Document téléchargeable sur le site
https://www.svt-tanguy-jean.com/

EPLEFPA Dijon Quetigny Plombières-lès-Dijon
Site de Quetigny (21) • LEGTA Olivier de Serres
Classe préparatoire ATS (Adaptation Technicien Supérieur) Biologie
Préparation des Concours agronomiques et vétérinaires (voie C)

**ENSEIGNEMENT DE BIOLOGIE • TRAVAUX PRATIQUES**
**Partie C. La reproduction : entre conservation et innovation**

**TP C3**

# Chromatine et chromosomes au cours du cycle cellulaire eucaryote (interphase et divisions cellulaires)

## Objectifs : extraits du programme

| | |
|---|---|
| **TP C3 : États de la chromatine en interphase et étude des chromosomes en mitose et méiose (3h)** | Exploiter des électronographies de noyau, d'euchromatine, d'hétérochromatine et de figures de réplication.<br>Observer des cellules en mitose : apex méristématiques racinaires, figures de partages chromosomiques.<br>Observer des cellules en méiose : anthères, figures de partages chromosomiques, images des stades de la prophase 1.<br>Analyser des caryotypes humains montrant l'haploïdie, la diploïdie et l'aneuploïdie. |

## Introduction

- Chez les organismes eucaryotes, ***une molécule d'ADN linéaire que l'on trouve dans le noyau*** s'appelle une **chromatide**. L'**ADN** y est **associé avec des protéines variées** comme les **histones**.

Attention à ne surtout pas confondre le terme « **chromatine** » (avec un N) qui désigne ***l'état décondensé de l'ADN lors de l'interphase***, et le terme « **chromatide** » (avec un D) qui désigne une ***longue molécule d'ADN linéaire (associée à des protéines)*** – ce dont nous parlons ici.

- Un **chromosome** correspond :
  - Soit à ***une seule chromatide*** : on parle alors de **chromosome simple** ou de **chromosome monochromatidien**.
  - Soit à ***deux chromatides*** : on parle alors de **chromosome double** ou **chromosome bichromatidien** (= **chromosome dupliqué**). Dans ce cas, ***les deux chromatides sont identiques et reliées entre elles par une zone nommée centromère***. Ces deux chromatides sont appelées **chromatides sœurs**.

- On appelle **cycle cellulaire** ***l'ensemble des événements, notamment génétiques, de la vie d'une cellule allant de sa formation à sa division***. Il comprend une **interphase** (***phase pendant laquelle la cellule croît et duplique son matériel génétique (se préparant ainsi à la mitose)*** – ***les chromosomes sont dans un état décondensé*** et forment la **chromatine**) et une phase de **division cellulaire**.

- L'**interphase** peut être divisée en **trois étapes** en lien avec l'évolution de la **quantité d'ADN dans le noyau** :
  - La ***phase G1*** (G pour *growth* [croissance] ou *gap* [lacune] selon les auteurs) ***où les chromosomes sont simples (1 chromatide)***. La cellule **croît** et assure ses **fonctions** grâce à la **synthèse de protéines**.
  - La ***phase S*** (S pour *synthesis*) où ***les chromosomes subissent une duplication***.
  - La ***phase G2*** où ***les chromosomes sont doubles (2 chromatides)***. La cellule **croît**, assure ses **fonctions** et **se prépare à la mitose** grâce à la **synthèse de protéines**.

Notons que ***les cellules différenciées qui ne subiront plus de mitose*** demeurent en une **phase G0** équivalente à une sorte de **phase G1 « définitive »**.

- Il existe **deux types de divisons cellulaires**. On distingue :
  - La **mitose au sens large** ou **phase mitotique** – qui est généralement celle à laquelle on fait référence quand on parle de « division cellulaire » sans plus de précision – qui est la ***division d'une cellule-mère en deux cellules-filles génétiquement identiques entre elles et génétiquement identiques à la cellule-mère (à quelques éventuelles erreurs près)***, du moins en ce qui concerne le **génome nucléaire**. Cette division comprend une ***division du noyau*** ou **caryocinèse** ou encore **caryodiérèse** (ou **mitose au sens strict** des **auteurs anglo-saxons***) et une ***division du cytoplasme*** ou **cytocinèse** ou encore **cytodiérèse**.

Notons bien que **le nombre de chromosomes est maintenu** suite à la **mitose** : si la **cellule-mère** est **diploïde**, les **cellules-filles** obtenues par **mitose** seront **diploïdes** aussi (*et si la cellule était haploïde, les cellules-filles seraient haploïdes – ce qui ne se rencontre pas chez les Mammifères*).

* Attention, ***chez certains auteurs récents, seule la caryocinèse est appelée « mitose » (sens strict)***. Nous gardons toutefois **ici l'usage traditionnel historique** qui est aussi l'acception retenue par le **programme** : quand nous parlons de « mitose », c'est **au sens large**.

  - La **méiose** qui est la ***division d'une cellule-mère diploïde en quatre cellules-filles haploïdes (ou moins lorsque certaines cellules dégénèrent)***. Il s'y déroule un **brassage génétique**. La méiose comprend **deux divisions qui se suivent** : la **division réductionnelle** et la **division équationnelle**.

Notons bien que **le nombre de chromosomes est divisé par deux** lors de la **méiose**.

- Ce TP a pour objet **l'étude pratique du cycle cellulaire**. Il prolonge le cours sur la reproduction, essentiellement la partie I du chapitre 23, mais également le chapitre 1 sur la cellule eucaryote.

**Comment l'étude de lames microscopiques ou de clichés micrographiques ou électronographiques nous permet-elle de comprendre la structure du génome au cours de l'interphase et des divisons cellulaires ?**

# I. Étude pratique de l'interphase et des niveaux de condensation de l'ADN (interphases et divisions)

*Comment l'étude électronographique de l'interphase nous renseigne-t-elle sur l'organisation structurale du génome eucaryote et son évolution lors de cette étape du cycle cellulaire ?*

### Activité 1. Étude électronographique de l'interphase et des niveaux de condensation de l'ADN

| | |
|---|---|
| **Savoirs à construire** | Structure électronographique de l'information génétique nucléaire au cours de l'interphase : phases G1/G2, réplication<br>Étude des niveaux de condensation de l'ADN<br>+ chromosomes géants, chromosomes en écouvillon |

| **Savoir-faire sollicités** | **Capacité ou attitude visée** | **Évaluation** |
|---|---|---|
| | Analyser, observer et raisonner | |

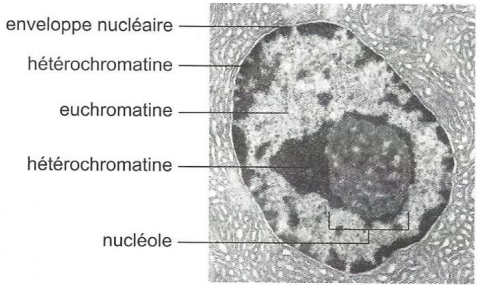
***Travail à effectuer***

Les objets à étudier et savoir reconnaître et diagnoser sont :

1. Organisation du **noyau** et la **chromatine interphasique** en phases G1 ou G2 (ou G0) (**euchromatine** + **hétérochromatine**).
   Revoir les arguments d'identification dans le chapitre 1 sur la cellule eucaryote et le chapitre 4 sur l'ADN.
2. Les **figures de réplication** (= ***formations ultrastructurales montrant une réplication en cours***).
   Pour l'étude de la réplication chez les Bactéries : voir le TD C1.
3. Les **niveaux de condensation** de l'ADN.
   Revoir les arguments d'identification dans le chapitre 4 sur l'ADN (pensez aux **échelles** !).
4. [Au cas où, des **cas particuliers** de chromosomes : **chromosomes polytènes**, **chromosomes en écouvillon**].

***Pistes de réflexion et d'exploitation***
***Légendez*** *les électronographies (figures 1-8).*
*Pensez à* ***identifier*** *(nommer) les stades de condensation présentés (figures 4-6).*

## A. Étude électronographique du noyau et de la chromatine en interphase (phases G1, G2 / G0)




Noyau cellulaire
et chromatine observés au M.E.T.
*(Cliché J. André labo, BC4, Orsay, « Atlas de Biologie cellulaire , J.-C. Callen, J.-C. Rolland, A. et D. Szöllösi, 5e éd. Dunod, 2001).»*

**FIGURE 1. Allure du noyau au MET (taille env. 4 µm) montrant le nucléole, l'euchromatine et l'hétérochromatine.** D'après PEYCRU *et al.* (2013).

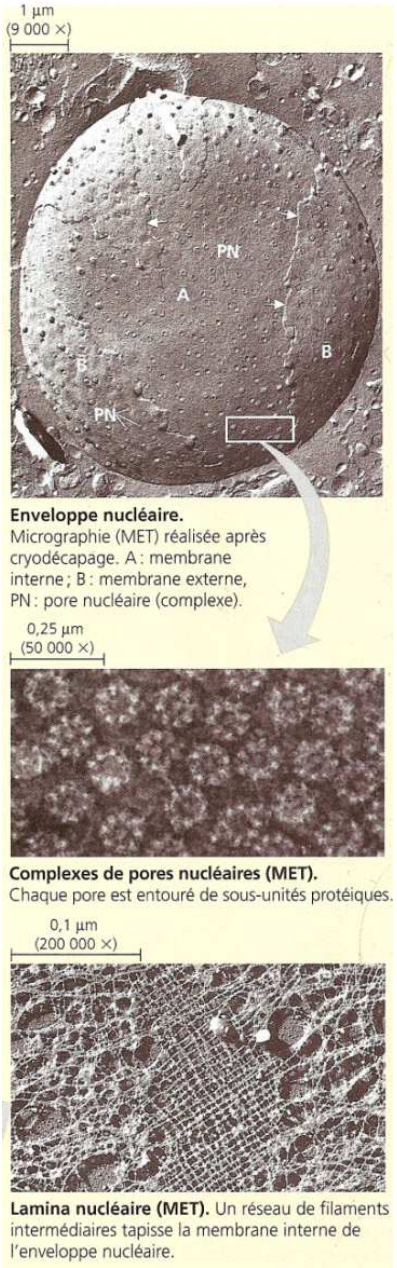
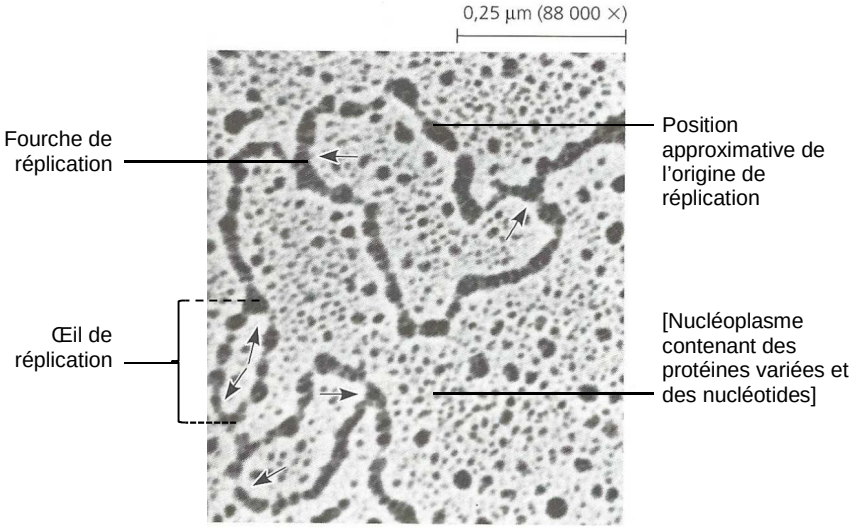



**FIGURE 2. Autres structures nucléaires.** D'après CAMPBELL & REECE (2004).

## B. Étude électronographique de la réplication eucaryote (phase S de l'interphase)




Sur cette micrographie de l'ADN de cellules cultivées de Hamster chinois (*Cricetulus griseus*), on peut voir trois exemplaires d'un œil de réplication. Les flèches indiquent le sens de la réplication de l'ADN aux deux fourches de chaque œil de réplication. (MET)

**FIGURE 3. Figure de réplication eucaryote.** D'après CAMPBELL & REECE (2004).

## C. Étude électronographique des niveaux de condensation (interphase + divisions)

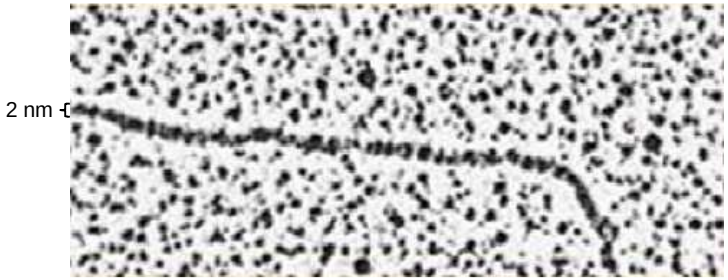



**FIGURE 4. ADN débarrassé des histones (largeur de la double hélice : 2nm).**
D'après CAMPBELL & REECE (2004).

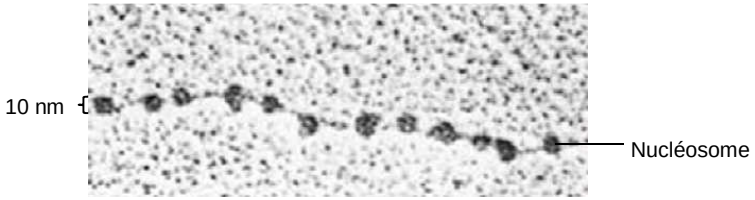



**FIGURE 5. Fibre nucléosomique (largeur d'un nucléosome : 10 nm).**
**= Euchromatine**
D'après CAMPBELL & REECE (2004).

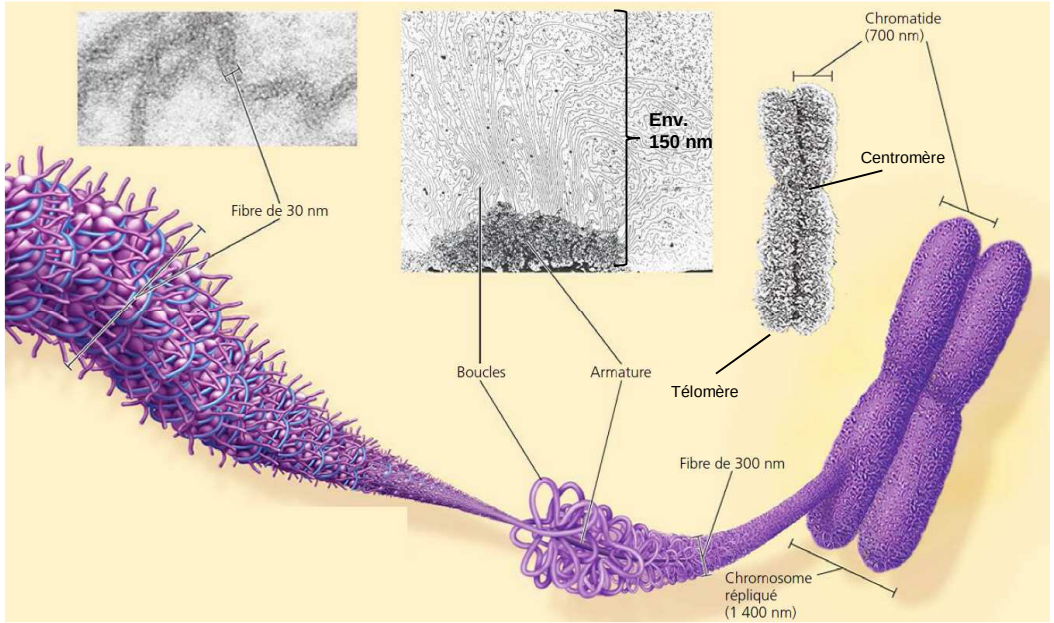
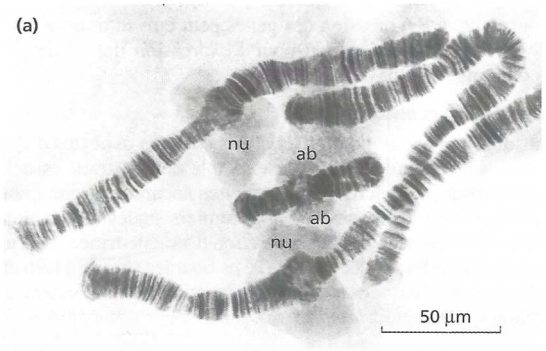



**FIGURE 6. Fibre chromatinienne, fibre de 300 nm, chromosome métaphasique.**
**- Fibre chromatinienne de 30 nm = hétérochromatine**
**- Stades supérieurs : uniquement lors des divisions.**
D'après CAMPBELL & REECE (2004).

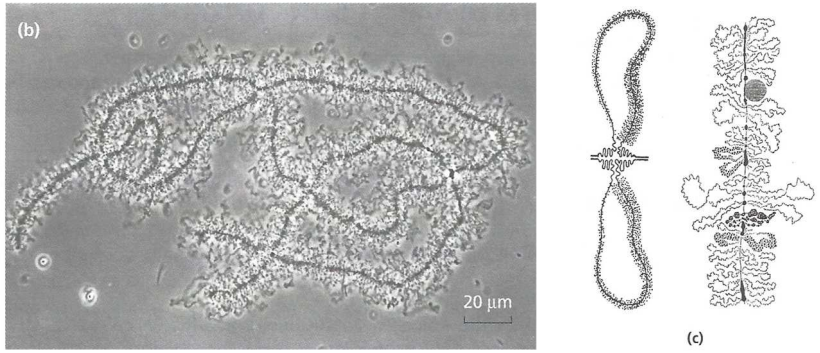
## D. Des cas particuliers de chromosomes (interphase + divisions cellulaires) (MO) [*Limite programme ?*]

- On peut citer :
  - ***Les chromosomes géants*** ***(chr. polyténiques = polytènes)*** [interphase]
    - Ce sont des chromosomes **observables** dans les **cellules larvaires de glandes salivaires d'Insectes Diptères** (figure 7). Il s'agit de ***chromosomes constitués du regroupement de très nombreux chromosomes interphasiques ayant subi de multiples réplications en restant solidaires*** (un chromosome polyténique peut compter jusqu'à 512, voire 1024 copies !). On y distingue, en microscopie électronique, des **bandes** sombres hautement condensées et des **interbandes** moins condensées. Les ***puffs*** ou **anneaux de Balbiani** (ab sur la figure 7) sont des ***zones décondensées d'intense transcription*** qui ont permis de **démontrer que l'état décondensé était indispensable à la transcription des gènes** ; certains puffs constituent le **nucléole**. L'état polyténique permet une **synthèse protéique très intense**.
  - ***Les chromosomes en écouvillon*** [méiose bloquée en prophase I]
    - Ce sont des chromosomes **observables** dans les **ovocytes d'Amphibiens en prophase I de méiose (stade diplotène)** montrant également le **lien entre décondensation et transcription** (figure 8). Ces **ovocytes** accumulent une grande quantité de **réserves** utiles à la **gamétogenèse** et au **développement embryonnaire**. Les chromosomes en écouvillon ***présentent des boucles disposées en vis-à-vis où l'ADN est décondensé*** ; cette organisation lui donne un **aspect plumeux**, d'où l'expression écouvillon.




**(a) Chromosomes polyténiques**, glandes salivaires d'une larve d'insecte (Chironome) x 900, *(Cliché W. Beermann)*. Dans les noyaux des cellules des glandes salivaires, plusieurs cycles de réplication de l'ADN se succèdent sans séparation des chromosomes fils. Les chromosomes polyténiques ou chromosomes géants qui en résultent rassemblent des faisceaux de chromosomes interphasiques. Les bandes sombres sont des régions riches en ADN condensé et les inter-bandes claires ne contiennent que 15 % de l'ADN du chromosome. Les puffs ou anneaux de Balbiani (ab) sont des zones où l'ADN est décondensé ; à ce niveau, l'incorporation d'uracile tritiée ou d'uridine tritiée démontre l'existence d'une transcription intense. Les bandes sombres sont donc des zones où sont localisés des gènes ; les puffs sont des zones où les gènes sont fonctionnels. Au niveau de certains puffs sont synthétisés les ARN ribosomiques ; ces puffs correspondent donc aux nucléoles (nu).

**FIGURE 7. Chromosomes géants (MO).** D'après PEYCRU *et al.* (2010a).




**(b) Chromosomes en écouvillon**, ovocyte de triton, contraste de phase x 900, *(Cliché J. Gall)*. Une paire de chromosomes homologues a été isolée d'un noyau d'ovocyte en prophase de méiose. A ce stade les chromosomes présentent des expansions latérales en forme de boucles ; à ce niveau, l'incorporation d'uracile tritiée ou d'uridine tritiée démontre l'existence d'une transcription intense.

**(c) Schémas d'interprétation** (chromosomes en écouvillon).

**FIGURE 8. Chromosomes en écouvillon (MO à contraste de phase).** D'après PEYCRU *et al.* (2010a).

## II. Étude pratique des modalités des divisions cellulaires

*Comment l'étude micrographique et électronographique des divisions cellulaires nous permet-elle d'en comprendre les modalités et mécanismes ?*

### Activité 2. Étude pratique des divisions cellulaires

| **Savoirs à construire** | Divisions cellulaires (mitose, méiose) |
|---|---|

| | **Capacité ou attitude visée** | **Évaluation** |
|---|---|---|
| **Savoir-faire sollicités** | Manipuler, maîtriser un geste technique, un outil, un logiciel :<br>➢ Microscope optique | |
| | Analyser, observer et raisonner | |

### *Travail à effectuer*

Les objets à étudier et savoir reconnaître et diagnoser sont :

1. Cellules en **mitoses** : repérer les **figures de mitose** (= ***organisation des chromosomes caractéristiques d'une mitose***), y compris les **figures de partage chromosomique** (= ***organisation des chromosomes caractéristiques d'une anaphase***).
   → Étude microscopique d'**apex racinaires** (+ clichés de cellules animales pour information).
2. Cellules en **méiose** : repérer les **figures de méiose** et les **figures de partage chromosomique**.
   → Étude microscopique d'**anthères de Lis**.
   → Étude d'images des **stades de la prophase I**.
3. [Au cas où, quelques électronographies : **centrosomes**, **cytodiérèse**].

Le mouvement des chromosomes au cours de la mitose a été décrit par W. Flemming à la fin du XIXe siècle. L'utilisation de colorants du **matériel filamenteux** que sont les chromosomes (le terme mitose étant dérivé de *mito* signifiant *filament*) a permis une description précise et le découpage en différentes phases.
Plusieurs composés et protocoles permettent de visualiser, en microscopie optique la chromatine et les chromosomes.

| Réactifs | Coloration du matériel génétique |
|---|---|
| Réaction de Feulgen (HCl puis fuschine décolorée) | précipité rouge (spécifique de l'ADN) |
| Orcéine acétique | rouge - brun |
| Carmin acétique (à chaud) | rouge |
| Vert de méthyle acétique | vert |
| hématoxyline éosine | bleu violacé (acides nucléiques) |
| DAPI (di aminido phényl indol) | liaison spécifique aux bases A et T<br>excitation par lumière violette (λ = 372 nm)<br>lumière fluorescente bleue |

Quelques composés permettant de visualiser le matériel génétique

**FIGURE 9. Outils et colorants permettant d'étudier les divisions cellulaires.**
D'après PEYCRU *et al.* (2010a).

***Pistes de réflexion et d'exploitation***
***Légendez*** *les figures (figures 10-16).*

## A. Étude de la mitose

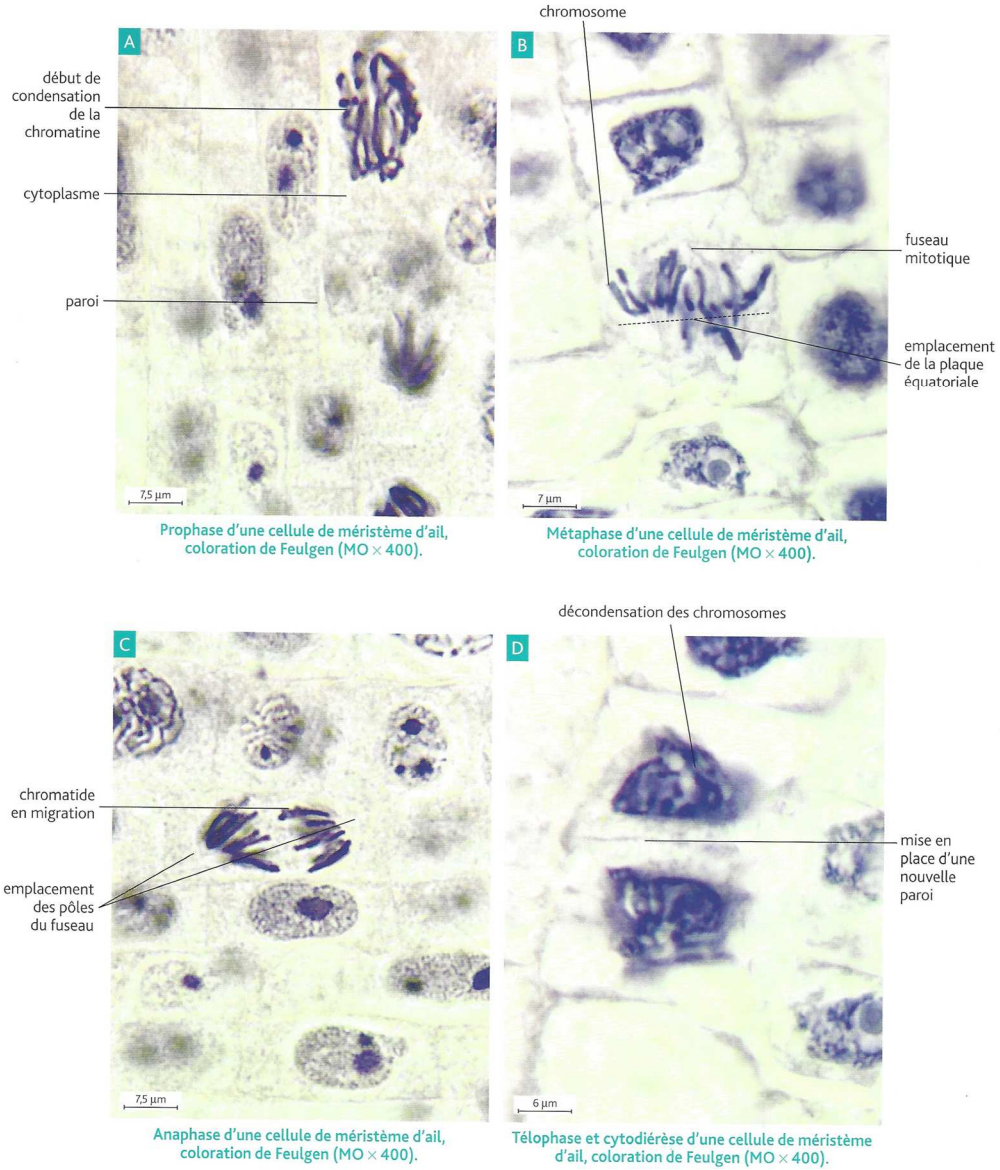



**FIGURE 10. Mitose dans les cellules végétales (apex racinaire de Monocotylédone / MO).**
D'après BOUTIN *et al.* (2015).

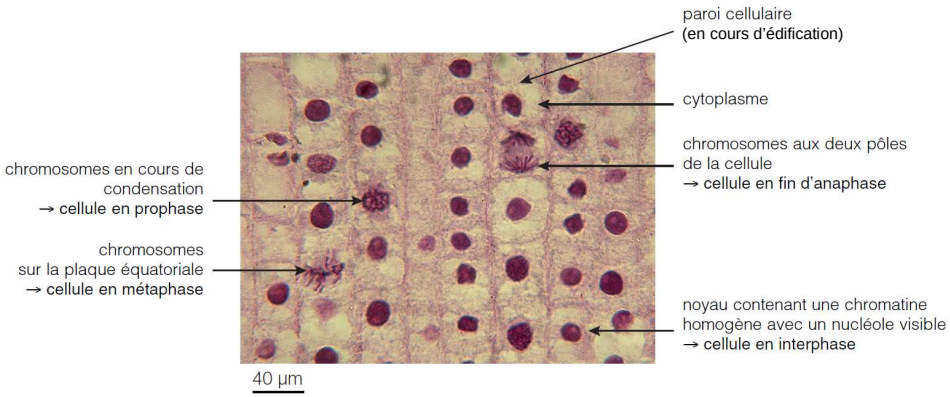



**FIGURE 11. Mitose dans les cellules végétales (apex racinaire de Monocotylédone / MO).**
D'après SEGARRA *et al.* (2014).

Les observations sont réalisées sur des cellules-œufs d'Ascaris du cheval au cours de la première division de mitose après la fécondation (phase de segmentation).

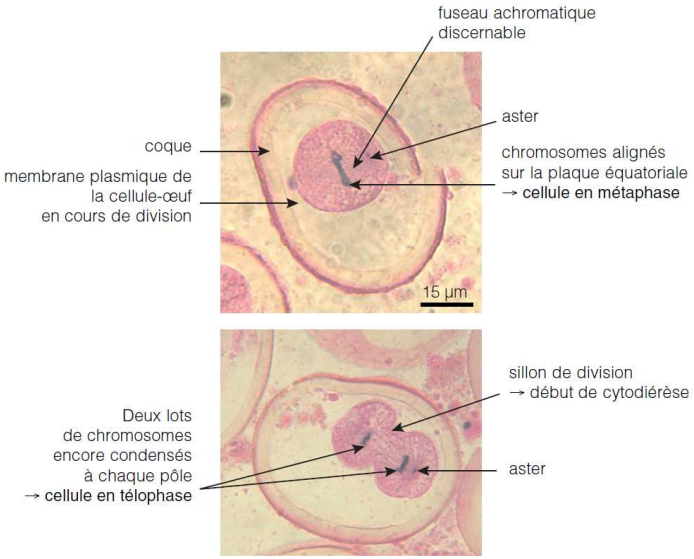
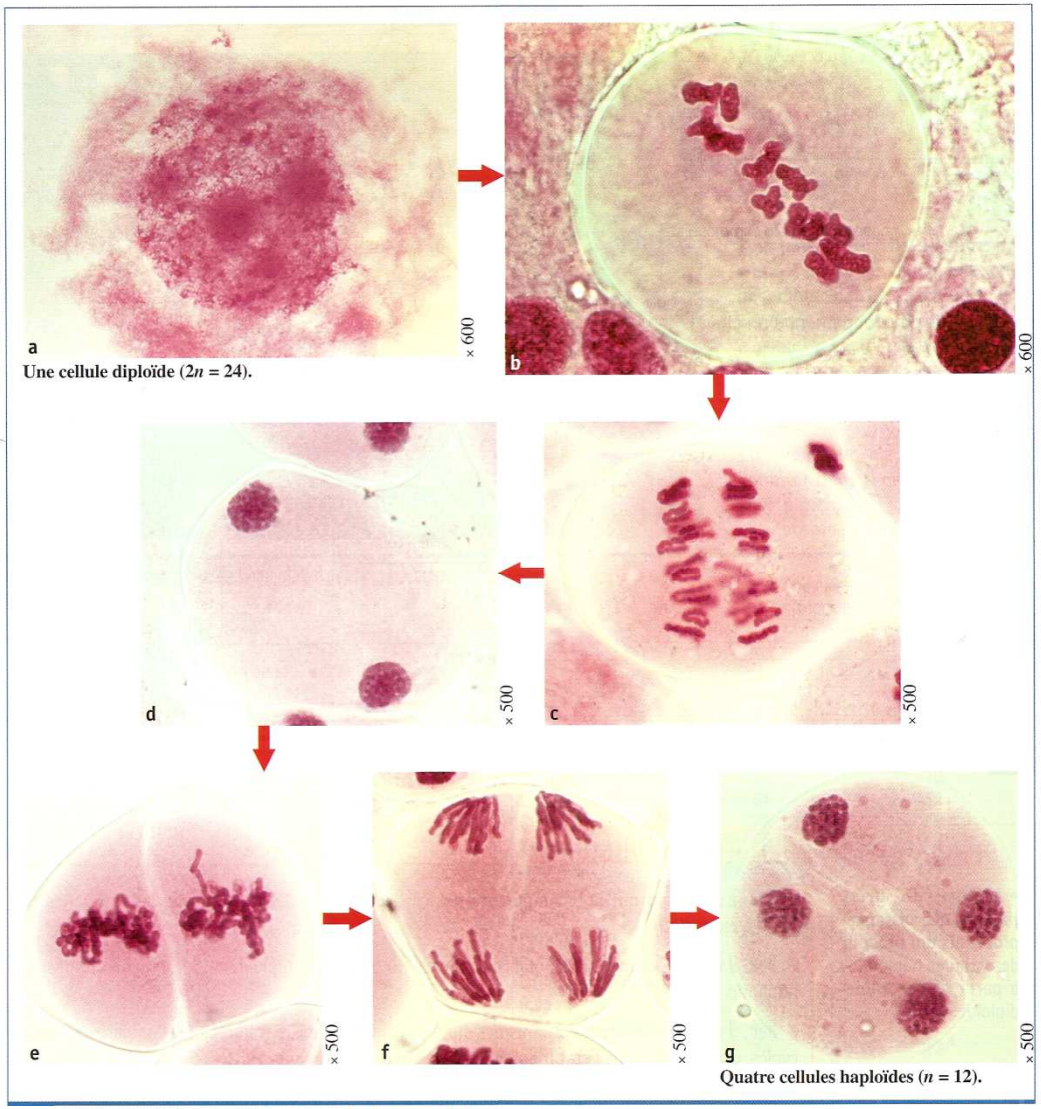



**FIGURE 12. Mitose dans les cellules animales (pour information / MO).**
D'après SEGARRA *et al.* (2014).

## B. Étude de la méiose




Déroulement de la méiose dans une cellule d'étamine de lis.

**FIGURE 13. Quelques figures de méiose (Anthère de Lis / MO).**
D'après LIZEAUX, BAUDE *et al.* (2008).

a. Prophase I. b. Prophase I (diacinèse ?). c. Anaphase I. d. Télophase I.
e. Métaphase II. f. Anaphase II. g. Télophase II.

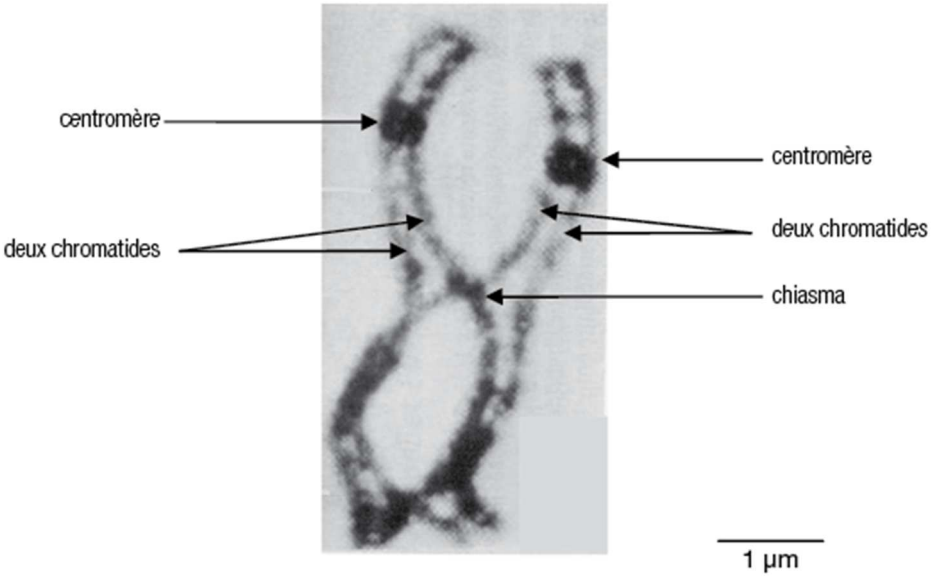
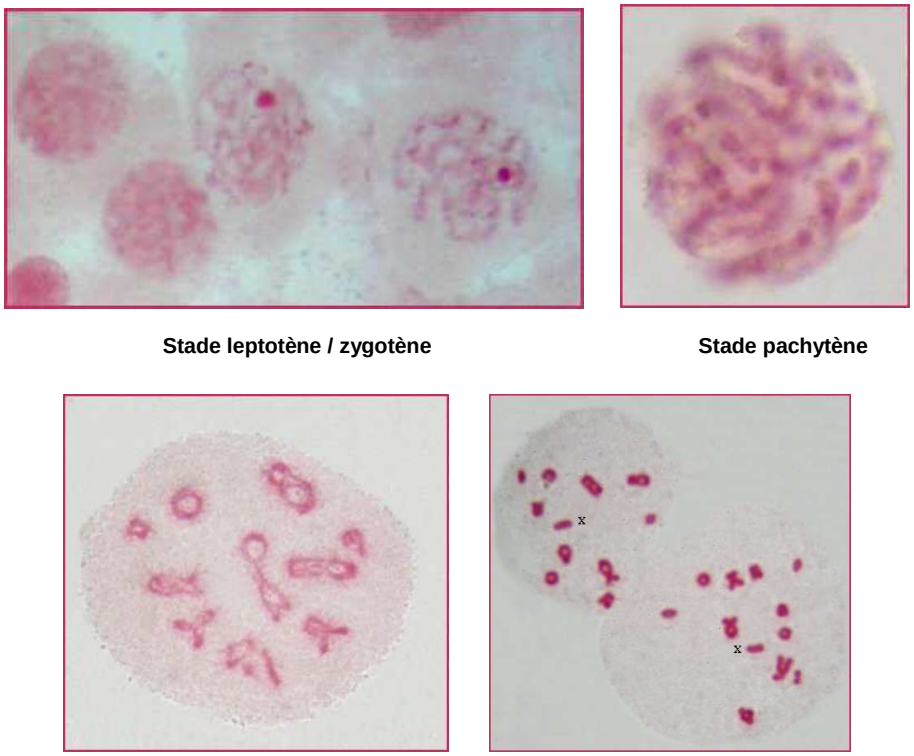



**FIGURE 14. Cliché d'une tétrade (MO).**
https://www.annabac.com/annales-bac/transmission-de-deux-caracteres-chez-la-drosophile
(janvier 2017)



**Stade leptotène / zygotène** **Stade pachytène**

**Stade diplotène (début de diacinèse ?)** **Stade diacinèse**

**FIGURE 15. Stades de la méiose I chez le Criquet (MO).**
http://jean-jacques.auclair.pagesperso-orange.fr/travaux/meiose/orceine/orceine.htm
(janvier 2017)

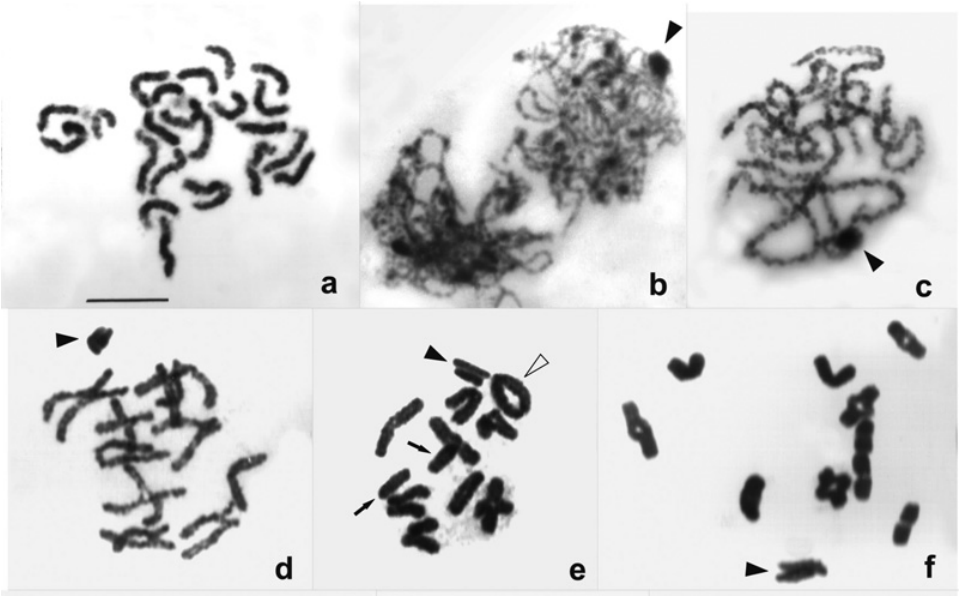
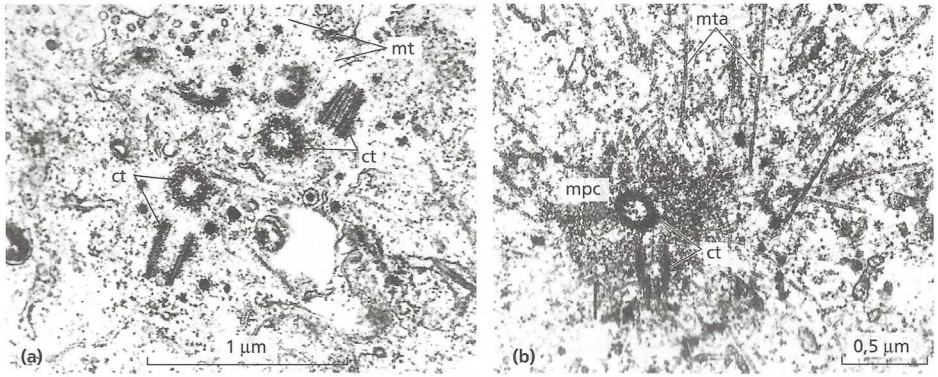



**FIGURE 16. Figures de prophase I de méiose chez une Araignée (MO).**
Barre 10 µm. D'après CHEMISQUY *et al.* (2008).

a. Prométaphase de spermatogonie (mitose !!). b. Zygotène. c. Pachytène.
d. Diplotène précoce. e. Diplotène tardif. f. Diacinèse.

## C. Étude des centrosomes des cellules animales et de la cytodiérèse des cellules animales et végétales




Complexes centriolaires à deux phases du cycle cellulaire.
*(D'après le sujet C de l'épreuve de Biologie du concours ENS 1996 (document 4))*

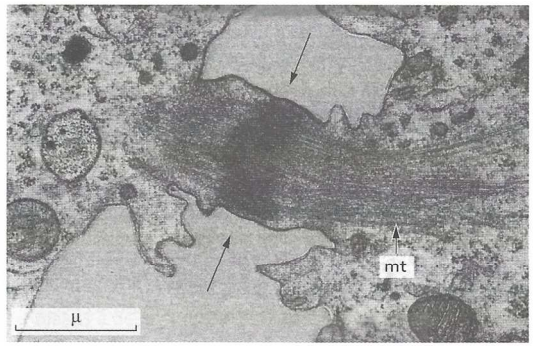
**(a)** Lors de la phase S de l'interphase.
On note la présence de deux diplosomes formés chacun de deux centrioles (ct) disposés perpendiculairement l'un à l'autre. Sur les centrioles coupés transversalement, la structure en neuf triplets de microtubules est bien reconnaissable. Les centrioles sont entourés de microtubules (mt) disposés sans orientation particulière.
**(b)** Au début de la prophase.
Un seul aster est ici photographié. Il est constitué de deux centrioles (ct) disposés perpendiculairement, entourés de matériel péricentriolaire dense (mpc) d'où rayonnent des microtubules astériens (mta).

**FIGURE 17. Centrosomes des cellules animales (pour information / MET).**
D'après PEYCRU *et al.* (2010a).

**Diplosome** = ***ensemble de deux centrioles***.
***Avec le matériel péricentriolaire***, il constitue un **centrosome**.

Cytodiérèse d'une cellule animale.
Segmentation de l'embryon de Rat (MET x 35 000).

La coupe, tangentielle au sillon de division (flèche), montre les microtubules du fuseau (mt), et dans un plan perpendiculaire, les filaments contractiles d'actine, beaucoup plus fins. *(Cliché, Labo. BC4, Orsay).*




Cloisonnement d'une cellule végétale.
Racine de glycine (MET x 18 500).

Dans chaque cellule en fin de mitose, l'enveloppe nucléaire (en) s'est reconstituée, individualisant à nouveau le compartiment nucléaire (n). La nouvelle paroi se forme dans le plan équatorial, par fusion de vésicules golgiennes orientées perpendiculairement à l'axe d'allongement des microtubules (mt). L'ébauche de la paroi progresse du centre de la cellule vers la périphérie où elle se soude à la paroi (p) de la cellule mère. Les membranes des vésicules fusionnées sont à l'origine de la nouvelle membrane plasmique (mp).
(Cliché E. Newcomb et W. Wergin).

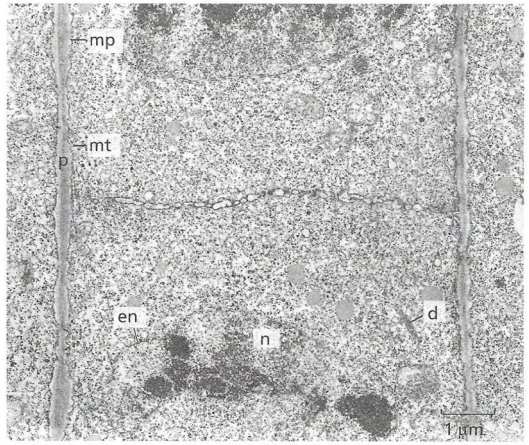



**FIGURE 18. Cytodiérèses animale et végétale (pour information / MET).**
D'après PEYCRU *et al.* (2010a).

## III. Étude de caryotypes humains

*Comment peut-on identifier et caractériser les caryotypes humains ?*

### Activité 3. Étude de caryotypes humains

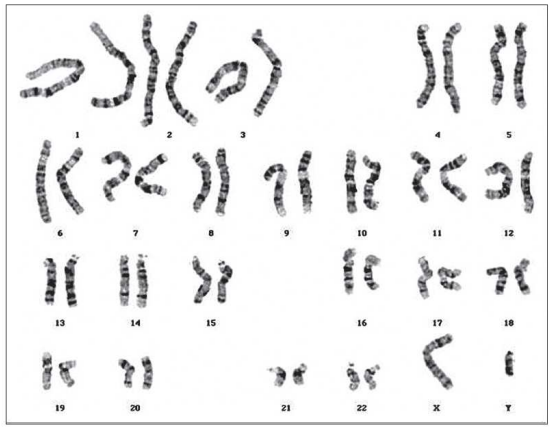
| | |
|---|---|
| **Savoirs à construire** | Caryotypes humains<br>Diploïdie, haploïdie, aneuploïdie, euploïdie |

| | | |
|---|---|---|
| **Savoir-faire sollicités** | **Capacité ou attitude visée** | **Évaluation** |
| | Analyser, observer et raisonner | |

***Travail à effectuer***
**Étudiez** les caryotypes proposés et **caractérisez**-les (sexe, anomalie éventuelle) (figures 19-23).

***Pistes de réflexion et d'exploitation***
*Tout est déjà légendé.*

### A. Caryotype normal d'un homme (2n diploïde)

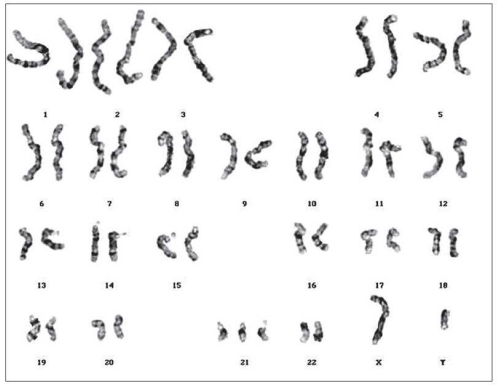



Caryotype normal d'un homme

La paire de chromosomes sexuels est constituée par un chromosome X et un chromosome Y.
Les chromatides des chromosomes apparaissent soudées l'une à l'autre sur ce type de préparation.
(Photo issue du site des Hôpitaux Universitaires de Genève, http://www.medgen.unige.ch/cytogenetics).

**FIGURE 19. Caryotype normal d'un homme.** D'après SEGARRA *et al.* (2004).

## B. Caryotype anormal d'un homme porteur d'une trisomie 21 (2n diploïde + aneuploïdie)

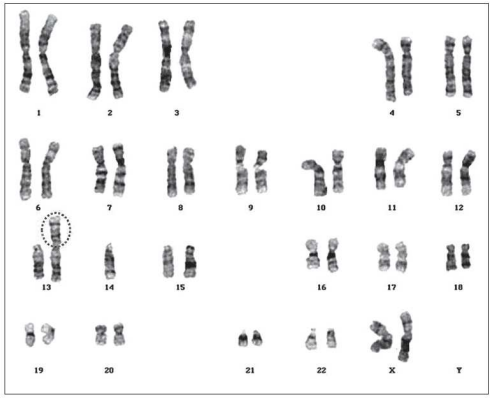


Caryotype d'un homme porteur d'une trisomie 21

La paire de chromosomes sexuels est constituée par un chromosome X et un chromosome Y. Trois chromosomes de la paire 21 sont à l'origine d'une pathologie. Les chromatides des chromosomes apparaissent soudées l'une à l'autre sur ce type de préparation. (Photo issue du site des Hôpitaux Universitaires de Genève, http://www.medgen.unige.ch/cytogenetics).

**FIGURE 20. Un exemple d'aneuploïdie : la trisomie 21.** D'après SEGARRA *et al.* (2004).

## C. Caryotype anormal d'une femme (saine !) porteuse d'une fusion chromosomique 13/14 (2n diploïde + aneuploïdie induite par la fusion)



Caryotype d'une femme porteuse d'une translocation chromosomique 14/13

La paire de chromosomes sexuels est constituée par deux chromosomes X. Un chromosome de la paire 14 semble absent : il a été en réalité transloqué sur un des chromosomes de la paire 13 (zone entourée en pointillés). Les chromatides des chromosomes apparaissent soudées l'une à l'autre sur ce type de préparation. (Photo issue du site des Hôpitaux Universitaires de Genève, http://www.medgen.unige.ch/cytogenetics).

**FIGURE 21. Un exemple de mutation chromosomique.** D'après SEGARRA *et al.* (2004).

## D. Caryotypes normaux des gamètes (n haploïdes)

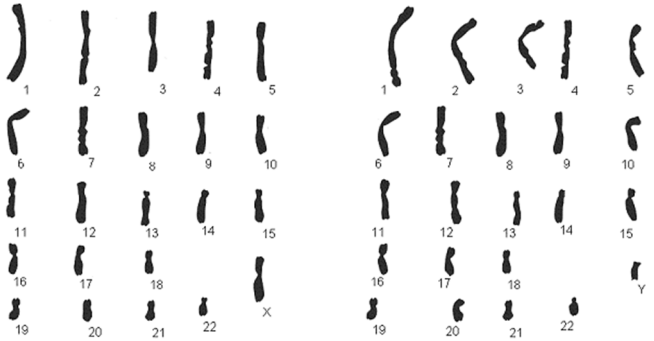


**FIGURE 22. Caryotypes de gamètes.**
http://enviedesvt.overblog.com/l-originalite-de-chaque-etre-humain (janvier 2017)

## E. Un caryotype humain triploïde (non viable) (euploïdie)

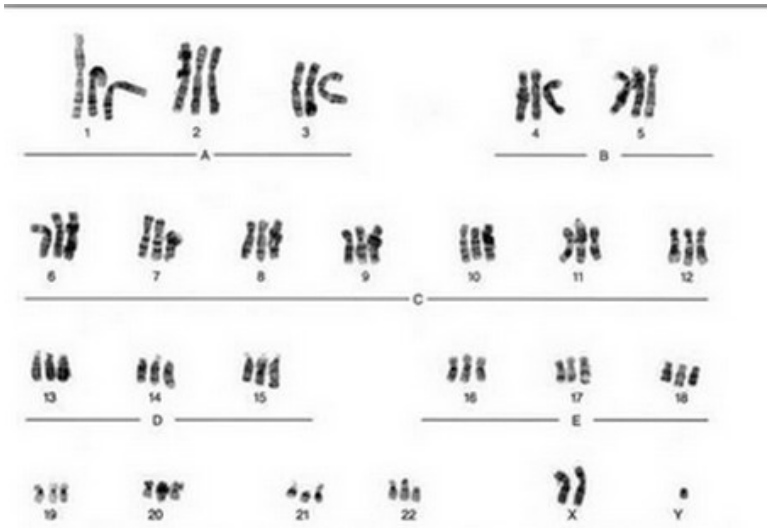


**FIGURE 23. Caryotype humain triploïde (rarissime et non viable) (euploïdie).**
http://enviedesvt.overblog.com/l-originalite-de-chaque-etre-humain (janvier 2017)

## Références


ALBERTS, B., A. JOHNSON, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS & P. WALTER (2004). *Biologie moléculaire de la cellule. Quatrième édition.* Traduction de la quatrième édition américaine (2002) par F. LE SUEUR-ALMOSNI. Flammarion, Paris. Première édition américaine 1983 (1986 1e édition française).

BERTHET, J. (2006). *Dictionnaire de Biologie.* De Boeck Université, Bruxelles (Belgique).

BOUJARD, D. (dir). B. ANSELME, C. CULLIN & CÉLINE RAGUÉNÈS-NICOL (2015). *Biologie cellulaire et moléculaire. Tout le cours en fiches. Licence. PACES. CAPES.* 2e édition (1e édition 2012), Dunod, Paris.

BREUIL, M. (2007). *Biologie 1re année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

BREUIL, M. (2009). *Biologie 2e année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

CAMPBELL, N. A. & J. B. REECE (2004). *Biologie*. De Boeck Université, Bruxelles, 2e édition (1e édition 1995).

[CAMPBELL, N. A.], J. B. REECE, L. A. URY, M. L. CAIN, S. A. WASSERAMN, P. V. MINORSKY, R. B. JACKSON (2012). *Campbell Biologie.* Adaptation française J. FAUCHER & R. LACHAÎNE. Pearson, Paris (4e edition).

CHEMISQUY, M. A., G. RODRÍGUEZ GIL, C. L. SCIOSCIA & L. M. MOLA (2008). Cytogenetic studies of three Lycosidae species from Argentina (Arachnida, Araneae). *Genetics and Molecular Biology*, 31 (4) : 857-867.

DENŒUD, J., T. FERROIR, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2011). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2013). *Biologie-Géologie BCPST-véto 1e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2014). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

GODINOT, C., H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2010). *Biologie-Géologie 1re année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

LAFON, C. (2003). *La biologie autrement. 100 questions de synthèse.* Ellipses, Paris.

LATRUFFE, N. (dir.), F. BLEICHER-BARDETTI & J. VAMECQ (2014). *Biochimie. Tout le cours en fiches. Licence. PACES-UE1. CAPES.* Dunod, Paris.

LIZEAUX, BAUDE *et al.* (2008). *Terminale S SVT (tronc commun).* Bordas, Paris.

MORÈRE, J.-L., R. PUJOL (coord.), J.-C. CALLEN, L. CHESNOY, J.-P. DUPONT, A.-M. GIBERT-TANGAPREGASSOM, G. RICOU, N. TOUZET (dir.) et colloborateurs (2003). *Dictionnaire raisonné de Biologie.* Frison-Roche, Paris.

PEYCRU, P. (dir.), J.-F. FOGELGESANG, D. GRANDPERRIN, B. AUGÈRE, J.-C. BAEHR, C. PERRIER, J.-M. DUPIN & C. VAN DER REST (2010*a*). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 2e édition (2009), réimpression corrigée (2010) (1e édition 2006).

PEYCRU, P. (dir.), J.-C. BAEHR, F. CARIOU, D. GRANDPERRIN, C. PERRIER, J.-F. FOGELGESANG & J.-M. DUPIN (2010*b*). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2007).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER J.-F. FOGELGESANG, & C. VAN DER REST (2013). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2006).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, J.-F. BEAUX, F. CARIOU, P. CARRÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER, J.-F. FOGELGESANG, S. MAURY, É. QUÉINNEC, E. SALGUEIRO & C. VAN DER REST (2014). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2007).

RAVEN, P. H., G. B. JOHNSON, J. B. LOSOS, S. S. SINGER (2007). *Biologie*. De Boeck, Bruxelles.

RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2012). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas*. Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2010).

RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2015). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas*. Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2010).

SEGARRA, J. (dir.), É. CHAUVET, C. COLSON-PROCH, M. HUILLE, M. LABROUSSE, F. LOUET, F. METZ & E. PIÈTRE (2014). *Biologie BCPST 1re année.* Ellipses, Paris.

SEGARRA, J., E. PIÈTRE (dir.), G. BAILLY, O. CHASSAING, D. FAVRE, T. JEAN, F. METZ & C. MEUNIER (2015). *Biologie BCPST 2e année.* Ellipses, Paris.

VINCENT, P. (1964). *Sciences naturelles. Classe de 2eM'*. Vuibert, Paris.

VINCENT, P. (1962). *Sciences naturelles. Classe de 1reM'*. Vuibert, Paris.

VINCENT, P. (1968). *Sciences naturelles. Classe de 1eD*. Vuibert, Paris.


## Plan du TP


**Objectifs : extraits du programme** **1**
**Introduction** **1**

**I. Étude pratique de l'interphase et des niveaux de condensation de l'ADN (interphases et divisions)** **2**
A. Étude électronographique du noyau et de la chromatine en interphase (phases G1, G2 / G0) 2
B. Étude électronographique de la réplication eucaryote (phase S de l'interphase) 3
C. Étude électronographique des niveaux de condensation (interphase + divisions) 3
D. Des cas particuliers de chromosomes (interphase + divisions cellulaires) (MO) [Limite programme ?] 4

**II. Étude pratique des modalités des divisions cellulaires** **5**
A. Étude de la mitose 5
B. Étude de la méiose 6
C. Étude des centrosomes des cellules animales et de la cytodiérèse des cellules animales et végétales 8

**III. Étude de caryotypes humains** **9**
A. Caryotype normal d'un homme (2n diploïde) 9
B. Caryotype anormal d'un homme porteur d'une trisomie 21 (2n diploïde + aneuploïdie) 10
C. Caryotype anormal d'une femme (saine !) porteuse d'une fusion chromosomique 13/14
(2n diploïde + aneuploïdie induite par la fusion) 10
D. Caryotypes normaux des gamètes (n haploïdes) 10
E. Un caryotype humain triploïde (non viable) (euploïdie) 10

**Références** **11**
**Plan du TP** **11**



© Tanguy JEAN. Les textes et les figures originales sont la propriété de l'auteur. Les figures extraites d'autres sources restent évidemment la propriété des auteurs ou éditeurs originaux.
Document produit en avril 2016 • Dernière actualisation : janvier 2017. Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com
Adresse de téléchargement : http://tanguyjean.businesscatalyst.com/

Ces données sont placées sous licence *Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation commerciale 4.0 CC BY NC* qui autorise la reproduction et la diffusion du document, à condition d'en citer explicitement la source et de ne pas en faire d'utilisation commerciale.