

## 2<sup>ème</sup> leçon : chromosome, caryotype

### Plan

1- <u>Qu'est ce qu'un chromosome ?</u>	page 2
a. Origine du mot.	page 2
b. Photographies de chromosomes.	page 2
c. Constitution chimique d'un chromosome.	page 4
d. Définition d'un chromosome.	page 4
2- <u>Moment où les chromosomes apparaissent</u>	page 5
3- <u>Chromosomes homologues</u>	page 7
4- <u>Caryotype</u>	page 8
5- <u>Caryotypes humains</u>	page 10
a- Cellules non gamètes.	page 10
b- Gamètes.	page 11
6- <u>Anomalies chromosomiques,</u> <u>exemple de la trisomie 21 humaine</u>	page 12
7. <u>Guide pour apprendre cette leçon</u>	page 13
8- <u>Exemples de questions de brevet</u>	page 14
(voir notamment page 16, exercice f)	
9- <u>Réponses avec remarques de correction</u>	page 17
10. <u>Conclusion</u>	page 21
11. <u>Caryotypes d'autres espèces</u>	page 22

## 1- Qu'est ce qu'un chromosome ?

### a. Origine du mot.

Le premier biologiste à les observer a mis beaucoup (trop) de colorant et observe au microscope ce qui ressemble à des filaments qu'il appelle « corps colorés ».

A cette époque les scientifiques sont imprégnés de culture greco-latine. Ces deux langues parlées internationalement permettent aux scientifiques du monde entier de « parler la même langue » pour désigner ce qu'ils observent.

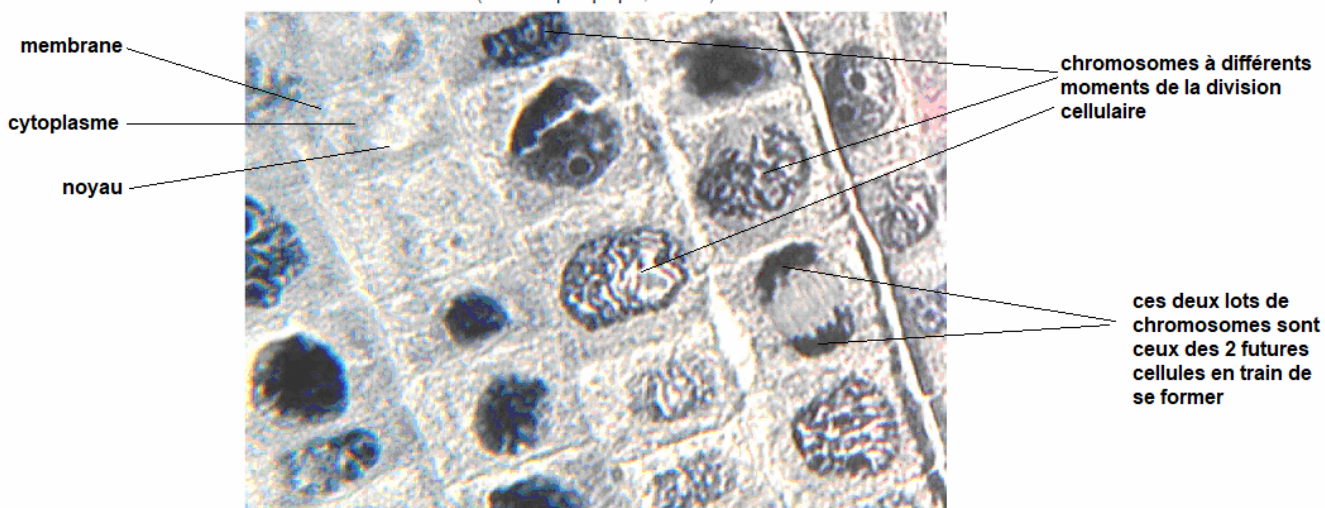
En grec corps se dit « *soma* » ou « *some* » ; coloré se dit « *chromo* » ou « *chrome* ».

D'où chromosome (corps coloré).

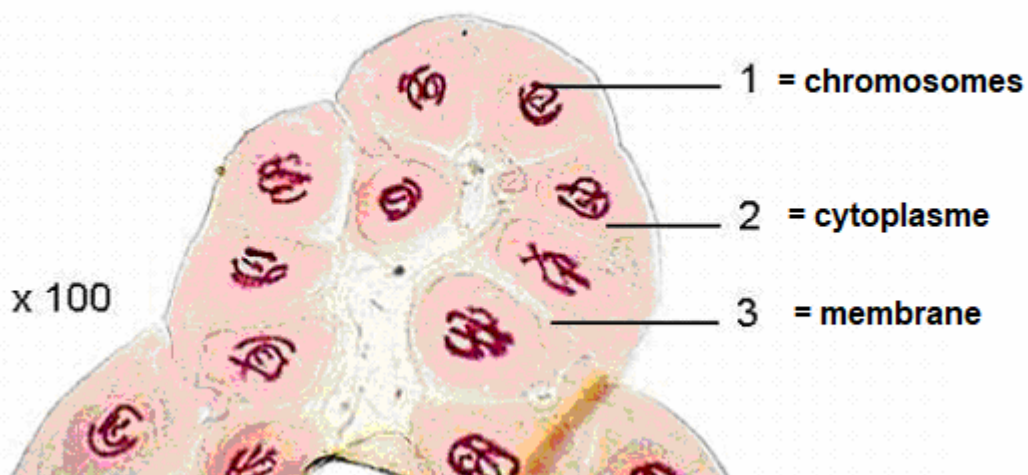
### b. Photographies de chromosomes.

Vous avez déjà pu en voir dans les questions de sujets de brevet dans le cours sur la cellule.

**Document** : Observation de cellules végétales dans une racine  
(microscope optique, x 1200)

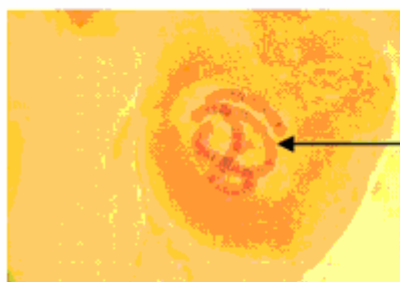


**Document 2 :** Cellules de glandes salivaires de larve de chironome (insecte) observées au microscope après coloration du matériel nucléaire

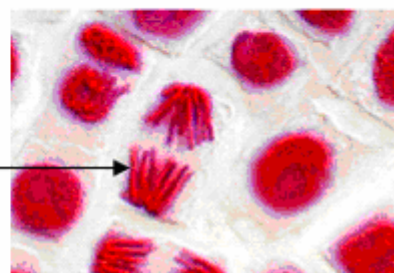


**Le matériel nucléaire, ce sont les chromosomes**

**Document 2 :** Des photographies de cellules observées au microscope optique



**chromosomes**



Cellule de glande salivaire d'un insecte :  
le chironome (x400)

D'après <http://www.didier-pol.net>

Cellules de racine d'oignon (x450)

D'après Bréal SVT, 3<sup>ème</sup>

1- Nommez les éléments fléchés dans le document 2 et donnez leur rôle.

Répondons à la deuxième partie de la question : les chromosomes sont le support du programme génétique.

c. Constitution chimique d'un chromosome.

Un chromosome est surtout constitué d'adn (ou ADN). = Acide Désoxyribo-Nucléique.

<b>acide</b>	<b>desoxy</b>	<b>ribo</b>	<b>nucléique</b>
<b>propriété légèrement acide</b>	<b>la molécule est sujette à réagir avec le dioxygène</b>	<b>les "riboses" sont une catégorie de sucres</b>	<b><i>nucleus</i> = noyau. L'adn se localise dans le noyau de la cellule</b>

Il est aussi constitué de protéines qui vont servir à « compacter » l'adn ou le dupliquer (voir le cours sur la division cellulaire).

En classe de 3<sup>ème</sup>, reprenez qu'il est constitué essentiellement d'adn.

d. Définition d'un chromosome.

Un chromosome est un filament cellulaire constitué surtout d'adn.

Remarques :

Un chromosome est le support de tout ou partie d'un programme génétique.

Les bactéries n'ont pas de noyau à l'intérieur de leur cellule et elles n'ont qu'un seul chromosome.

Un chromosome porte des gènes en nombre variable.

La taille d'un chromosome (adn condensé, voir page 6) (se situe entre 3 & 6 micromètres<sup>1</sup> ; le diamètre du filament d'adn est 0,002 micromètres.

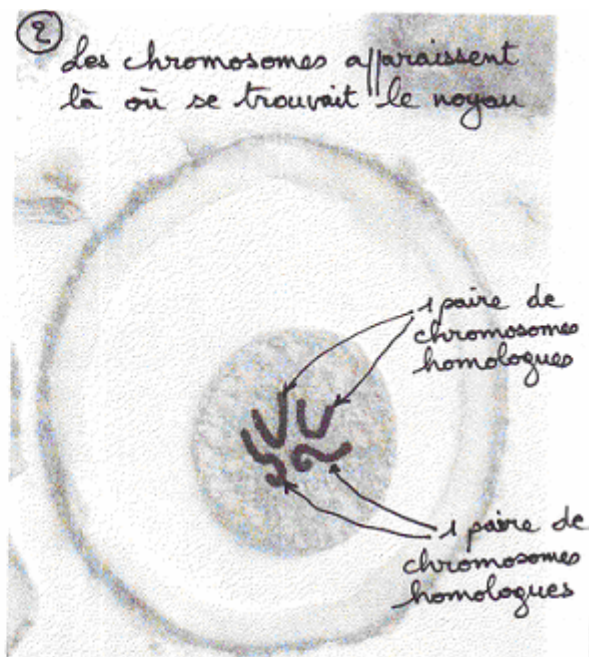
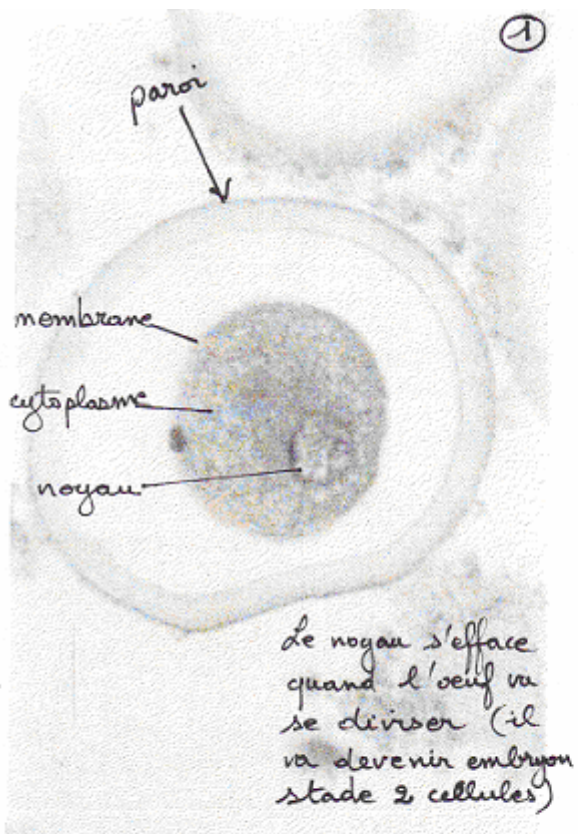
Chaque cellule humaine contient 2,30 m d'adn dans son noyau<sup>2</sup> (les gamètes 1,15m – on verra plus tard pourquoi ils contiennent la moitié de la quantité d'adn des autres cellules) (rappel : la taille de la plupart des cellules est d'environ 7 à 15 micromètres).

<sup>1</sup> Un micromètre = 10<sup>-6</sup> mètre, ou 10<sup>-3</sup> millimètre.

<sup>2</sup> 30 000 milliards de cellule x 2,3 m = 690 000 milliards de mètres, soit 690 000 millions de kilomètres. Tout cela en nous ! Rappel : distance Soleil-Terre 150 millions de kilomètres.

**2- Moment où les chromosomes apparaissent.**

Prenons comme exemple la cellule-oeuf d'Ascaris observée au microscope (ci-dessous). Au moment où elle va se diviser (pour aboutir à un embryon d'Ascaris stade 2 cellules), son noyau s'efface et on observe à sa place ces filaments colorés qui apparaissent : les chromosomes.



cette photographie prise au microscope permet de visualiser les chromosomes homologues l'un à côté de l'autre. Il y en a 2 paires, le caryotype est 4



caryotype classé de l'ascaris

Deux ascaris (il existe d'autres espèces plus grandes en longueur)



Lorsque la cellule va se diviser, les filaments d'adn se condensent, s'épaississent, tout en se dupliquant, ainsi ce filament d'adn prend l'aspect d'un chromosome.

Quand la cellule ne se divise pas, chaque filament d'adn existe dans un état décondensé (on peut voir comment un grand élastique devient "petit et trapu" à force de le replier sur lui-même).

Un chromosome est donc l'une des formes que prend un filament d'adn lorsque la cellule se divise.

Par extension, on qualifiera aussi de chromosome le filament d'adn décondensé.



### 3- Chromosomes homologues.

Du grec *Homo* = le même, et *logos* = discours. **Ce sont les chromosomes qui portent les mêmes gènes** (voir leçon sur les gènes).

On observe que les chromosomes de la cellule d'*Ascaris* sont au nombre de 4, identiques deux à deux. On peut regrouper ces chromosomes par paires de deux identiques par la forme et la taille. De tels chromosomes sont appelés chromosomes homologues.

Remarque : les chromosomes homologues ont d'abord été identifiés parce qu'ils ont la même taille et la même forme. On a découvert ensuite qu'ils portent les mêmes gènes.

Chez l'*Ascaris*, 2 paires de chromosomes homologues.

Chez l'humain, 23 paires de chromosomes homologues (soit 46 chromosomes).

Les **chromosomes homologues** sont des **chromosomes qui portent les mêmes gènes** (mais – comme on le verra dans la leçon sur les gènes – pas forcément des mêmes allèles).

Remarque : comme on le verra plus loin les chromosomes X et Y ne sont pas homologues (ils n'ont pas la même taille, ils ne portent pas les mêmes gènes). Donc, en toute rigueur, il y a 23 paires de chromosomes homologues chez la femme, 22 paires chez l'homme (la dernière paire étant X et Y qui ne sont pas homologues : ils ne portent pas les mêmes gènes).

Dans une cellule gamète, il n'y a qu'un exemplaire de chaque chromosome homologue (voir cours sur les gènes et allèles).

#### 4- Caryotype.

Lorsqu'on classe ces chromosomes par taille et par forme (on leur attribue même un « numéro »), on réalise le caryotype.

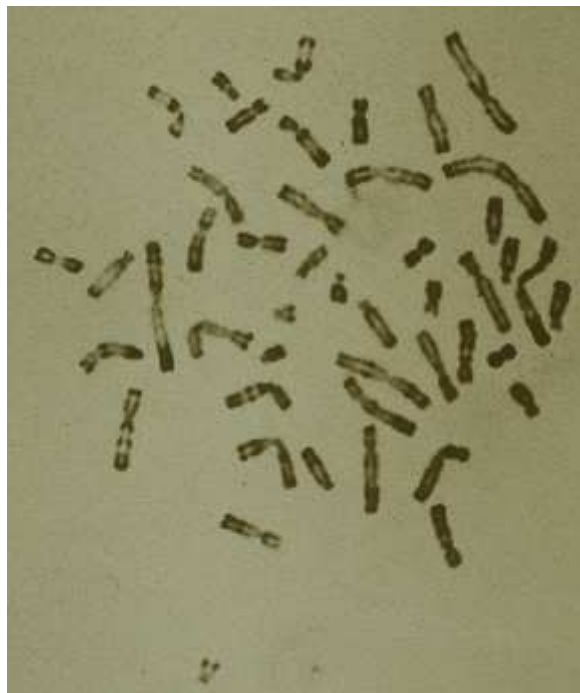
On peut établir le catalogue des chromosomes que contient une cellule, ce catalogue s'appelle « caryotype ».

**Caryotype** : catalogue de chromosomes.

Du grec *caryo* = noyau, et *type* = catalogue.

Ce caryotype s'exprime par un nombre. Par exemple 4 (2 x 2) chez l'Ascaris, 46 (2 x 23) chez l'humain.

Un caryotype non classé : les chromosomes sont pris en photo puis celle-ci est agrandie, on découpe chaque chromosome et on établit le caryotype classé.





## Le classement du caryotype en laboratoire.



**Ce caryotype est terminé  
(c'est un caryotype masculin car il y a Y)**

**On observe une trisomie**

**A gauche et au milieu, ce caryotype est en cours de classement par découpage des chromosomes après qu'on ait agrandi et photocopié ce qui a été pris en photographie au microscope.**

Les cellules en général sélectionnées pour établir les caryotypes sont les macrophages, une catégorie de globules blancs.

#### 4- Caryotypes humains.

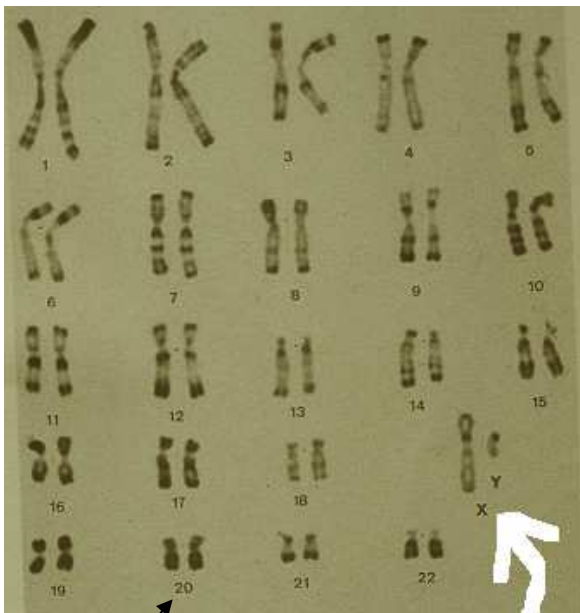
##### a- Cellules non gamètes.

Un **homme** a pour **caryotype**

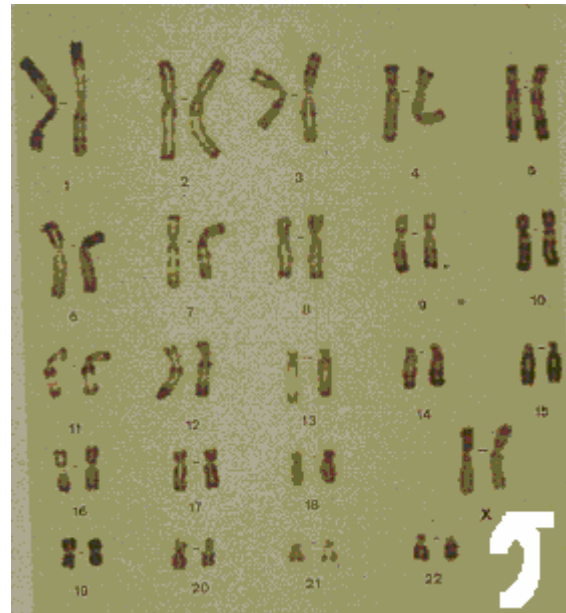
« 44 + XY » (= 46).

Une **femme** a pour **caryotype**

« 44 + XX » (= 46).



XY



XX

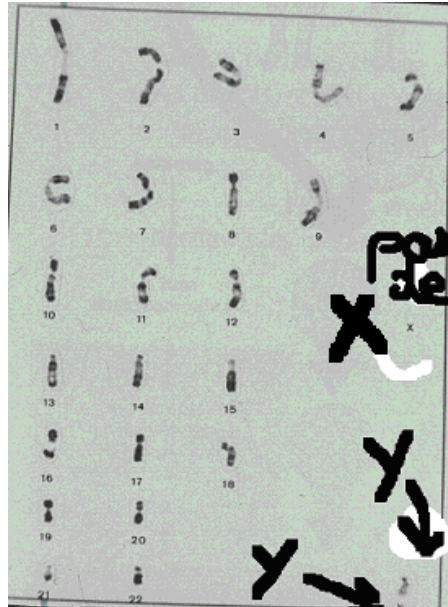
Ici sont écrits les n° des paires de chromosomes homologues. XX ou XY constituent la 23<sup>e</sup> paire de chromosomes. Ils sont homologues chez la femme (XX), ils ne le sont pas chez l'homme (XY : constatez que Y est plus petit que X, nous verrons qu'ils ne portent pas les mêmes gènes et que cela a des conséquences).

Remarque :  $2 \times 22 = 44 + XX = 46$  chez la femme.  $2 \times 22 = 44 + XY = 46$  chez l'homme.

b- Gamètes.

Nos gamètes (humains) contiennent 23 chromosomes. Leur caryotype est « 23 ».

Caryotype classé de spermatozoïde :



caryotype de spermatozoïde (car « Y »)

Les spermatozoïdes contiennent soit le chromosome « X », soit le chromosome « Y ». Leur caryotype peut s'écrire :

« 22 + X » (= 23) ou « 22 + Y » (=23).

Caryotype d'ovule : les ovules contiennent forcément un chromosome « X ». Leur caryotype peut s'écrire :

« 22 + X » (= 23) ou « 22 + X » (= 23).

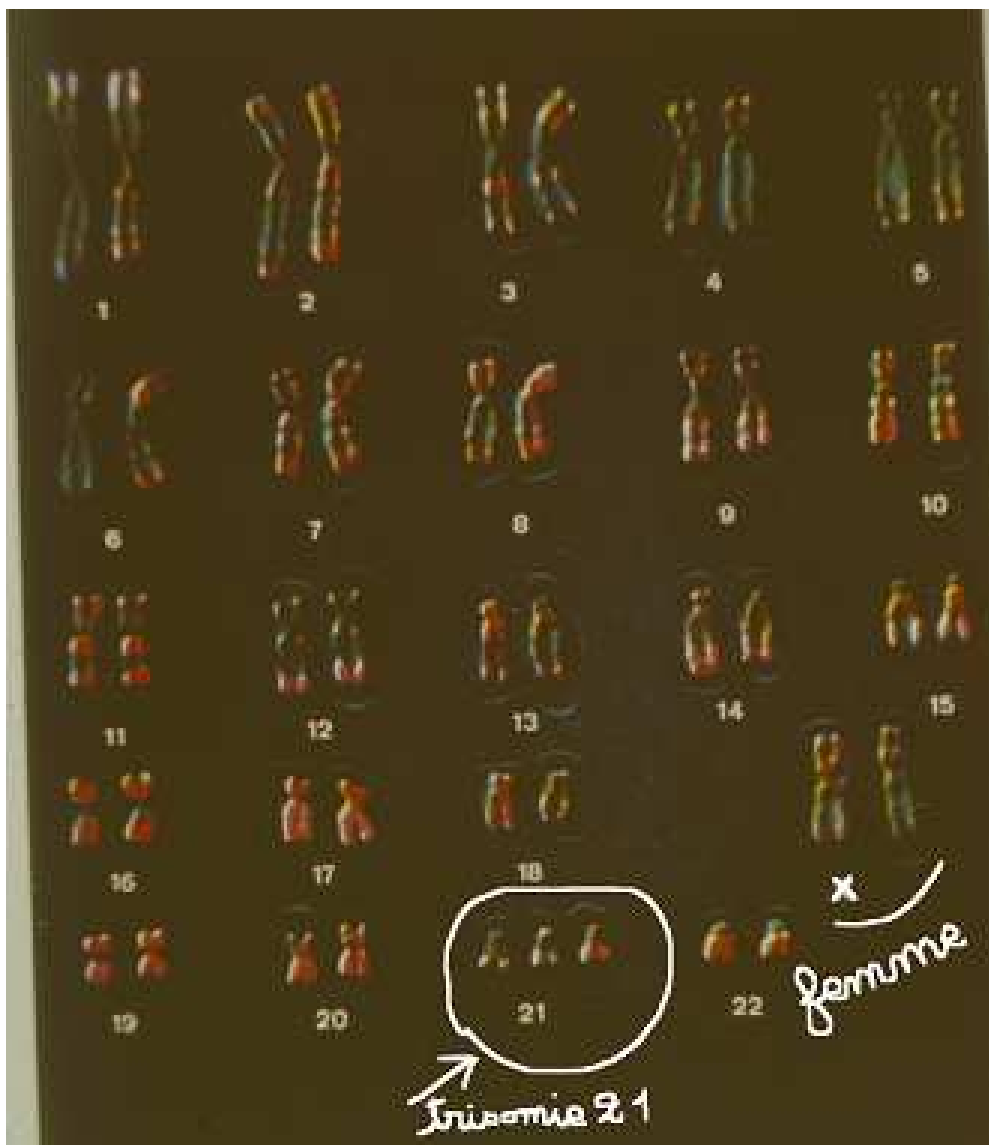
Parce que le chromosome « Y » n'est pas homologue au chromosome « X », et que « Y » porte le gène de la masculinité, ces deux chromosomes sont dits hétérosomes ou chromosomes « sexuels ».

Le père détermine le sexe de l'enfant à naître puisque ce sont les spermatozoïdes qui contiennent « Y ».

## 6- Anomalies chromosomiques, exemple de la trisomie 21 humaine.

Remarque : cette particularité est faussement appelée mongolisme pour des raisons à la fois biologiques et historiques. Les enfants trisomiques ont souvent les yeux bridés comme certaines populations asiatiques. On ne les a pas appelé « chinois » ou « japonais », ou « vietnamien ». C'est parce que les invasions hunniques (vers 400-450) puis mongoles (vers 1200) ont laissé un souvenir impérissable en Europe, comme une malédiction. On sait aujourd'hui qu'un enfant trisomique a un potentiel éduicable et peut suivre une scolarité convenable.

### Photographie d'un caryotype de trisomique 21



Voir la leçon sur la mitose, page 6 pourquoi les chromosomes ont un aspect de « x » aplati sur les photographies des caryotypes

7. Guide pour apprendre cette leçon.

1- Connaître les caryotypes humains :

Ceux des femmes, des hommes, des gamètes qu'ils fabriquent.

2- Connaître les définitions de :

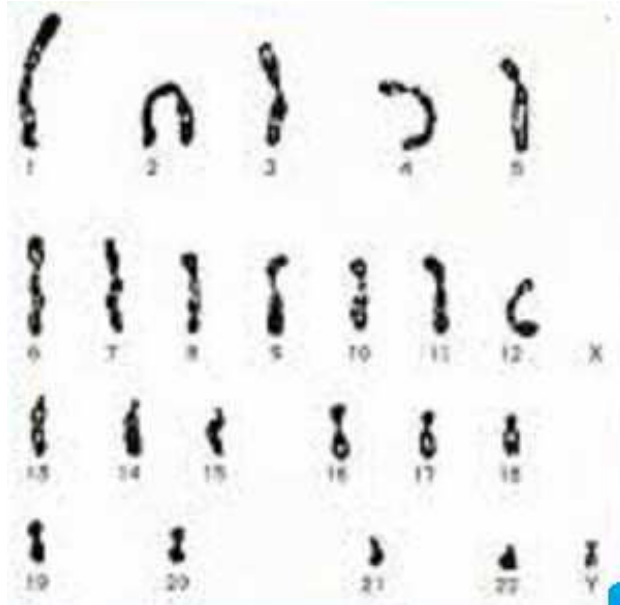
- chromosome,
- chromosomes homologues,
- caryotypes,
- adn.

3- Savoir légènder ou commenter un caryotype.

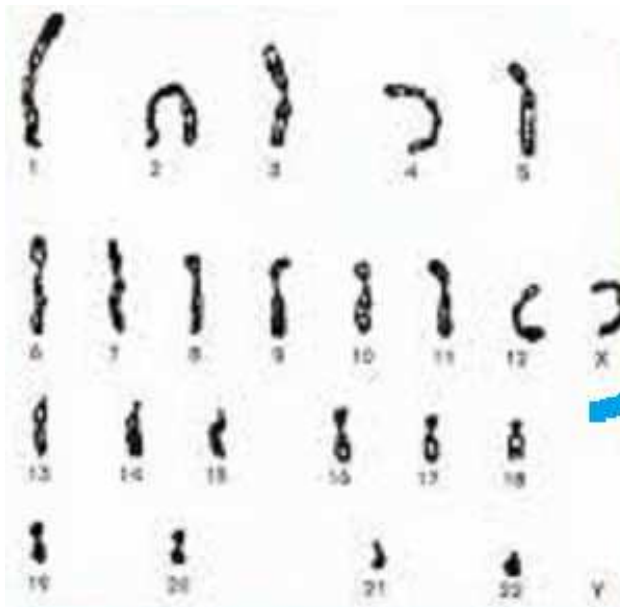
## 8- Exemples de questions de brevet.

Bien sûr vous avez ceux présentés dans le cours sur la cellule.

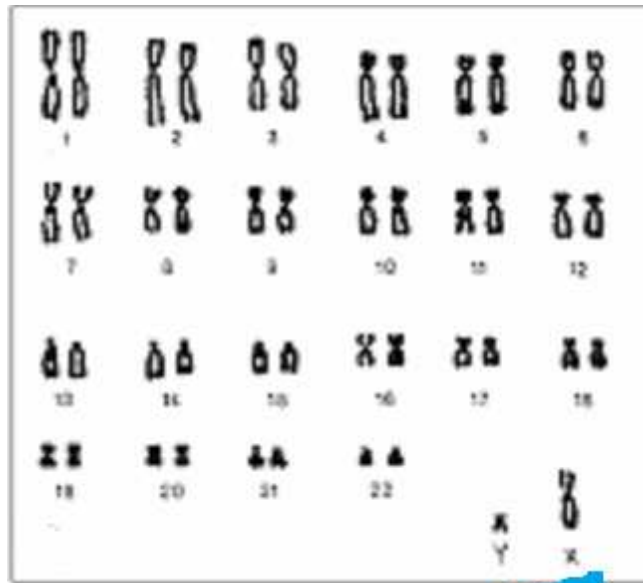
a- qu'est ce que ce document représente ?



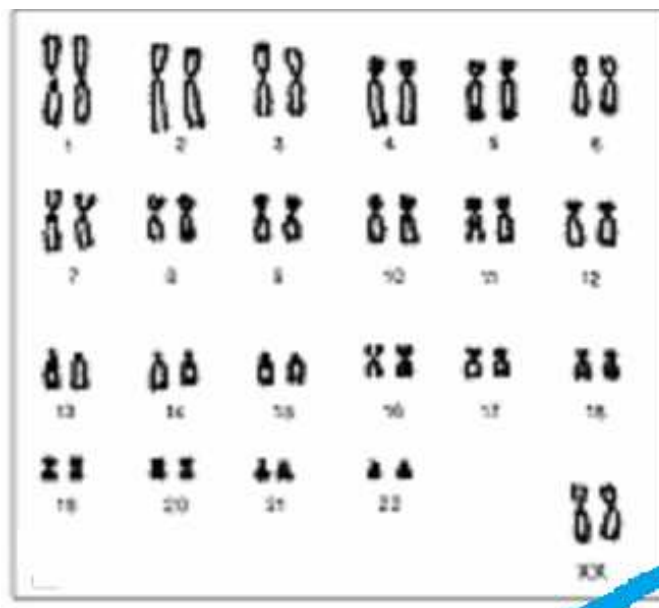
b- qu'est ce que ce document représente ?



c- qu'est ce que ce document représente ?

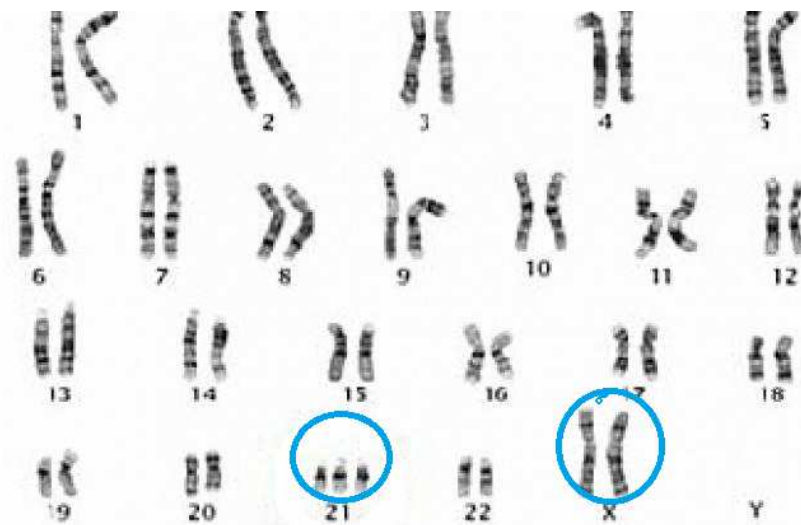


d- qu'est ce que ce document représente ?





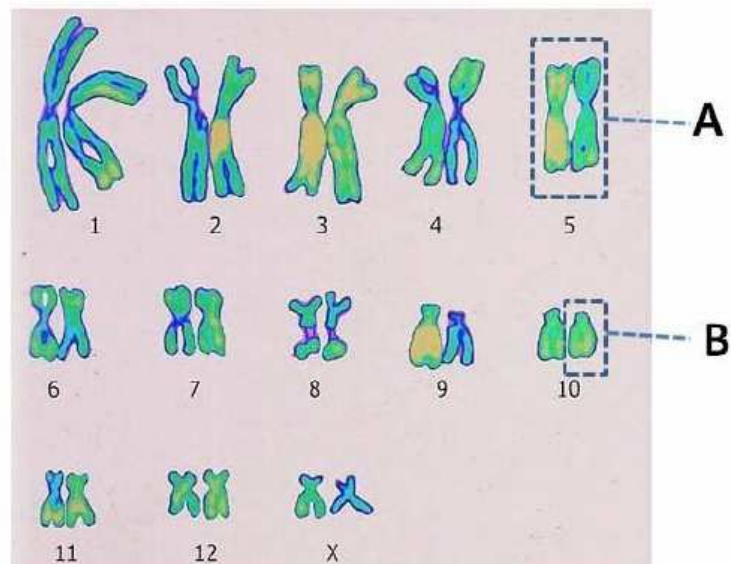
e- qu'est ce que ce document représente ?



f- sujet de brevet session 2012.

On cherche à montrer que tous les êtres vivants portent une information génétique. Pour cela on recherche les chromosomes dans les cellules de différentes espèces, comme ici la grenouille.

**Document** : Chromosomes d'une grenouille

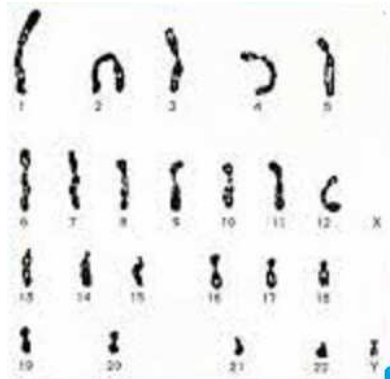


*D'après Delagrave 3<sup>ème</sup> 2008*

1. A partir de vos connaissances nommez ce document, puis les éléments A et B.
2. A partir des informations extraites de ce document et en utilisant vos connaissances relatives à l'espèce humaine, comparez ce document à un document équivalent chez l'Homme.

### 9- Réponses avec remarques de correction.

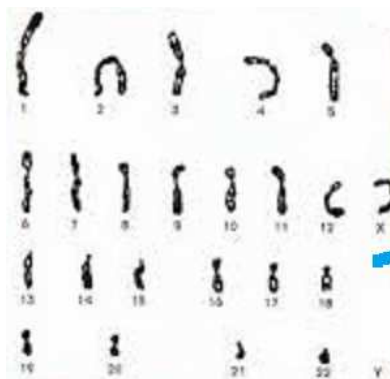
a- qu'est ce que ce document représente ?



Un caryotype (classé) de spermatozoïde car il n'y a qu'un seul chromosome homologue de chaque paire avec présence du chromosome Y.

écriture de ce caryotype : 23 chromosomes = 22+Y (Remarque : le chromosome Y est mis en évidence avec une tâche bleue).

b- qu'est ce que ce document représente ?



Un caryotype d'ovule ou de spermatozoïde car il n'y a qu'un seul chromosome homologue de chaque paire avec présence du chromosome X.

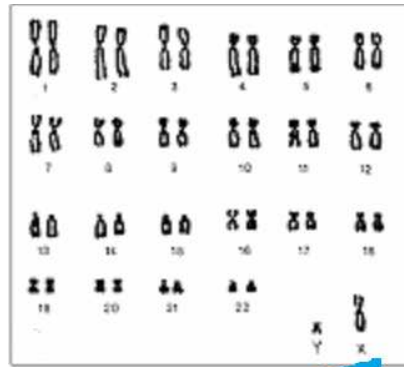
écriture de ce caryotype : 23 chromosomes = 22+X (Remarque : le chromosome X est mis en évidence avec une tâche bleue).

Sauf si l'énoncé vous précise quelle cellule a fourni les chromosomes, on ne peut savoir quel gamète est à l'origine de ce caryotype car la moitié des spermatozoïdes contiennent un chromosome X, et TOUS les ovules contiennent un chromosome X.

En général on sait quelle cellule on a pris pour établir son caryotype, mais cette question peut être un « piège » lors d'un examen...

Remarque : ces documents sont en réalité « truqués » : on a pris un caryotype complet et masqué un homologue de chaque paire pour faire chaque photographie. Les gamètes dont on peut réaliser le caryotype « aisément » sont les ovules car ils sont facilement accessibles (à la surface de l'ovaire).

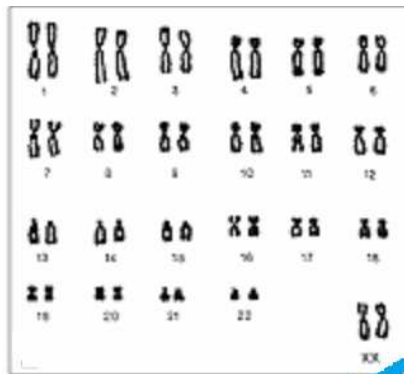
c- qu'est ce que ce document représente ?



Caryotype (classé) d'homme car 22 paires de chromosomes homologues et une paire de chromosomes XY.

Ecriture de ce caryotype :  $46 = 44 + XY$  (Remarque : un chromosome sexuel X et un chromosome sexuel Y)

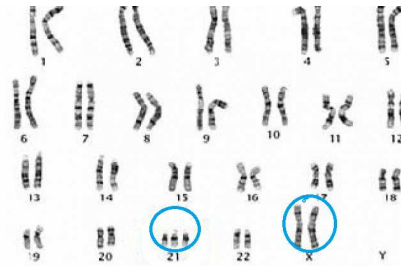
d- qu'est ce que ce document représente ?



Caryotype de femme car 23 paires de chromosomes homologues, dont la paire de chromosomes X.

Ecriture de ce caryotype :  $46 = 44 + XX$  (Remarque : deux chromosomes homologues sexuels X)

e- qu'est ce que ce document représente ?



Caryotype de trisomique 21 car présence de trois chromosomes 21 au lieu de 2,  
caryotype de femme car présence de deux chromosomes X

écritures de ce caryotype :

47 chromosomes = 44 + [21][21][21] – remarque : on fera la notation pour les chromosomes en  
mettant le n° entre crochets : [21] ⇔ chromosome n°21.

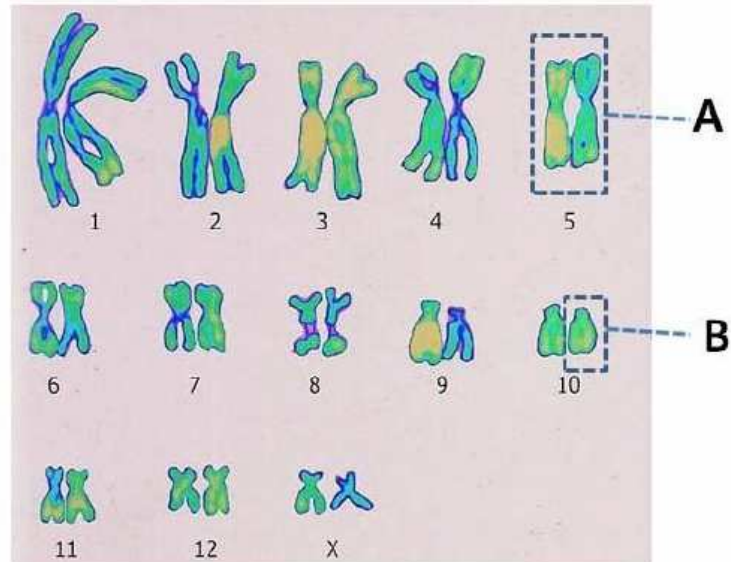
Il s'agit ici du caryotype d'une trisomique femme = 42 + [21][21][21] + XX.

Comptez, cela fait bien 47 (42 + 3 + 2).

f- sujet de brevet session 2012.

On cherche à montrer que tous les êtres vivants portent une information génétique. Pour cela on recherche les chromosomes dans les cellules de différentes espèces, comme ici la grenouille.

**Document** : Chromosomes d'une grenouille



*D'après Delagrave 3<sup>ème</sup> 2008*

1. A partir de vos connaissances nommez ce document, puis les éléments A et B.
2. A partir des informations extraites de ce document et en utilisant vos connaissances relatives à l'espèce humaine, comparez ce document à un document équivalent chez l'Homme.

1. Le document est un caryotype de grenouille.

L'élément A représente la paire de chromosomes homologues n°5.

L'élément B représente un chromosome n°10.

2. Ce caryotype comporte 13 paires de chromosomes homologues dont une paire de chromosomes sexuels X ; il y a  $2 \times 13 = 26$  chromosomes.

Chez l'humain femme on a 23 paires de chromosomes homologues dont une paire de chromosomes sexuels X ; il y a  $2 \times 23 = 46$  chromosomes.

## 10. Conclusion.

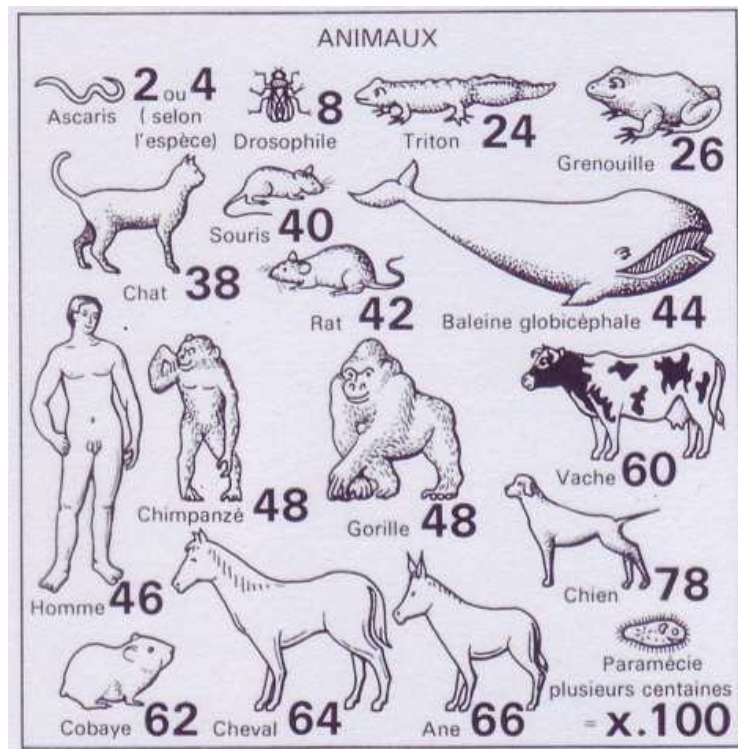
On constate que des différences dans la forme et/ou le nombre de chromosomes ont des conséquences sur l'aspect de l'individu, sa construction, et/ou son fonctionnement.

Les chromosomes sont le support du programme  
génétique.

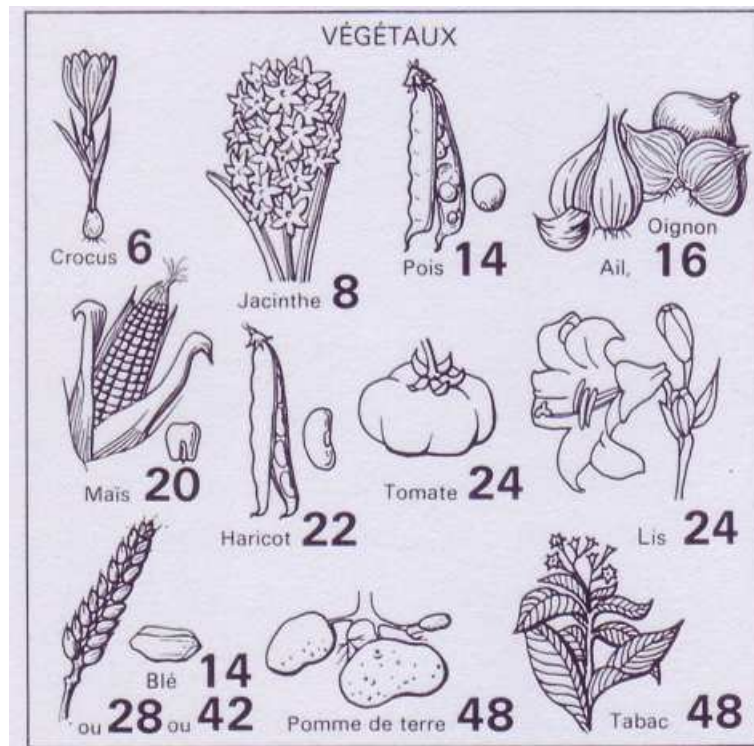


## 11. Caryotypes d'autres espèces

quelques animaux :



et végétaux :



Question : pour chaque espèce (sauf la paramécie), quel est le caryotype de leurs gamètes ?  
 Par exemple, pour la tomate, les grains de pollen et les ovules contiendront 12 chromosomes.  
 Pas de chromosomes sexuels chez les végétaux dont les fleurs ont pistil et étamines : ils sont hermaphrodites (à la fois mâle et femelle).