

Mitose

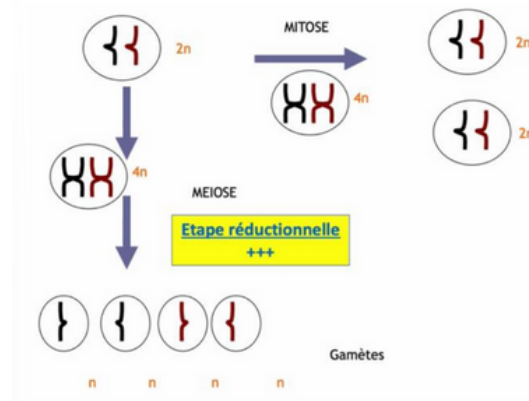
Coucou, j'espère que vous allez bien et que l'année commence bien !

Je sais que ça peut être compliqué au début les nouvelles notions et qu'on peut vite s'embrouiller alors je vais essayer de vous faire des belles petites fiches avec le max d'explications (qui seront dans cette couleur) pour que ca soit le plus agréable possible pour vous. Et surtout si vous avez le moindre problème, hésitez vraiment pas à me demander, j'essayerais de répondre le plus rapidement possible 😊

Il existe deux types de divisions cellulaires : la Mitose et la Méiose

	Mitose	Méiose
cellules concernées	cellules <u>somatiques</u>	cellules <u>germinales</u>
définition	Elle permet d'obtenir à partir d'une cellule mère, 2 cellules filles considérées comme génétiquement <u>identiques</u>	C'est un ensemble des processus biologiques qui permet d'aboutir à la formation de cellules sexuelles (= gamètes) haploïdes à n chromosomes
déroulement	<u>1 division cellulaire</u> qui permet de passer d'une cellule diploïde à 2n chromosomes à 2 <u>cellules diploïdes</u> à chacune 2n chromosomes	<u>2 divisions cellulaires</u> successives qui permettent de passer d'une cellule diploïde à 2n chromosomes à 4 <u>cellules haploïdes</u> à n chromosomes
mécanisme	séparation des chromatides de chaque chromosome double qui implique une étape de réplication de l'ADN	1ère division : séparation des chromosomes homologues 2e division : séparation des chromatides de chaque chromosome double

Petti schéma récap :



1. Le cycle cellulaire

La mitose est un phénomène **continu** qui s'inscrit dans le cycle cellulaire.

Au cours de leur vie, la plupart des cellules de l'organisme sont en **phase G0** (c'est une phase de "quiescence" qui se trouve en dehors du cycle cellulaire (mais vous le verrez mieux en biocell))

Puis, une partie d'entre elles vont passer en phase G1 et débiter ce cycle de division cellulaire.

Il existe **4 phases** dans le cycle cellulaire :

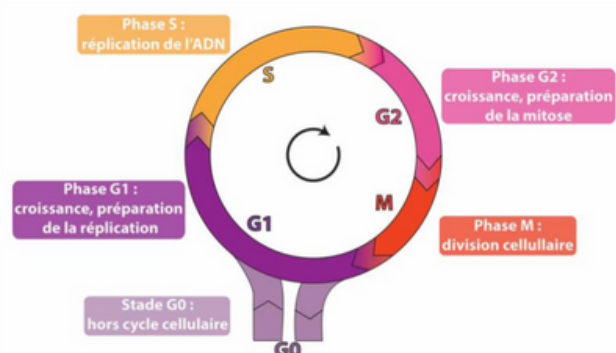


- G1: croissance et préparation à la réplication
 - S: synthèse de l'ADN
 - G2: préparation à la mitose
- } période d'interphase
- M : division cellulaire

Les cellules vont donc passer de manière constante/continue de la phase G1 (préparation à la réplication), à la phase S (synthèse), à la phase G2 (préparation mitose) et à la phase M (qui correspond en elle même à la phase de mitose).

Après avoir subi la mitose, la cellule mère va donc donner **deux cellules filles** (identiques à la cellule mère), qui pourront soit aller vers le **stade G0** (sortie du cycle), soit aller vers le **stade G1** et recommencer.

Les 3 étapes successives (G1, S, G2) correspondent à la période d'interphase.



Le cycle cellulaire est extrêmement bien régulé par tout un tas de **cyclines**. Chaque cycline va activer une Cdk qui va être spécifique de chaque phase du cycle cellulaire.

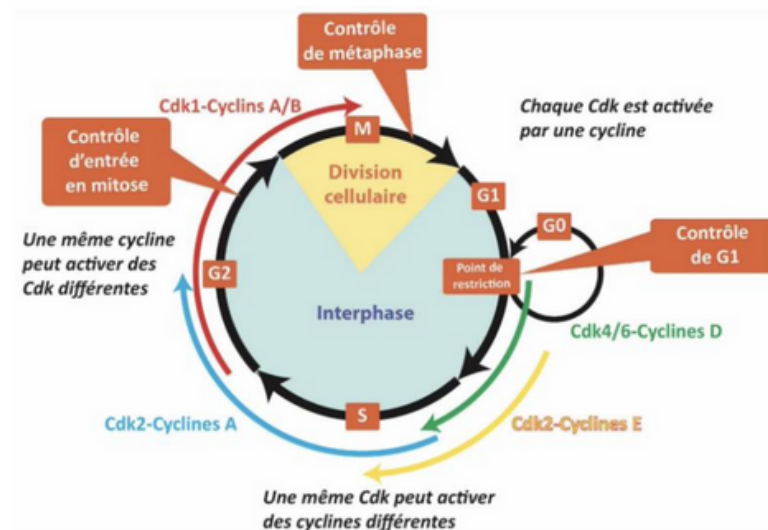
Petite explication/ illustration pour mieux comprendre, en gros imaginez que :

- Les Cdk agissent comme des interrupteurs.
- Les cyclines sont les clés qui permettent d'allumer ces interrupteurs.

Et que chaque phase du cycle a sa cycline spécifique, donc son interrupteur propre.

Donc en gros chaque cycline active une Cdk, et ensemble elles vont faire passer la cellule d'une étape à la suivante, dans le bon ordre.

Il faut vraiment les voir comme les chefs d'orchestre du cycle cellulaire, c'est vraiment elles qui vont décider si on peut passer à l'étape suivante du cycle ou non (j'espère que c'est plus clair pour vous 😊)



- pour passer de la phase G1 à S : **cyclines D** et **Cdk 4/6**
- pour passer en phase S : **cyclines E** et **Cdk 2**
- pour passer de la phase S à G2 : **cyclines A** et **Cdk 2**
- pour passer en phase M (contrôle d'entrée en mitose) : **cyclines A et B** et **Cdk 1**

Il existe aussi des points de restrictions (points R) qui représentent une des étapes les plus importantes du cycle. Passé au delà, une cellule ne peut plus revenir en arrière

On retrouve un point de restriction lorsque la cellule passe de la **phase G0 à G1**. Et on en retrouve un deuxième à **l'issue de la phase G2**. (vous pouvez les voir en encadré en orange sur le schéma)

2. La réplication de l'ADN

Pour donner 2 cellules filles qui vont avoir exactement le **même matériel génétique** et chromosomique sans perdre de quantité d'ADN, il faut absolument passer par une phase de réplication de l'ADN.

Cette réplication d'ADN va survenir en **phase S** (entre les phases G1 et G2).

Pour répliquer l'ADN, il va falloir que celui-ci soit **décompacté** c'est à dire déroulé (**donc pas sous forme de chromosomes, comme les chromosomes sont hyper condensés**) et que la machinerie de réplication puisse accéder à chaque brin d'ADN, pour qu'il puisse être dupliqué.

Les 2 brins vont s'écartier l'un de l'autre au niveau de certains endroits et chaque brin va servir lui même de modèle pour synthétiser le brin complémentaire : c'est **l'ADNc** ou **ADN complémentaire**.

Une fois que cette réplication est terminée, on va avoir nos chromosomes qui vont être répliqués et qui vont être **accrochés par le centromère**. (au cas ou si c'est pas clair pour le centromère, c'est une région du chromosome (pas une protéine) qui sert de point de liaison entre les deux chromatides sœurs, pour qu'elles restent ensemble)

Ces chromosomes à **2 chromatides** vont se séparer pour donner ensuite les chromosomes dans les cellules filles.

On parle de réplication **semi-conservative** de l'ADN puisque chaque molécule fille d'ADN va hériter d'un brin d'ADN parental. On a un transfert de l'information génétique de la cellule mère vers la cellule fille.

Petit résumé :

Après la réplication de l'ADN, chaque chromosome est formé de **2 chromatides sœurs** reliées par un centromère.

☞ Lors de la mitose, ces **chromatides sœurs se séparent**.

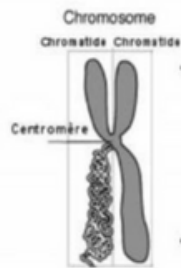
☞ Chaque cellule fille reçoit alors une chromatide → qui devient un chromosome complet.

Donc :

Un chromosome à 2 chromatides → séparation → deux chromosomes à 1 chromatide (un dans chaque cellule fille).

Réplication de l'ADN

Elle a lieu en phase S:



Décompaction de la molécule d'ADN

Réplication semi-conservative de l'ADN

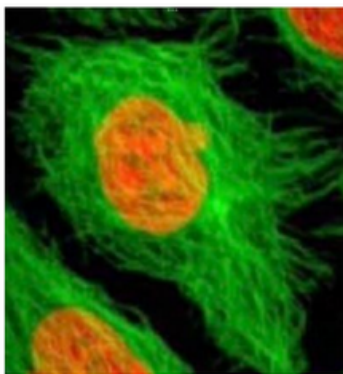
Les deux brins s'écartent l'un de l'autre en certains endroits, et chaque brin sert de modèle pour synthétiser le brin complémentaire



→ chacune des molécules filles hérite d'un brin de l'ADN parental

Je vous ai mis la diapo du prof, regardez bien quand on mets des diapos, des fois il y a des infos qui sont pas répétées dans les fiches et c'est super important !!

Avant de voir les étapes de la mitose, on va voir vite fait une cellule un interphase :)



On a :

- Noyau bien délimité par sa membrane
- Chromatine au centre plus ou moins dispersée (qu'on peut parfois apparemment à des mottes de beurre) (me demander pas pourquoi)

3. Les étapes de la mitose

Une fois que la réplication a eu lieu, on va avancer dans la phase G2, passer le point de contrôle d'entrée dans la mitose et arriver dans la phase mitose proprement dite qui va comprendre 4 phases : **prophase**, **métaphase**, **anaphase** et **télophase**.

Ensuite, une fois que la télophase est survenue, on aura la **cytodiérèse** qui va permettre la séparation des 2 cellules filles. (la cytodiérèse c'est la séparation du cytoplasme à la fin de la mitose)

Là on va rentrer dans le gros du cours avec toutes les étapes de la mitose mais ne vous inquiétez pas EmMamelon va vous expliquer tout ça tranquillement !

A. La prophase

Il y a un **aster** qui apparait correspondant à la formation du centrosome et du fuseau mitotique.

Les molécules d'ADN vont se **condenser** sous la forme de chromosomes à 2 chromatides (issues de la réplication de l'ADN)
(avant ça l'ADN était décompacté pour permettre la réplication)

On a ensuite une **séparation** progressive des chromosomes (ça veut dire qu'ils vont s'individualiser)

Comme je sais que ça peut être un peu flou cette histoire d'aster et de centrioles je vais essayer de mieux vous expliquer.

Je vous ai ajouté une petite photo pour que vous puissiez mieux visualiser et comprendre 😊

Donc on a :

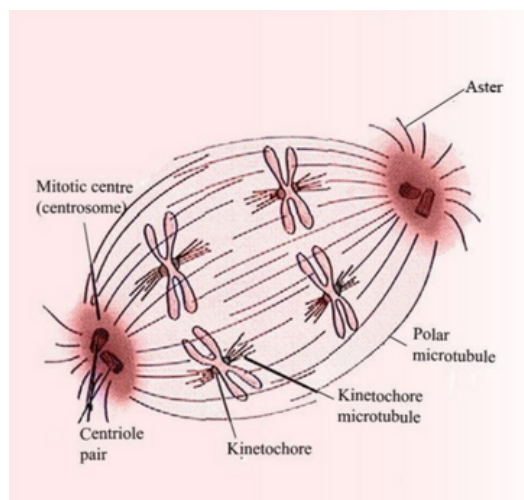
- Les centrioles qui se dupliquent => formation centrosome
- Autour de chaque centrosome, des microtubules rayonnent => formation asters

Petit point définition:

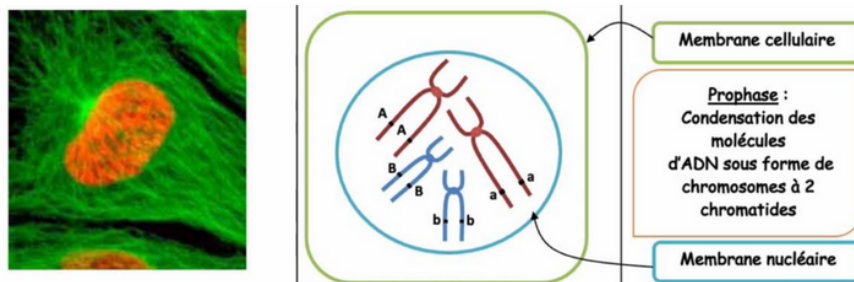
- Un centriole est une petite structure cylindrique faite de microtubules et lorsqu'il y a duplication on se retrouve avec deux centrioles (placés en angle droit) => ce qui forme un centrosome.
- Un aster c'est une structure qui aide à positionner le fuseau mitotique et donc à orienter et organiser correctement la division des chromosomes pendant la mitose et donc la division de la cellule.

Voilà j'espère que c'est aukey et que je vous ai pas embrouillé,

Tout ce que je vous dit c'est vraiment pour votre compréhension donc pas besoin de l'apprendre pour l'examen classant ne vous en faites pas.



Je vous remet la diapo du prof pour chaque phase, comme ça vous permet de mieux visualiser avec les images



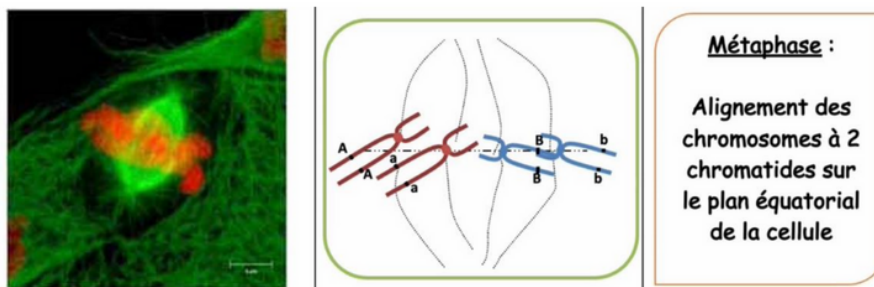
B. La métaphase

Les **chromosomes** commencent à se répartir les uns à côté des autres et s'alignent **SUR** la plaque équatoriale.

Les centromères (points qui permettent de relier chacune des chromatides) vont guider le positionnement des chromosomes sur la plaque équatoriale.

En effet, les chromosomes sont accrochés sur les microtubules reliés à l'extrémité du fuseau mitotique.

Cette accroche sur les filaments microtubulaires se fait par ce qu'on appelle les kinétochores.



Petit tut'spoiler pour que vous compreniez, un kinétochore c'est une petite protéine d'ancrage, qui relie le centromère aux microtubules et qui agit un peu comme un crochet.

Ce qui fait que quand le microtubule se raccourcit, le kinétochore va "partir" avec et "tracter" le centromère.

Donc en gros pour cette phase c'est juste les microtubules du fuseau qui tirent sur les kinétochores et maintiennent les chromosomes alignés sur la plaque équatoriale.

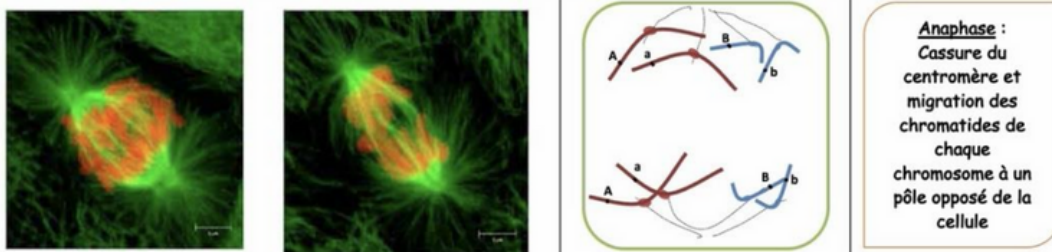
Mais vous le reverrez encore mieux dans dans 3 pages

C. Anaphase

C'est la période de **séparation des chromosomes**, qui sont attirés vers les pôles du fuseau mitotique. Ils ne sont donc plus sur la plaque équatoriale.

À un stade un peu plus avancé, on a 2 lots de chromosomes bien séparés.

Il y a une cassure des chromosomes au niveau des centromères et une migration des chromatides à chaque pôle cellulaire (accrochées sur les microtubules via le kinétochore)

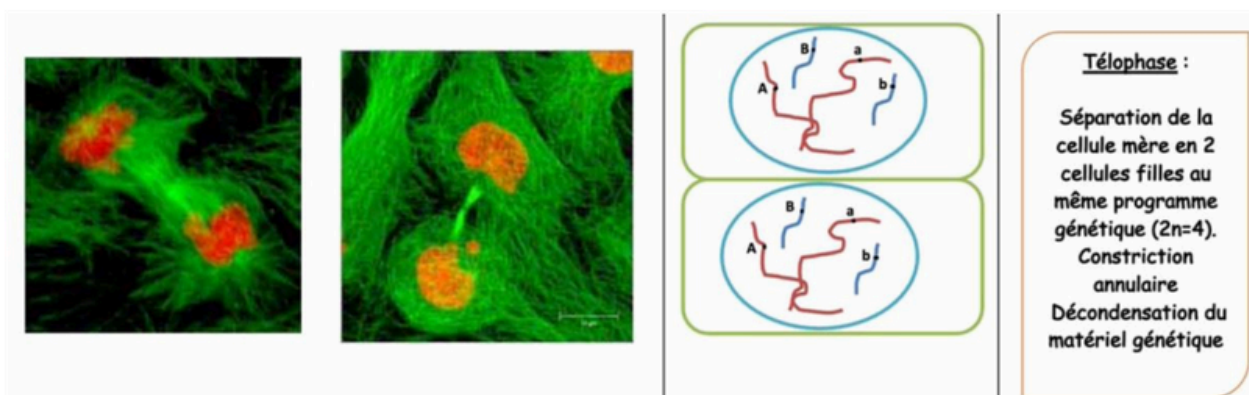


D. Télophase

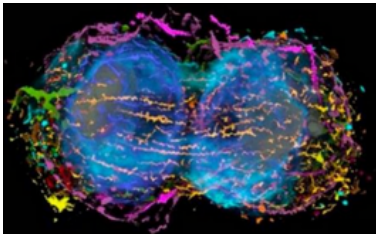
Il s'agit de la séparation définitive des deux lots de chromosomes.

Le fuseau mitotique s'étrangle sur sa partie centrale, les membranes vont se reconstituer et on a ensuite la cytotélocytose avec la reconstitution des 2 noyaux des futures 2 cellules filles.

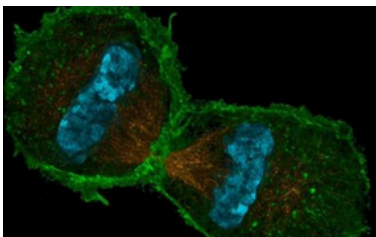
Il y a vraiment cette séparation de la cellule mère en **2 cellules filles** avec le matériel chromosomique **totalemt reconstitué** (46 chromosomes dans chacune des cellules).



Reconstitution 3D :

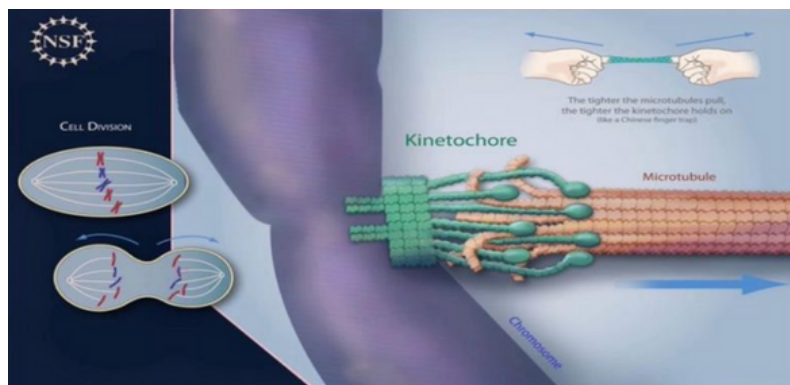


On a ici une cellule qui est en train de terminer sa mitose. A chaque pôle du fuseau mitotique, on aperçoit les lots chromosomiques (les grosses taches oranges aux pôles des cellules) et on voit encore le fuseau autour qui sert de point d'accroche.



À un stade un peu moins avancé, on voit les 2 lots chromosomiques (en bleu), le fuseau mitotique (en orange), ainsi que la cytotéièrese qui a lieu (en vert) au milieu des 2 cellules filles.

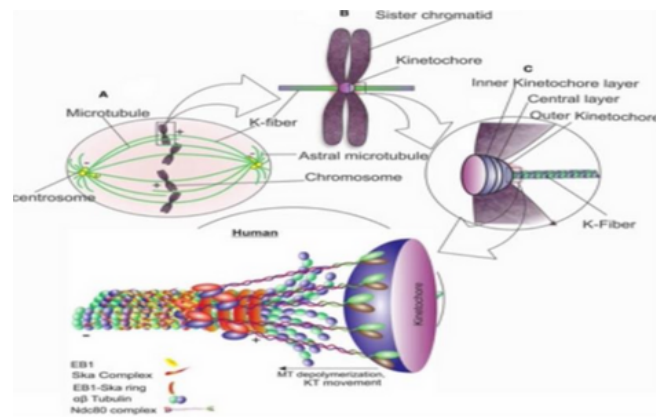
Zoom sur les kinétochores :



Les chromatides sont attachés via les kinétochores (au niveau du centromère) au fuseau mitotique.

Les kinétochores sont des protéines d'ancrage (D'un côté il va venir se "brancher" comme une prise au niveau de la chromatide et de l'autre il va s'accrocher un peu comme un filet avec des tentacules autour du microtubule. Son but c'est vraiment de relier/de faire le lien entre chromatides et microtubules).

Au moment de l'anaphase, les microtubules vont tracter les kinétochores pour permettre de séparer les chromatides au niveau du centromère pour donner le futur matériel génétique des cellules filles.

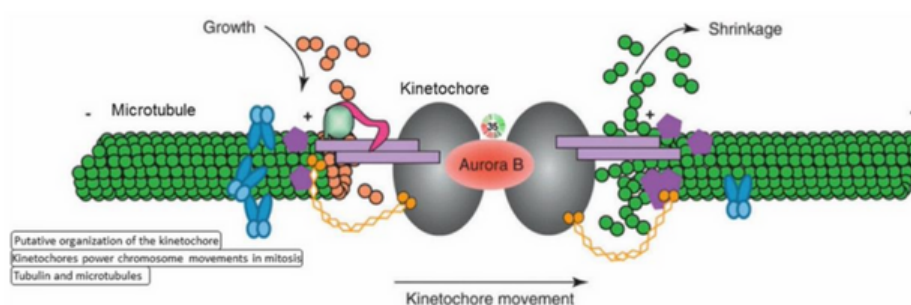


À plus fort grossissement, on a sur la plaque équatoriale le centromère qui va être accroché aux microtubules (en vert) par ces fameux kinétochores.

Le kinétochoire est une structure extrêmement complexe qui va se dépolymériser pour permettre de tracter les chromatides vers l'extrémité du fuseau mitotique (au niveau des centrosomes) pour permettre de les séparer.

Alors en réalité, ce sont les microtubules du fuseau qui se dépolymérisent au niveau des kinétochores, ce qui entraîne la traction et la séparation des chromatides vers les pôles. Mais essayez de retenir la version du prof.

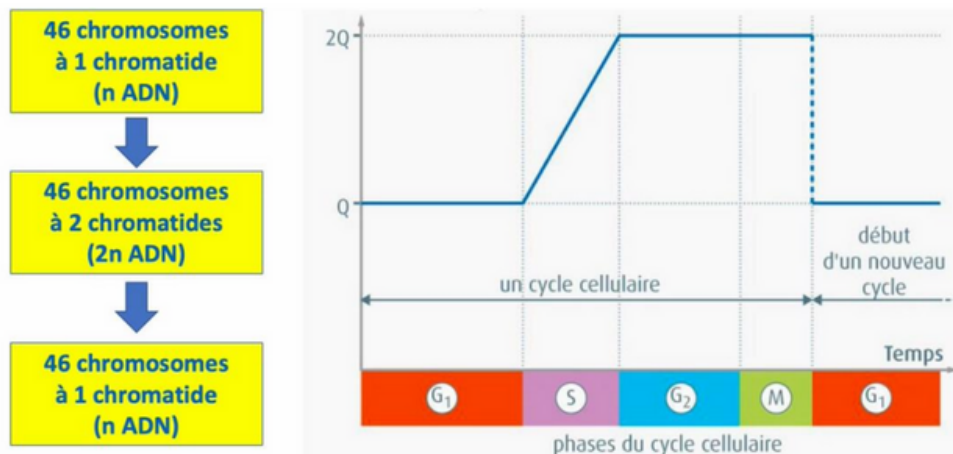
Au niveau moléculaire :



On a toujours notre kinétochoire sur chaque chromatide et entre les deux, on a notre protéine Aurora qui permet de stabiliser le centromère et qui va donc être clivée au moment de l'anaphase. (comme il y a séparation des chromatides)

Le tutorat est gratuit (et génial). Toute reproduction ou vente est interdite.

Évolution de la quantité d'ADN dans la cellule :



Initialement on a 46 chromosomes à 1 chromatide (2n chromosomes) puisqu'on a 23 paires de chromosomes.

On considère qu'en terme d'ADN il s'agit d'1 seule quantité d'ADN (n ADN)

Entrée en mitose on a une duplication des chromatides de chaque chromosome (46 chromosomes à 2 chromatides)

On passe artificiellement à "4n chromosomes". Ce n'est pas un vrai 4n chromosomes parce qu'on n'a pas 92 chromosomes, on a juste 46 chromosomes à 2 chromatides. Donc en termes de volume d'ADN on arrive à 2n ADN puisqu'on a doublé la quantité d'ADN.

In fine lors de la division des cellules : on revient à 46 chromosomes à 1 chromatide (n ADN)

Faites bien attention à la distinction entre n chromosomes et n adn ! C'est pas la même chose !

Pour ceux ou c'est flou toute cette histoire d'adn je vais essayer de vous sortir bientôt une petite fiche explicative avec vraiment le maximum de détails pour que ça soit bien compris et aquis !!

Petit mot de la fin !

Déjà j'espère que j'ai été claire et que la mitose c'est AUKAY pour tout le monde
Ensuite je vais sortir la version complète de la méiose et de la différenciation sexuelle partie 1
juste après (qui sont à 95% complètes d'ailleurs), donc ne vous inquiétez pas, les version TTR
de mes cours suffisent pour la séance tut 1 de ce samedi !!

Pour finir petit moment encouragement et tendresse :

Dédi à gigi ma petite maman d'amour et à mon beau père chéri !!
Dédi à ma soeur et mon frère ❤️

Dédi à Léo, Raph, Yoann, Duncan et Thanh Dat !!
Donnez tout cette année, travaillez à fond et vous ne pourrez qu'être fiers de votre parcours
!! Vous pouvez déjà être fiers de vous de choisir des études aussi compliquées.
Quoiqu'il arrive on sera toujours derrière vous avec papa et maman ! On sait que vous en êtes
capables alors ne lâchez rien !

Ce que je viens de dire vaut pour vous tous qui lisez !! Vous pouvez tous le faire en vous
vous donnez les moyens ! Tout le tutorat est derrière vous !!

Dédi à Marc, toi aussi, donne toi à fond cette année et tout ira bien !
Absolument tout pareil pour Estelle et Laura les deux plus mimi de l'amphi 5 <3 et pour Enzo,
Celia et Resera mes autres fillots d'amour !!

Et pour finir spéciale dédi Andreea et Robin, vous êtes les plus fort vraiment, surtout ne
doutez pas de vous, on sait tous que vous allez réussir haut la main !! Moi je crois fort fort
fort en vous <3