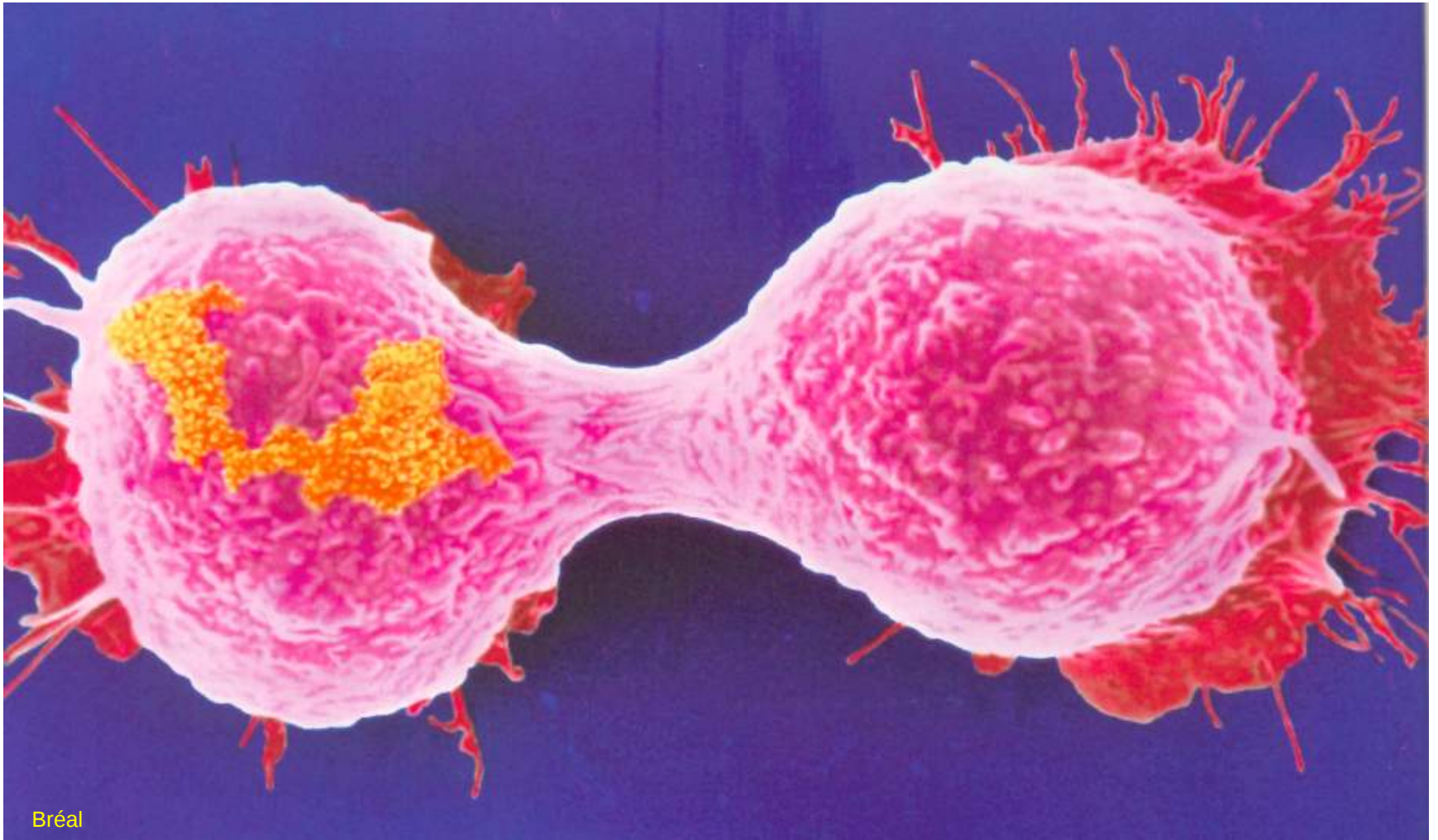


DIVERSITÉ ET UNITÉ DES ÊTRES HUMAINS

## Chapitre 2

# La transmission de l'information génétique



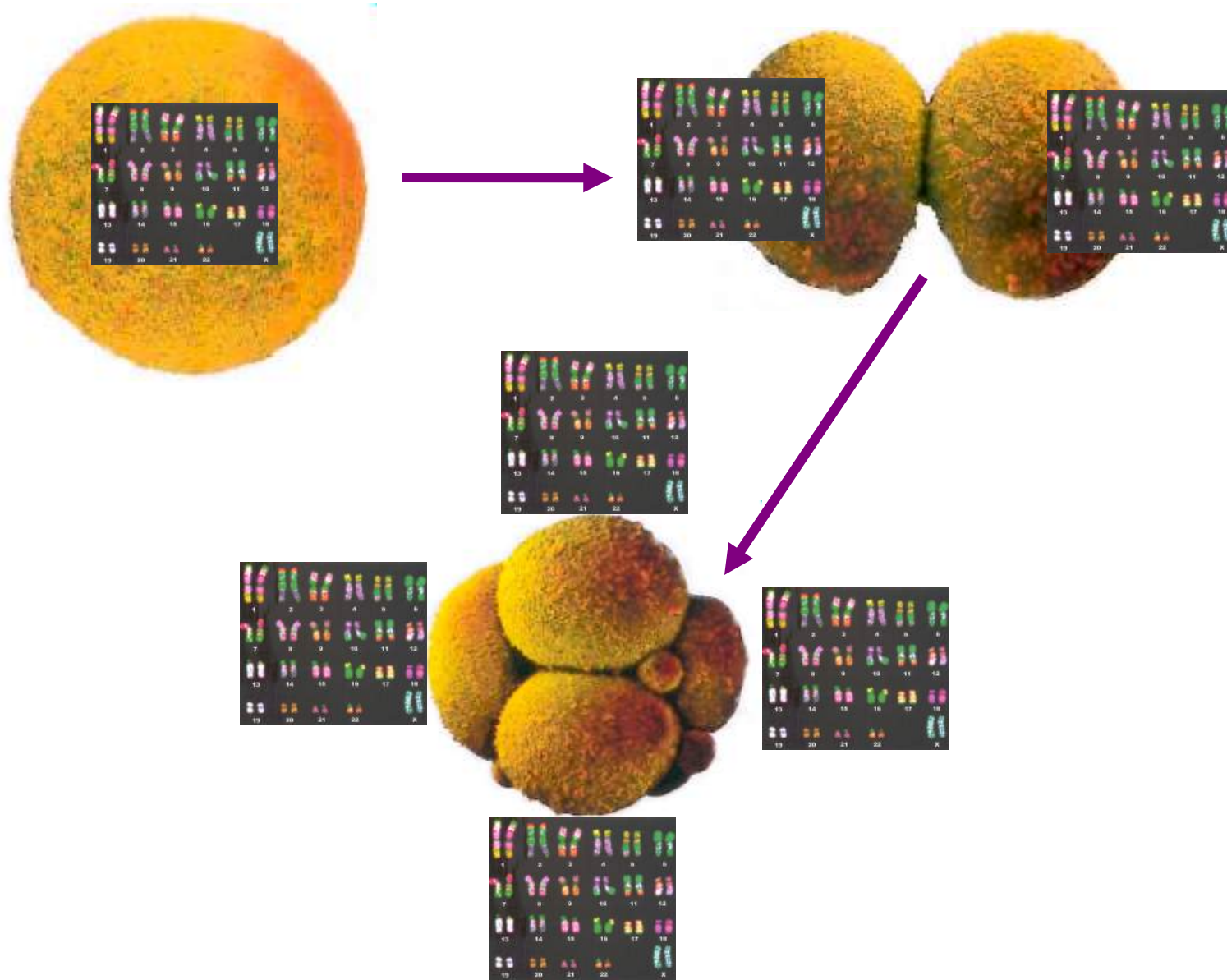
Ce que je sais :

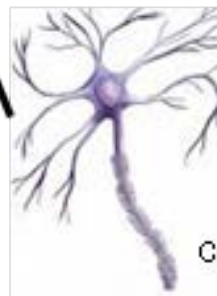
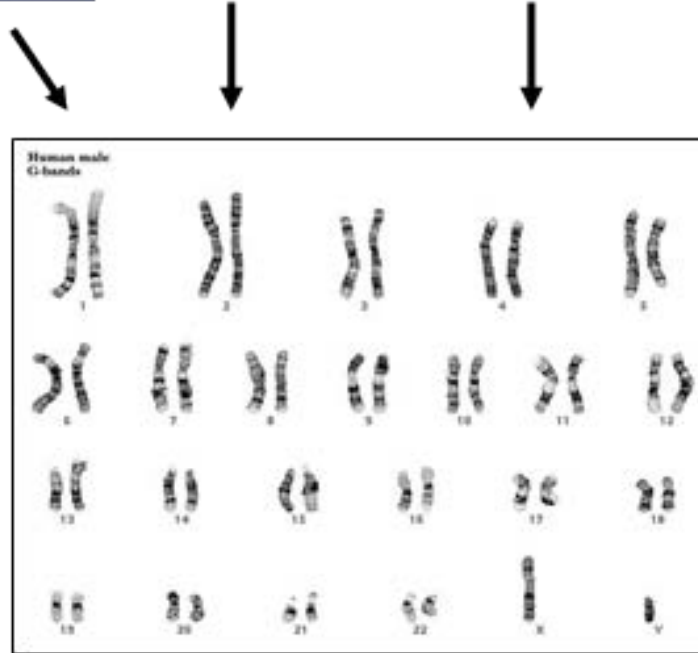
Toutes les cellules somatiques d'un être humain possèdent la même information génétique,

Toutes les cellules proviennent de la division d'une cellule œuf initiale issue de la fécondation.

# I) La transmission de l'information de cellule en cellule

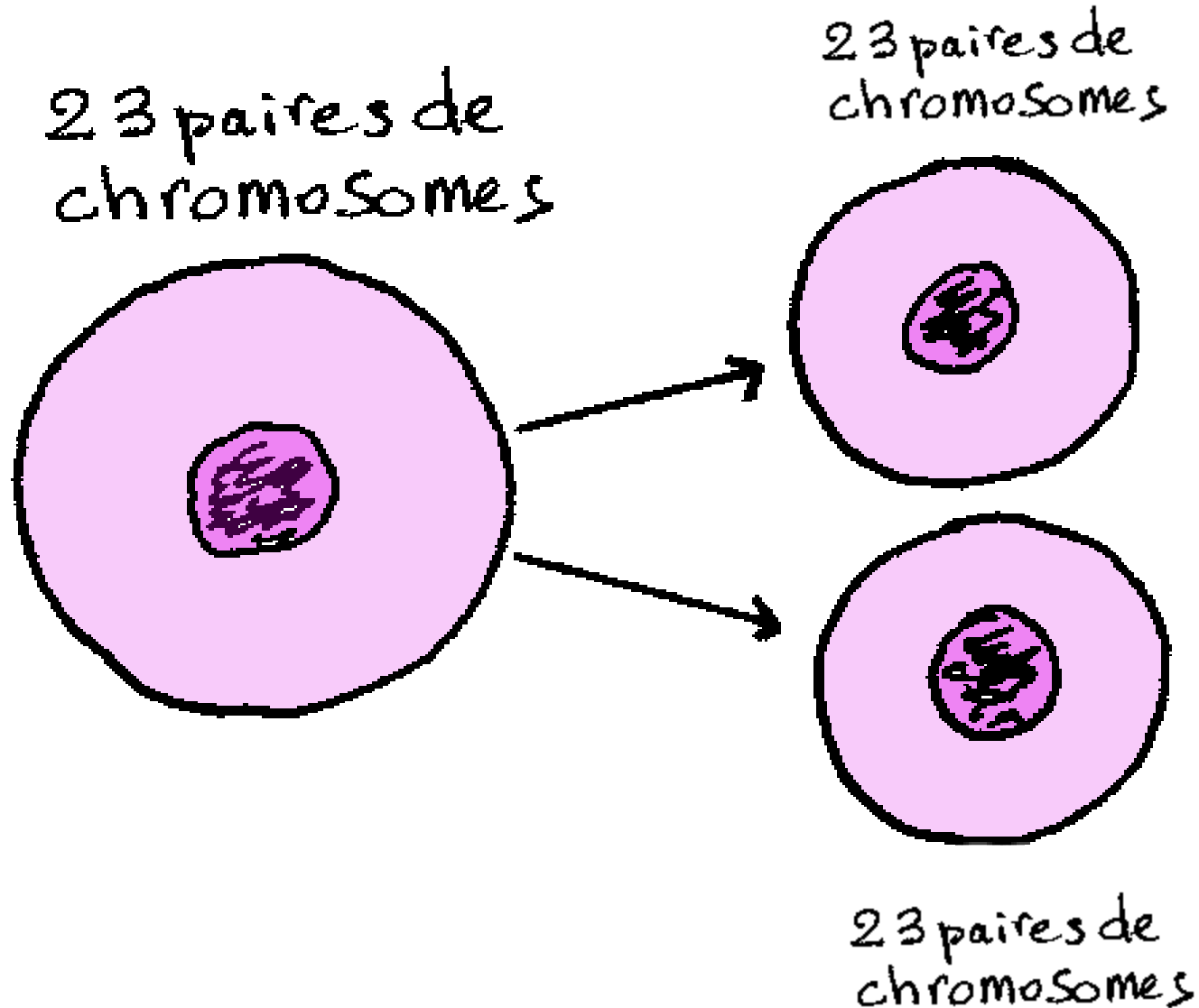
# Caryotypes de chaque cellule, de la cellule-œuf au nouvel être humain :





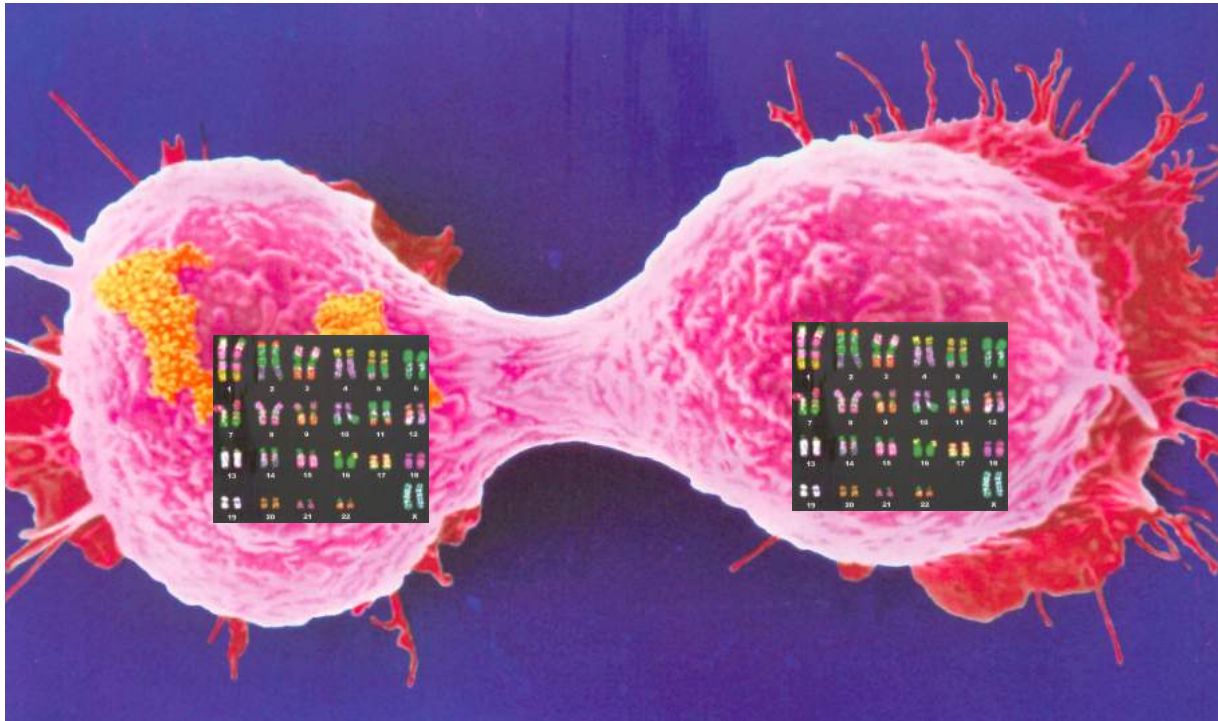
On colle

# En résumé :



# Problème soulevé par ces observations

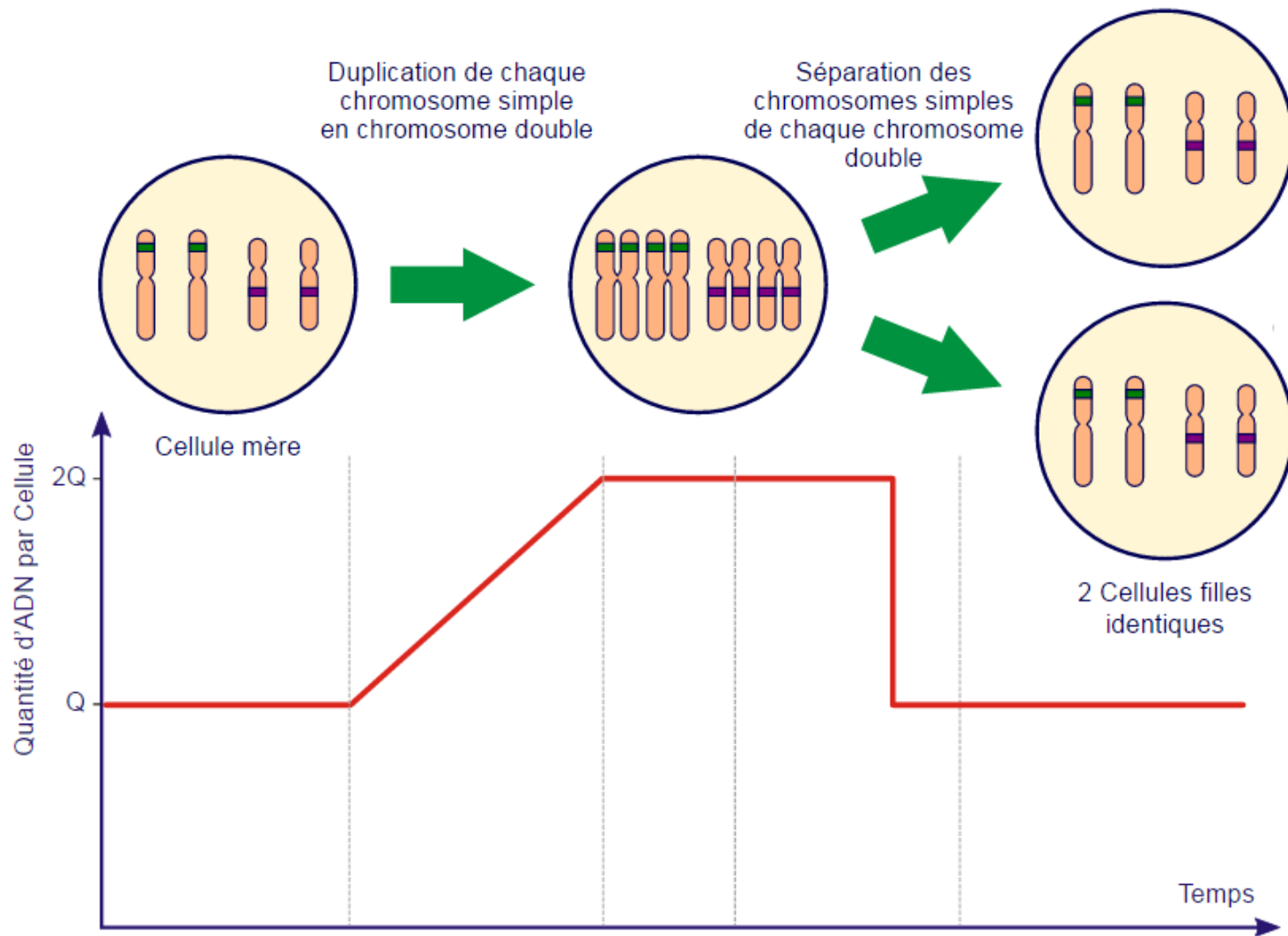
Comment l'information génétique est elle conservée au cours de la division cellulaire ?  
Comment maintenir le même nombre de chromosomes pendant la multiplication ?



**Émettez des hypothèses pour  
répondre à ce problème**

<http://alexandre.artus.free.fr/cours2017/troisiemes2017/documents/cours/chap2.html>

## activité n°1 : la multiplication cellulaire

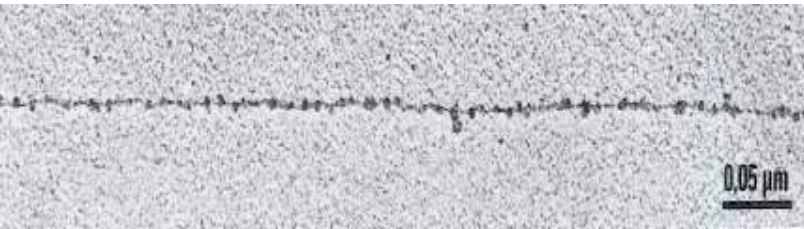


1- Avant la multiplication, expliquer ce que fait la quantité d'ADN et comment se préparent les chromosomes

Avant la multiplication cellulaire, la quantité d'ADN double. On passe des chromosomes simples à des chromosomes doubles (2 chromatides)



## Observations successives de la molécule d'ADN avant la multiplication cellulaire

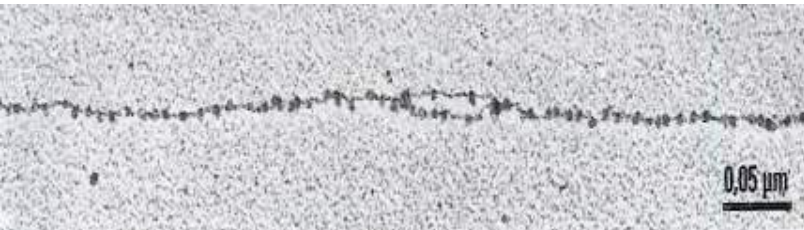


Dessin d'interprétation

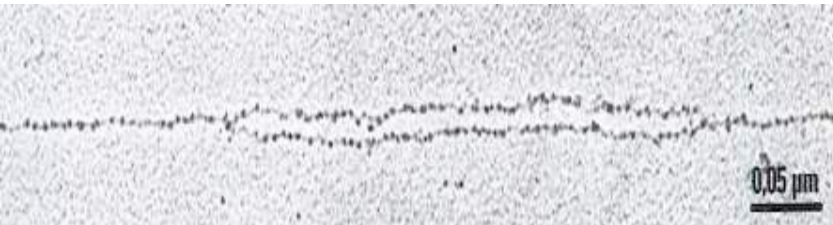


Interprétation

On voit une molécule d'ADN qui correspond à un filament.



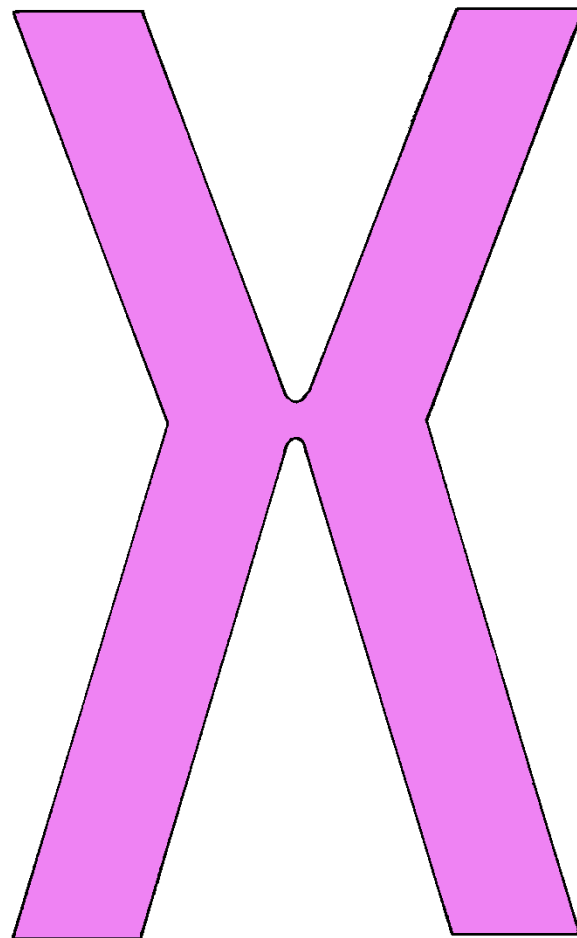
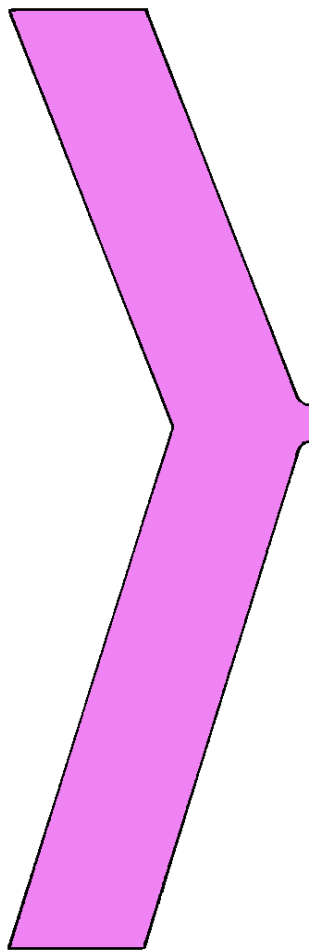
On voit une boucle se former



La boucle s'agrandit : la deuxième molécule d'ADN est en train de se former.

En quoi ces observations confirment-elles les mesures précédentes ?

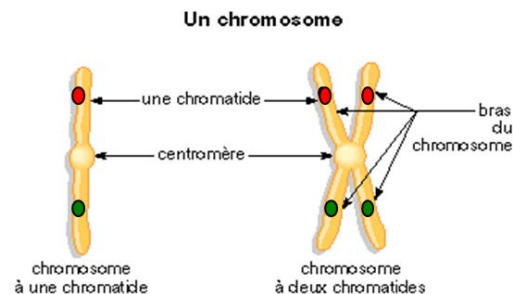
La quantité d'ADN augmente progressivement : la deuxième molécule d'ADN du chromosome (chromatide) se forme au fur et à mesure que la boucle s'agrandit.



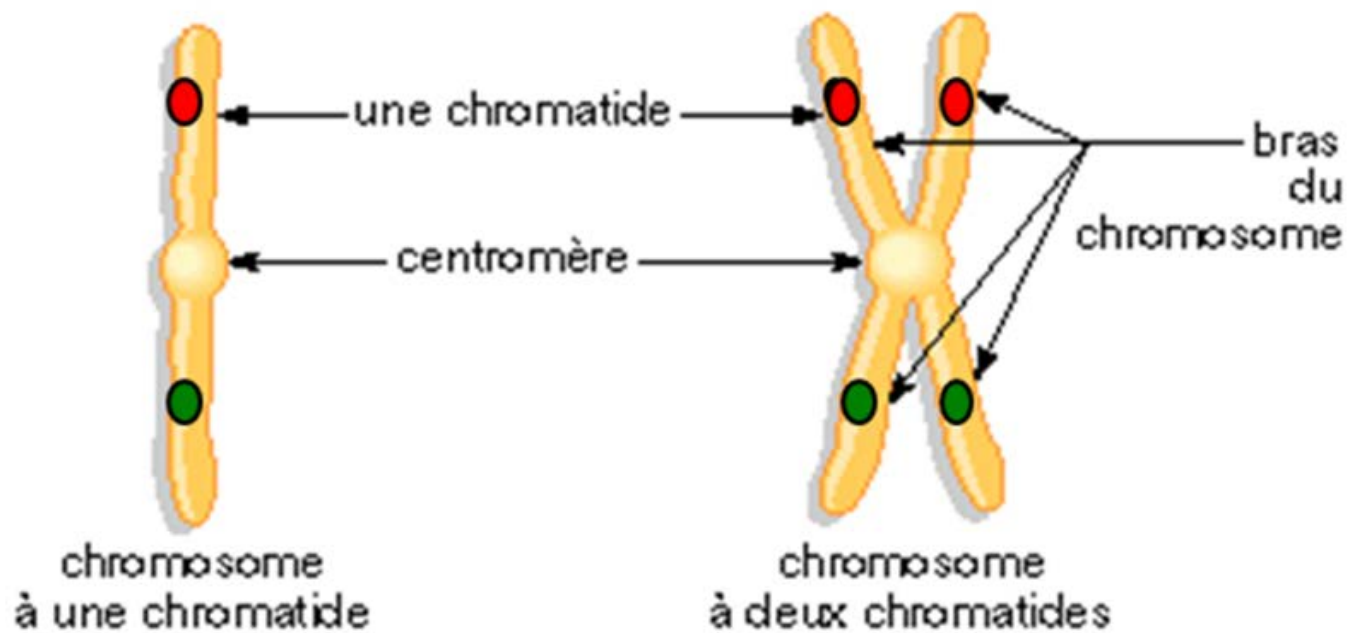
2- Expliquer comment chaque cellule fille reçoit la même information génétique

Pendant la multiplication, chaque chromosome double se coupe en deux. Les chromatides se séparent et migrent dans les cellules filles qui reçoivent ainsi la même information.

Avant chaque division cellulaire, la cellule se prépare. Sa **quantité d'ADN double** mais son nombre de **chromosomes** reste constant.(23 paires). **Chaque chromosome simple** (constitué d'une molécule d'ADN = 1 chromatide) est (photo)copié (répliqué) et **devient un chromosome double** (constitué de deux molécules d'ADN identiques attachées entre elles au centromère = 2 chromatides).



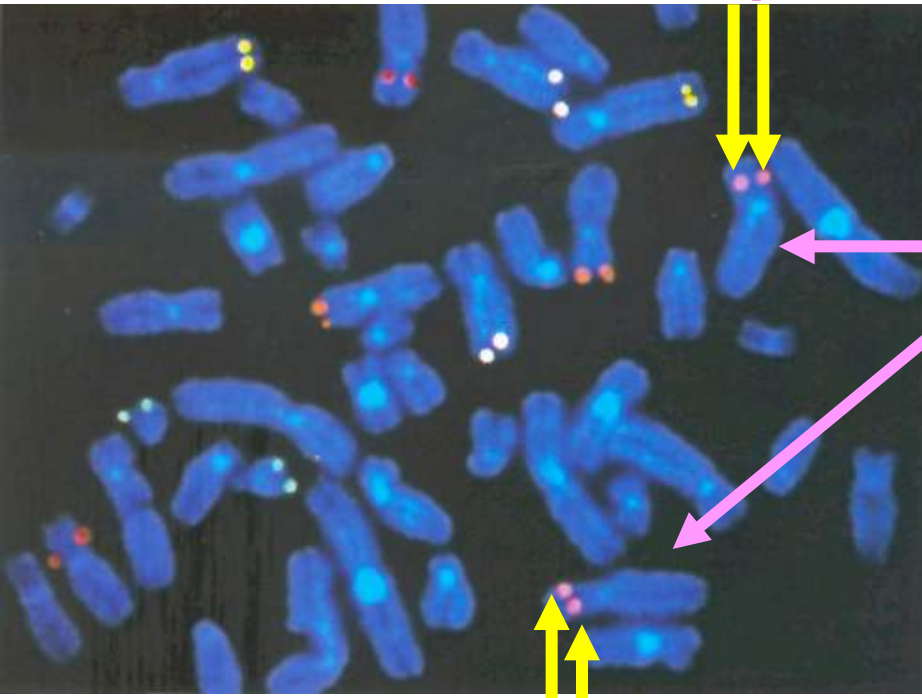
## Un chromosome



# Rappel et complément:

Sur cette photographie repérez les deux filaments d'un chromosome.  
Recherchez le chromosome homologue.

Deux allèles identiques  
sur chaque filament **exemple**

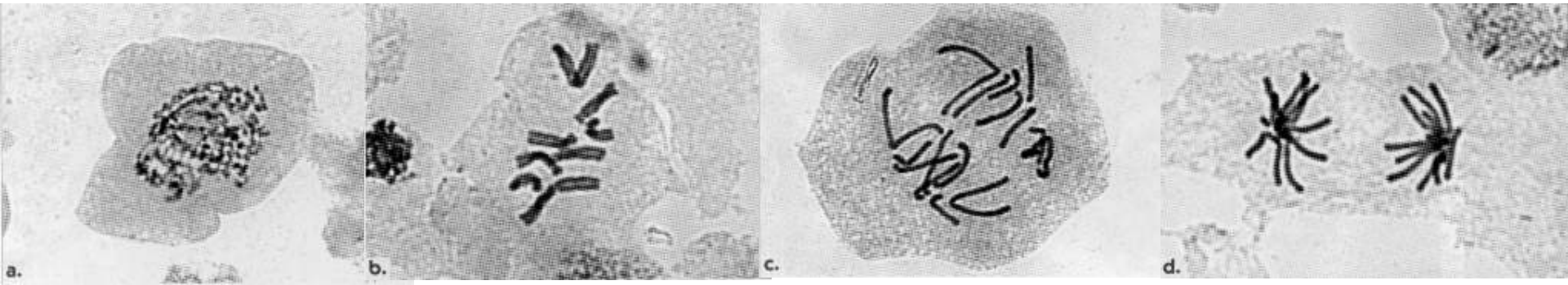


Chromosomes  
homologues

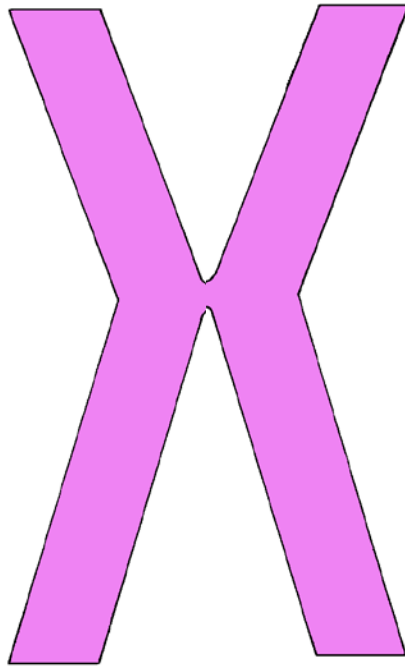
Deux allèles identiques  
sur chaque filament

Les allèles présents sur les deux filaments d'un chromosome sont identiques.

# Observation des chromosomes de cellules en multiplication.



Dans les cellules en multiplication, on observe le passage des chromosomes à deux filaments à des chromosomes à un filament.

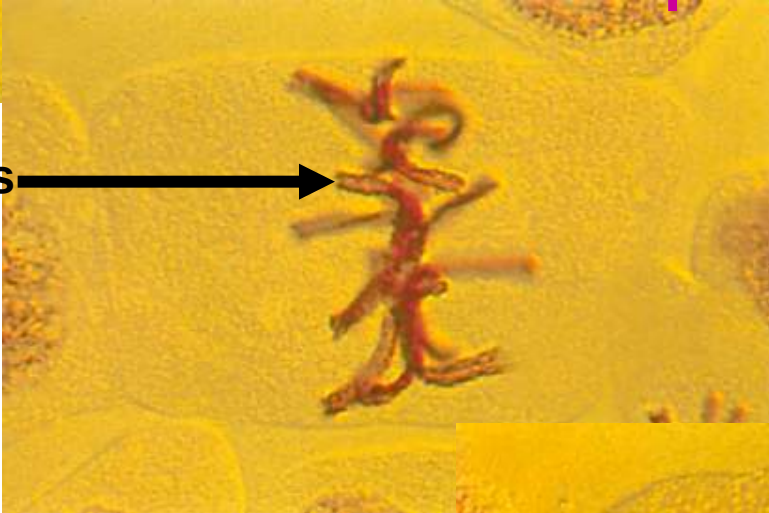


# Observation des chromosomes de cellules en multiplication.

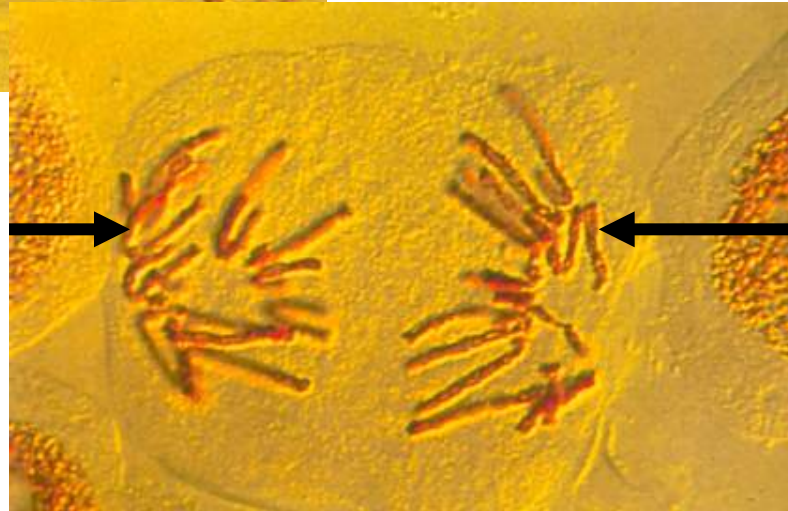
Combien de filaments  
possède un chromosome ?

Une cellule mère

Deux filaments



Un filament



Un filament

Deux cellules filles



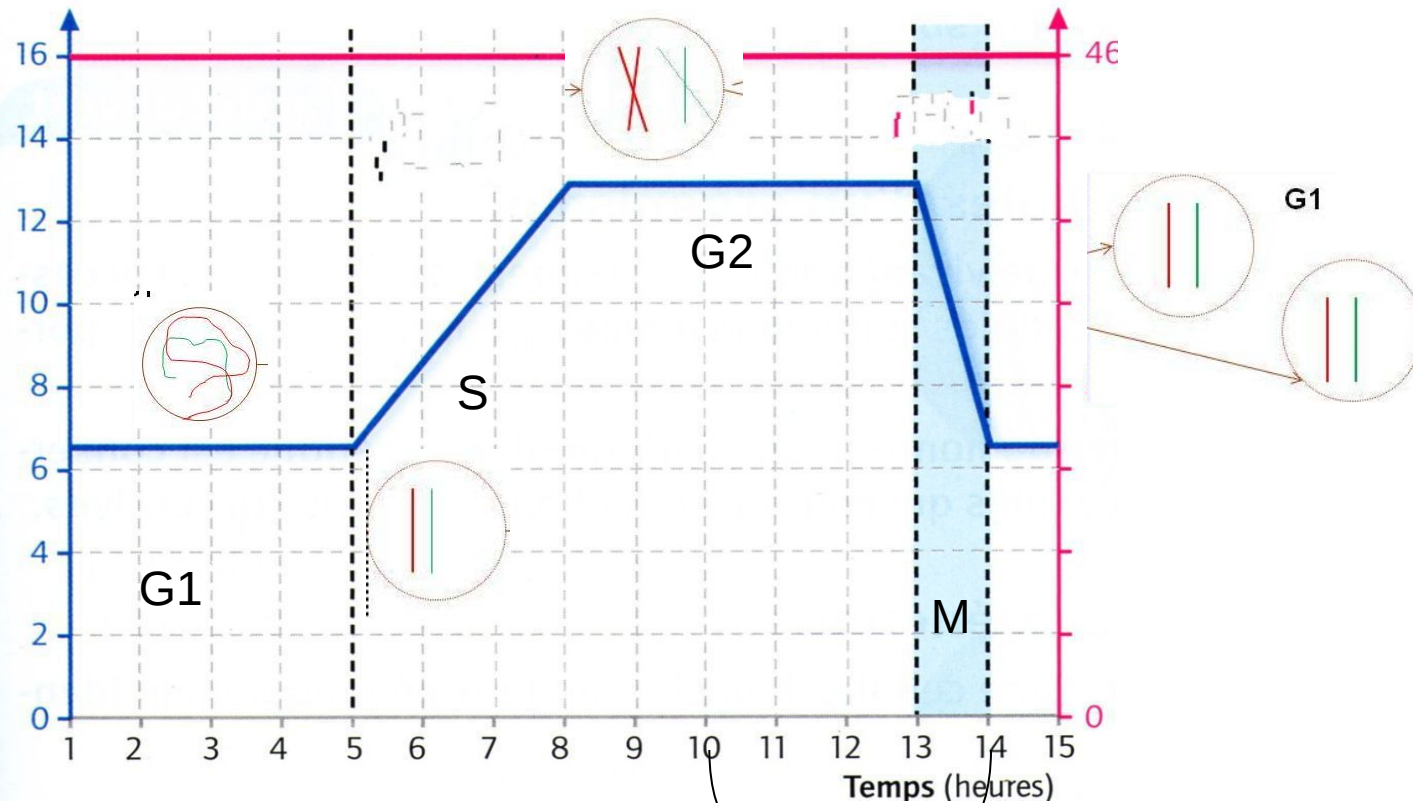
On note à la suite

Lors de la division cellulaire (mitose), **les chromatides des chromosomes se séparent** en 2 lots identiques pour se répartir dans les deux nouvelles cellules **filles**. Chacune des cellules filles reçoit 23 paires de chromosomes à une chromatide, identiques à ceux de la cellule mère (initiale).

La mitose permet la **stabilité génétique** des cellules d'un organisme.

Quantité d'ADN par cellule  
(en unités arbitraires)

Nombre de chromosomes  
par cellule



Phase S :  
réplication de l'ADN

Phase G2 :  
croissance, préparation  
de la mitose

Phase G1:  
croissance, préparation de  
la réplication

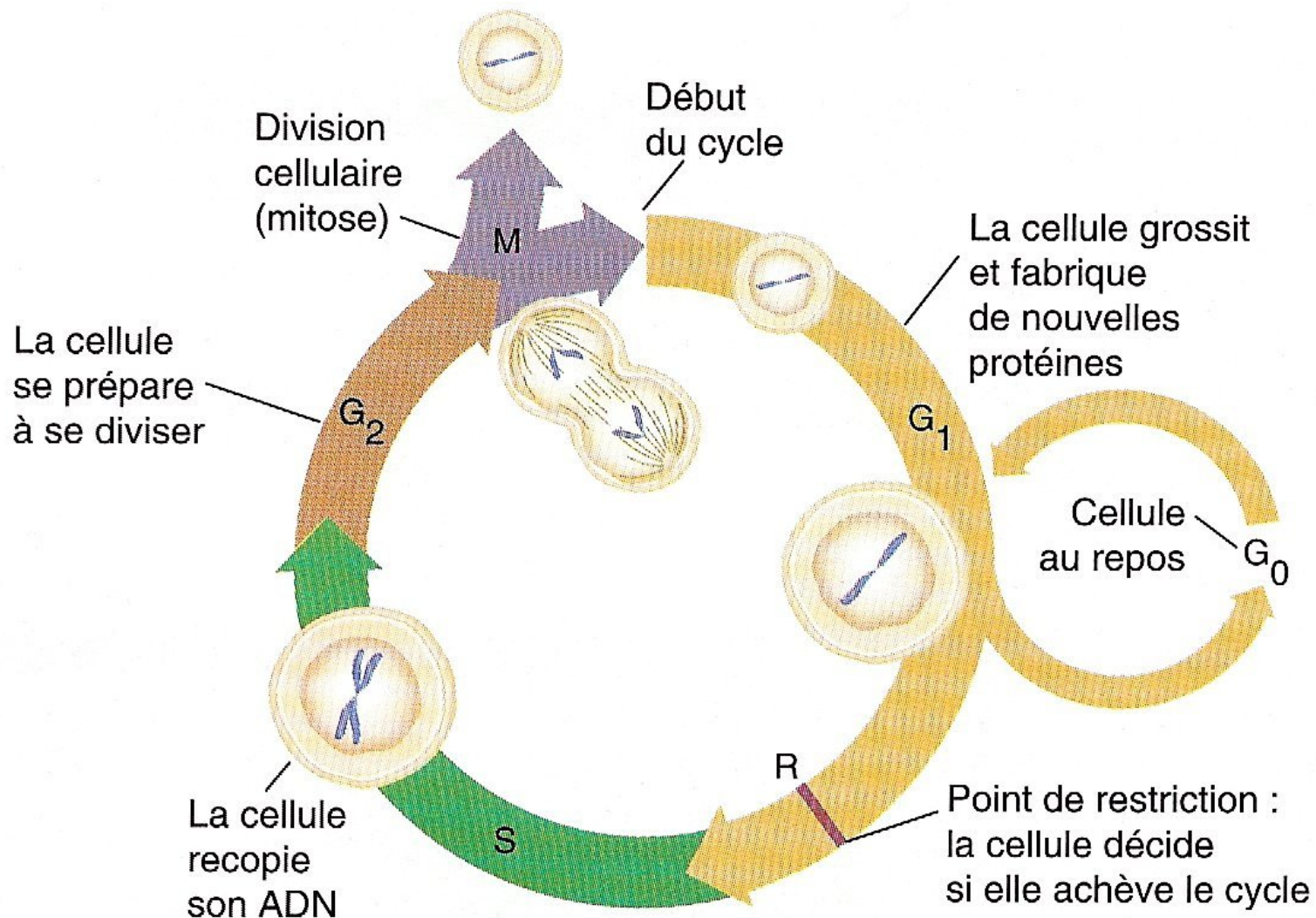
Phase M :  
division cellulaire

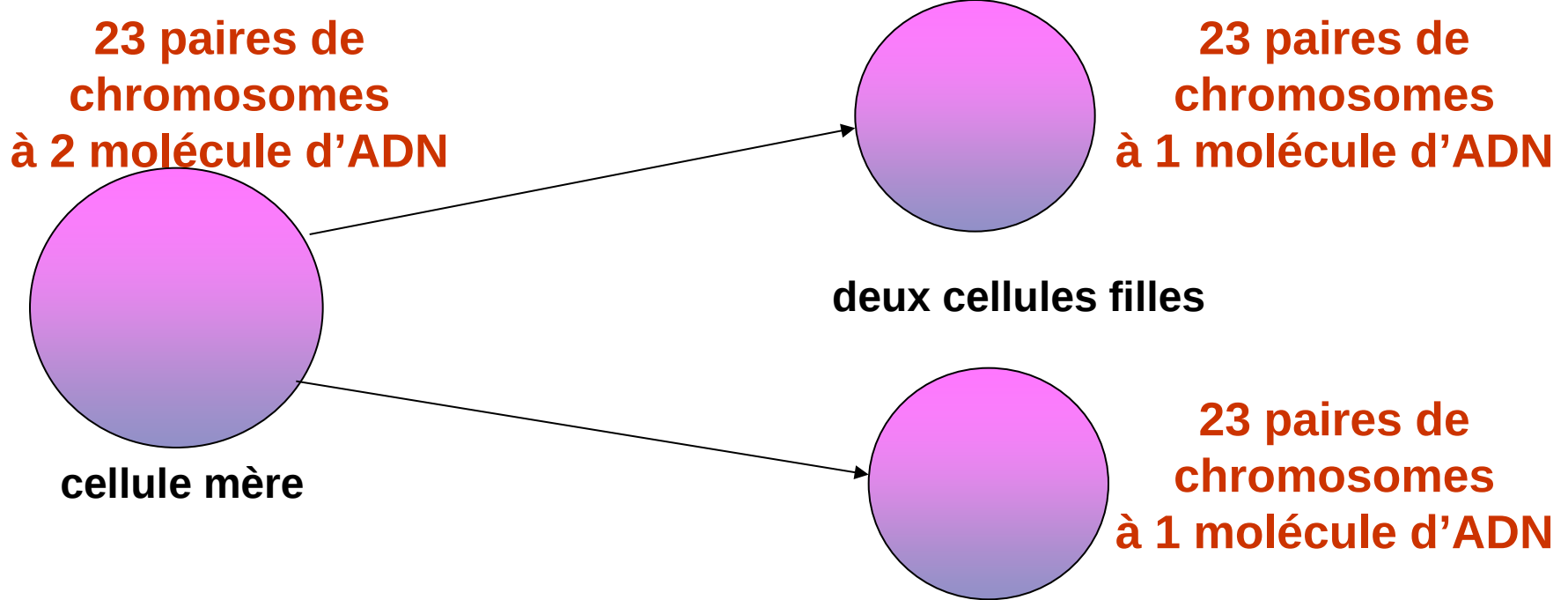
Stade G0:  
hors du cycle cellulaire

Chromosomes  
condensés (visibles)

<https://lc.cx/gcQG>

# Pour plus tard...

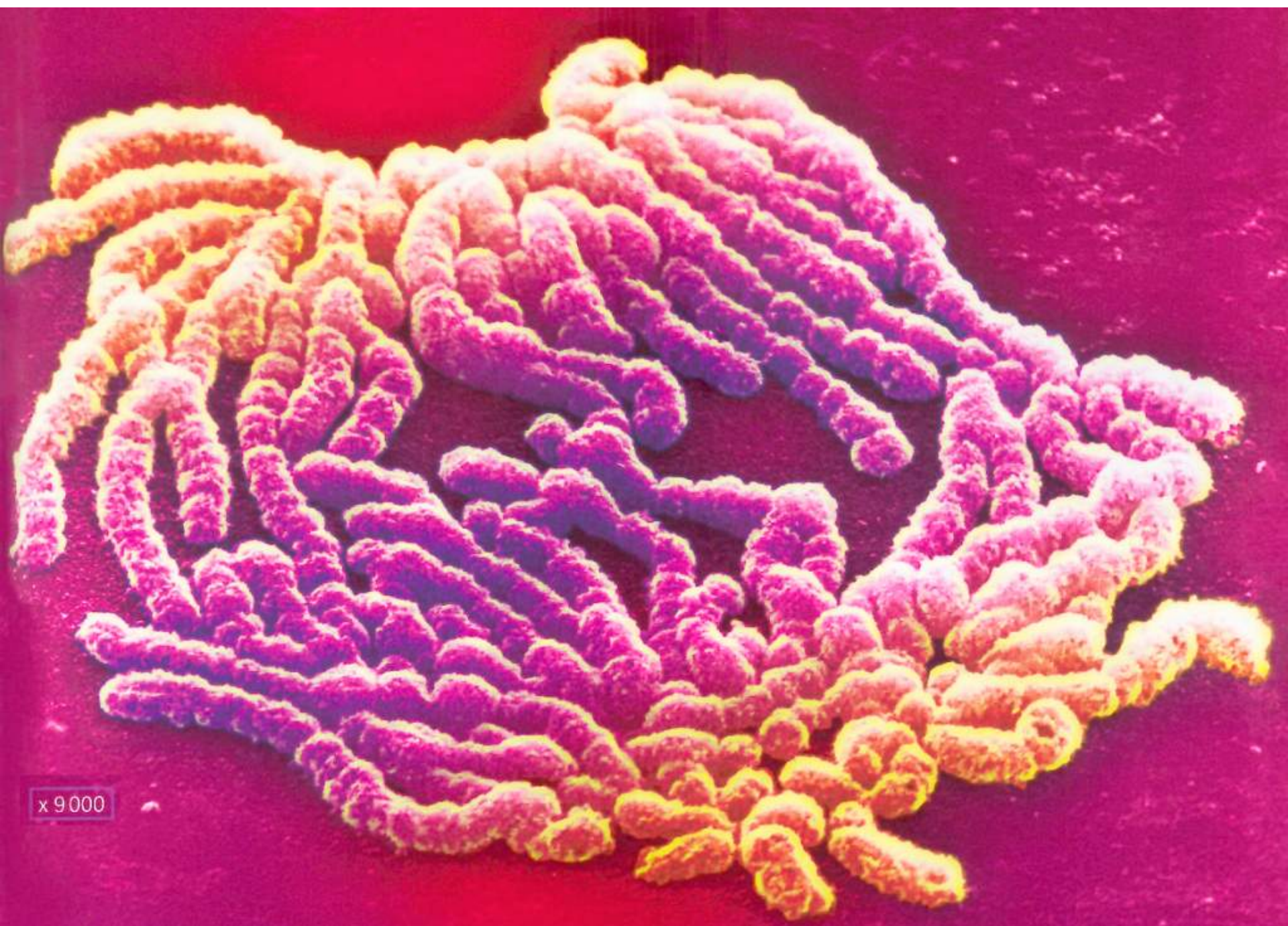




**Les deux cellules filles sont strictement identiques entre elles et identiques à la cellule-mère.**

**Dans les tissus en formation, les deux cellules vont devenir cellule mère et, à leur tour, se multiplier.**

**Dans les tissus en renouvellement, une cellule fille va devenir cellule mère et l'autre cellule fille va remplacer une cellule.**



x 9 000

## II) La transmission des caractères d'une génération à l'autre

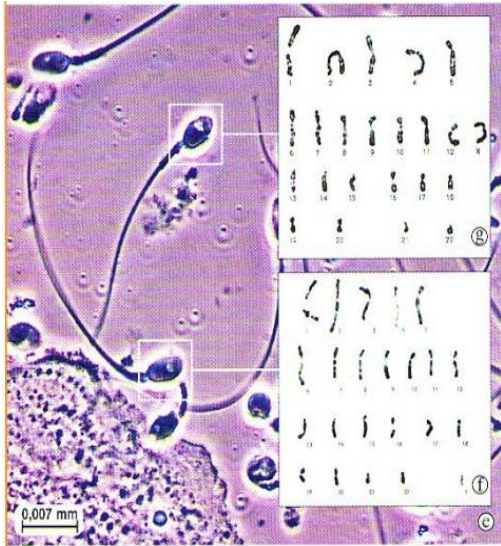


Identifier le ou les problèmes posés par cette situation de départ.

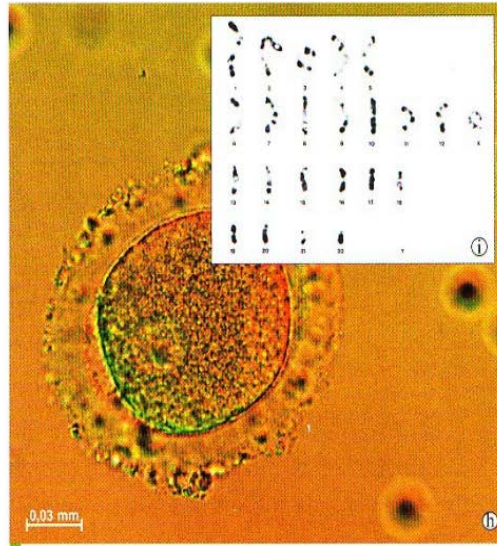
L'enfant possède certains caractères de sa mère (couleur des cheveux, forme des yeux, des sourcils) et d'autres de son père (aspect des cheveux, forme de la bouche et du nez).

Comment l'enfant peut-il avoir des caractères de son père et de sa mère?

Comment deux individus possédant chacun 46 chromosomes dans leurs cellules peuvent donner naissance à un enfant possédant toujours 46 chromosomes?



Doc. 3 Deux spermatozoïdes (e) et leur caryotype (f et g).



Doc. 4 Un ovule (h) et son caryotype (i).



Caryotype d'une cellule de l'enfant

## Activité 2

## Document B: Schéma de la formation des cellules reproductrices chez l'homme

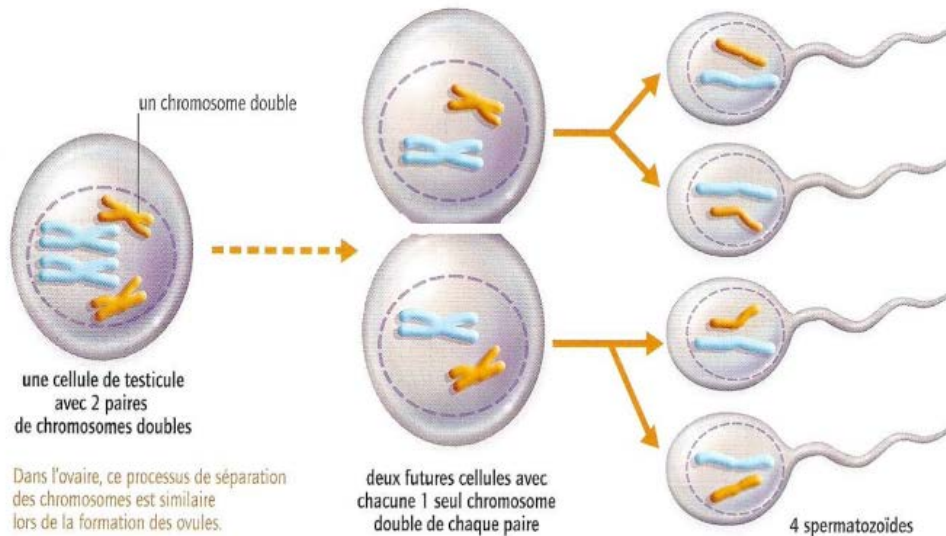


Schéma de la formation des cellules reproductrices chez l'homme.

## La formation des gamètes.

- cellule à 1 paire de chromosomes : 2 gamètes différents possibles
- cellule à 2 paires de chromosomes :  $2 \times 2 = 2^2$  gamètes différents possibles
- cellule à 3 paires de chromosomes :  $2 \times 2 \times 2 = 2^3$  gamètes différents possibles ...
- cellule à n paires de chromosomes :  $2 \times 2 \times 2 \dots \times 2 = 2^n$  gamètes différents possibles

Document C: Les étapes d'une fécondation observées au microscope optique.



- 1- Indiquer le nombre de chromosomes dans les cellules reproductrices
- 2- Indiquer les chromosomes sexuels possibles dans un spermatozoïde et dans un ovule
- 3- Lorsqu'un spermatozoïde entre dans un ovule pendant la fécondation, expliquer comment est déterminé le sexe du futur enfant
- 4- A partir du doc B, expliquer quels chromosomes sont choisis dans la fabrication d'une cellule reproductrice
- 5- Nommer ce phénomène

1- Indiquer le nombre de chromosomes dans les cellules reproductrices

1- Indiquer le nombre de chromosomes dans les cellules reproductrices

L'ovule et le spermatozoïde contiennent 23 chromosomes

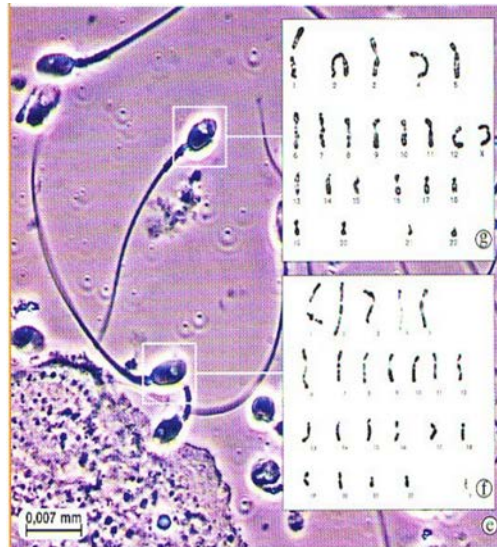
2-Indiquer les chromosomes sexuels possibles dans un spermatozoïde et dans un ovule

1- Indiquer le nombre de chromosomes dans les cellules reproductrices

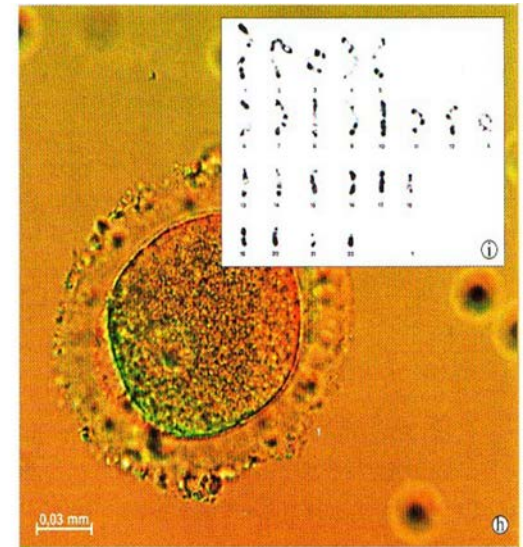
L'ovule et le spermatozoïde contiennent 23 chromosomes

2-Indiquer les chromosomes sexuels possibles dans un spermatozoïde et dans un ovule

- spermatozoïde : un X ou un Y
- ovule : X



Doc. 3 Deux spermatozoïdes (e) et leur caryotype (f et g).

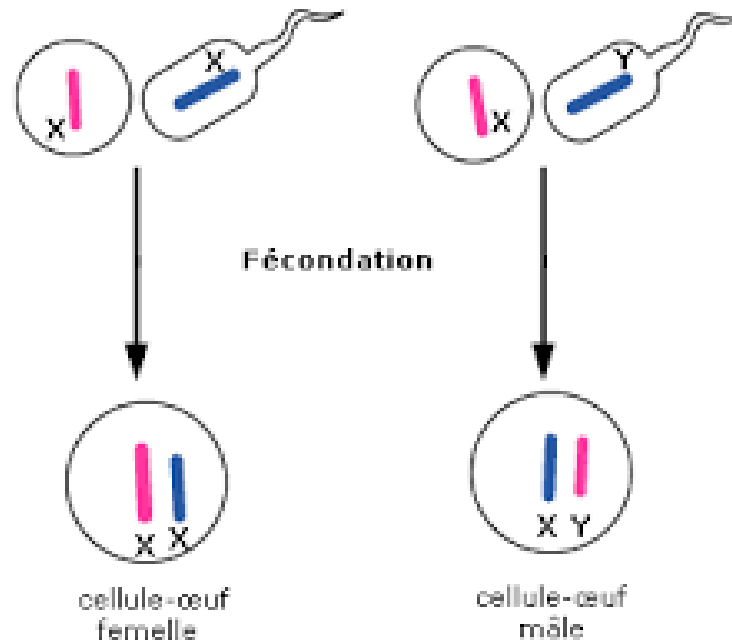


Doc. 4 Un ovule (h) et son caryotype (i).

3- Lorsqu'un spermatozoïde entre dans un ovule pendant la fécondation, expliquer comment est déterminé le sexe du futur enfant

3- Lorsqu'un spermatozoïde entre dans un ovule pendant la fécondation, expliquer comment est déterminé le sexe du futur enfant

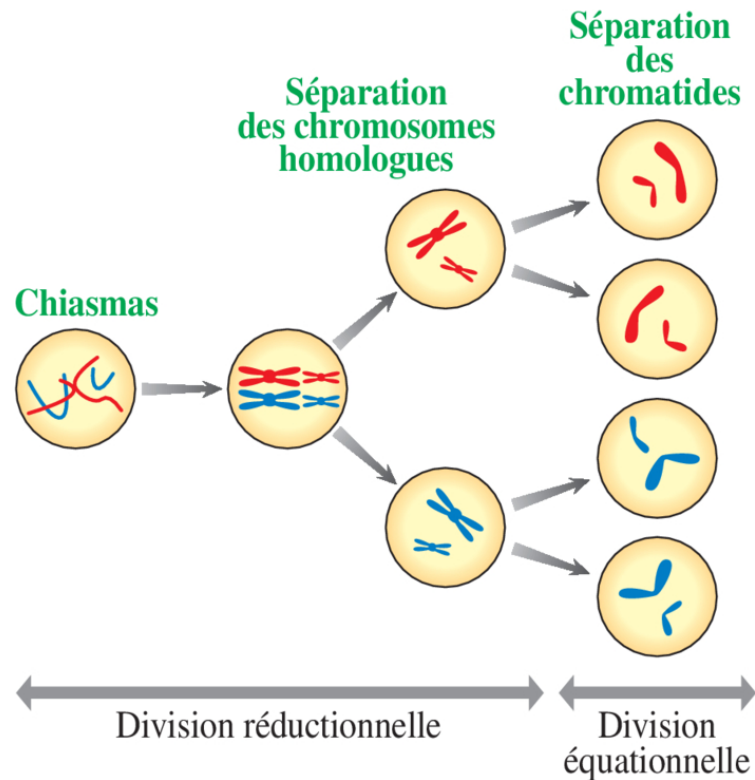
Le spermatozoïde qui entre va déterminer le sexe de l'enfant : si c'est un X, ce sera une fille XX et si c'est un Y, ce sera un garçon XY



4- A partir du doc B, expliquer quels chromosomes sont choisis dans la fabrication d'une cellule reproductrice

4- A partir du doc B, expliquer quels chromosomes sont choisis dans la fabrication d'une cellule reproductrice

Pour fabriquer une cellule reproductrice, on prend un des deux chromosomes de chaque paire initiale pour passer de 46 à 23 au total, grâce à deux divisions successives



5- Nommer ce phénomène

*C'est la méiose*

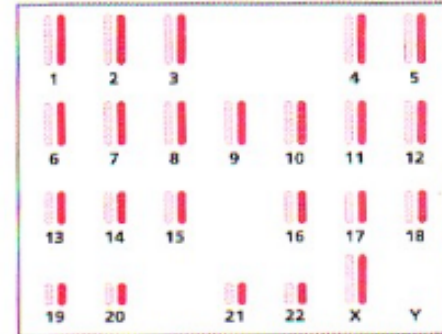
Le caryotype d'une cellule de l'enfant contient 23 paires de chromosomes alors que ceux des cellules reproductrices ne contiennent que 23 chromosomes. La formation des cellules reproductrices sépare les chromosomes de chaque paire et permet la constitution de cellules à 23 chromosomes.

Comme les chromosomes homologues sont génétiquement différents, alors **les gamètes ne possèdent que la moitié de l'information génétique de l'individu** : un seul des deux allèles est présent.

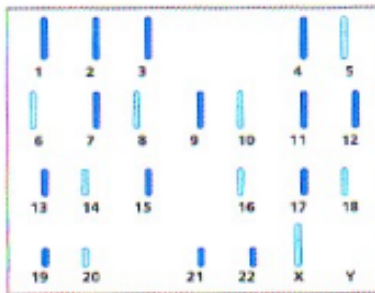
Comme la répartition des chromosomes homologues se fait **au hasard**, alors **chaque gamète réunit une combinaison de chromosomes unique** : un individu peut ainsi produire plus de 8 millions de gamètes différents.



caryotype à 46 chromosomes,  
dont un X et un Y

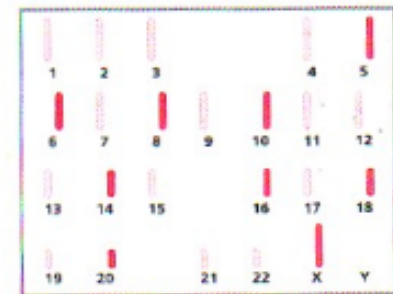


caryotype à 46 chromosomes,  
dont deux X



caryotype à 23 chromosomes  
d'un spermatozoïde

## La fabrication des cellules sexuelles



caryotype à 23 chromosomes  
d'un ovule

# **III) Les erreurs dans la transmission des informations**

**activité n°3 : les cancers**

1- Indiquer 6 causes qui peuvent provoquer un cancer

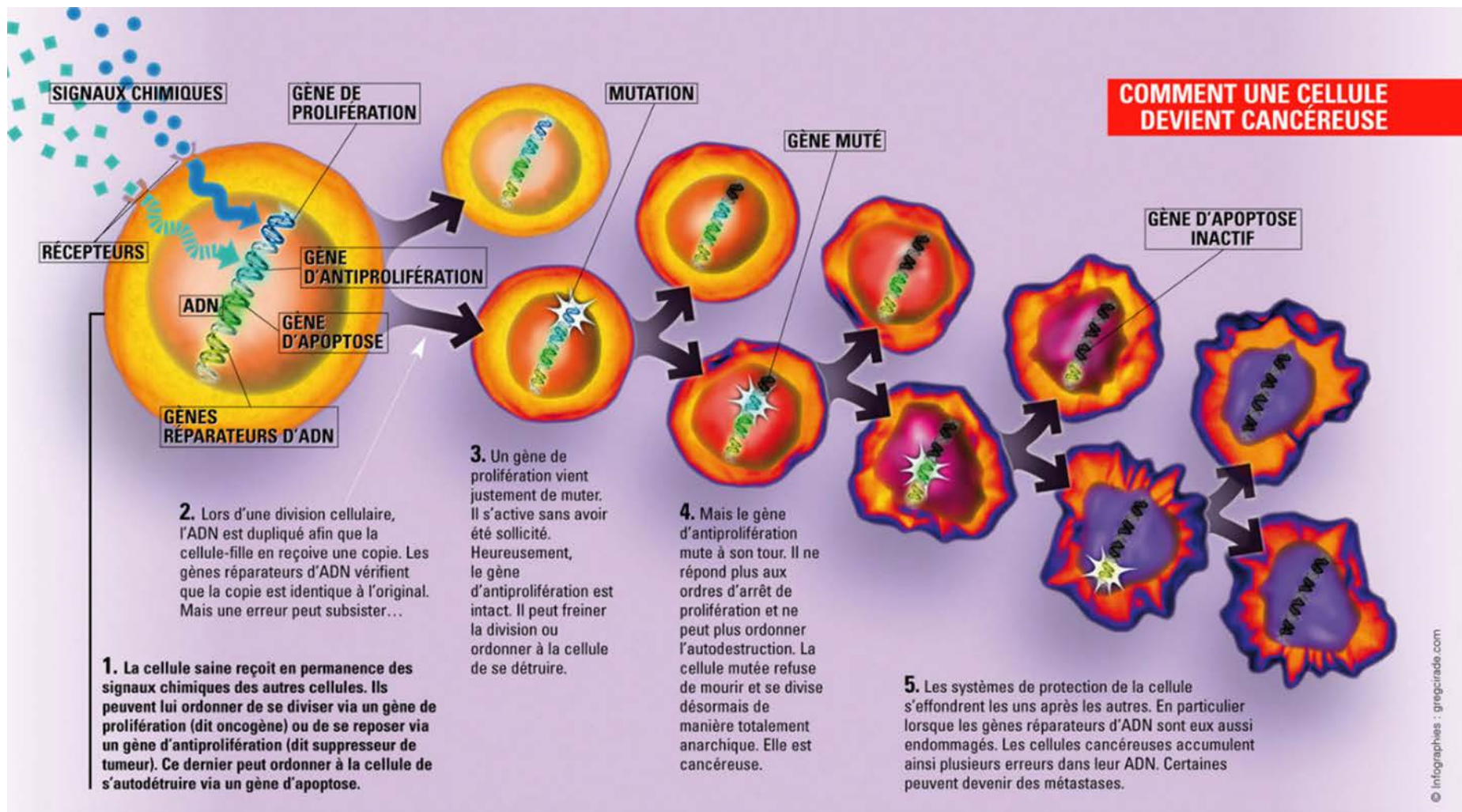
Facteurs internes : prédispositions  
génétiques...(10%)

Facteurs externes : UV, pesticides,  
tabac, alcool, virus,  
sédentarité...(90%)

2-Expliquer comment une cellule devient cancéreuse au niveau de son ADN

2-Expliquer comment une cellule devient cancéreuse au niveau de son ADN

L'ADN subit une ou plusieurs mutations au niveau d'un ou plusieurs gènes et la cellule devient cancéreuse



3- Indiquer comment évoluent les cellules cancéreuses au niveau d'un organe

3- Indiquer comment évoluent les cellules cancéreuses au niveau d'un organe

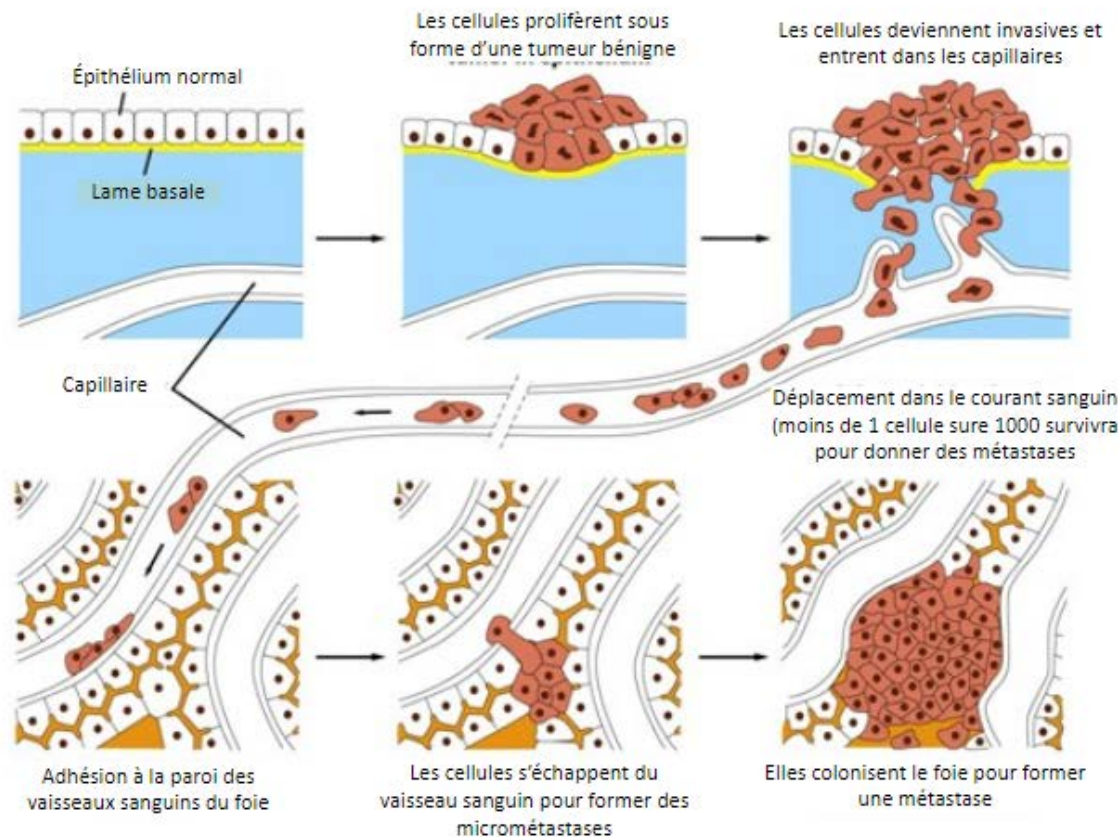
Au niveau d'un organe, les cellules cancéreuses se multiplient de manière incontrôlée et forment une tumeur.

4- Expliquer comment se généralise un cancer dans le corps

4- Expliquer comment se généralise un cancer dans le corps

Des morceaux de la tumeur se détachent et circulent dans le corps pour se fixer à d'autres organes : le cancer se généralise.

## FORMATION DES MÉTASTASES



5- À partir de vos connaissances et d'internet, nommer 4 méthodes médicales pour lutter contre un cancer

- chimiothérapie = toxines
- radiothérapie = rayons ciblés
- hormonothérapie = hormones ciblées
- chirurgie = extraction de la tumeur
- immunothérapie = leucocytes ciblés..

# L'arsenal médical de lutte contre le cancer

## 1 TRAITEMENTS CONVENTIONNELS



### CHIRURGIE

Ablation de la tumeur et parfois de ses extensions (métastases)



### RADIOTHÉRAPIE

Utilisation des radiations ionisantes pour détruire directement les cellules cancéreuses en cassant leur ADN



### CHIMIOTHÉRAPIE

Traitement médicamenteux visant à détruire les cellules en division rapide dans l'organisme

Ces techniques visent les cellules cancéreuses, mais **détruisent aussi des cellules saines**

Infographie  
**LE FIGARO**

## 2 THÉRAPIES CIBLÉES

Récepteurs



**Vise les cellules cancéreuses** porteuses de mutations spécifiques en ciblant leurs **récepteurs**.

## 3 IMMUNOTHÉRAPIE

Réactivation du système immunitaire contre les cellules cancéreuses



### Activation des lymphocytes

(cellules du système immunitaire)

Anticorps



**Destruction** des cellules cancéreuses

### DOUBLE AVANTAGE

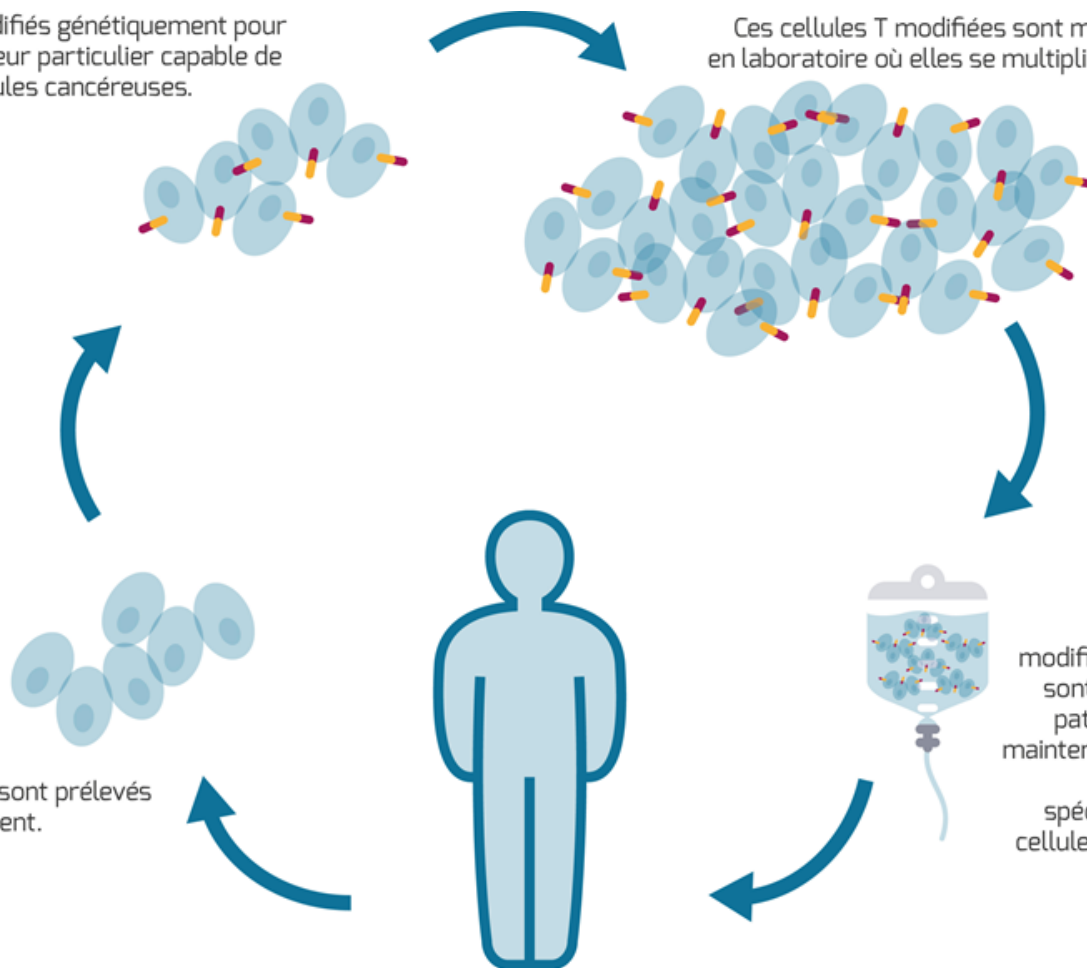
Pas d'hospitalisation et moins d'effets secondaires que la chimiothérapie.

Ils sont ensuite modifiés génétiquement pour exprimer un récepteur particulier capable de reconnaître les cellules cancéreuses.

Ces cellules T modifiées sont mises en culture en laboratoire où elles se multiplient par million.

Ces cellules modifiées, les CAR-T, sont reinjectées au patient. Elles sont maintenant en mesure d'attaquer spécifiquement les cellules cancéreuses.

Les lymphocytes T sont prélevés dans le sang du patient.



Suite à une modification de l'ADN par des facteurs environnementaux (tabac, soleil...), certaines cellules se multiplient de façon anarchique aboutissant à la formation de **tumeurs**.

Lorsque des cellules tumorales se propagent dans l'organisme, elles sont à l'origine d'un **cancer généralisé** qui peut entraîner la mort.

## IV) La fécondation : création d'un individu au programme génétique unique

### Activité Un tableau de croisement

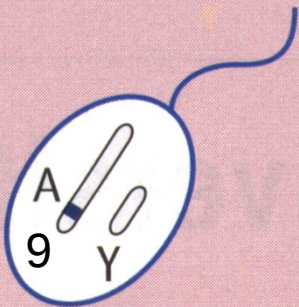
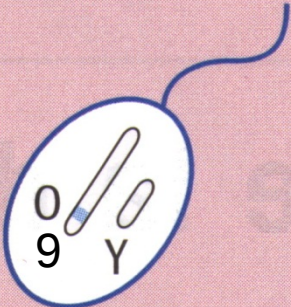
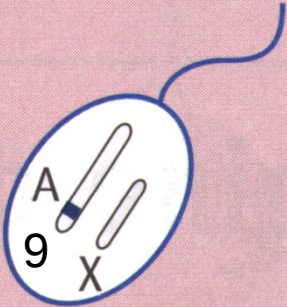
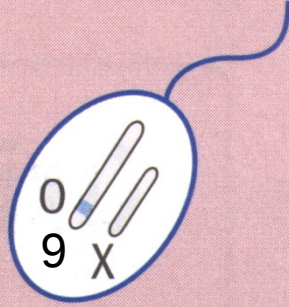
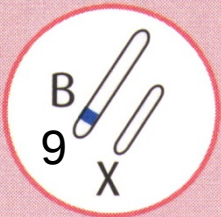
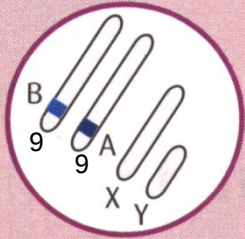
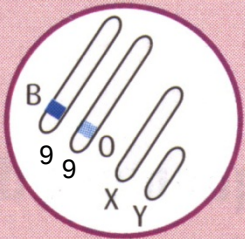
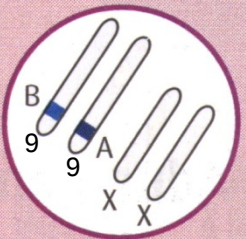
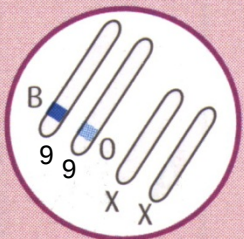
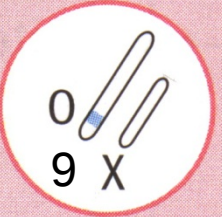
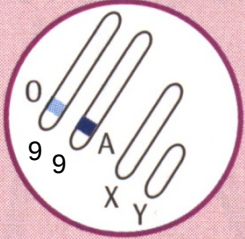
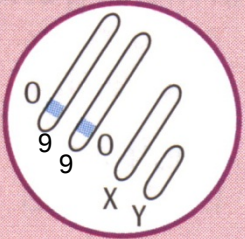
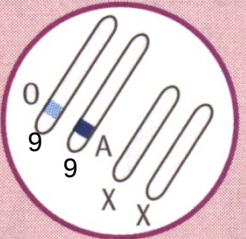
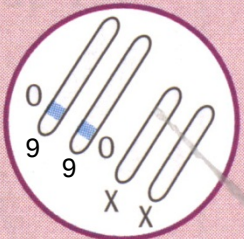
**Objectif : être capable de construire et d'utiliser un tableau de croisement.**

Cindy-Antoinnette est du groupe sanguin B. (imaginons qu'elle possède les allèles B/O.)

Pierre-Cyril est du groupe sanguin A. (imaginons qu'il possède les allèles A/O.)

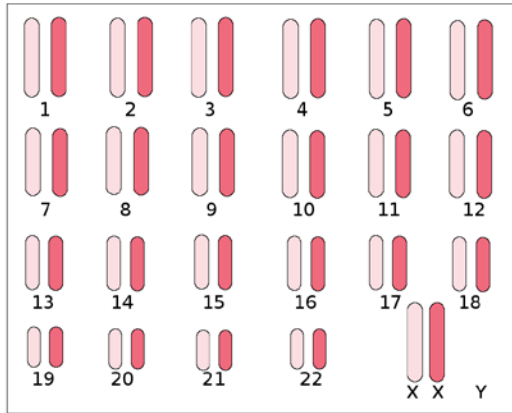
**Imaginez toutes les possibilités de fécondation d'un ovule de Cindy-Antoinnette par un spermatozoïde de Pierre-Cyril.**

**On ne s'intéressera qu'à deux paires de chromosomes : la 9<sup>ème</sup> (groupes sanguins) et la 23<sup>ème</sup>**

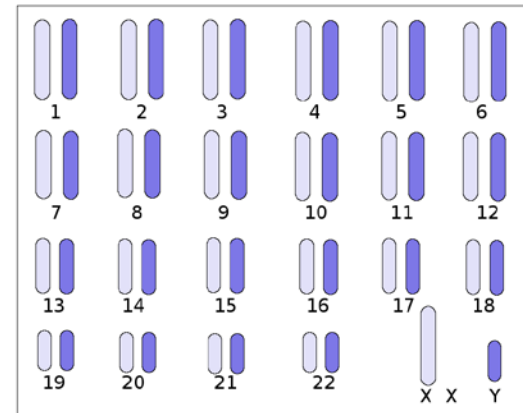
| <div>spermatozoïdes</div> <div>ovules</div>                                        |                       |                       |                       |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <br>homme, groupe AB  | <br>homme, groupe B   | <br>femme, groupe AB  | <br>femme, groupe B   |
|  | <br>homme, groupe A | <br>homme, groupe O | <br>femme, groupe A | <br>femme, groupe O |

La fécondation, en réunissant au hasard les cellules reproductrices, assure un brassage des allèles et forme une cellule œuf unique.

**Caryotype de la mère**

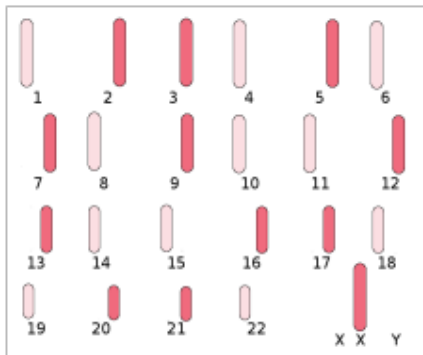


**Caryotype du père**

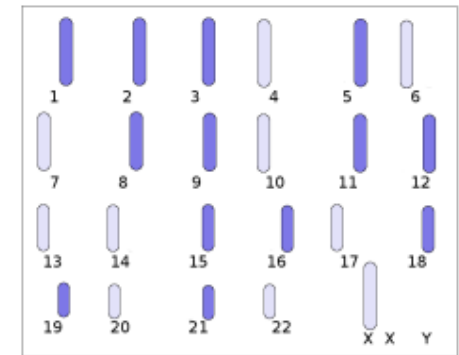


# Un exemple

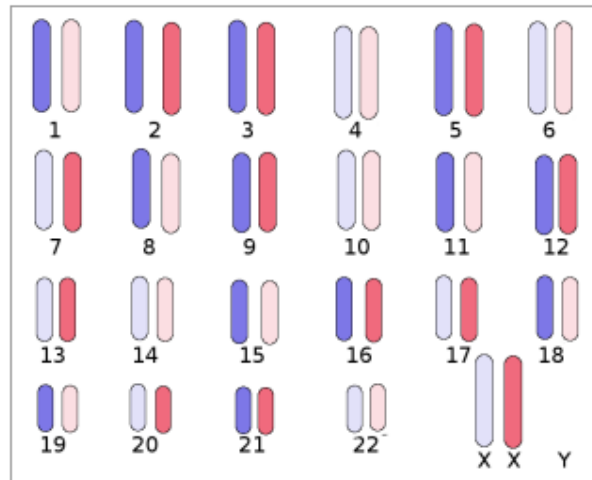
**Caryotype d'un ovule**



**Caryotype d'un spermatozoïde**



**Caryotype de la cellule-œuf issue de la fécondation de cet ovule et de ce spermatozoïde.**



## BILAN GENETIQUE

Dans le noyau de nos cellules, nos caractères héréditaires sont portés par des gènes, régions précises des chromosomes, dont nous possédons 23 paires. La répartition des chromosomes lors des divisions des cellules explique la répartition des caractères héréditaires. La plupart de nos cellules reproduisent à l'identique leur caryotype de 46 chrx, mais les cellules qui vont donner les gamètes se divisent de façon à ne plus conserver qu'un seul chromosome de chaque paire. Chaque gamète porte donc 1/2 génome constitué au hasard, et la fécondation donnera une cellule oeuf au génome original, qui construira un individu qui sera unique de par son génome mais aussi à cause de son expérience, de son histoire.

# **Exercice détaillé :**

## **Transmission d'un allèle**

### **le groupe sanguin Rhésus**

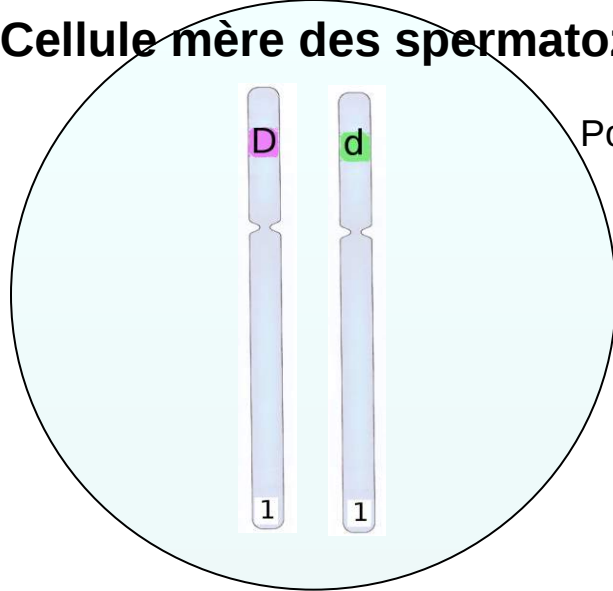
**Le père est du groupe Rh+, il possède les allèles : D,d.**

**La mère est aussi du groupe Rh+ et possède également les allèles D,d.**

**Appliquons la notion :**

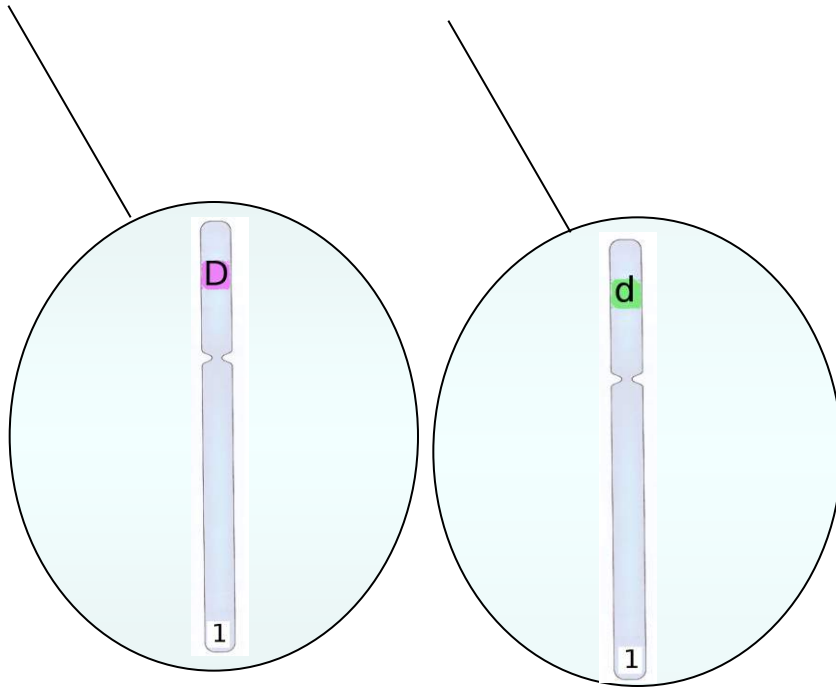
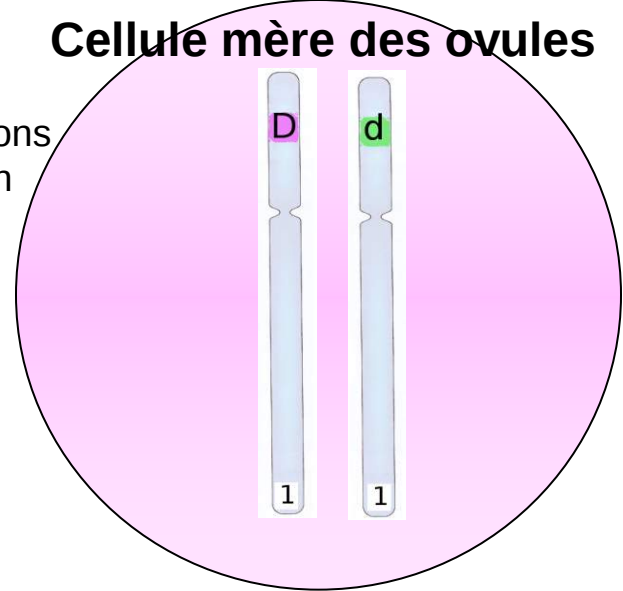
**il y a séparation des chromosomes homologues pendant la fabrication des cellules reproductrices.**

## Cellule mère des spermatozoïdes

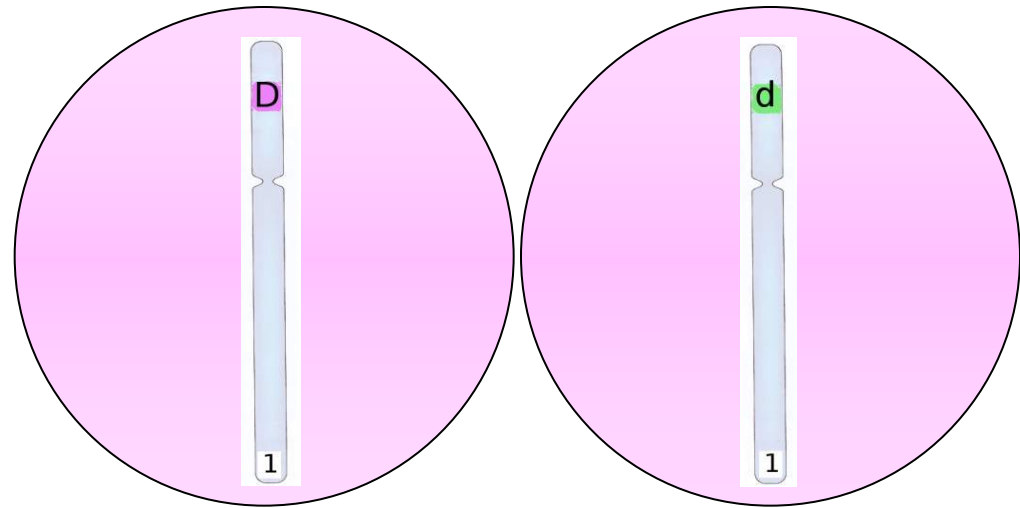


Pour simplifier représentons  
des chromosomes à un  
filament.

## Cellule mère des ovules



**Spermatozoïdes possibles**



**Ovules possibles**

## Transmission d'un allèle, le groupe sanguin Rhésus

Le père est du groupe Rh+, il possède les allèles : D,d.

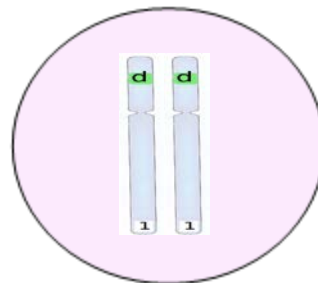
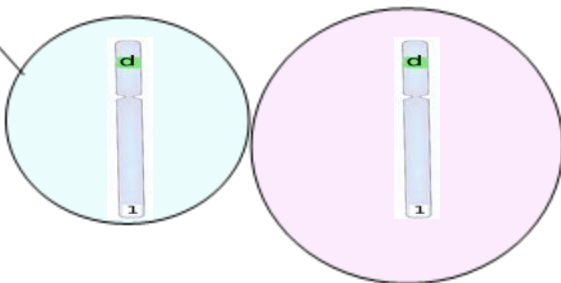
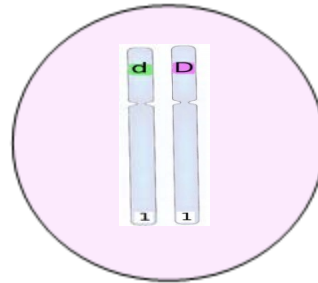
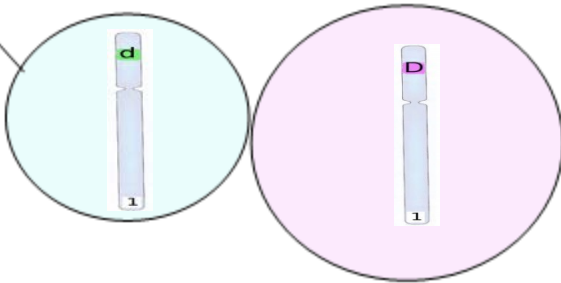
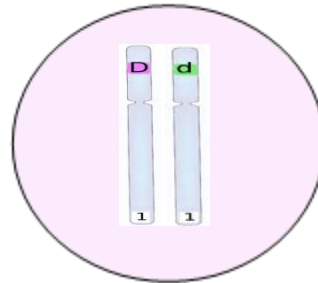
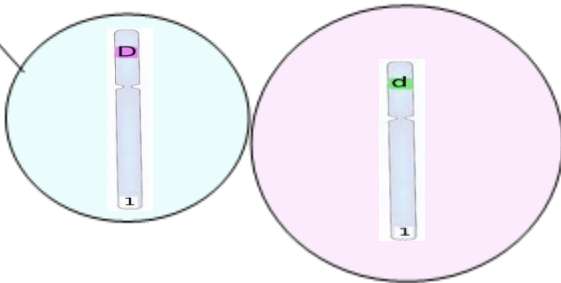
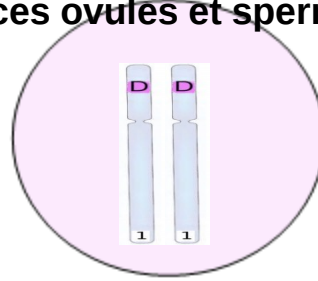
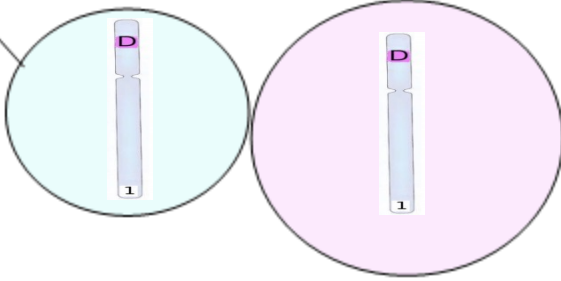
La mère est aussi du groupe Rh+ et possède également les allèles D,d.

**Les spermatozoïdes peuvent contenir  
soit l'allèle D, soit l'allèle d.**

**Les ovules peuvent contenir  
soit l'allèle D, soit l'allèle d.**

**Voyons les combinaisons alléliques possibles lors de la rencontre des cellules reproductrices.**

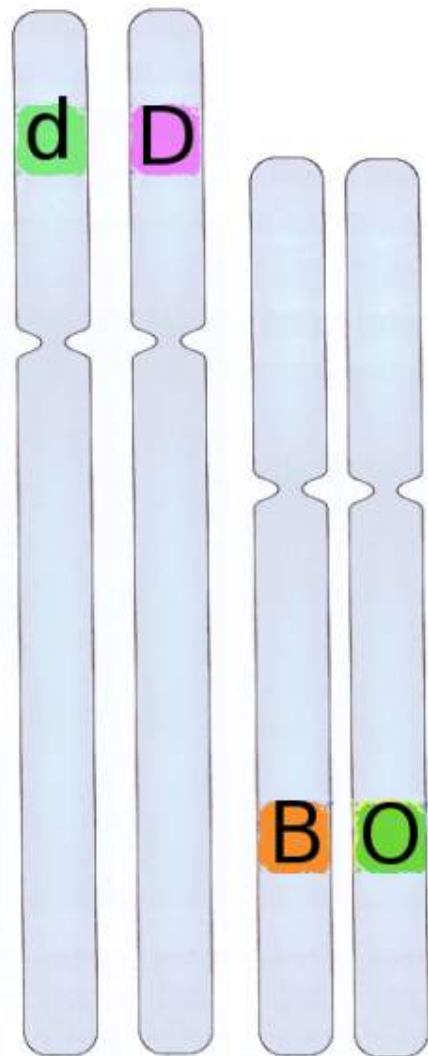
# Cellules-œufs issues de la fécondation de ces ovules et spermatozoïdes



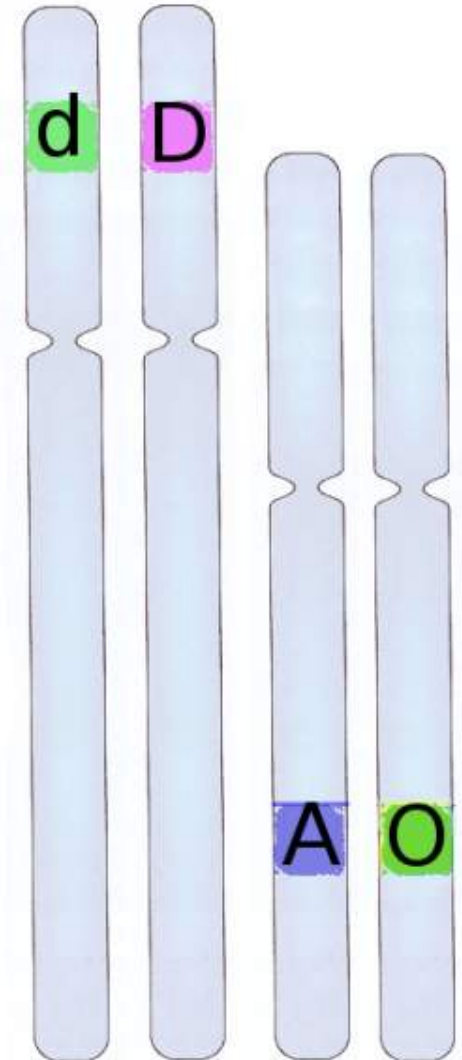
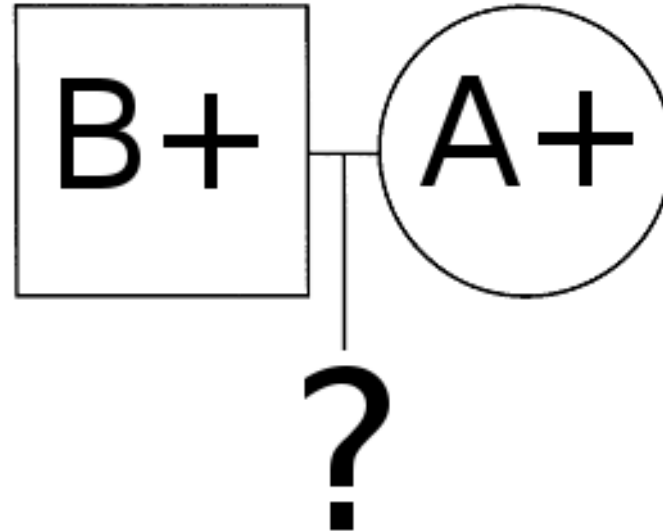
Représentons sous forme de tableau les différentes combinaisons génétiques possibles.

| allèles du spermatozoïde → | D                                                                  | d                                                                  |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| allèles de l'ovule ↓       | Combinaison allélique :<br><b>DD</b><br>Groupe Rhésus : <b>Rh+</b> | Combinaison allélique :<br><b>Dd</b><br>Groupe Rhésus : <b>Rh+</b> |
|                            | Combinaison allélique :<br><b>Dd</b><br>Groupe Rhésus : <b>Rh+</b> | Combinaison allélique :<br><b>dd</b><br>Groupe Rhésus : <b>Rh-</b> |

## Exemple 2 : Transmission de deux allèles le groupe Rhésus et le groupe ABO



paire 1 paire 9



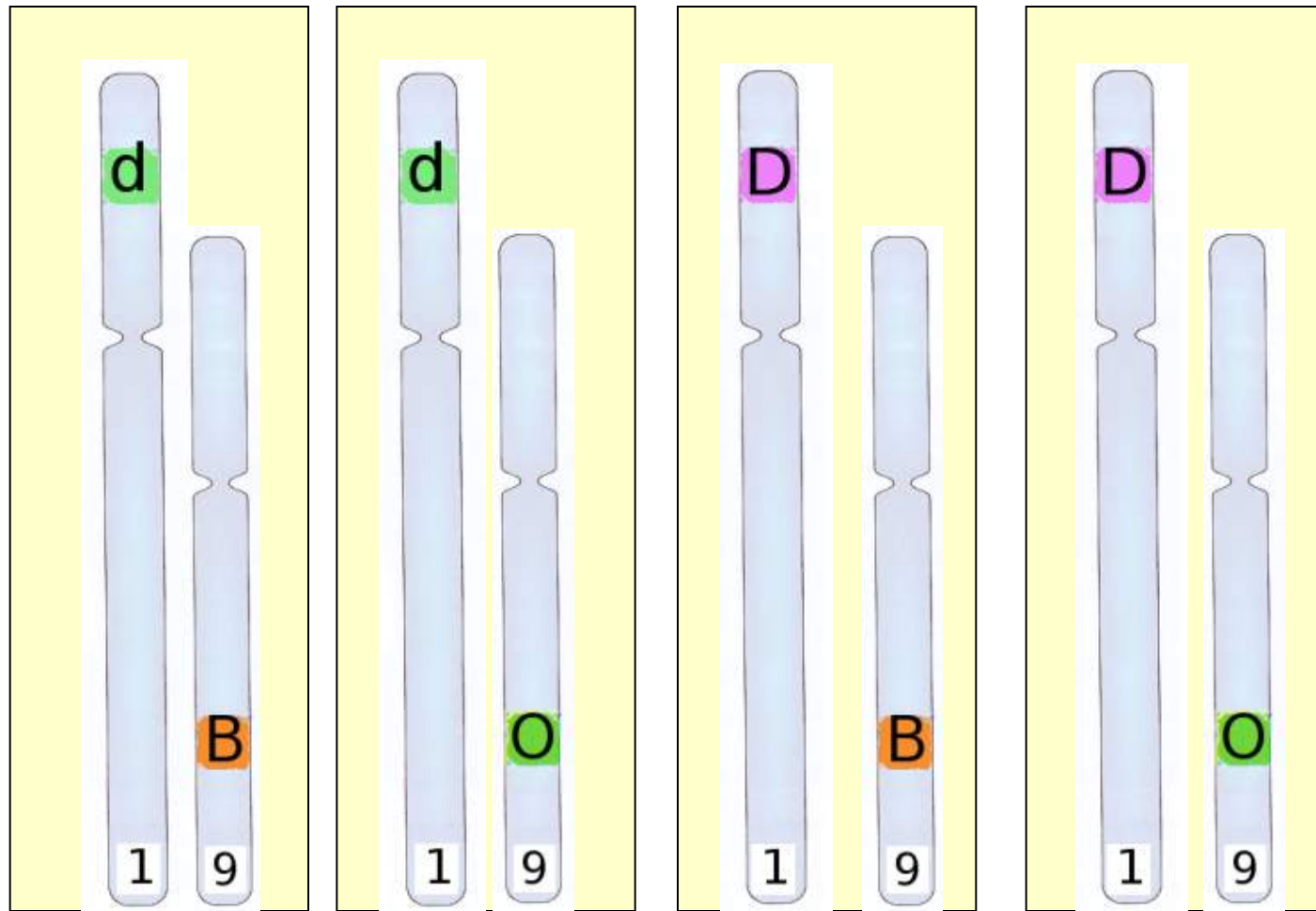
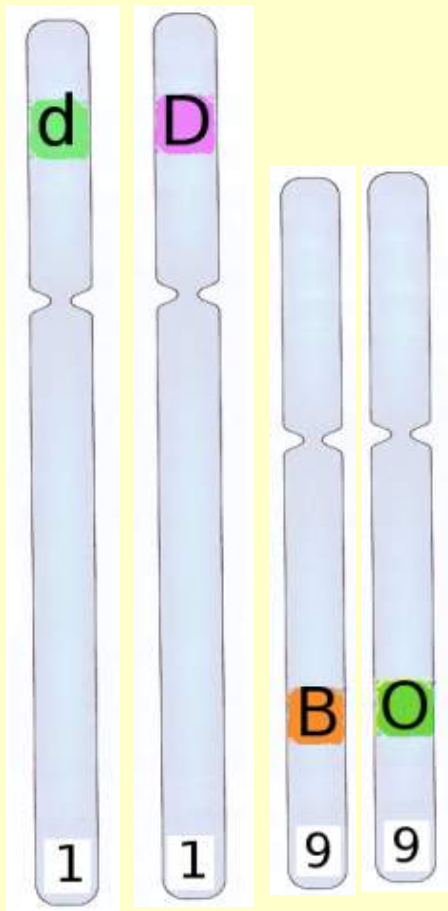
paire 1 paire 9

# Formation des spermatozoïdes

Séparation des chromosomes de la paire n°1

Le chromosome n°9 portant l'allèle B peut s'associer avec le chromosome n°1 portant l'allèle d ou celui portant l'allèle D.

De même pour le chromosome n°9 portant l'allèle O.

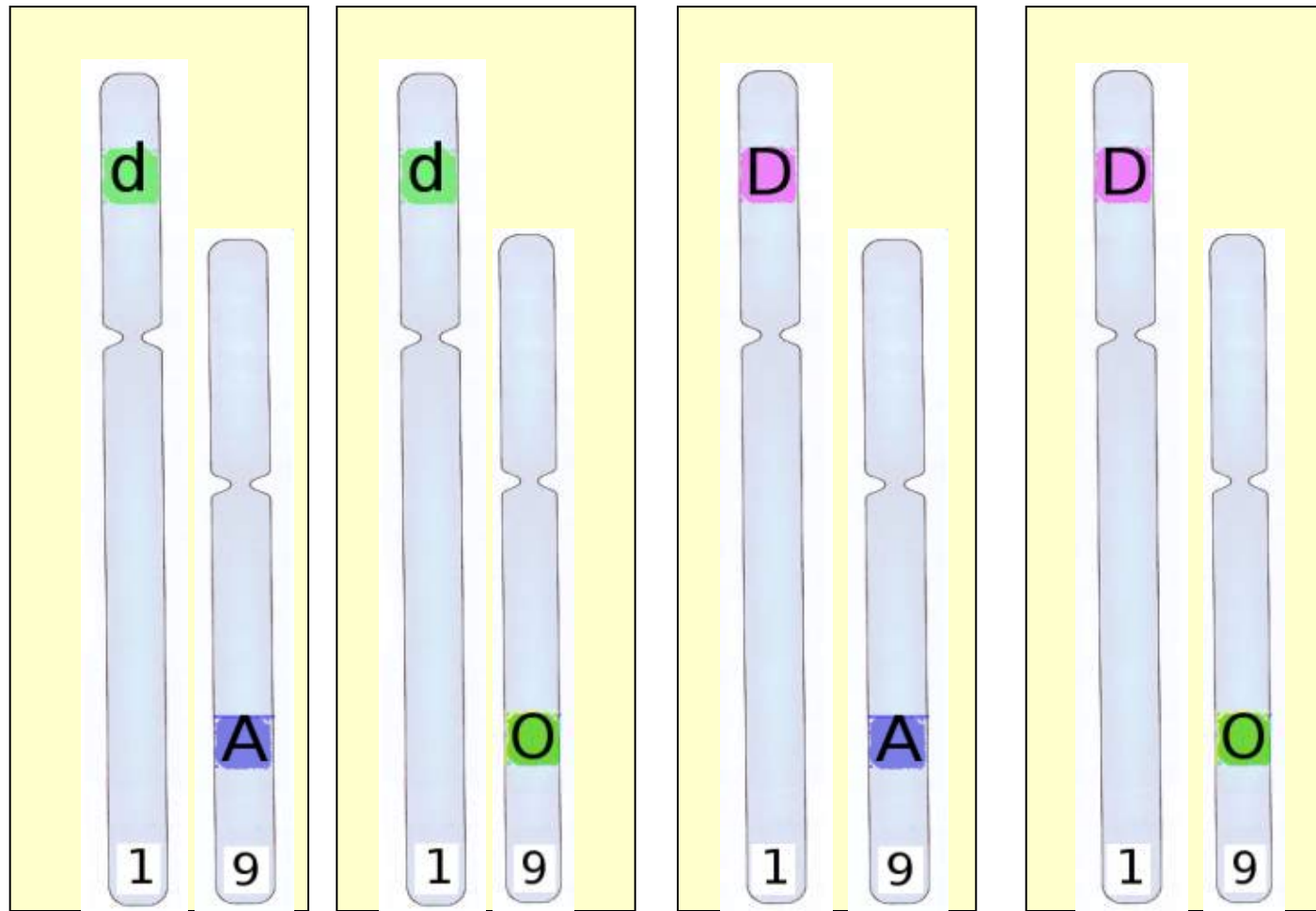
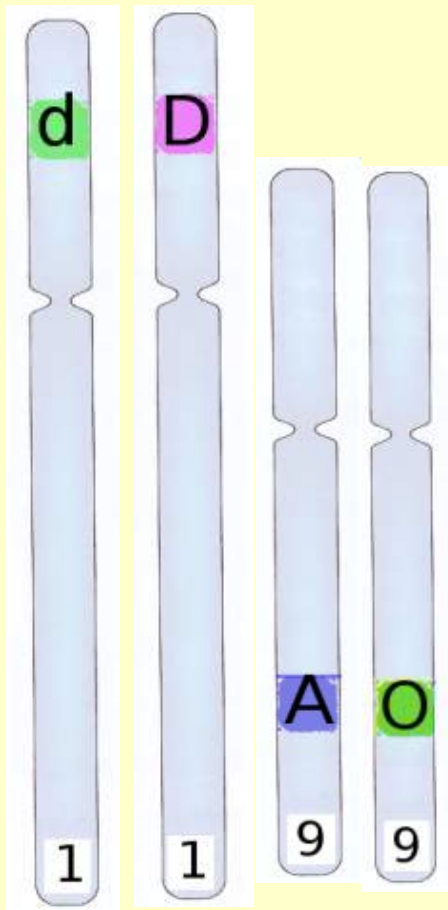


## Formation des ovules

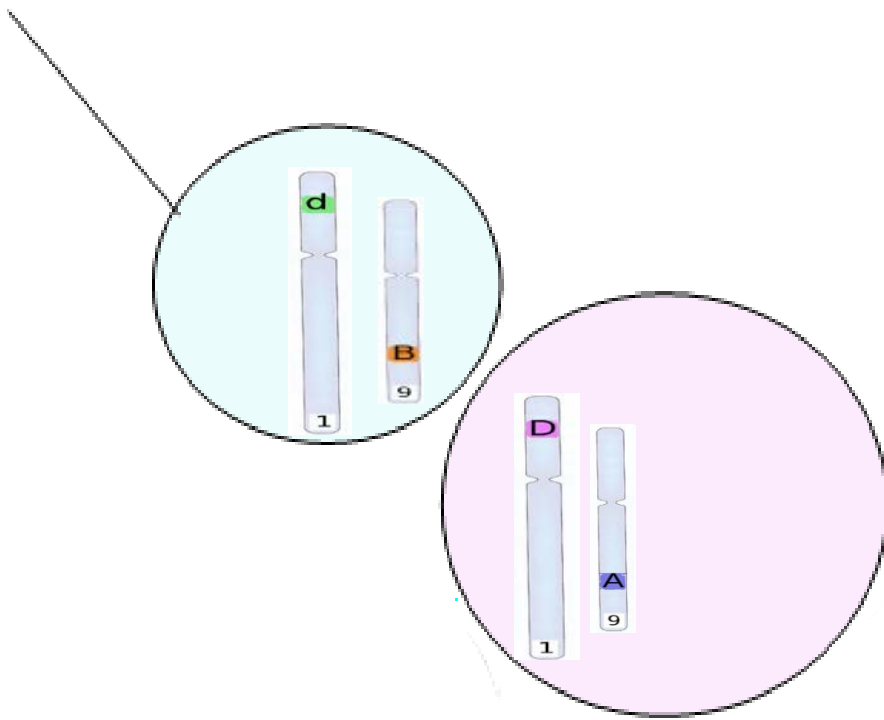
Séparation des chromosomes de la paire n°1

Le chromosome n°9 portant l'allèle A peut s'associer avec le chromosome n°1 portant l'allèle d ou celui portant l'allèle D.

De même pour le chromosome n°9 portant l'allèle O.



**Voyons UNE combinaison allélique possible lors de la rencontre des cellules reproductrices.**

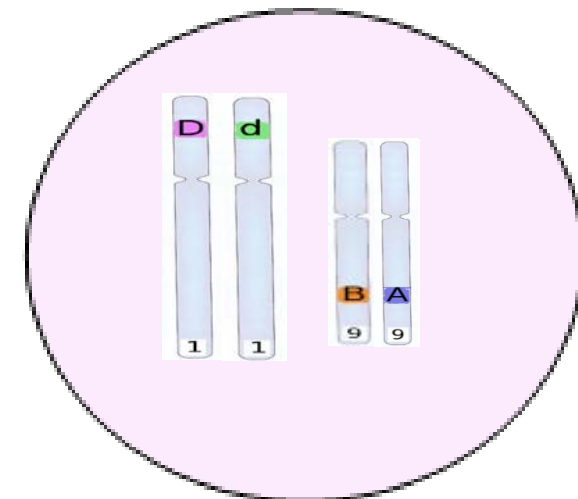


Prenons par exemple cet ovule

Les spermatozoïdes s'approchent

Un seul va pénétrer dans l'ovule

La cellule œuf qui en résulte possède la combinaison allélique suivante :



**Représentons sous forme de  
tableau les différentes  
combinaisons génétiques  
possibles.**

| <div>allèles du<br/>spermatozoïde →</div> <div>allèles de l'ovule ↓</div> | D B                | D O               | d B                | d O               |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| D A                                                                       | <b>DDAB</b><br>AB+ | <b>DDAO</b><br>A+ | <b>DdAB</b><br>AB+ | <b>DdAO</b><br>A+ |
| D O                                                                       | <b>DDOB</b><br>B+  | <b>DDOO</b><br>O+ | <b>DdBO</b><br>B+  | <b>DdOO</b><br>O+ |
| d A                                                                       | <b>DdAB</b><br>AB+ | <b>DdAO</b><br>A+ | <b>ddAB</b><br>AB- | <b>ddAO</b><br>A- |
| d O                                                                       | <b>DdBO</b><br>B+  | <b>DdOO</b><br>O+ | <b>ddBO</b><br>B-  | <b>ddOO</b><br>O- |

# Utilisation du modèle

## Objectifs :

**Montrer que les cellules reproductrices d'un individu sont génétiquement différentes.**

**Montrer que la reproduction crée au hasard un nouveau programme génétique.**

**Nombre d'élèves :**

**Nombre de cellules-œufs XX (fille) obtenues :**

**Nombre de cellules-œufs XY (garçon) obtenues :**

**Nombre de cellules-œufs identiques :**

# Consignes :

Tous les élèves doivent utiliser le même code couleur.

Colorier les chromosomes de la mère : le premier de chaque paire en rose, le deuxième en rouge.

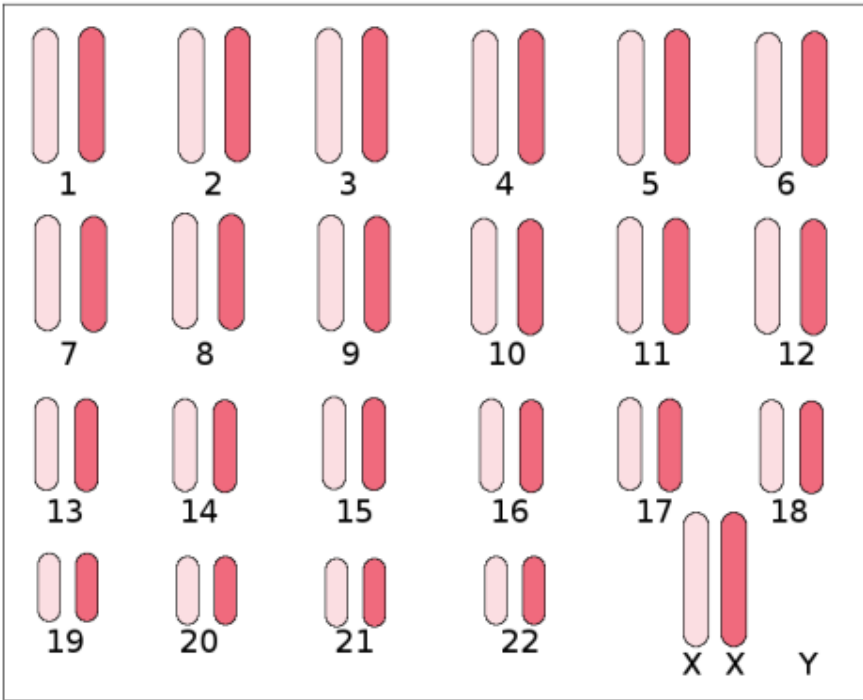
Colorier les chromosomes du père : le premier de chaque paire en bleu clair, le deuxième en bleu foncé.

Au hasard, colorier le caryotype d'un ovule et le caryotype d'un spermatozoïde.

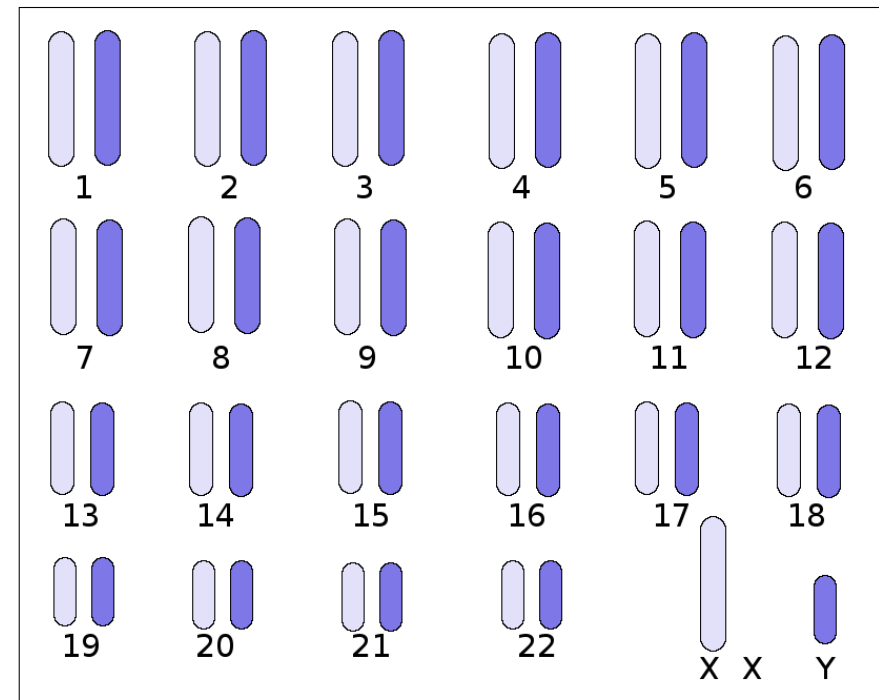
Colorier le caryotype de la cellule œuf issue de la fécondation de cet ovule et de ce spermatozoïde.

Comparer les résultats obtenus dans la classe.

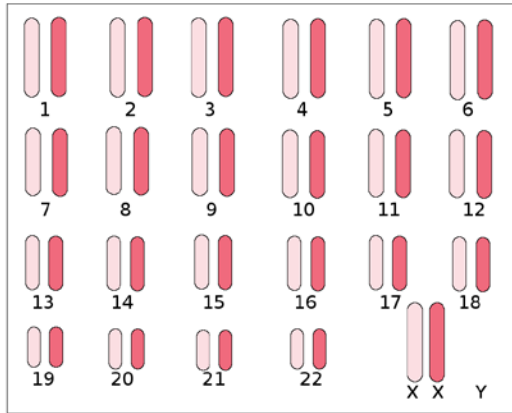
# Caryotype de la mère



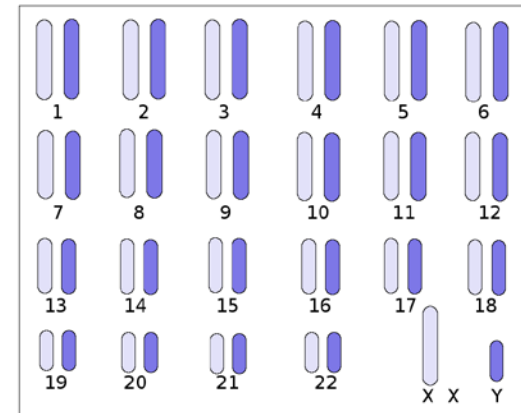
# Caryotype du père



**Caryotype de la mère**

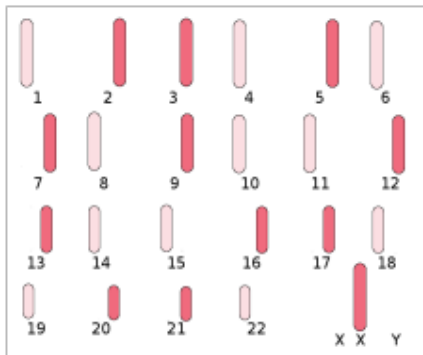


**Caryotype du père**

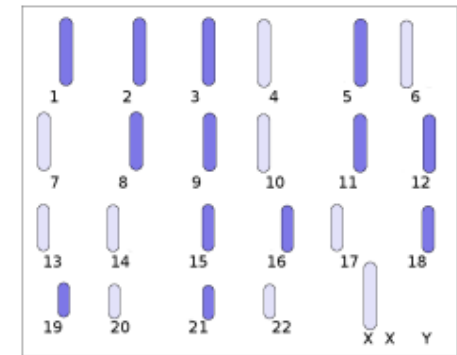


# Un exemple

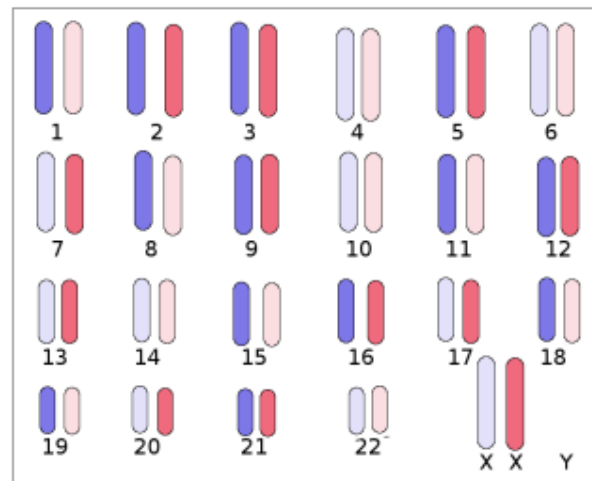
**Caryotype d'un ovule**



**Caryotype d'un spermatozoïde**



**Caryotype de la cellule-œuf issue de la fécondation de cet ovule et de ce spermatozoïde.**



Combien de gamètes génétiquement différents peut fabriquer un homme ? **environ 8,3 millions**

Combien de gamètes génétiquement différents peut fabriquer une femme ? **environ 8,3 millions**

Combien d'enfants génétiquement différents peut avoir ce couple ? **environ 70 mille milliards**

Quelle est la probabilité pour que deux enfants de ce couple soient identiques ?  
**environ un sur 70 mille milliards**

