

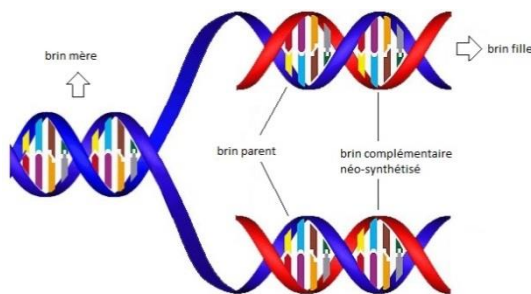
Généralités & méiose

1. La reproduction

- ✓ Processus permettant à une espèce de se perpétuer
- ✓ 2 types : asexuée et **sexuée = procréation**

↳ Reproduction asexuée:

- ◆ Concerne des organismes **unicellulaires** (exemple des bactéries)
- ◆ Modèle le plus simple: Une cellule **mère** se divise en 2 cellules **filles**, totalement **identiques** à la cellule mère.
 - ➔ Formation de clones sans fécondation
- ◆ Permanence des caractéristiques de l'espèce
 - ➔ Variation possible uniquement par mutation accidentelle (changement définitif)
 - ➔ Pas de possibilité d'adaptation aux changements environnementaux.
- ◆ **Immortalité** des individus qui se multiplient par deux



◆ Réplication semi-conservative de l'ADN

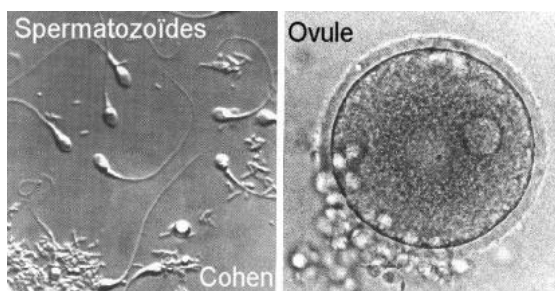
L'ADN double brin se dissocie en 2 brins simples, il y a synthèse d'un brin complémentaire identique au brin d'origine, on obtient donc 2 cellules filles totalement identiques à la cellule mère.



↳ Reproduction sexuée = procréation

Elle est basée sur la différenciation sexuelle des individus.

Le nouvel individu n'est jamais totalement semblable à ces deux parents



- Production de 2 types de cellules :
 - ➔ Somatiques et **germinales** (sexuelles spécialisées)
- **Diversité** au sein d'une même espèce
- **Adaptation rapide** à l'environnement
- Rôle dans la **survie et l'évolution** des espèces

Particularité des cellules germinales (= germen)

➔ Elles vont donner les gamètes : **ovocyte** (= ovule) ou **spermatozoïde**.

On parle d'anisogamie ou dimorphisme sexuel lorsque les cellules germinales = gamètes diffèrent selon le sexe

☛ Les gamètes sont des cellules **haploïdes** = un seul exemplaire de chaque paire de K

Ovocyte	Spermatozoïde
<p>La + grande cellule de l'organisme: 100µm</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réserves importantes en ARNm (pas tellement de nutriments) pour le développement de l'embryon avant son implantation (7 premiers jours) - Riche en cytoplasme - Peu mobile - Cellule peu différenciée <ul style="list-style-type: none"> → Déplacement <u>passif</u>, → Rôle spécifique de <u>stockage</u> 	<p>- + petite cellule du corps $\approx 1 \mu\text{m}$</p> <ul style="list-style-type: none"> - Peu de réserves - Pauvre en cytoplasme - Très mobile - Cellule très différenciée → spécialisée <ul style="list-style-type: none"> → Déplacement <u>actif</u> (<u>flagelle</u>) → Fonction spécifique = <u>mobilité</u>



3 conditions à remplir par les gamètes pour une fécondation optimale:

- ✓ **Taille suffisante** (apport de réserves nutritives)
- ✓ **Mobilité et nombre** important de spermatozoïdes (↗ chances de rencontre)
- ✓ **Coût de fabrication** (énergie dépensée) **raisonnable** → rendement efficace

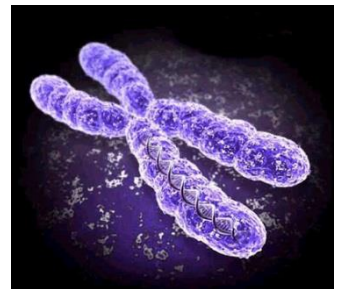
2. Les chromosomes

Ils portent l'information génétique sous forme d'ADN double brin dont certaines parties constituent des gènes.

Chez l'homme : **23 paires** de K homologues dans une cellule somatique = **46 K**

→ 22 paires d'autosomes

→ 1 paire de gonosomes = K sexuels XX ou XY



• Point récap' important :

- ✓ Une cellule **diploïde** est une cellule **somatique** (= toutes les cellules du corps exceptées les cellules sexuelles)

Les chromosomes qu'elle contient sont présents par paire : **2n K**

- ✓ Une cellule **haploïde** est toujours une cellule **sexuelle** = **gamète** = cellule germinale

Les chromosomes qu'elle contient sont chacun en un seul exemplaire : **nK** Avec **n = 23**

Ils peuvent avoir une ou deux **chromatides** (= bichromatidien) selon l'étape du cycle cellulaire

NB: Chromatide = molécule formée de 2 brins d'ADN complémentaire (double hélice)

→ Avant la réplication de l'ADN : 1 chromatide

→ Après réplication (= phase S) : 2 chromatides

Définition importante:

- ✓ Une paire de chromosomes = chromosomes homologues: ils sont presque identiques, la différence est due aux allèles

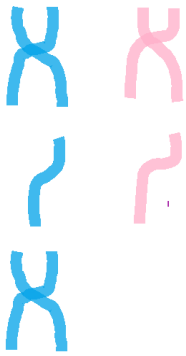
NB: Un **allèle** est une des multiples versions différentes qu'un même gène ou qu'un même locus (= portion) peut porter.

Exemple du gène « couleur des yeux » : présent sur chaque chromosome de la paire = K homologues car ils portent le même gène...

...mais pas forcément la même version = **allèle** → allèle des yeux bleus, verts, marrois, noirs...

☞ Il faut bien faire la différence entre chromatides **sœurs** et chromatides **homologues**:

NB : Chromosome *rose* = *maternel*, *bleu* = *paternel*



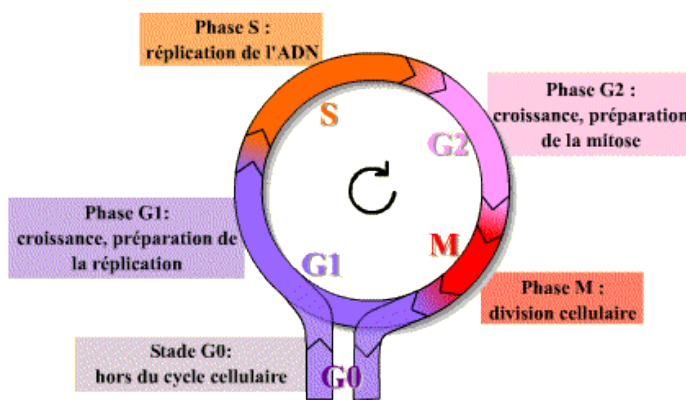
Paire de K doubles homologues : 2 chromatides chacun

K simples homologues : chromatides homologues

(K n°13 par exemple : un du père un de la mère, portent le même gène mais pas forcément les même allèles)

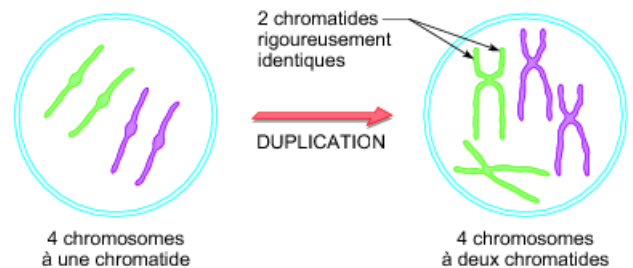
K double : 2 chromatides sœurs : elles sont **totale**ment identiques, et portent les même allèles

3. Cycle cellulaire & mitose

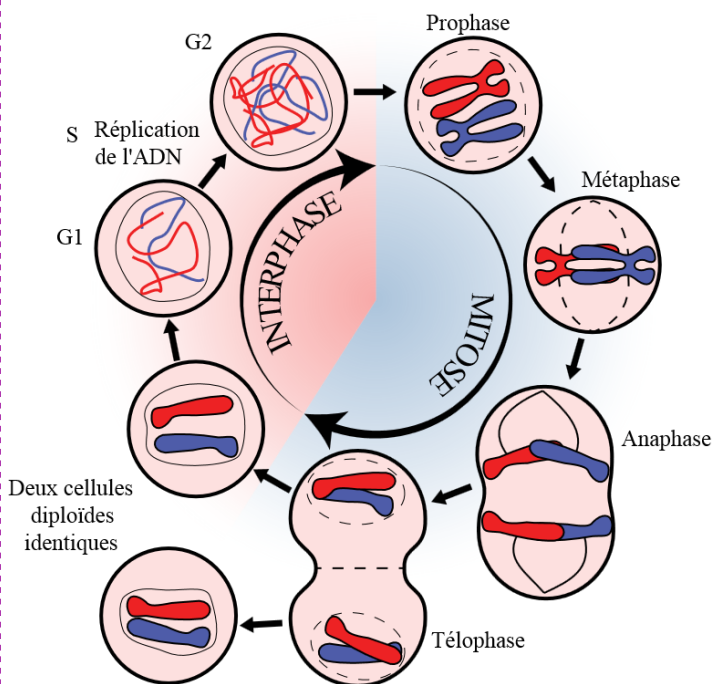


↓ Phase S = réplication ↓

La duplication des chromosomes



Dans une cellule somatique, avant réplication de l'ADN il y a 23 paires de chromosomes simples donc 23 fois 2 molécules d'ADN, on est donc à $2n$ ADN. Après la réplication, la quantité double on passe donc à $4n$ ADN. La mitose donne en suite 2 cellules à $2n$ ADN chacune.



↪ **La mitose :**

- ✓ Concerne les cellules **somatiques** = toutes les cellules sauf les gamètes
- ✓ Une division cellulaire après une phase S (réplication = duplication)

4 phases:

- **Prophase** : Epaissement, formation des chromosomes homologues qui deviennent visibles
 - **Métaphase** : Alignement des centromères des K PARALLELEMENT à la plaque équatoriale
 - **Anaphase** : Séparation des 2 chromatides de chaque chromosome qui migrent vers les pôles de la cellule
 - **Télophase** : Constitution des 2 cellules filles identiques à la cellule mère.
- Ensuite on a une nouvelle phase S de réplication etc...

4. Gamétogénèse

C'est la production des **gamètes** = cellules **sexuelles** = cellules **germinales haploïdes**

En 4 étapes:

- ✓ **Multiplification**
- ✓ **Croissance**
- ✓ **Maturation nucléaire = Méiose → étape clé**
- ✓ **Maturation cytoplasmique = Différenciation**

► LA MÉIOSE ◀

C'est l'étape clé de la gamétogénèse, elle ne concerne **que** les cellules **germinales**

C'est une succession de **deux divisions cellulaires** après **une seule phase de réplication** (phase S)

↪ 1^{ère} division méiotique :

Elle est dite :

♥ **Réductionnelle** en terme de **chromosomes** : Car on passe de 2 chromosomes formant une paire, (un paternel et un maternel), à un seul chromosome double dans chaque cellule (*un du papa d'un côté un de la maman de l'autre ☺*)

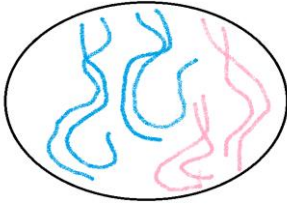
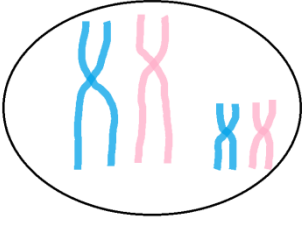
♥ **Equationnelle** en terme d'**ADN** : Car on garde la même quantité d'ADN au final dans les deux cellules filles
→ 2n ADN

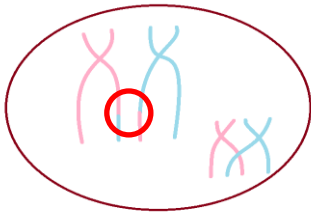
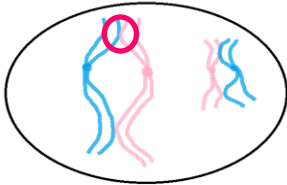
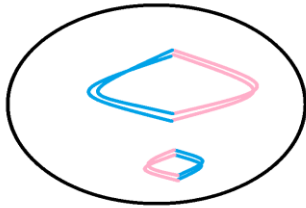
Elle est caractérisée par sa **PROPHASE très longue** qui comporte **5 étapes spécifiques** à la méiose et durant laquelle vont avoir lieu des échanges de matériel génétique.

Aparté :

- ✓ **Crossing-over** : Echange de petites portions de matériel génétique entre 2 chromatides homologues
Il a lieu au stade pachytène, au niveau moléculaire, il est donc invisible au microscope
- ✓ **Chiasma** : Après les crossing-over (= stade diplotène), les K s'écartent mais restent liés par une zone appelée chiasma (structure microscopique)

♥ La Prophase 1 (de 1^{ère} division méiotique) ♥

Leptotène Apparition des <i>filaments</i> chromatiques	
Zygotène Appariement des K homologues : le K paternel et maternel de chaque paire se rapprochent et forment des « bivalents » Début des crossing-over	

<p>🌀 <u>Pachytène</u></p> <p>Epaississement et clivage des K épais → K à 2 chromatides</p> <p>On peut parler de deux <i>tétrades</i> car on a pour chaque paire 4 chromatides (2 chromatides sœurs et 2 chromatides homologues). Crossing-over ++</p>	
<p>🌀 <u>Diplotène</u></p> <p>Les chromosomes homologues divergent en restant liés par certaines parties = les chiasm</p>	
<p>🌀 <u>Diacinèse</u></p> <p>Les chromosomes s'écartent et ne sont plus reliés que par leurs terminaisons (télomères)</p>	

Mnémonos : Le zizi du pachyderme a des dimensions diaboliques ou Lézypaddingia

En métaphase de 1^{ère} division, les chromosomes se placent **PERPENDICULAIREMENT** à la plaque équatoriale. Donc chaque cellule fille n'aura pas le même chromosome

Durant l'anaphase 1: les centromères s'éloignent de la plaque et migrent le long du fuseau

Télophase 1: Formation de 2 cellules filles distinctes, composées de **23 K doubles** (n) et donc de **2n ADN** (car 2 chromatides)

🌀 2^{ème} division méiotique :

- Elle se déroule immédiatement après la méiose 1
- Deux cellules filles à **n K doubles** se divisent pour former au final 4 cellules **haploïdes**.

Cette fois-ci c'est l'équivalent d'une mitose normale

→ Donc les K s'alignent **PARALLÈLEMENT** à la plaque équatoriale.

Les chromosomes vont ensuite se scinder en 2 au niveau du centromère et les chromatides sœurs vont migrer de chaque côté.

Cette fois c'est l'inverse, elle est dite: (cf tableau récap plus bas)

♥ **Equationnelle** en terme de **K**

♥ **Réductionnelle** en terme d'**ADN**

On aura donc **exactement le même matériel génétique de chaque côté**.

On a réduit la quantité d'ADN ($2n \rightarrow n$) et les cellules auront **toujours 23 chromosomes** (n).

→ On obtient au final 4 cellules haploïdes (n K)

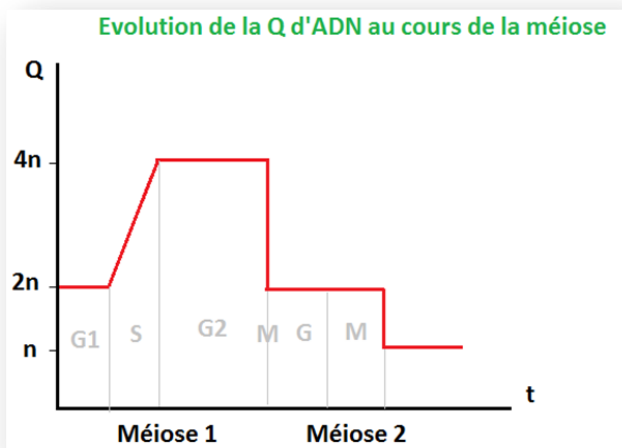
→ Chaque cellule a n molécules d'ADN (avec $n = 23$)

1^{ère} division méiotique	En terme de chromosomes : K	En terme de chromatide : ADN
Début cycle cellulaire	Une \varnothing diploïde à 46 chromosomes = 23 paires de chromosomes homologues → $2n = K$	Chromosomes de chaque paire sont des chromosomes simples (= 1 chromatide) → $2n$ ADN
Fin (Télophase)	Deux cellules haploïdes à 23 chromosomes chacune (un K de chaque paire) → $n = K$	Chromosome de chaque \varnothing sont doubles = 2 chromatides → $2n$ ADN aussi !
Résumé	$2nK \rightarrow nK$ Réductionnelle en K On divise le nombre de K en passant de la diploïdie à l'haploïdie	$2n$ ADN → $2n$ ADN Equationnelle en ADN Même quantité d'ADN en ce qui concerne le nb de chromatides

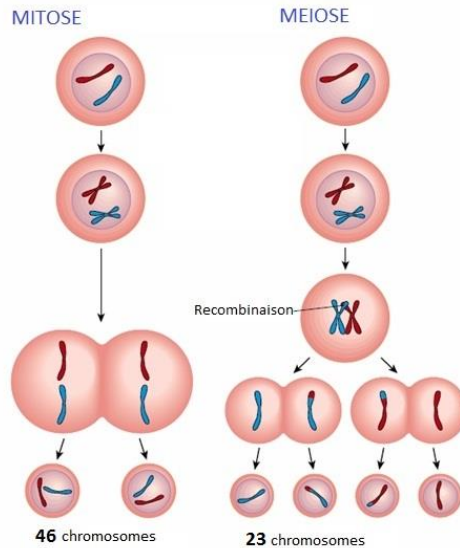
2^{ème} division méiotique	En terme de chromosomes : K	En terme de chromatides : ADN
Début cycle cellulaire	2 \varnothing haploïdes à 23 chromosomes → $n = K$	Chromosomes doubles = 2 chromatides → $2n$ ADN
Fin (Télophase)	4 cellules haploïdes à 23 chromosomes → $n = K$	Chromosomes simples = une seule chromatide → n ADN
Résumé	$nK \rightarrow nK$ Equationnelle en K On garde le même nombre de K mais ils sont simples (une chromatide)	$2n$ ADN → n ADN Réductionnelle en ADN On divise par 2 la quantité d'ADN

Rappel : $n = 23$

Conséquences de la méiose :



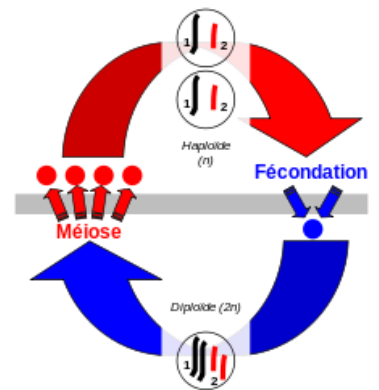
- ✓ Réduction par 2 de la quantité d'ADN:
 $2n \rightarrow n$
- ✓ Réduction chromatique: permet de passer d'une cellule diploïde à 4 cellules haploïdes
- ✓ Brassage de l'information génétique : via les crossing over
- ✓ Transmission de l'information génétique
(Comme dans toute division cellulaire)



NB : La **fécondation** permet de passer de l'haploïdie à la diploïdie

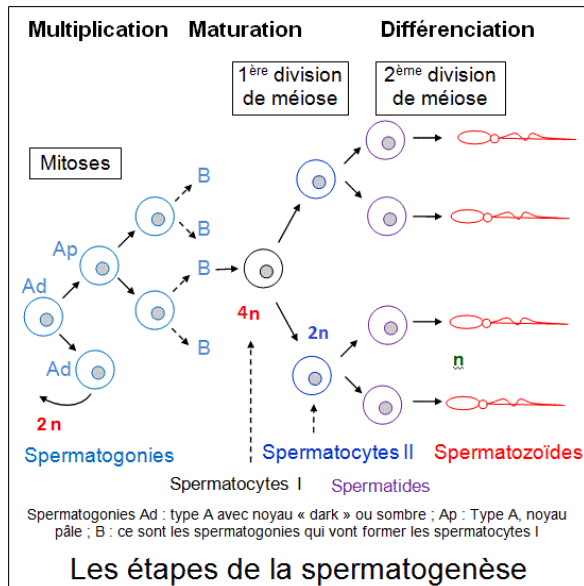
→ Logique : 2 gamètes à n chromosomes → 1 zygote à $2n$ chromosomes.

La **méiose** permet de passer d'1 cellule mère diploïde à 4 cellules filles haploïdes grâce à **2 divisions successives**.



Spermatogénèse

4 étapes



- **Multiplication importante** des spermatogones (cellules germinales souches indifférenciées) : la capacité de prolifération est maintenue presque tout au long de la vie (jusqu'à l'andropause)
- **Croissance faible** : le spermatocyte 1 est le + gros, un spz ne dépasse pas **1 μ m**
- **Maturation méiotique** : complète, rapide, continue
- **Différenciation ou spermiogénèse très importante** : on part d'une \varnothing ronde simple pour avoir au final la \varnothing la + différenciée et spécialisée de l'organisme, le spermatozoïde (flagelle, tête...)

● La cellule obtenue à la fin = le spermatozoïde contient **1 seul chromosome X ou 1 seul K Y** (car elle est haploïde), le spermatozoïde est donc responsable du sexe du nouvel individu.

👉 Ovogénèse

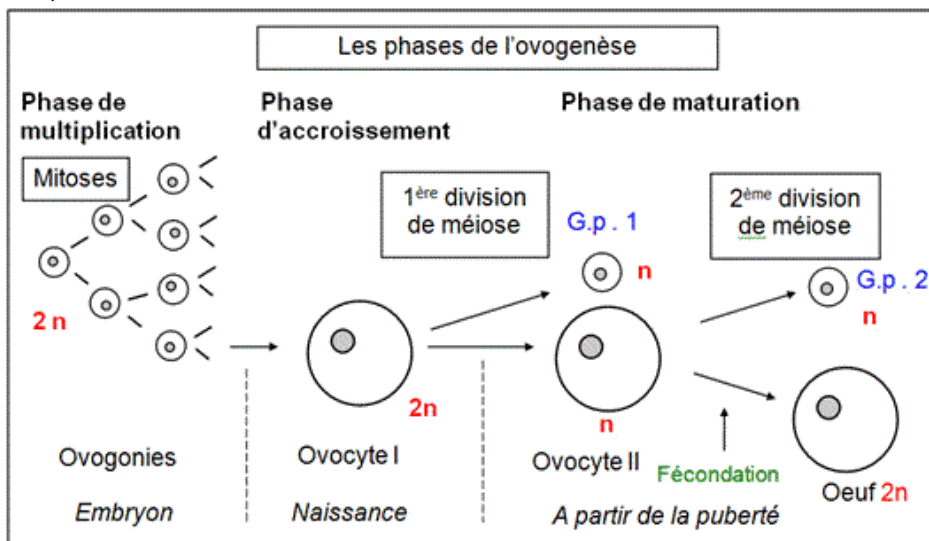
4 étapes

- **Multiplication faible** des *ovogonies* (= cellules germinales souches indifférenciées) jusqu'au **8^{ème} mois de vie intra-utérine**
 - stock **fixe** et **déterminé** avant la naissance. Relativement faible, il s'épuise tout au long de la vie, c'est le phénomène d'**atrésie** (cf Cours sur l'AGF)
 - **Croissance** : très importante, cytoplasme ++ riche en réserves d'ARNm
 - **Méiose**: **incomplète, inachevée, discontinue, longue**
 - Les ovocytes de 1^{er} ordre sont bloqués en prophase de 1^{ère} division méiotique. En cas d'**ovulation**, la méiose reprend et se bloque de nouveau en métaphase de 2^{ème} division méiotique.
 - La méiose ne s'achèvera qu'en cas de **fécondation**.
- Double blocage : en **Prophase I** de Méiose I et en **Métaphase II**
- **Différenciation** : inexistante

NB: Pour **garder des réserves** importantes dans son cytoplasme, lors des 2 divisions méiotiques, l'ovocyte se divise en **2 cellules** : une qui gardera la quasi-totalité du cytoplasme et une n'en contenant presque pas : le **globule polaire**.

☛ Le globule polaire contient cependant le même patrimoine génétique, il n'a aucun rôle particulier. Il « se sacrifie » pour l'ovocyte.

Par conséquent pour l'ovogénèse on aura donc après la 1^{ère} division méiotique un 1^{er} globule polaire contenant **n K et 2n ADN**. La 2^{ème} division étant réductionnelle en ADN et équationnelle en K, le 2^{ème} globule polaire contiendra quant à lui, **n K et n ADN**.



5. Brassage génétique

Pendant la méiose, différents mécanismes participent à la diversité des individus :

- ✓ **Recombinaison méiotique** au cours de la **Prophase I**: **crossing-over** (échange de segments entre les chromatides)
- ✓ **Répartition aléatoire** des chromosomes sur la plaque équatoriale au cours de la **Métaphase I**: **2²³ possibilités**
- ✓ La **nature du chromosome sexuel** du spermatozoïde fécondant: **X ou Y**

Fini! Aller on se motive, c'est que le début ! ☺