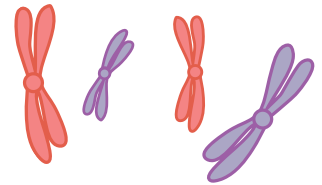


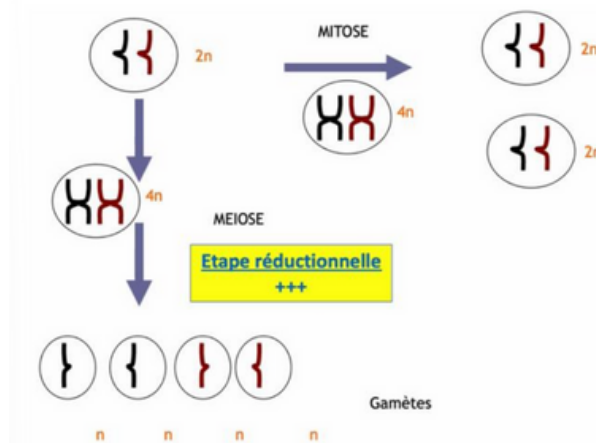
# Mitose & Méiose



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 <u>génétiquement 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 <b>2 cellules diploïdes</b> à chacune 2n chromosomes	<u>2 divisions cellulaires</u> successives qui permettent de passer d'une cellule diploïde à 2n chromosomes à <b>4 cellules haploïdes</b> 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 :



## La Mitose :

### 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 :

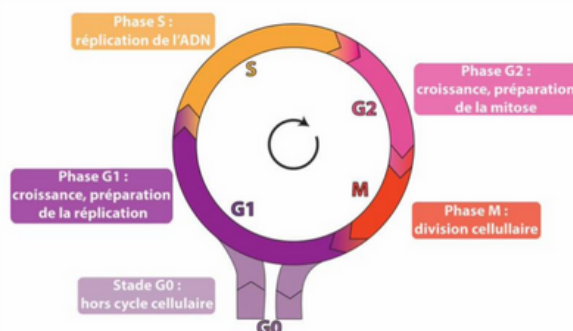


- G1: croissance et préparation à la réplication
  - S: synthèse de l'ADN
  - G2: préparation à la mitose
  - M : division cellulaire
- } période **d'interphase**

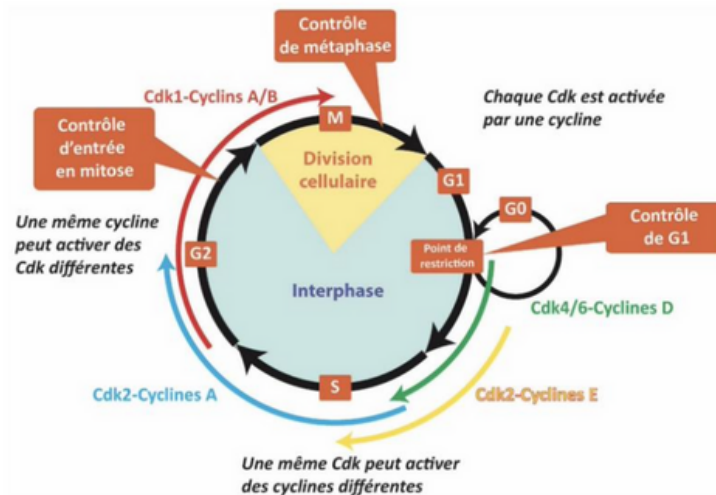
Les cellules vont donc passer de manière constante et continue de la phase G1 (croissance) , à la phase S ( synthèse ), à la phase G2 ( préparation mitose ) et à la phase M ( qui correspond en elle-même à la phase de mitose ).

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.



- 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**

Les points de restrictions (points R) représentent une des étapes les plus importantes du cycle. 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'écarter l'un de l'autre en certains endroits et chaque brin va servir lui même de modèle pour synthétiser le brin complémentaire : c'est l'ADNc ou ADN complémentaire.

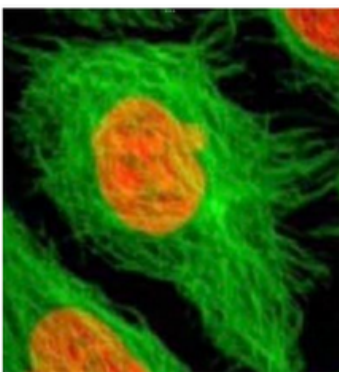
Une fois que cette réplication est terminée, on va avoir nos chromosomes qui vont être répliqués et qui vont être **accrochés par le centromère**.

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 génétiques de la cellule mère vers la cellule fille.



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



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

### 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**.

Une fois que la télophase est survenue, on aura la cytodiérèse qui va permettre la séparation des 2 cellules filles.

La 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 !

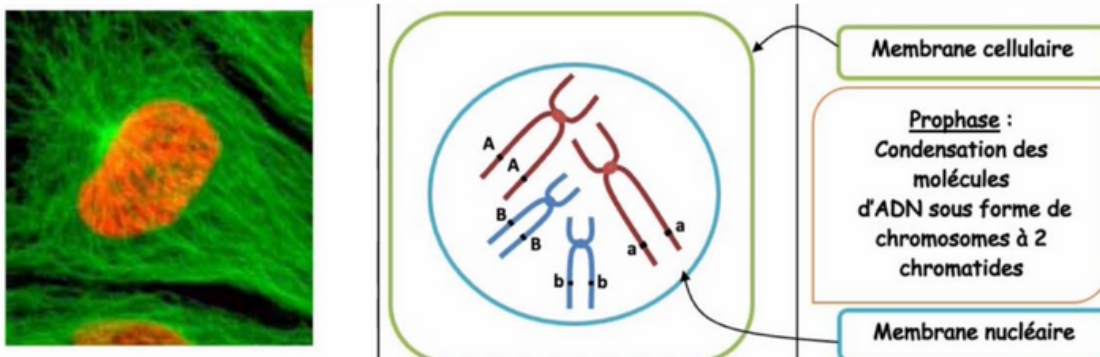
Un aster est une structure qui aide à organiser la division des chromosomes pendant la mitose.

#### A. La prophase

Un **aster** apparait correspondant à la formation du centrosome. ↗

Les molécules d'ADN vont se **condenser** (rappel : l'ADN était décompacté pour permettre la réplication) sous la forme de chromosomes à 2 chromatides (issues de la réplication de l'ADN) ( on rappelle : décompaction → séparation → réplication → cytodiérèse → et ici condensation )

On a ensuite une constitution progressive de la **membrane nucléaire** ainsi qu'une **séparation** progressive des chromosomes (ça veut dire qu'ils vont d'individualiser)

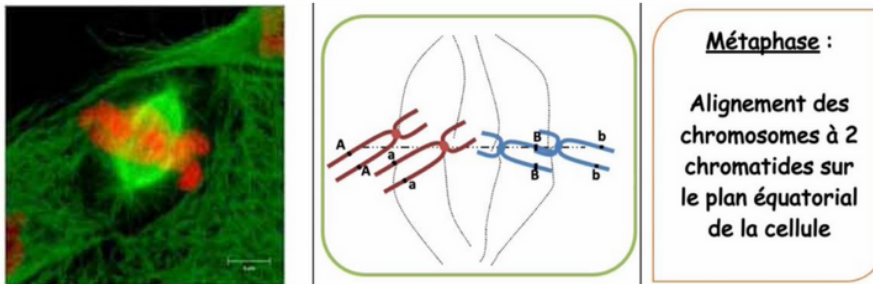


## B. La métaphase

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 "glisser" 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.

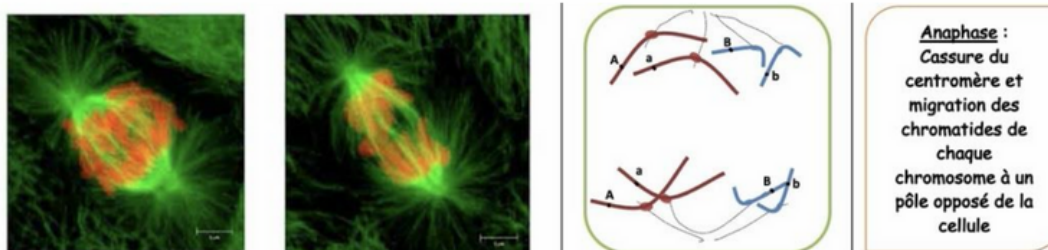
Donc petit récap :

On a nos chromosomes qui ont chacun 2 chromatides qui sont reliées par les centromères. Au niveau de ces centromères on va avoir des kinétochores qui seront accrochés aux microtubules. Ces microtubules sont eux-mêmes reliés au fuseau mitotique. (j'espère que je vous ai pas embrouiller avec mes explications)

## 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.

Cassure des chromosomes au niveau des centromères et migration des chromatides à chaque pôle cellulaire (accrochées sur les microtubules via le centromère)

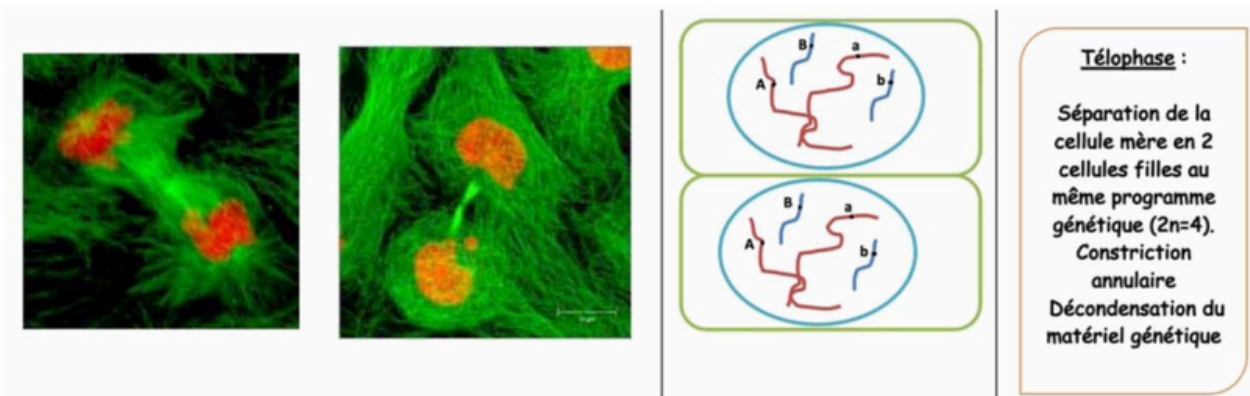


## D. télophase

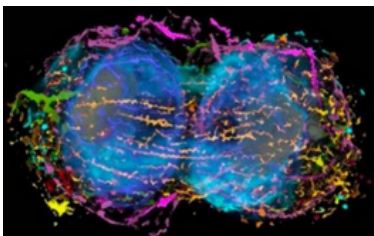
Il s'agit de la séparation définitive des deux lots de chromosomes.

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

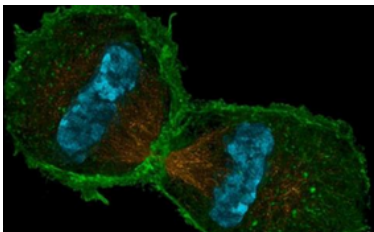
Il y a vraiment cette séparation de la cellule mère en **2 cellules filles** avec le matériel chromosomique **totalemt reconstitué** (46 chromosomes dans chacune des cellules).



## Reconstitution 3D :

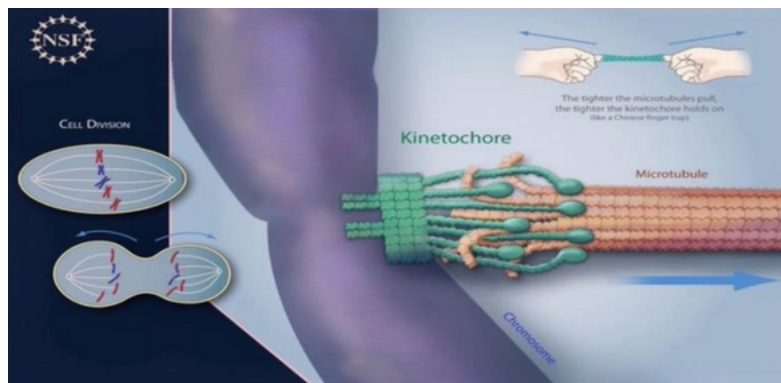


On a ici une cellule qui est en train de terminer sa mitose. A chaque pôle du fuseau mitotique, on aperçoit les lots chromosomiques et on voit encore le fuseau autour qui sert de point d'accroche.



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

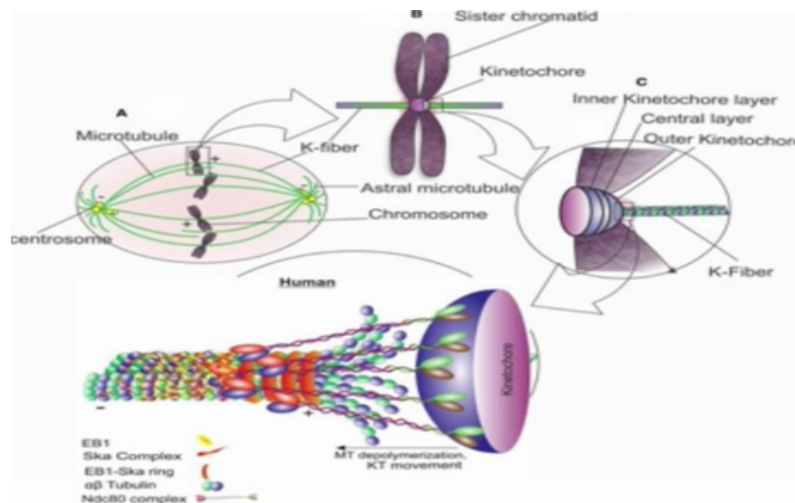
## Zoom sur les kinétochores :



Rappel : les chromosomes sont attachés par leur **centromère** (via les kinétochores) au fuseau mitotique qui est constitué de microtubules.

Les kinétochores sont des **protéines d'ancrage** (un peu comme un filet qui va venir s'arrimer autour du microtubule avec des tentacules comme celles d'un poulpe qui vont vraiment s'enchevêtrer).

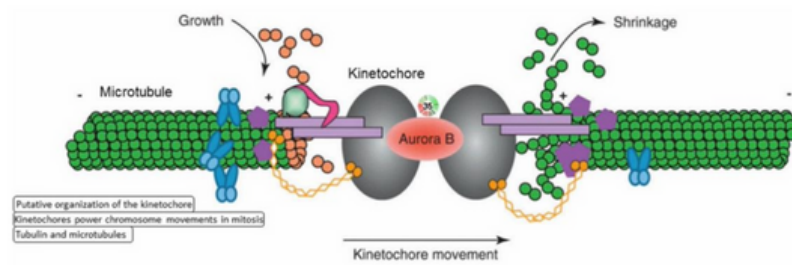
Au moment de l'anaphase, les microtubules vont tracter sur les kinétochores pour permettre de séparer les chromatides au niveau du centromère pour donner le futur matériel génétique des cellules filles.



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 kinétochore 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.

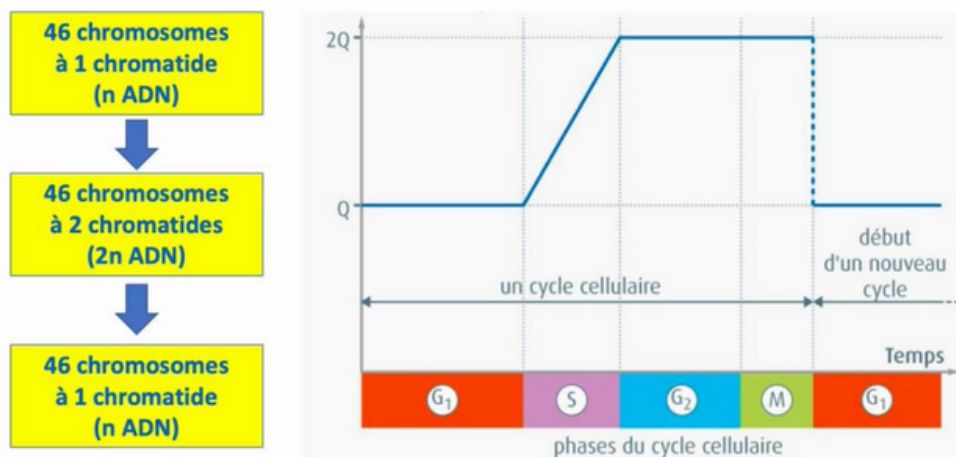
Alors en réalité, ce sont les microtubules du fuseau qui se dépolymérisent au niveau des kinétochores, ce qui entraîne la traction et la séparation des chromatides vers les pôles. Mais essayer de retenir la version du prof.

## Au niveau moléculaire :



On a toujours notre kinétochore 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.

## 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)

$n$  = nombre de jeux haploïdes de chromosomes (chez l'humain,  $n = 23$ ).

# La Méiose :

La méiose est très différente de la mitose parce que même s'il s'agit d'une division cellulaire, elle ne concerne que les cellules de la lignée **germinale**, elle ne concernera jamais les cellules somatiques. Son objectif est d'obtenir in fine des gamètes mâles ou femelles.

## 1. Vue d'ensemble de la méiose

Elle comprend 2 divisions cellulaires successives, avec **1 seule réplication** d'ADN qui précède la première division de la méiose.

Le but de ces 2 divisions cellulaires est d'assurer le passage d'**1 cellule diploïde** ( $2n$  chromosomes) à **4 cellules haploïdes** ( $n$  chromosomes).

On parlera donc d'une division réductionnelle et d'une division équationnelle (terme fondé sur le nombre de chromosomes et pas sur le nombre de molécules d'ADN)

La première division est dite réductionnelle, car on divise par 2 le nombre de K, on passe 46 à 23 K. ( Elle est donc nécessairement précédée d'une phase S de synthèse ou réplication).

Elle permet de distribuer de manière aléatoire les K homologues entre les 2 cellules filles, sans les casser au niveau de leurs centromères.

Ceci s'oppose à la deuxième division de méiose, appelée équationnelle. En effet, elle divise par 2 la quantité d'ADN, car elle n'est pas précédée d'une phase S. Les  $n$  K présents vont être cassés au niveau de leur centromère et chaque Kides va être aléatoirement être redistribuée dans les cellules filles, comme dans une mitose standard.

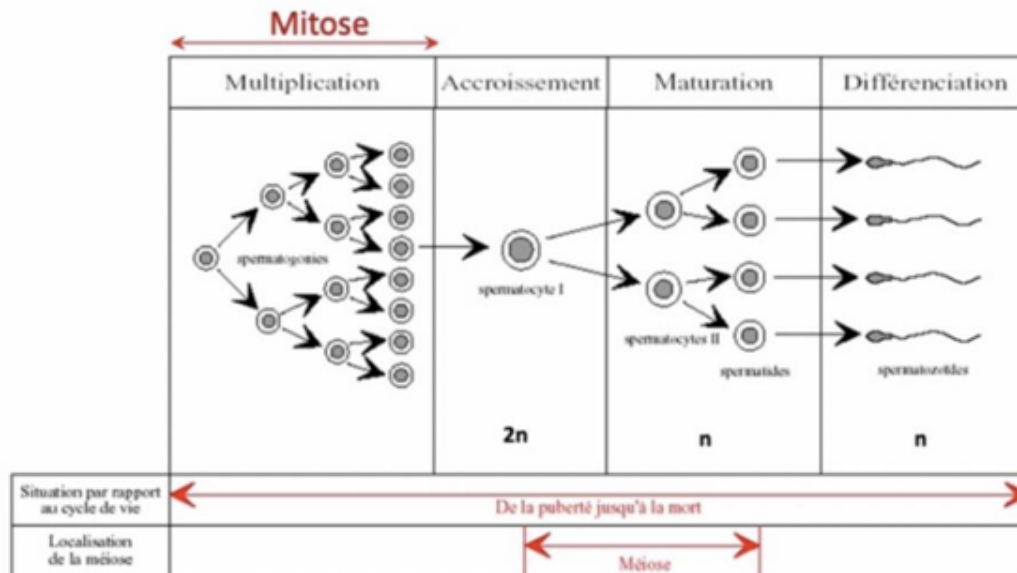
## Conséquences de la méiose

- Réduction du contenu génétique des cellules (on passe de  $2n$  chromosomes à  $n$  chromosomes)
- Transmission d'une information génétique (parcellaire car on ne transmet pas toute l'information génétique)
- Brassage extrêmement important de l'information génétique compte tenu des mécanismes mis en jeu (crossing-over, ségrégations possibles de segment d'ADN)

MEIOSE I → Réductionnelle	MEIOSE II → Équationnelle
Divise par deux le nombre de chromosomes	• Divise par deux la quantité d'ADN
précédée d'une phase S	• Non précédée d'une phase S
Permet de distribuer les chromosomes homologues (répliqués et recombinaison) entre 2 cellules-filles	• Permet de séparer les chromatides au niveau du centromère (comme une mitose)

La méiose est possible uniquement après une première étape qui va conditionner la gamétogénèse : celle de la multiplication des gonies.

Exemple pour le sexe masculin :



Il va donc y avoir une différenciation de la gonie en -cyte primaire, puis -cyte secondaire, puis après -tides ou -zoïde dans le cas du sexe masculin.

On verra plus tard que chez la femme nous n'avons pas de méiose complète.

Cette étape est indispensable car sans elle, nous n'aurions pas de pool souche suffisamment grand de gonies ( et donc potentiellement pas assez de gamètes à utiliser pendant la vie génitale)

Attention : il existe des différences entre les 2 sexes :

Sexe masculin	Sexe féminin
<p>multiplication des gonies continue avec une division asynchrone qui va permettre de garder un pool de cellules souches (donc la spermatogénèse ne s'arrêtera jamais)</p>	<p>toutes les cellules souches vont entrer en mitose puis en méiose (donc pas de pool souche), ce qui explique que les règles vont s'arrêter à un moment de la vie des femmes (la ménopause)</p>
<p>commence pendant la vie intra-utérine et elle va continuer tout au long de la vie</p>	<p>pendant la vie intra-utérine</p>

## 2. Description de la méiose I

Nous allons maintenant d'écrire la méiose en expliquant chacune des étapes distinctement.

Le professeur explique qu' on va passer beaucoup de temps sur la première division de méiose qui est la plus complexe à appréhender et qui conditionne toute la suite de la méiose.

### A) La prophase 1

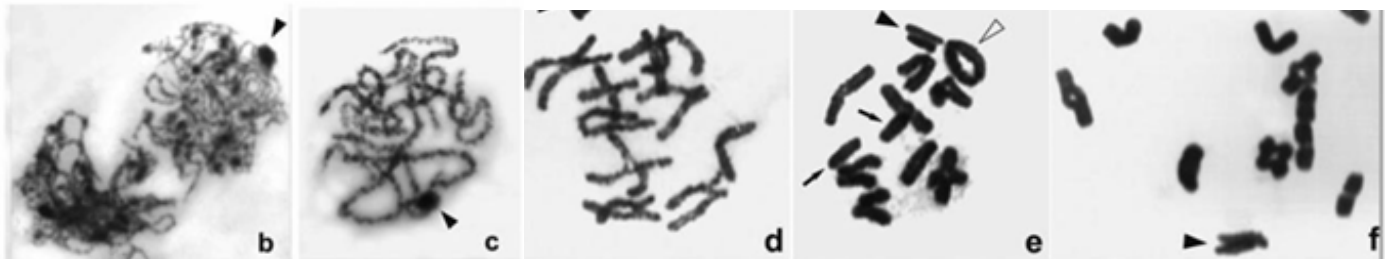
Nous allons maintenant d'écrire la méiose en expliquant chacune des étapes distinctement.

La prophase 1 est très longue +++ et peut durer plusieurs années (comme dans le sexe féminin par ex ou elle peut durer 50 ans).

Elle est toujours précédée d'une phase de réplication de l'ADN.

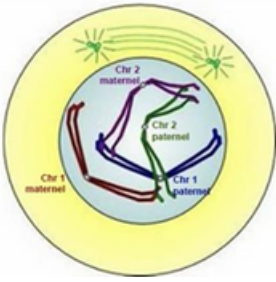
Cette prophase est subdivisée en 5 stades : leptotène, zygotène, pachytène, diplotène et diacinèse. (Petit mnémo pour retenir l'ordre des étapes : « Le zyzy du Pachyderme a des Dimensions Diaboliques »)

Les 5 stades ont été définis par le caractère condensé ou non des K, les noms des différentes phases viennent de la description des K qu'on va voir ensuite.

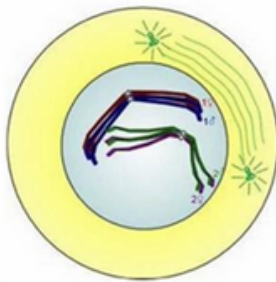


On peut voir que les K sont de plus en plus condensés sur les photos durant les différentes étapes de la prophase 1.

Du stade leptotène à diacinèse on a des formations en croix (avec à l'intérieur une sorte d'anneau central) ce qui correspond à l'appariement des chromosomes homologues pour les futurs crossing-over (on va voir plus tard ce que c'est)

Stade Leptotène :

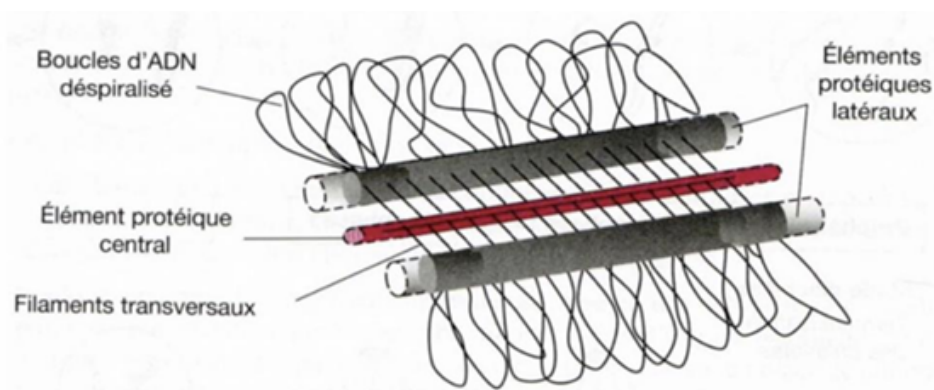
- Au stade leptotène, les K deviennent apparents. Ils sont dupliqués sous la forme de filaments irréguliers.
- Chaque K va acquérir de Kides sœurs ( $2n$  ADN, et artificiellement «  $4n$  K »).
- Progressivement, les K se rapprochent, les centrioles (les style d'étoiles vertes ) se dupliquent et débutent leur migration pour former le futur fuseau de division mitotique.

Stade zygotène :

- Les K homologues de chaque paire vont s'apparier sur toute leur longueur, c'est la phase de synapsis.
- Les K se positionnent côte à côte pour former le complexe synaptonémal.
- Les centrioles poursuivent leur migration aux pôles opposés de chaque cellule.

On voit ici que les 2 chromosomes vont se mettre côte à côte et que progressivement au milieu de ces chromosomes va se former ce qu'on appelle le complexe synaptonémal dont le but est de coller et de rapprocher les chromosomes (Ce moment est très important pour les crossing over et l'échange de matériel chromosomique d'une chromatide à l'autre)

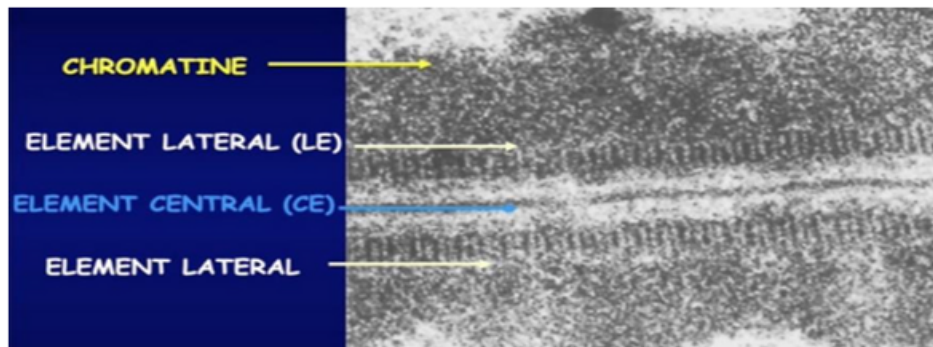
## Complexe synaptonémal



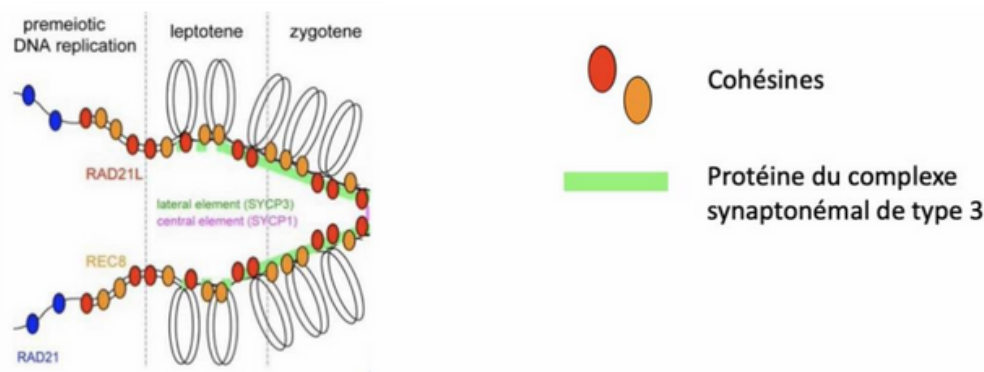
Schématiquement, on retrouve une partie protéique centrale et 2 éléments protéiques latéraux reliés par des filaments transversaux, ils correspondent à « 2 échelles rassemblées par une colonne centrale (CE)».

À l'extérieur, on trouve la boucle d'ADN qui est totalement déspiralisée puisqu'on est sur une phase où le chromosome est totalement encore ouvert.

Image en microscopie électronique :



Au niveau moléculaire :



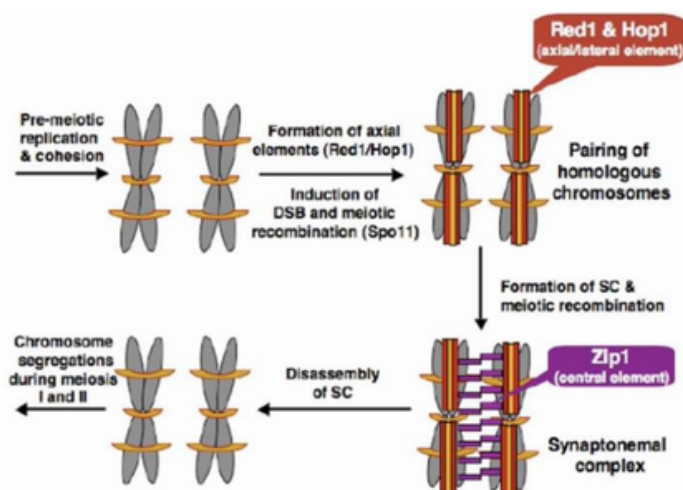
Au niveau moléculaire, des molécules de la famille des cohésines se positionnent sur la molécule d'ADN, elles vont permettre de recruter les futures protéines du complexe synaptonémal.

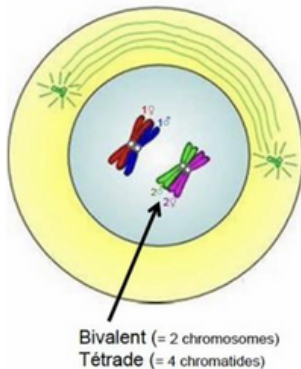
La protéine SYCP3 correspond à l'élément venant se placer le long de la Kide, donc l'élément latéral, tandis que SYCP1 va constituer l'élément central et fermer le complexe synaptonémal. (comme une fermeture éclair )

Red1 et Hop1 sont des protéines latérales, donc proches de SYCP3.

On va donc retrouver les 2 éléments latéraux, l'élément central et le zippage qui va venir grâce à ZIP1 pour totalement verrouiller le complexe synaptonémal.

On a également d'autres protéines comme Red1 et Hop1 vont rester au niveau de SYCP3 (élément latéral on s'en souvient)



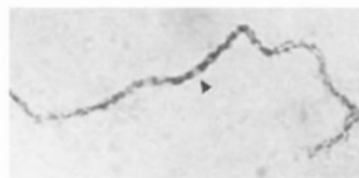
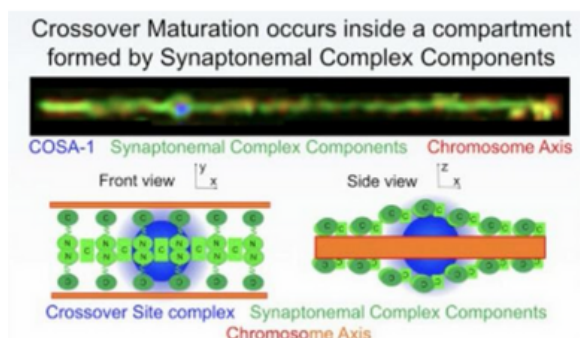
Stade pachytène :

- On passe à un stade où les chromosomes ne se baladent plus dans le noyau, mais un stade où ils sont bivalents (2 chromosomes collés l'un à l'autre) ou aussi appelées tétrades (4 chromatides collées les unes aux autres)
- La particularité de cette formation est qu'elle est **valable sur les autosomes et sur la paire de K sexuels X féminins**.
- En revanche dans le sexe masculin, pour éviter que les gonosomes X et Y ne soient mêlés à cette machinerie, ils vont aller se loger dans une vésicule sexuelle pour éviter qu'ils ne s'apparient de manière aléatoire avec les autres K.
- Dès lors que les chromosomes seront liés les uns aux autres on observera alors le début des crossing-over.

Récap : on ne confond pas le sexe féminin où on aura des bivalents pour les gonosomes (donc les chromosomes X) et le sexe masculin où les gonosomes (chromosome X et chromosome Y) vont aller se loger dans une vésicule sexuelle.

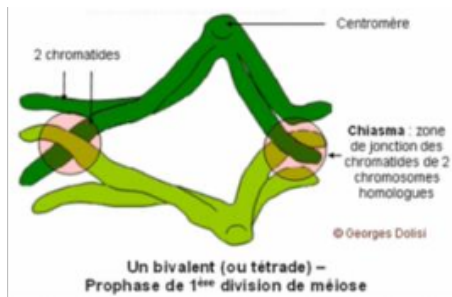
Les crossing-over se produisent lorsque l'appariement ne va pas être complet sur toute la longueur du complexe synaptonémal, il peut donc y avoir des molécules qui s'insèrent et qui font déborder la molécule d'ADN et donc lorsque qu'on va avoir le débordement, on va avoir possiblement la réalisation d'un crossing-over

Le crossing-over est donc le support génétique du brassage génétique de la méiose, Il faut imaginer que cet entortillement va favoriser l'échange de matériel génétique. Sur un schéma grossier, on observe les tétrades les unes sur les autres. On retrouve deux K qui auront la même taille in fine car on n'a pas perdu en termes de matériel génique car on a juste échangé 2 portions entre elles.



Brassage génétique :

Le crossing-over est vraiment le support du brassage génétique de la méiose

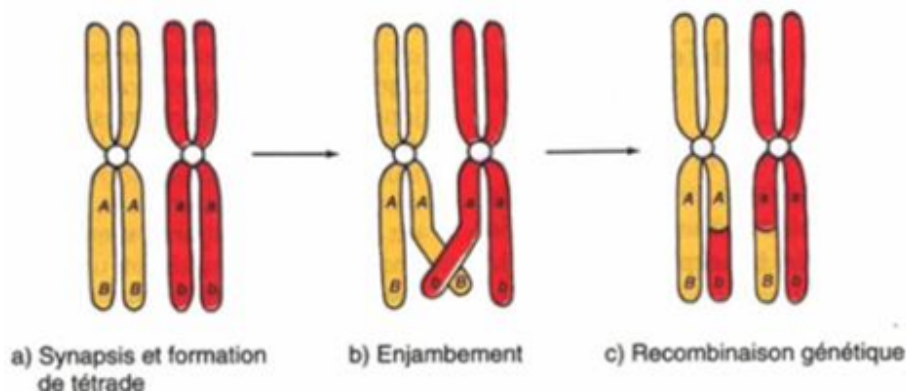


Ici on a les bivalents qui sont accrochés et vu que le complexe synaptonémal va un peu dérailler, on a une « collision » entre les chromatides qui vont s'enchevêtrer.

C'est cet entortillement qui favorise l'échange de matériel génétique

On a les tétrades qui sont l'une sur l'autre, il va y avoir un gap et le chromosome rouge va échanger une partie de son bras long avec le chromosome jaune.

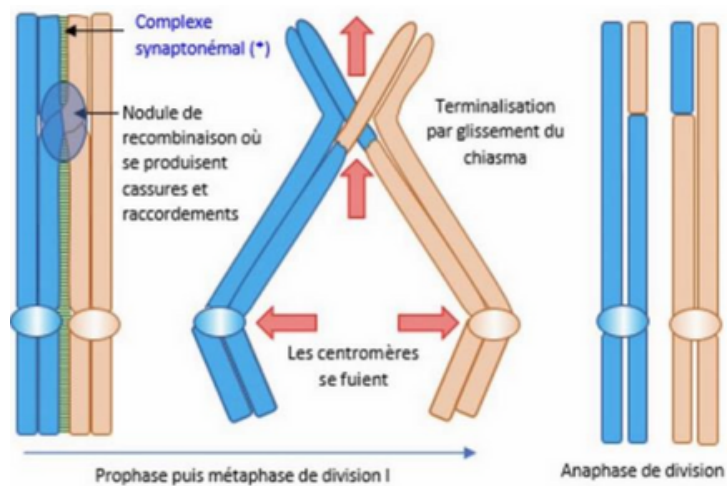
On retrouve bien deux chromosomes qui ont la même taille et in fine, on n'a pas perdu en termes de matériel génétique, on a juste échangé un bout avec l'autre



Par exemple si le jaune était le chromosome maternel et le rouge le chromosome paternel, qu'on formait une cellule fille, elle n'aurait pas que du matériel génétique de la mère mais un petit bout du père aussi et vice-versa

La cellule fille aura donc hérité du matériel génétique de ces 2 parents en quantité variable respectivement ce qui est une source de brassage génétique extrêmement importante.

Un autre exemple avec le principe de la fermeture éclair et de la séparation :



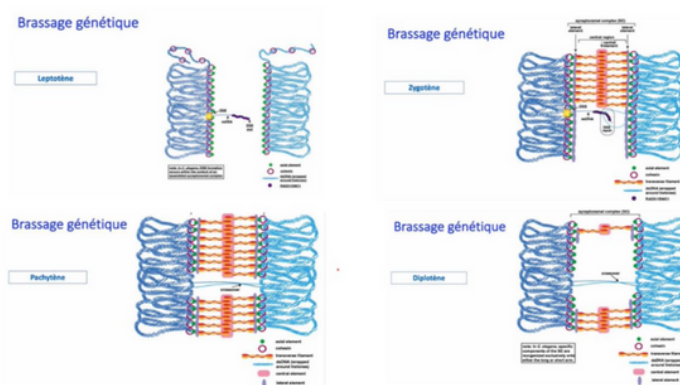
On a la fermeture éclair qui est totalement verrouillée et quand on va ouvrir la fermeture éclair, ça va bloquer parce que c'est là que le matériel s'est croisé et que les échanges ont commencé à se faire.

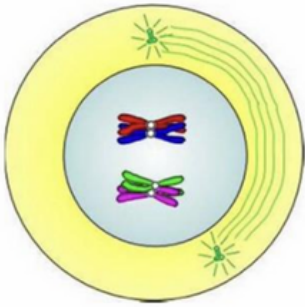
Puis si on veut vraiment ouvrir notre braguette on va forcer, on va casser et la cassure va permettre l'échange définitif de matériel chromosomique. In fine, on dit que tant qu'on n'est pas arrivé au stade de séparation du matériel chromosomique (qui commence à la métaphase et qui est totalement complète à l'anaphase), le changement ne peut pas se considérer comme complet. Il le sera qu'à partir de ce stade de l'anaphase et pas auparavant.

**Exemple de QCM :** l'échange de matériel chromosomique a lieu en prophase, en métaphase ou en anaphase ? il ne faut **PAS** répondre prophase parce que le matériel ne change totalement de chromosome que lorsqu'on est arrivés plus tardivement dans la première division de méiose (donc en anaphase)

Petit Récap qui fait du bien :

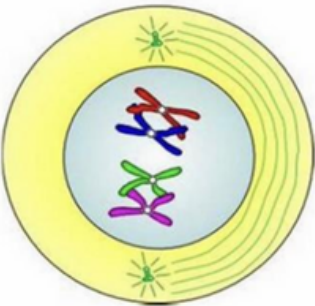
- Leptotène : Les K commencent à se rapprocher
- Zygotène : Le début de formation du complexe synaptonémal (début des chiasmata)
- Pachytène : La machinerie moléculaire qui va compléter les trous par des CO
- Diplotène : Le complexe synaptonémal commence à disparaître et les CO seront plus visibles.



Stade diplotène :

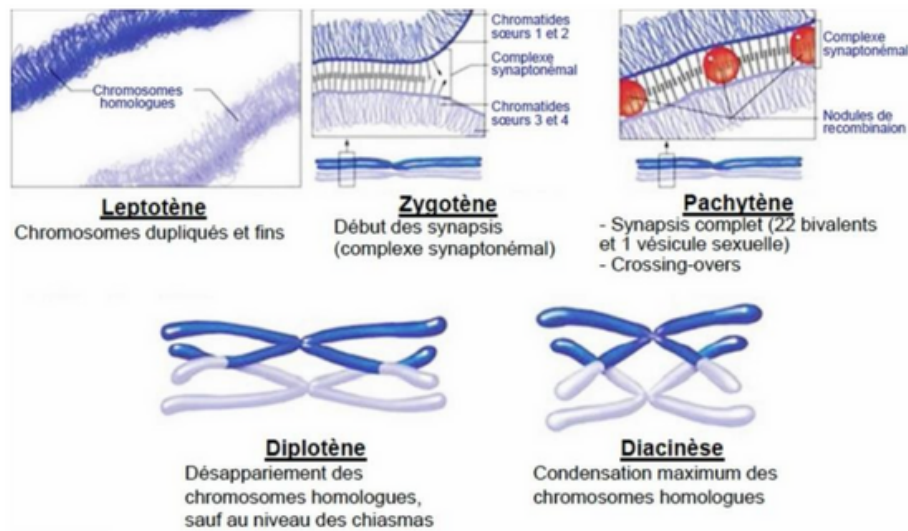
On va avoir une désintégration du complexe synaptonémal et de la vésicule sexuelle.

Les chromosomes homologues vont se séparer SAUF à un seul endroit : PAS au niveau des chiasmas ++++ (= support physique de chaque crossing-over, c'est-à-dire là où le matériel chromosomique s'est enchevêtré et se profile pour être séparé)

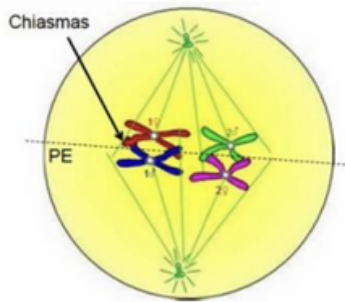
stade diacinese :

Correspond à la phase de condensation maximale des chromosomes (toujours reliés entre eux par les chiasmas). On a une répartition de nos homologues et puis on a surtout progressivement l'enveloppe nucléaire qui va disparaître, on voit que les centrioles se sont déplacés et donc de part et d'autre de l'enveloppe nucléaire on a ce fuseau de division qui apparaît. Au stade suivant on imagine aisément qu'ils vont pouvoir se séparer.

## Recap :

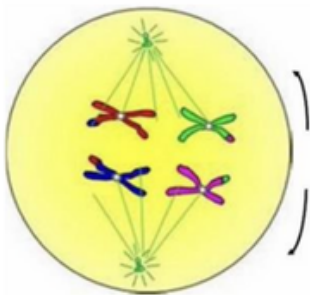


- zygotène (zygos) : fusion comme fécondation (ça se rapproche)
- pachytène : synapsis complète avec apparition des nodules de recombinaison aux zones de crossing-over

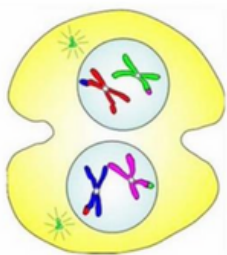
B) La métaphase I

Assez similaire à ce qu'on avait vu pendant la mitose, les chromosomes sont bien regroupés au centre du fuseau de division cellulaire, mais cette fois ci au lieu d'être alignés sur la plaque équatoriale par leur centromère, ils vont se situer DE PART ET D'AUTRE de la plaque équatoriale et les seuls éléments que nous allons retrouver sur la plaque équatoriale ce sont les **chiasmata** (zones d'échanges du matériel génétique), ce sont eux qui vont permettre de former la plaque équatoriale.

Récap : on fait bien la différence entre la mitose où les chromosomes sont situés SUR la plaque équatoriale et la métaphase de la méiose I où les chromosomes sont DE PART ET D'AUTRE de la plaque équatoriale (il y a juste les chiasmata sur la plaque++++)

C) L'anaphase I

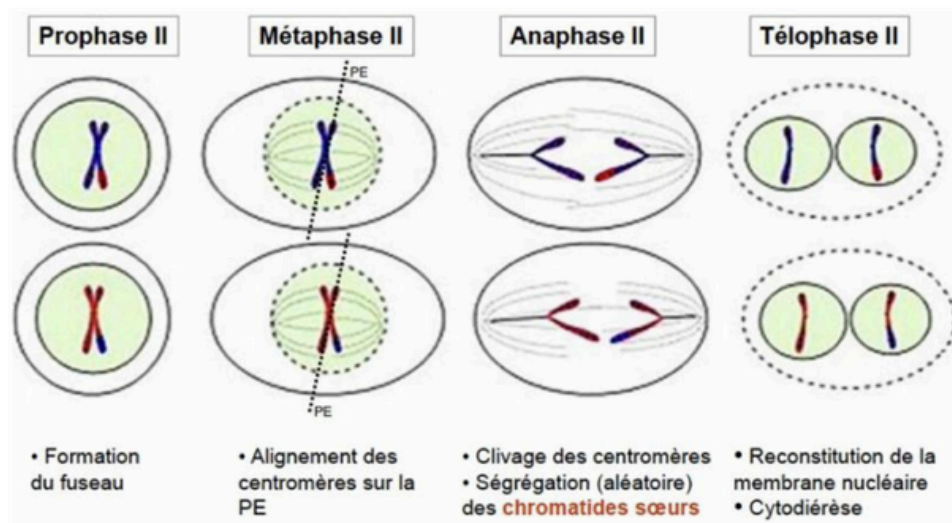
De la même façon qu'on avait une traction sur les filaments de microtubules, qui vont se dépolymériser progressivement dans la mitose, et bien on va avoir la même chose dans la méiose I. Et donc en tractant, on va faire céder les **chiasmata** et on aura de fait un échange définitif de matériel chromosomique entre les 2 homologues. C'est une première source de brassage génétique. La deuxième source est appelée la **ségrégation aléatoire des homologues**

D) la télophase I

On passe à la phase de reconstitution de la membrane nucléaire (c'est les ronds blancs qui sont apparus) et de séparation des 2 cellules filles, qui vont avoir non plus 46 chromosomes mais chacune **23 chromosomes à 2 chromatides** (donc nous n'avons PAS réduit la quantité d'ADN mais on a réduit la quantité de chromosomes) et puis les cellules vont se séparer, il va y avoir une interphase extrêmement courte **sans phase S** (PAS de réplication d'ADN)

### 3. Description de la méiose II

On passe directement à une division **équationnelle** qui est une « mitose » **SANS phase rélicative**. Donc il s'agit d'exactly les mêmes points que nous avons vu dans le cours sur la mitose sauf qu'on parle de deuxième division de méiose (**on parle de prophase II, métaphase II, anaphase II et télophase II**). Les chromosomes vont donc s'aligner **SUR** la plaque équatoriale en métaphase II, vont être tractés par leur centromère par dépolymérisation des microtubules et donc chaque chromatide sœur va aller à un pôle de la cellule fille de manière totalement **ALÉATOIRE** (donc nouvelle source de brassage génétique). A l'issue de **l'anaphase II**, on va avoir une reconstitution de la membrane nucléaire, une cytotodièrese et donc la **naissance** de 4 cellules cette fois ci à  $n$  chromosome à 1 seule chromatide (réduction de la quantité d'ADN dans chaque cellule).



### 4. Les erreurs possibles

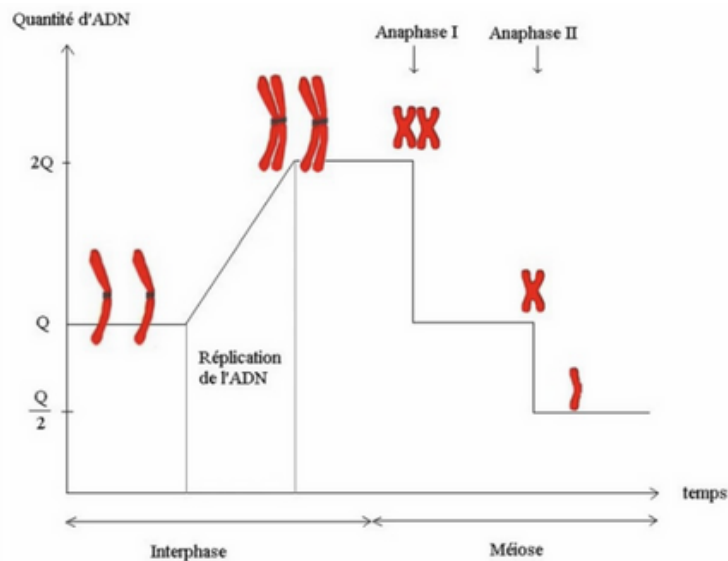
#### La non-disjonction

- soit des homologues : on va pouvoir aboutir à l'issue de la méiose II, à des cellules haploïdes à 1 chromosome supplémentaires et puis certaines avec 1 chromosome en moins
- soit des chromatides



On pourra avoir de fait, au niveau de la descendance, soit une monosomie d'un chromosome, soit des trisomie(exemple : la trisomie 21 qui correspond à une non-disjonction le plus souvent sur une première division de méiose)

## 5. Évolution de la quantité d'ADN dans la cellule



- Initialement : 1 cellule diploïde à 46 chromosomes à 2 chromatides ( $2n$  ADN)
- A l'issue de la méiose I : 2 cellules à 23 chromosomes à 2 chromatides ( $n$  ADN)
- In fine : 4 cellules haploïdes à 23 chromosomes à 1 chromatide ( $0,5$  ADN)

Et voila pour cette petite ( ou pas ) fiche version TTR !! Vous inquiétez pas il a vraiment 90% de la fiche complète, il manque juste deux légers détails donc chill

Je vous sortirais encore un maximum d'explications et des petites fiches récap histoire que ça passe mieux <3

En attendant si vous avez le moindre problème que ce soit perso ou sur les cours hésitez pas à me contacter !!

Petit moment Dedi pour finir

- Dédi à Gigi aka ma petite maman d'amour ( encore plus iconic que le prof de biocell )
- Dédi à la colo
- Dédi à Inès et Seboule
- dédi à mes cotut d'amour ( la meilleure team avouez )
- Dédi à mes vieilles
- Dédi trampoline :)
- Dédi à ma maman Clem
- Dedi à Andreea et Robinou
- Dédi à Latika
- Et pour finir spéciale dédi à Emna, Maxence, Sandro, Iwan et Claudia