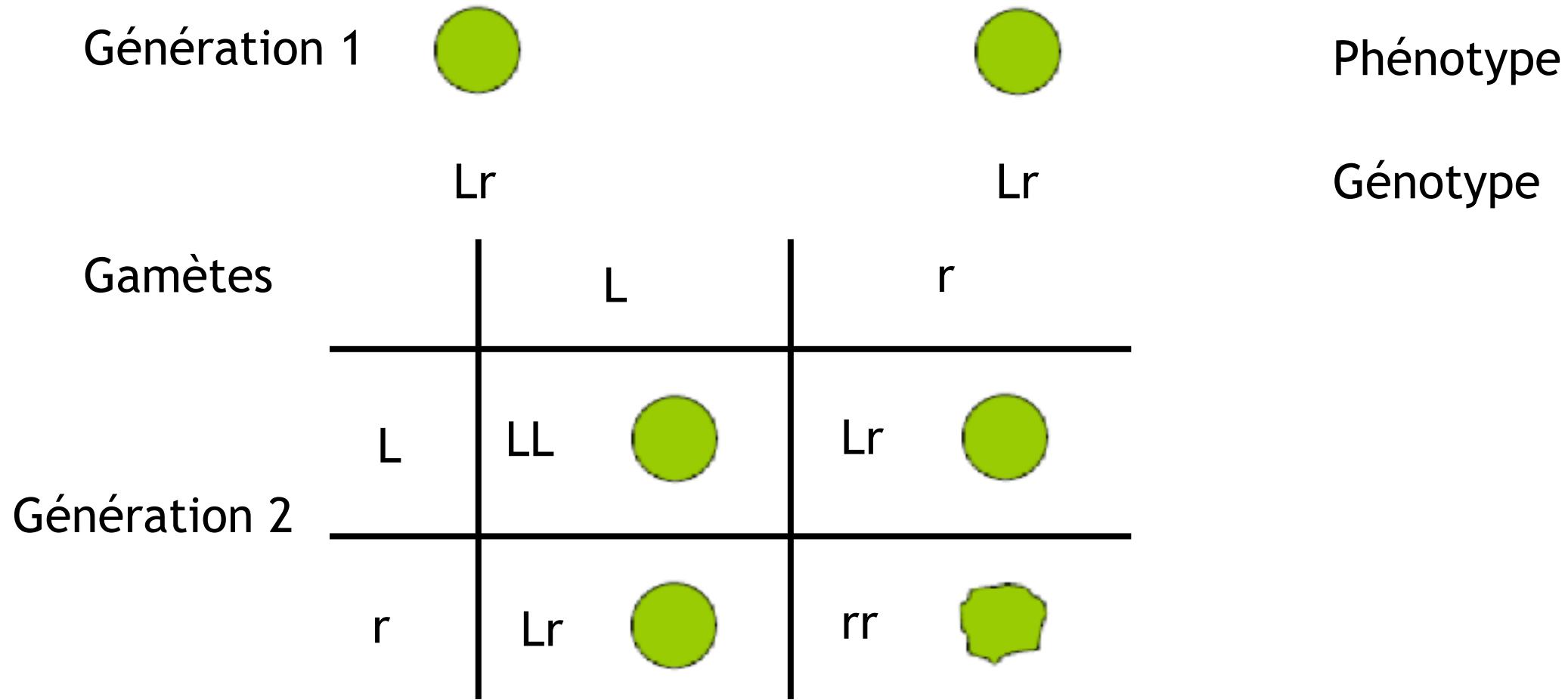
L → dominant
r → récessif



Petit pois lisse car « L » est dominant

Expérience de Mendel - 2

L → dominant
r → récessif

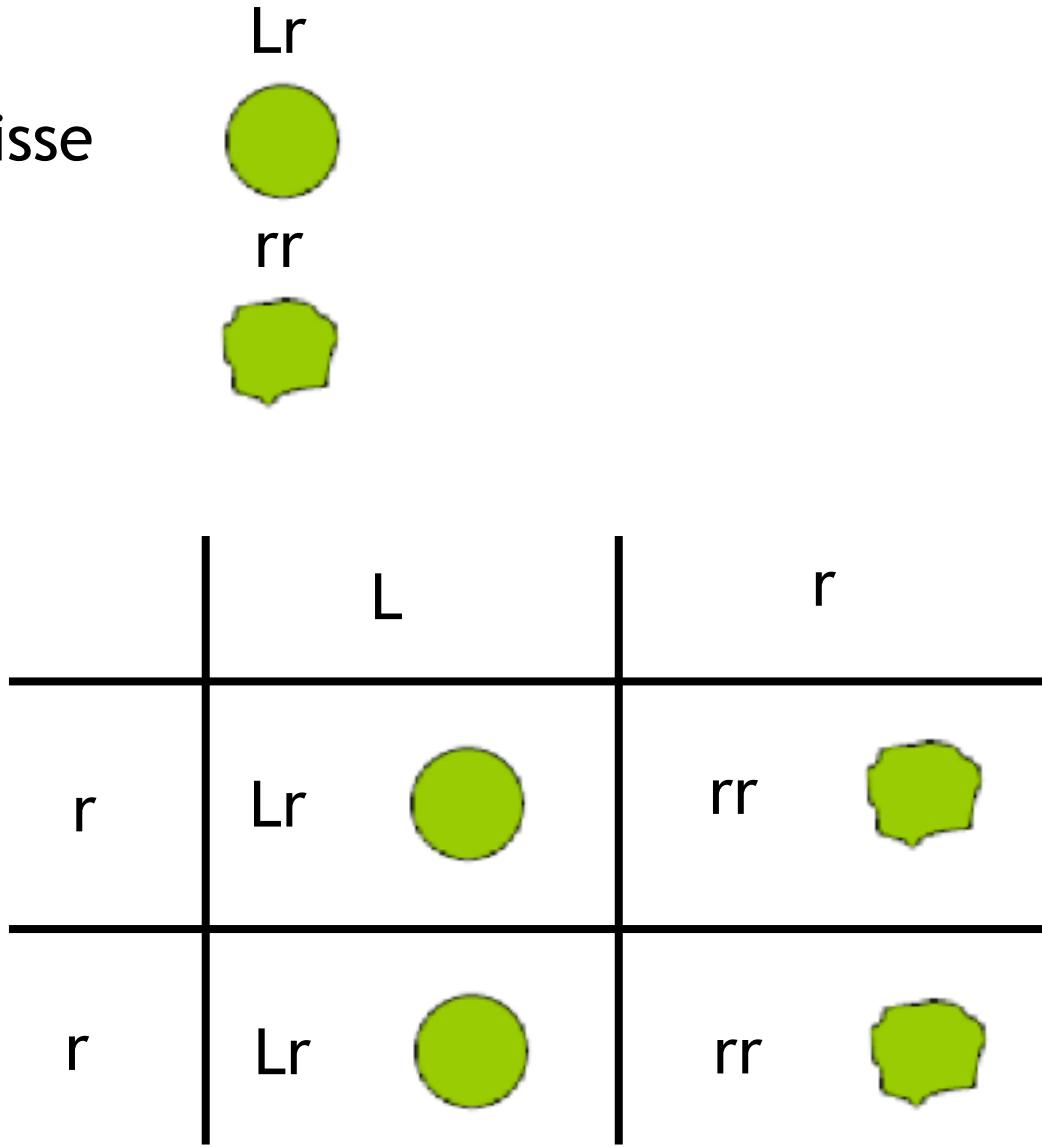


Exercice

Croisez un petit pois lisse

Avec un petit pois

Solutions :



Exercices complémentaires

2. Une femme saine, mais dont le père était albinos (maladie récessive) rencontre un homme albinos.
Quels sont les probabilités du génotypes des futurs enfants ?

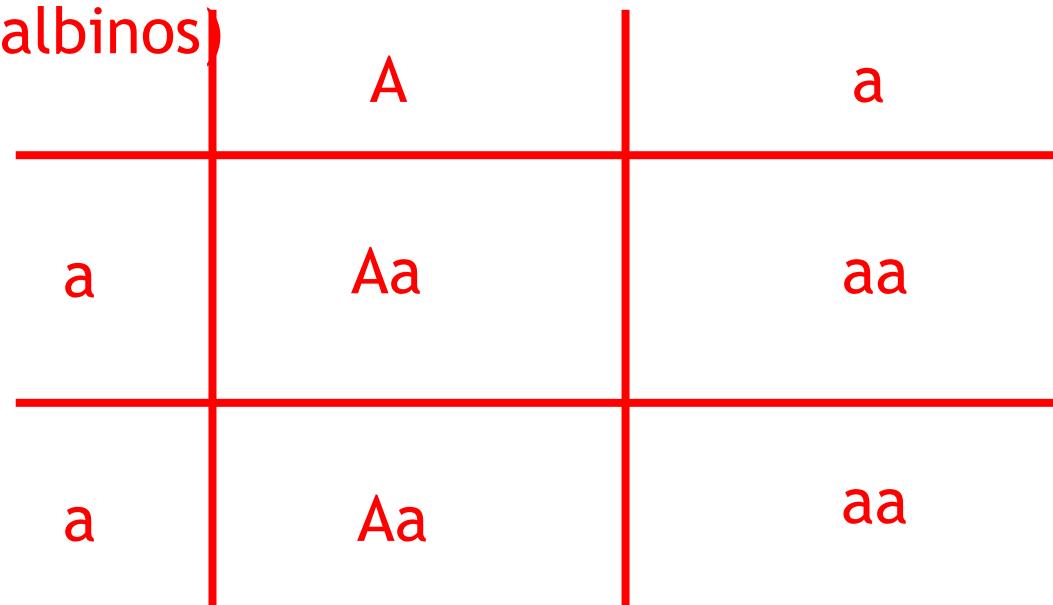
Gène sain (dominant) → A

Gène malade (récessif) → a

Génotype du Père → aa (car il est albinos)

Génotype de la femme → Aa (car saine mais porteuse du gène à cause de son père)

Génotype de l'homme → aa (car il est albinos)



50% albinos
50% sain mais porteur

Exercices complémentaires

Le football brésilien Fabinho possède 6 doigts à chaque main. Cette malformation appelée « polydactylie » est due à un gène (GLI) localisé sur le chromosome n°7.

L'allèle responsable du 6ème doigt s'appelle GLI+.

L'allèle responsable de 5 doigts s'appelle GLI-.

L'allèle GLI+ domine l'allèle GLI-.

- Détermine le ou les génotype(s) d'un individu portant 6 doigts
- Détermine le ou les génotype(s) d'un individu portant 5 doigts



Exercices complémentaires

Parmi les enfants de cette famille, l'un est atteint d'albinisme. Les cellules de sa peau, de ses cheveux et de ses yeux ne fabriquent pas un pigment noir, la mélanine. Cette anomalie est due à la modification d'un gène situé sur le chromosome n°11. Le gène a deux allèles possibles.

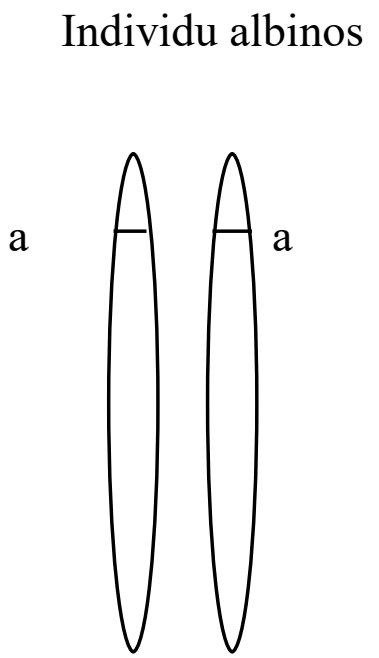
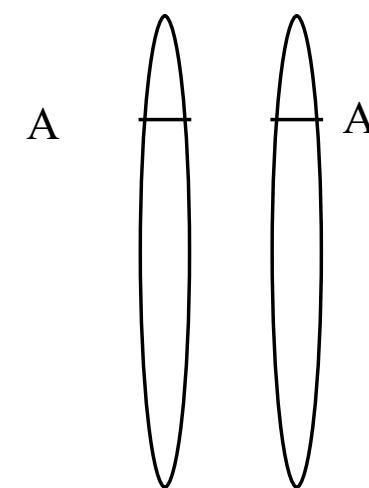
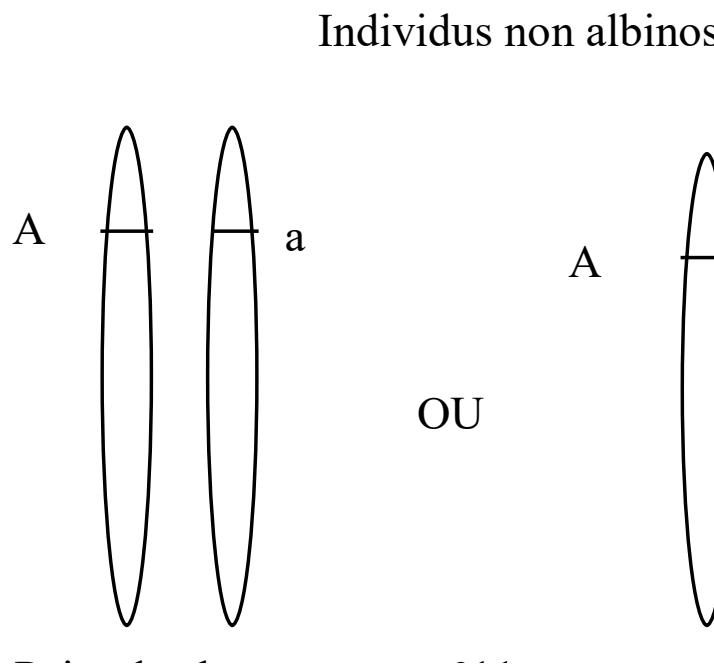
- L'allèle A, normal, permet la fabrication de mélanine
- L'allèle a, anormal ne permet pas la fabrication de mélanine.

L'allèle A est dominant.

- Détermine le ou les génotype(s) d'un individu albinos
- Détermine le ou les génotype(s) d'un individu non albinos



Exercices complémentaires



Exercices complémentaires

Le daltonisme est une anomalie de vision des couleurs. Cette anomalie est plus fréquente chez les garçons.

Le gène impliqué est situé sur le chromosome sexuel X et présente 2 allèles :

- L'allèle N, normal, permet une vision normale
- L'allèle D, anormal ne permet pas la vision des couleurs.
- L'allèle N domine l'allèle D.

Détermine :

- a) Le génotype d'un homme daltonien
- b) Le génotype d'un homme non-daltonien
- c) Le génotype d'une femme daltonienne
- d) Le génotype d'une femme non-daltonienne



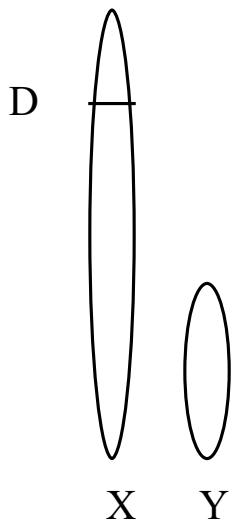
Vision normale



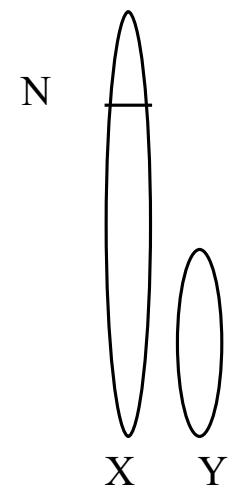
Vision d'un daltonien

Exercices complémentaires

Homme daltonien

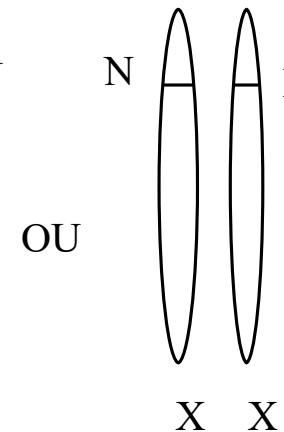
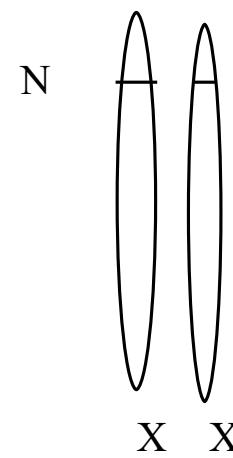


Homme non daltonien



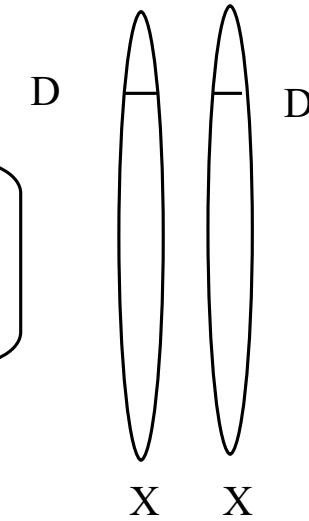
Il ne fallait rien inscrire sur le chromosome Y car seul le chromosome X porte le gène .

Femme non daltonienne



Car l'allèle N domine l'allèle D donc seul le caractère normal s'exprime

Femme daltonienne



Exercices complémentaires

1. Une femme porteuse de l'allèle du daltonisme (une maladie récessive liée au sexe) rencontre un homme ayant une vision normale. Quelle est la probabilité que leur famille soit composée d'une fille porteuse saine ET d'un garçon daltonien?

Exercices complémentaires

1. Une femme porteuse de l'allèle du daltonisme (une maladie récessive liée au sexe) rencontre un homme ayant une vision normale. Quelle est la probabilité que leur famille soit composée d'une fille porteuse saine ET d'un garçon daltonien?

2. Une femme porteuse de l'allèle du daltonisme (une maladie récessive liée au sexe) rencontre un homme ayant une vision normale. Quelle est la probabilité que leur famille soit composée d'une fille porteuse saine ET d'un garçon daltonien?

C'est un croisement $X^D Y$ avec $\underline{X^D X^d}$.

	X^D	Y
$X^D/$	$X^D \underline{X^D}$	$\underline{X^D Y}$
$\underline{X^d}$	$\underline{X^D} X^d$	$X^d Y$

Il y a une chance sur quatre qu'un enfant à naître soit un garçon daltonien et une chance sur quatre que ce soit une fille saine porteuse. $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = 1/16$

Exercices complémentaires

L'hémophilie est une anomalie de la coagulation (= solidification du sang) : la moindre blessure peut provoquer une hémorragie chez un sujet hémophile qui saignera plusieurs heures.

Le gène impliqué est présent sur le chromosome X et présente 2 allèles :

- L'allèle N, normal, permet une coagulation normale du sang
- L'allèle H, anormal, ne permet pas la coagulation du sang.
- L'allèle N domine l'allèle H.

Détermine :

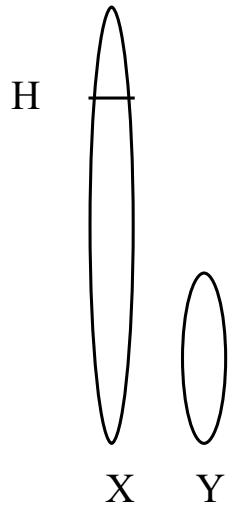
- a) Le génotype d'un homme hémophile
- b) Le génotype d'un homme non-hémophile
- c) Le génotype d'une femme hémophile
- d) Le génotype d'une femme non-hémophile



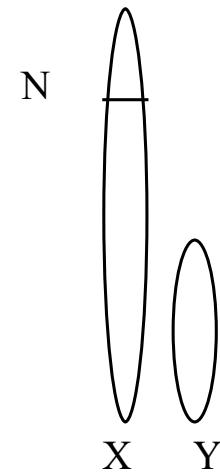
12 des descendants de la reine Victoria d'Angleterre (1819-1901) étaient hémophiles. Beaucoup sont morts en bas âge.

Exercices complémentaires

Homme hémophile

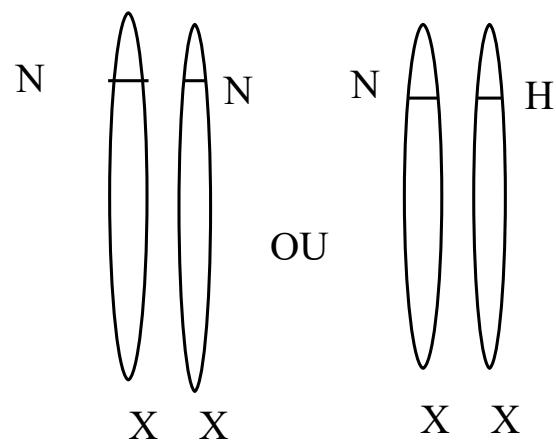


Homme non hémophile

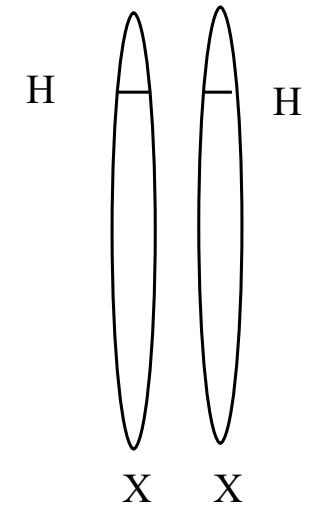


Il ne fallait rien inscrire sur le chromosome Y car seul le chromosome X porte le gène .

Femme non hémophile



Femme hémophile



Exercices complémentaires

3. Un homme hémophile (maladie récessive liée au sexe) rencontre une femme saine non porteuse. Quelle est la probabilité que s'ils ont une fille, celle-ci soit hémophile?

Exercices complémentaires

3. Un homme hémophile (maladie récessive liée au sexe) rencontre une femme saine non porteuse.
Quelle est la probabilité que s'ils ont une fille, celle-ci soit hémophile?

homme hémophile : xY_h (hémophile)
 \downarrow
maladie
récessive

femme saine XX

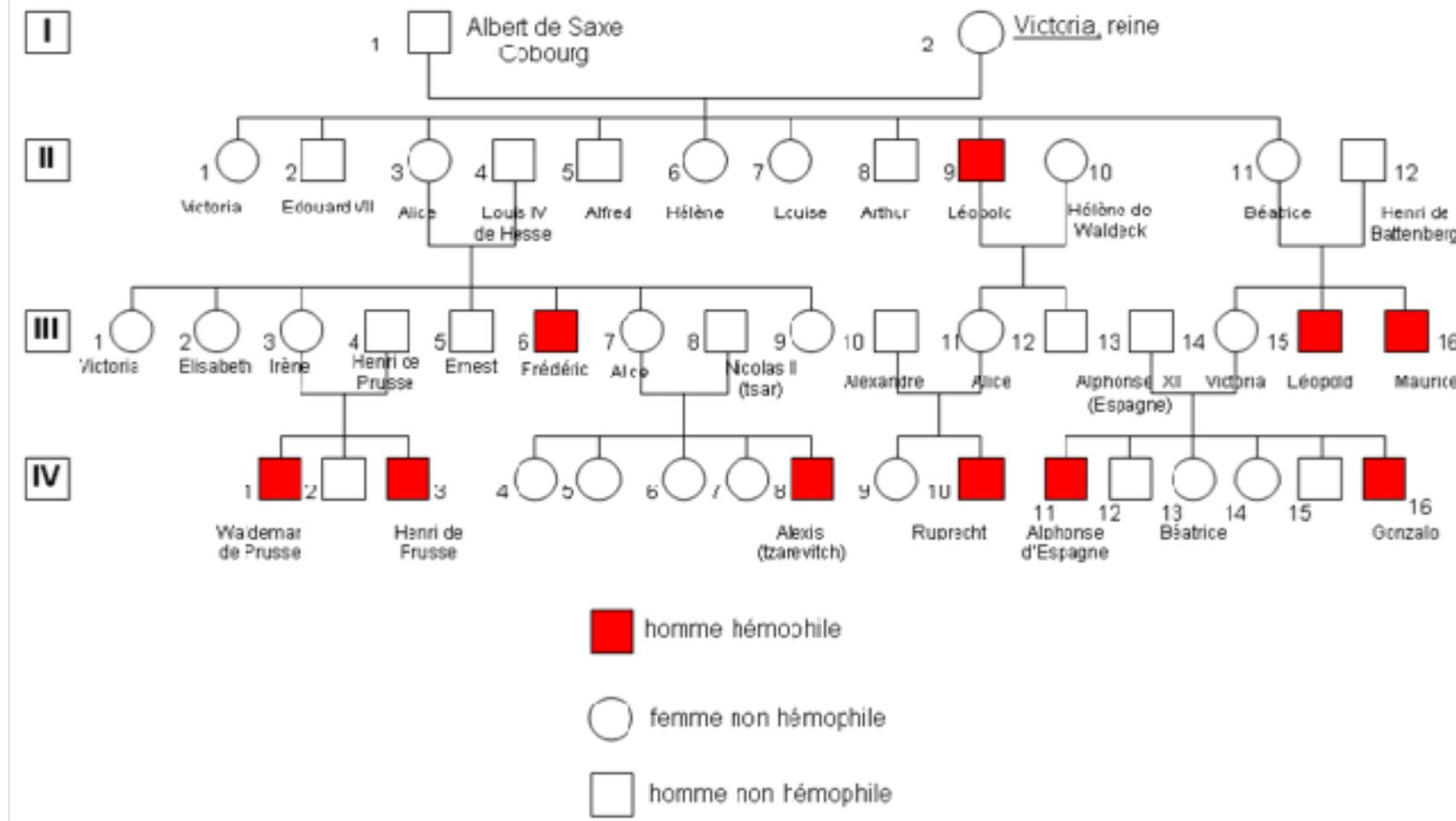
	X	Y_h
X	XX	XY_h
X	XX^+	XY_h

Si σ° $X_h Y$

	X_h	Y
X	XX_h	$X Y$
X	XX_h	$X Y$

Exercices complémentaires

Arbre généalogique simplifié des descendants de la reine Victoria -(1819-1901) -Reine du Royaume-Uni et de Grande-Bretagne



Exercices complémentaires

Le gène couleur des yeux est porté par la paire numéro 11 de chromosomes. Ce gène possède 3 allèles

Les règles pour ces allèles sont les suivantes:

M est dominant sur V

V et dominant sur B

- 1) schématiser la paire numéro 11 avec toutes les possibilités de combinaison d'allèles
- 2) indiquer pour chaque paire la couleur des yeux obtenu
- 3) préciser combien il y a de génotype et de phénotype pour ce gène

Exercices complémentaires

Le gène couleur des yeux est porté par la paire numéro 11 de chromosomes. Ce gène possède 3 allèles

Les règles pour ces allèles sont les suivantes:

M est dominant sur V

V est dominant sur B

- 1) schématiser la paire numéro 11 avec toutes les possibilités de combinaison d'allèles
- 2) indiquer pour chaque paire la couleur des yeux obtenu
- 3) préciser combien il y a de génotype et de phénotype pour ce gène

M dominant sur B

Mv

vv

bb

Mb

Vb

MM

1902 - Découverte de l'existence par deux des chromosomes



Theodor Heinrich Boveri

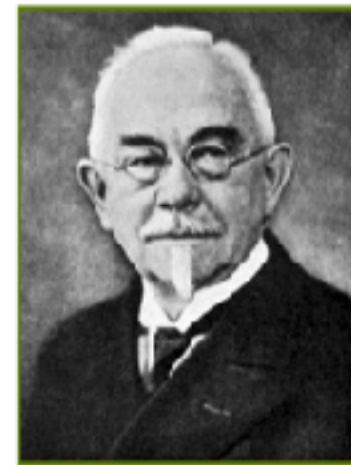
L'Allemand Theodor Heinrich Boveri (1862-1915) et l'Américain Walter Stanborough Sutton (1877-1916) découvrent en 1902 qu'il y a toujours deux **chromosomes** de même apparence dans un noyau cellulaire. Les deux chercheurs y voient un lien avec la théorie de Mendel des «éléments» hérités des parents.



Walter Stanborough Sutton

1909 - Baptême des gènes

Le biologiste danois Wilhelm Ludvig Johannsen (1857-1927) trouve à travers ses travaux sur les haricots que les changements chez un être vivant peuvent avoir deux origines différentes: ils sont provoqués soit par des facteurs héréditaires soit par l'environnement. Comme Mendel, il conclut également que toutes les caractéristiques transmises sont déterminées par certains «éléments» à l'intérieur de la cellule. En 1909, Johannsen les baptise «**gènes**».



Wilhelm Ludvig Johannsen

1910 - Découverte des chromosomes comme support des gènes

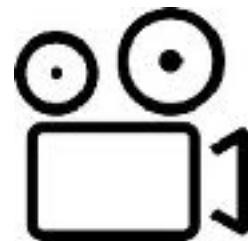


Thomas Hunt Morgan

Les expériences sur la mouche du vinaigre de l'Américain **Thomas Hunt Morgan** (1866-1945) apportent plus de lumière sur le rapport entre les structures dans le noyau cellulaire (chromosomes) et la transmission de caractéristiques isolées (gènes). Il découvre en 1910 que le nombre des gènes est beaucoup plus élevé que celui des chromosomes et il en conclut que les **chromosomes sont les supports des gènes**. Il arrive à deux autres conclusions : plusieurs gènes sont réunis sur un chromosome et les gènes sont alignés sur les chromosomes dans un ordre particulier.

Débat sur le clonage

« *Bienvenue à Gattaca* »



Débat sur le clonage

Débat au cours de science

Qu'est-ce qu'un débat ?

Sur un thème à fondement scientifique, le débat permet d'échanger des opinions. Son but est de trouver une solution à une question de manière à prendre en compte les différentes valeurs des participants.

La question de débat

C'est un sujet d'actualité souvent controversé (il y a des avis différents). Exemples de questions : "Faut-il sortir du nucléaire ?", "Faut-il laisser le loup revenir dans nos montagnes ?", ...

Avant le débat, il faut...

- se documenter sur le thème relatif au débat choisi, en étant attentif aux sources des informations utilisées;
- imaginer, après réflexion, les arguments pour les différentes prises de positions (opinions) ;
- construire son opinion afin de la défendre

Pendant le débat, il faut...

- écouter, tolérer, respecter et intégrer les opinions contraires ;
- construire et défendre son opinion ;
- s'exprimer en public
- développer son esprit critique et être capable de trouver une solution acceptable pour la grande majorité des personnes.



Débat sur le clonage

Situation :

Après le visionnement de cet extrait vidéo, votre groupe est en faveur de l'intervention de la médecine et de la génétique dans le processus de la reproduction humaine.

Votre travail :

- Nommez un/une secrétaire
- Développez un maximum d'arguments justifiant votre position favorable à cette intervention humaine.
Vous pouvez aller chercher des arguments dans tous les domaines (économie, santé, ...)
- Ecrivez **toutes vos propositions.**
- Nommez un porte parole du groupe qui viendra rendre compte de votre travail
- Tenez vous prêt à répondre à vos détracteurs durant votre présentation.



Débat sur le clonage

Situation :

Après le visionnement de cet extrait vidéo, votre groupe est **totalelement contre** l'intervention de la médecine et de la génétique dans le processus de la reproduction humaine.

Votre travail :

- Nommez un/une secrétaire
- Développez un maximum d'arguments justifiant votre position défavorable à cette intervention humaine.
Vous pouvez aller chercher des arguments dans tous les domaines (économie, santé, ...)
- Ecrivez **toutes vos propositions**.
- Nommez un porte parole du groupe qui viendra rendre compte de votre travail
- Tenez vous prêt à répondre à vos détracteurs durant votre présentation.



Objectifs

PRINCIPAUX APPRENTISSAGES

Plus spécifiquement dans cette séquence, tu apprendras à :

- décrire et modéliser le processus de la mitose à partir d'observations ;
- expliquer la conservation de l'information génétique lors de la mitose ;
- modéliser pour expliquer comment les chromosomes se répartissent lors de la formation des cellules sexuelles ; **Méiose**
- modéliser la fécondation pour expliquer ce qui rend le patrimoine génétique d'un individu unique ;
- identifier quelques caractères héréditaires ;
- identifier l'information héréditaire comme l'ensemble des caractères propres à l'individu ;
- identifier les chromosomes, segmentés en gènes, comme porteurs de l'information héréditaire ;
- Modéliser l'expérience de Mendel sur la transmission des caractères et l'extrapoler à d'autres situations similaires

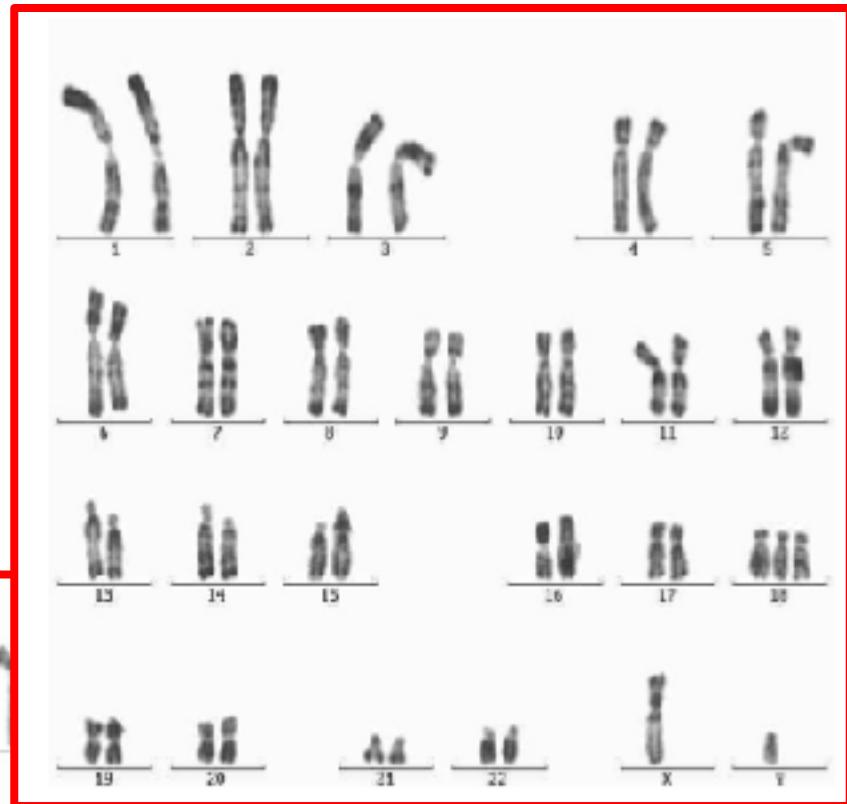
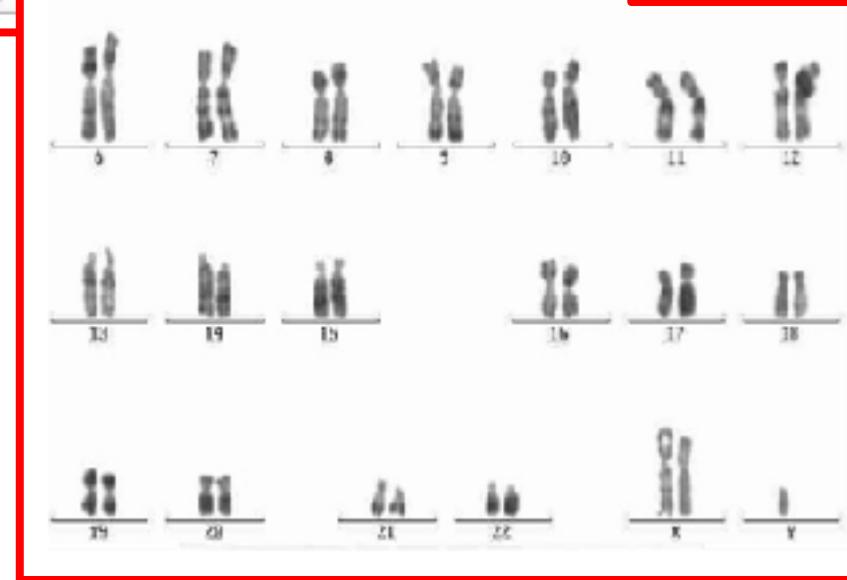
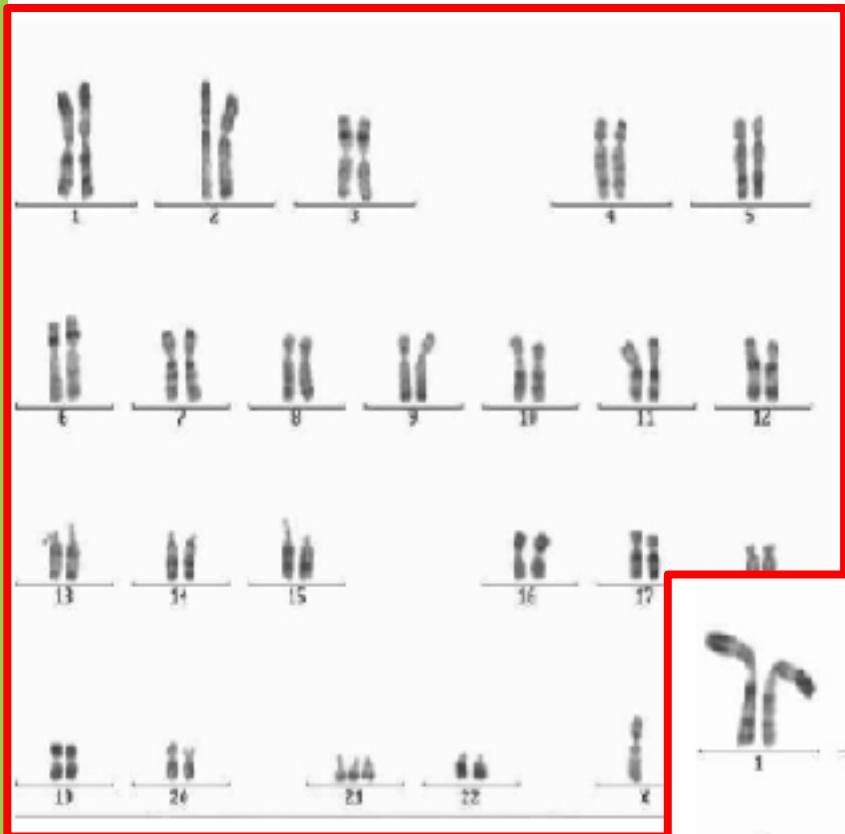
En complément



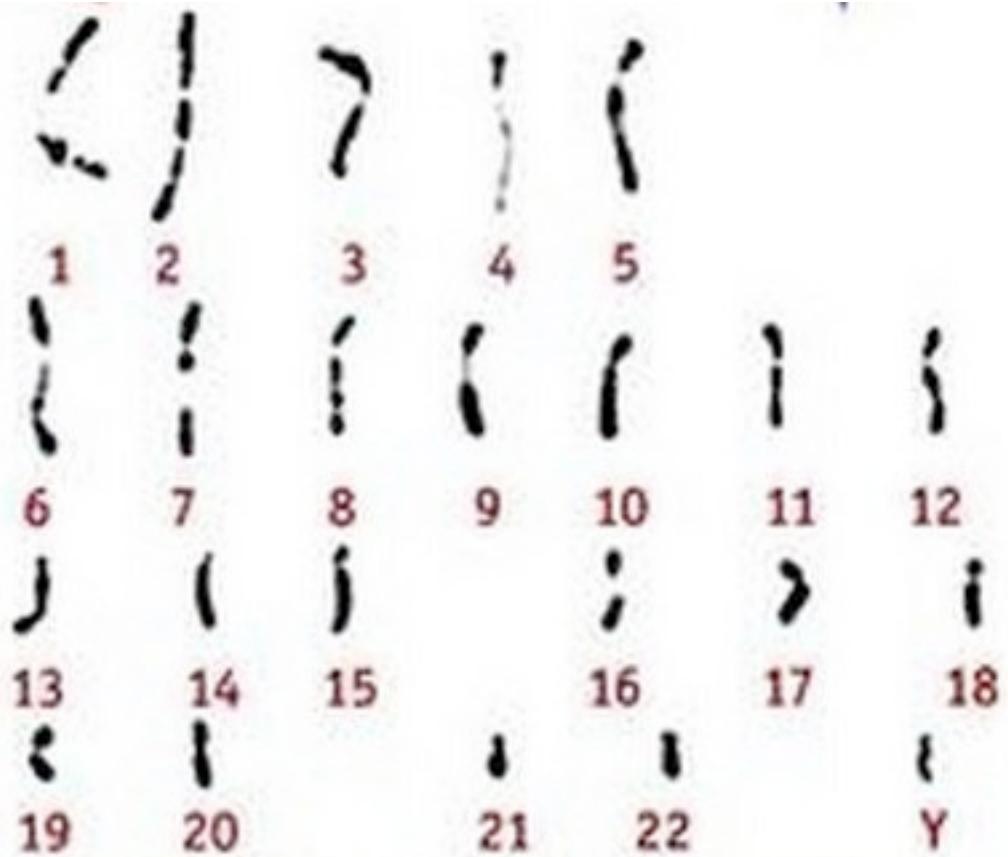
Caryotype

Arrangement de l'ensemble des chromosomes d'une cellule à partir d'une prise de vue microscopique.

En complément



Caryotype

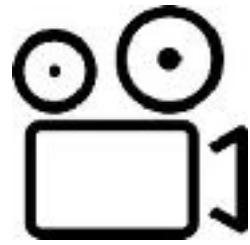


En complément

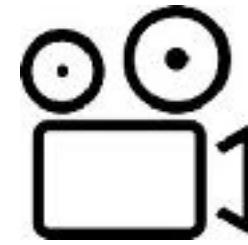


En complément :

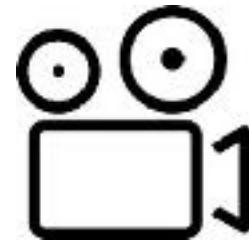
« *La grande histoire du gène* »



Partie 1



Partie 2



Partie 3

En complément : « La grande histoire du gène »

- 1859 : **Charles Darwin** - « L'homme descend du singe »
Théorie de l'évolution - Les espèces descendent les unes des autres
- 1865 : **Gregor Mendel** (botaniste) - Il pose les bases de la génétique
Il est le père du concept du gène.
Lois de transmission des caractères
Lois de l'hérédité
- 1900 : **Thomas Morgan** - Gène porté par les chromosomes
« Comme un perle sur un collier »
- 1940 : **Oswald Avery** - Découverte de l'ADN comme support de l'hérédité
Découverte de la structure de l'ADN donc du gène
Précurseur de la « *biologie moléculaire* »
Code génétique identique pour chaque espèce

Tout n'est pas défini par les gênes !
Influence de l'environnement dans lequel évolue l'être humain.