

THÈME : TRANSMISSION, VARIATION ET EXPRESSION DU PATRIMOINE GÉNÉTIQUE

Chapitre : Les divisions cellulaires

Chez tous les organismes eucaryotes, organismes dont les cellules possèdent un noyau, l'information génétique est portée par des structures identiques et universelles : les chromosomes. Les cellules humaines possèdent ainsi 46 chromosomes, organisés par paires de chromosomes homologues. Les cellules somatiques sont donc qualifiées de diploïdes ($2n=46$, avec n , nombre de paires). Seuls les gamètes (ovules et spermatozoïdes) disposent de 23 chromosomes, soit 1 chromosome de chaque paire (on les $n=23$). Les gamètes sont donc qualifiés de cellules haploïdes.

Dans un organisme, chaque jour, des milliers de cellules sont produites pour renouveler les tissus. Ceci nécessite des divisions cellulaires.

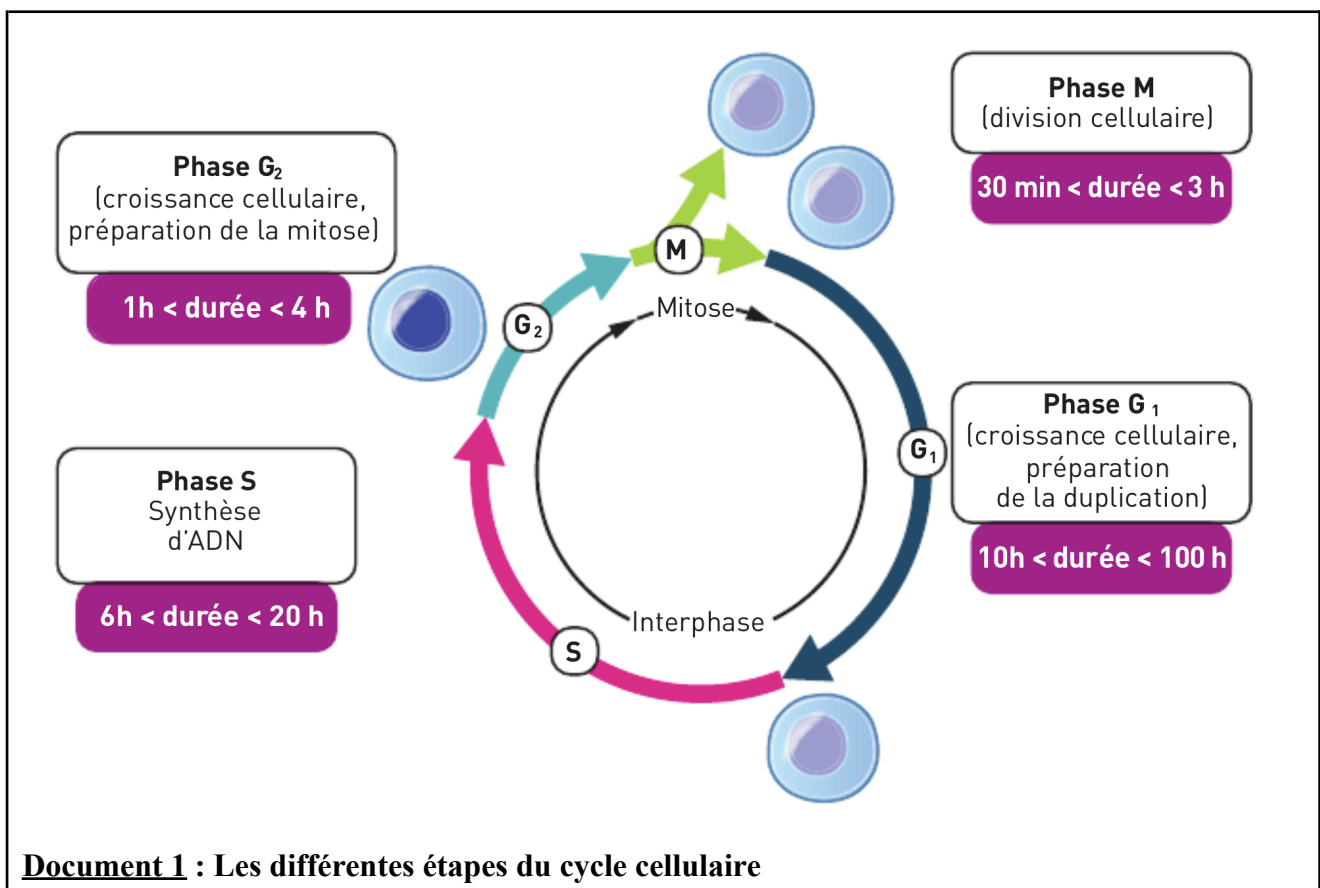
Problématique : Comment se transmet le matériel génétique au cours des divisions cellulaires ?

I. Le cycle cellulaire

A) Les étapes du cycle cellulaire

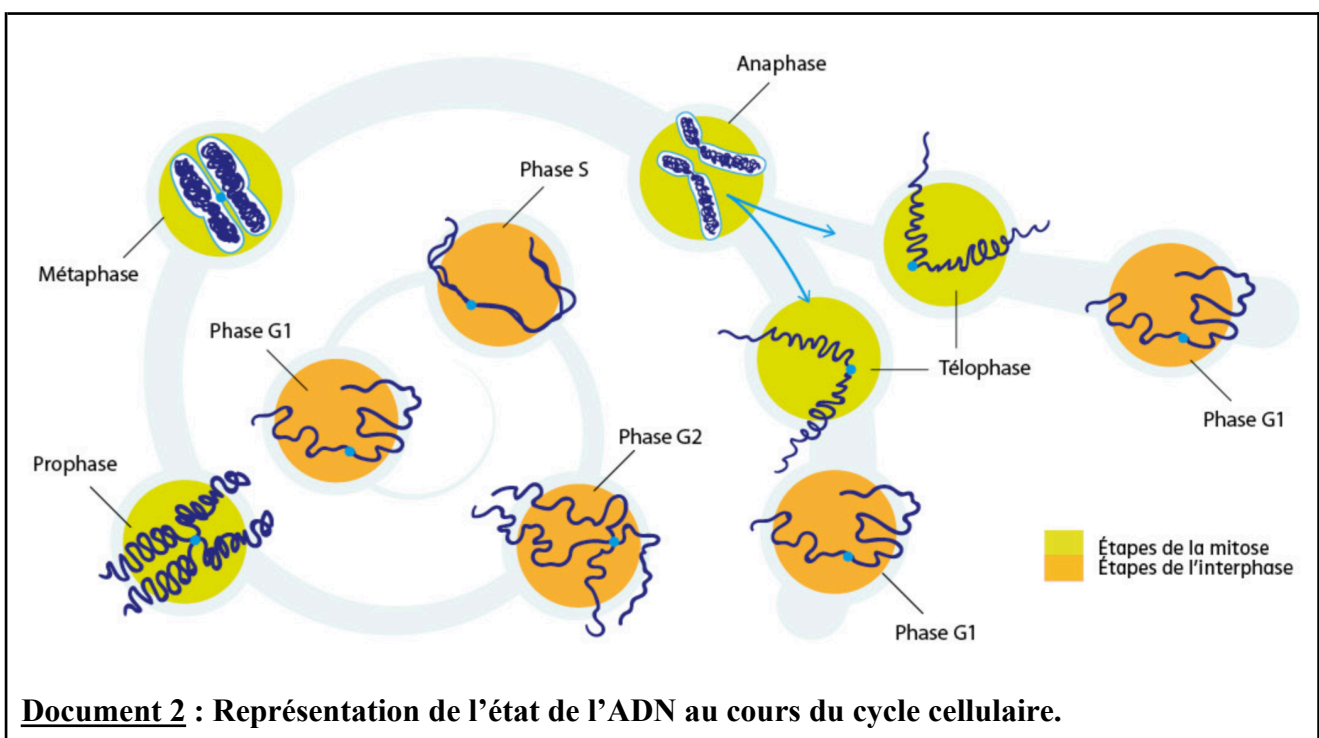
Toutes les cellules somatiques (non sexuelles) d'un être vivant pluricellulaire proviennent de division cellulaire successives à partir de la cellule œuf originelle. On appelle cycle cellulaire la période qui s'étend depuis la formation d'une cellule, par division d'une cellule mère, jusqu'au moment où cette cellule finit elle-même de se diviser en deux cellules filles génétiquement identiques.

À l'intérieur d'un cycle cellulaire, on distingue 2 grandes phases, l'interphase, période pendant laquelle la cellule n'est pas en train de se diviser et la mitose, qui correspond aux différentes étapes de la division cellulaire.



B) L'état du matériel génétique au cours du cycle cellulaire

- La phase G1 permet la croissance et l'expression des gènes. L'ADN est alors sous la forme d'un seul filament, appelé chromatine, très fin et décondensé. Ce filament présente des sortes de « perles » appelées nucléosomes (ce sont des protéines qui maintiennent l'ADN).
- La phase S correspond au doublement de la quantité d'ADN, on observe des structures en forme d'ellipse appelées « yeux de réplication » dans lesquels a lieu la réplication.
- La phase G2 correspond à la préparation de la cellule pour la division et la réparation des erreurs de réplication. L'ADN est alors formé de 2 filaments de chromatine.
- Lors de la mitose (M), les molécules d'ADN subissent une condensation (elles s'enroulent sur elles-mêmes) et prennent la forme de petits bâtonnets colorables, bien individualisés car condensés : les chromosomes. Ce chromosome est en forme de X : il comprend 2 chromatides. Au moment de la division, le chromosome se sépare et chaque cellule reçoit une chromatide.



Document 2 : Représentation de l'état de l'ADN au cours du cycle cellulaire.

Bilan : Les cycles cellulaires font alterner l'interphase, période pendant laquelle la cellule n'est pas en train de se diviser et la mitose, qui correspond aux différentes étapes de la division. Les chromosomes passent d'un état décondensé (durant l'interphase) à un état condensé (durant la mitose). L'interphase peut être découpée en trois phases successives. G1, S et G2.. La phase S appelée réplication permet la duplication des de l'ADN.

II. La mitose, une reproduction conforme des cellules somatiques

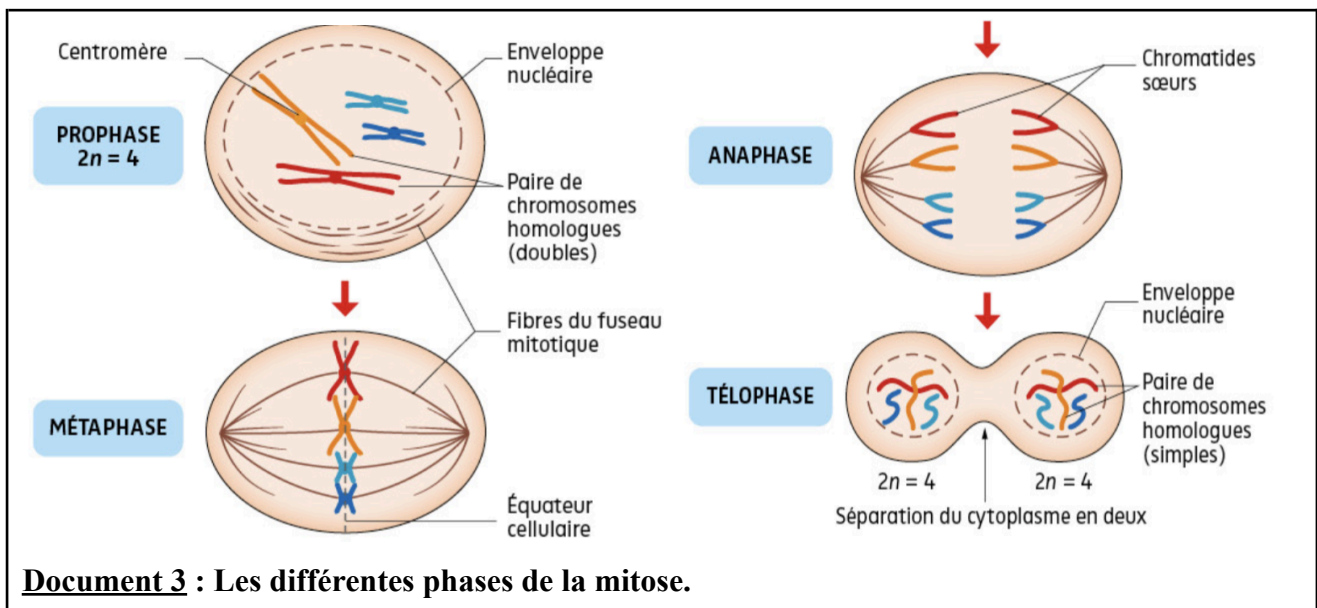
La mitose est une division cellulaire qui peut être séparée en plusieurs étapes qui sont identifiables par les variations de morphologie et de comportement des chromosomes.

A) Les phases de la mitose

La mitose comprend 4 phases :

- La prophase : la chromatine commence à se condenser pour former des chromosomes doubles, qui deviennent progressivement visibles et individualisés. L'enveloppe du noyau disparaît et les chromosomes se dispersent dans le cytoplasme.

- La métaphase : Les chromosomes se placent de telle sorte que tous sont situés dans un même plan, le plan équatorial de la cellule.
- L'anaphase : Les deux chromatides de chaque chromosome double se séparent après rupture du centromère. Deux lots identiques de chromatides migrent en sens opposé, chacun vers un pôle cellulaire. Ce processus est guidé par le fuseau mitotique, assemblage protéique permettant de déplacer les chromosomes.
- La télophase : Chaque lot de chromatides se décondense. Une enveloppe nucléaire se forme et achève la formation de deux nouveaux noyaux. La séparation du cytoplasme se produit, ce qui marque la fin de la mitose



B) La place de la mitose au sein du cycle cellulaire

La mitose est une division cellulaire correspondant à une reproduction conforme qui conserve toutes les caractéristiques du caryotype (nombre et morphologie des chromosomes).

Le maintien du patrimoine génétique est assuré par la présence d'une réplication de l'ADN (phase S) avant chaque mitose qui permet d'obtenir des chromosomes doubles qui seront ensuite séparés durant l'anaphase pour donner une chromatide à chaque cellule fille (cette chromatide correspond alors à un chromosome simple).

Ainsi, la cellule mère va se diviser en 2 cellules filles génétiquement identiques car elles possèdent exactement le même nombre de chromosomes, bien que les chromosomes des cellules filles soient doubles alors que ceux de la cellule mère sont simples.

Bilan : Quatre étapes se succèdent au cours de la mitose : prophase, métaphase, anaphase et télophase. Elles permettent la séparation des deux chromatides de chaque chromosome double et leur migration en sens opposé vers les pôles cellulaires. Deux cellules-filles contenant exactement les mêmes chromosomes que la cellule-mère se forment alors. La mitose est donc une reproduction conforme, qui conserve le caryotype.

III. La méiose, une production diversifiée de gamètes

L'identification des phases de la méiose se fait, comme pour la mitose, par l'observation du comportement des chromosomes. On retrouve des phases similaires à celles de la mitose mais il y a deux divisions : la division réductionnelle (première division de méiose) et la division équationnelle (deuxième division de méiose).

A) Les phases de la méiose

1. La première division de méiose (division réductionnelle)

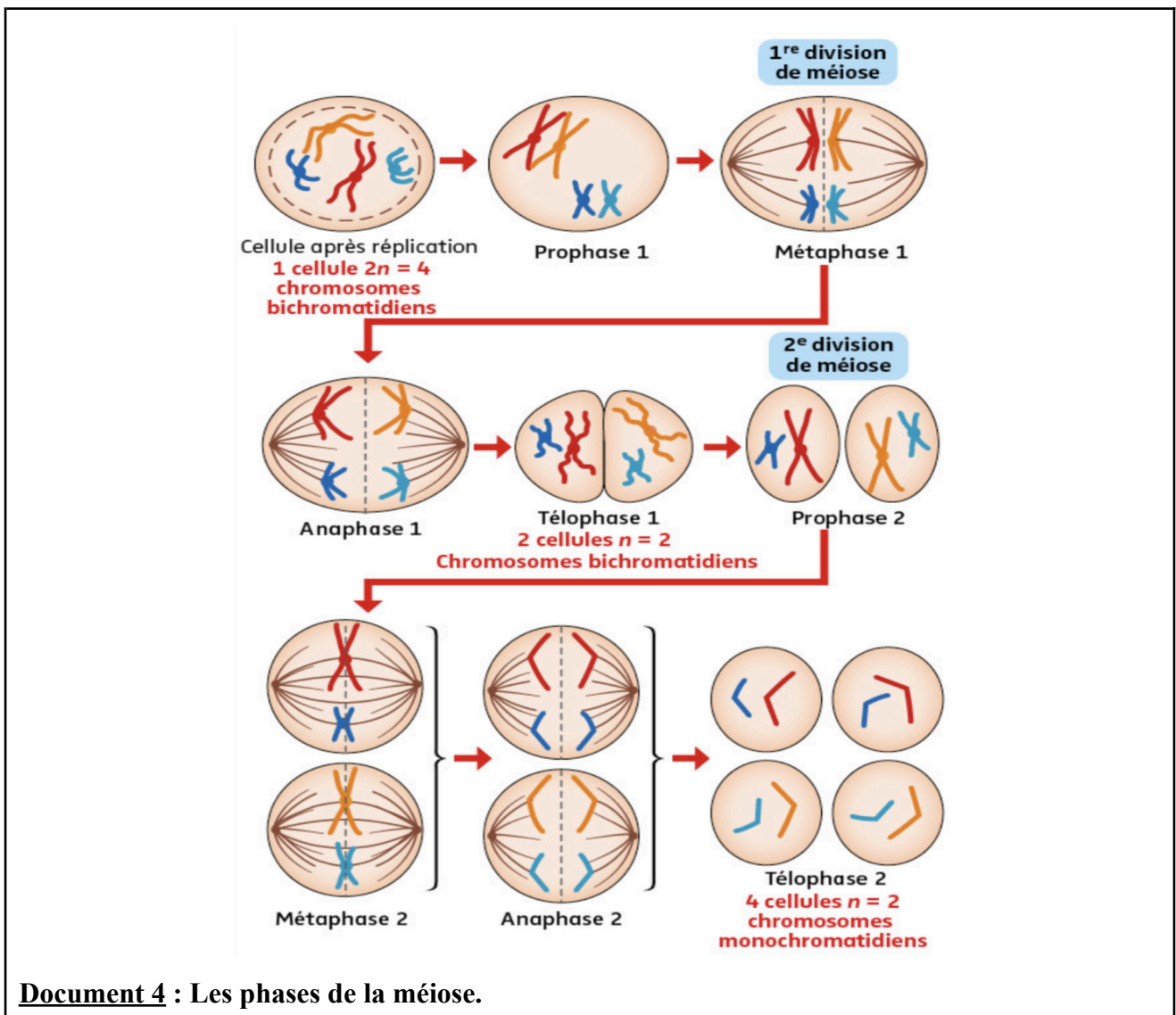
La première division de méiose permet l'individualisation et la condensation des chromosomes (Prophase 1). Les chromosomes homologues de chaque paire se placent sur la plaque équatoriale (Métaphase 1) puis se séparent (Anaphase 1) et se répartissent dans 2 cellules filles (Télophase 1).

C'est lors de cette première division que l'on passe de $2n$ chromosomes à n chromosomes à 2 chromatides. Cette première division est dite réductionnelle car elle diminue de moitié le nombre de chromosomes. Malgré tout, un représentant de chaque chromosome est bien présent, ce qui permet la stabilité du caryotype

2. La seconde division de méiose ou méiose II (division équationnelle)

La méiose II assure la séparation des chromatides de chaque chromosome, de façon synchrone dans les 2 cellules filles produites à la première division. Les chromosomes subissent une nouvelle prophase (Prophase 2) puis se placent sur 2 plaques métaphasiques distinctes (Métaphase 2). Les chromatides sœurs des chromosomes sont alors séparés (Anaphase 2) puis les chromosomes se répartissent dans les 4 cellules filles (gamètes haploïdes).

Ainsi, on passe de n chromosomes à 2 chromatides à n chromosomes à une chromatide. Cette division est dite équationnelle (on conserve la formule $n = x$ chromosomes). Elle se déroule comme une mitose mais sur des cellules à n chromosomes.



Document 4 : Les phases de la méiose.

B) La place de la méiose en dehors du cycle cellulaire

La méiose est une division cellulaire permettant la formation des gamètes (spermatozoïdes et ovules) à partir de cellules germinales qui sont localisées dans les gonades (testicules, ovaires, étamines et ovaire des végétaux).

Elle produit quatre cellules filles haploïdes à partir d'une cellule mère diploïde. Comme lors de la mitose, la méiose nécessite une étape préalable de réplication de l'ADN.

Néanmoins, la méiose ne s'intègre pas dans le « cycle cellulaire ». En effet, elle est suivie par une étape de fécondation (F) qui ramène la quantité d'ADN à la normale ($Q=1$). Par la suite, la cellule-œuf va reprendre le cycle cellulaire. Lors de l'anaphase 1, la séparation des chromosomes permet d'obtenir 2 cellules filles différentes. Ainsi, chaque gamète sera différent, ce qui permet d'obtenir des descendants différents.

La méiose est donc une double division cellulaire qui sépare les paires de chromosomes puis les chromatides sœurs de chaque chromosome. Elle produit donc 4 cellules filles haploïdes (gamètes) à partir d'une cellule mère diploïde. Chacun de ces gamètes est génétiquement différent, ce qui assure la diversification des individus issus de la reproduction sexuée.

Bilan : La méiose est constituée de deux divisions cellulaires successives. La première division permet la séparation des deux chromosomes de chaque paire de chromosomes homologues, et la formation de deux cellules-filles haploïdes, à n chromosomes doubles. La seconde division se déroule immédiatement à la suite de la première, sans interphase. Elle permet la séparation des chromatides de chaque chromosome double. Finalement, la méiose produit donc des cellules-filles haploïdes à partir d'une cellule-mère diploïde.

Tableau comparatif de la mitose / méiose

	MITOSE	MÉIOSE
Cellules concernées		
Déroulement		
Cellules filles		
Place dans l'organisme vivant		
Schéma simplifié de la cellule mère et des cellules filles après division.		

VOCABULAIRE EN GÉNÉTIQUE :

- **Caryotype** : Présentation de l'ensemble des chromosomes d'un individu, classés par paire d'homologues, par la place du centromère et par taille décroissante.
- **Cellules germinales** : cellules qui en se divisant par méiose donnent les gamètes.
- **Cellules somatiques** : ensemble des cellules du corps à l'exception des cellules germinales et des gamètes.
- **Cellule diploïde** : cellule de l'organisme dans laquelle chaque type de chromosome existe en 2 exemplaires (on le note $2n$ chromosomes).
- **Cellule haploïde** : cellule de l'organisme dans laquelle chaque type de chromosome existe en un seul exemplaire (on le note n chromosomes).
- **Cellule œuf ou zygote** : Première cellule d'un organisme, issue de la fécondation des deux cellules haploïdes (ex :gamètes). Son patrimoine génétique sera celui de toutes les cellules du corps qui en dériveront par mitoses.
- **Chromatine** : Il s'agit de l'ADN sous forme filamenteuse, décondensé.
- **Chromatide** : Une chromatide correspond à une molécule d'ADN.
- **Chromosome** : Les chromosomes sont des empaquetages très denses d'ADN. Les chromosomes peuvent être simples (1 chromatide) ou doubles (2 chromatides).
- **Chromosomes homologues** : chromosomes de la même paire, un provenant de la mère et l'autre du père.
- **Fécondation** : étape initiale capitale de tout individu issu d'une reproduction sexuée. La fécondation rétablit la diploïdie et établit le génotype de l'individu. Celui-ci est unique génétiquement. L'œuf se segmente et les cellules forment l'embryon.
- **Gamète** : cellule haploïde spécialisée dans la reproduction sexuée. Les gamètes mâles, petits et mobiles sont les spermatozoïdes. Les gamètes femelles gros et immobiles, sont les ovules.