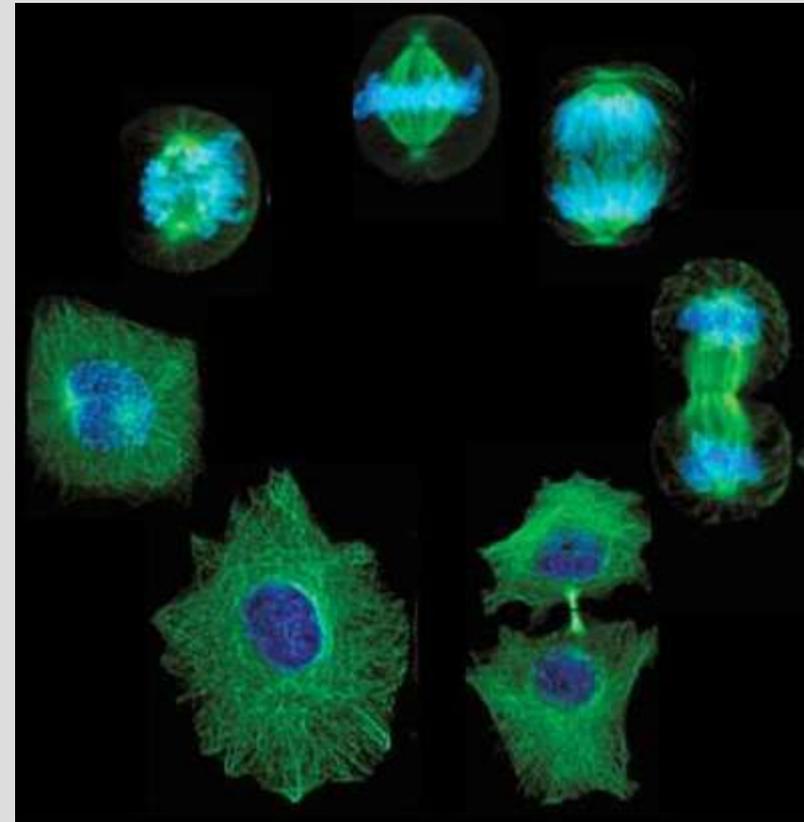
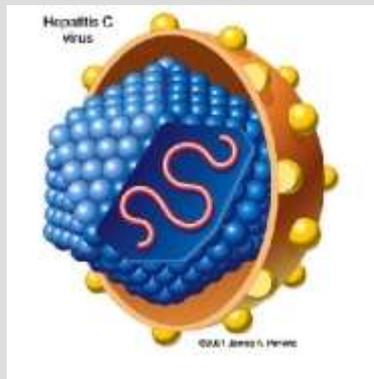
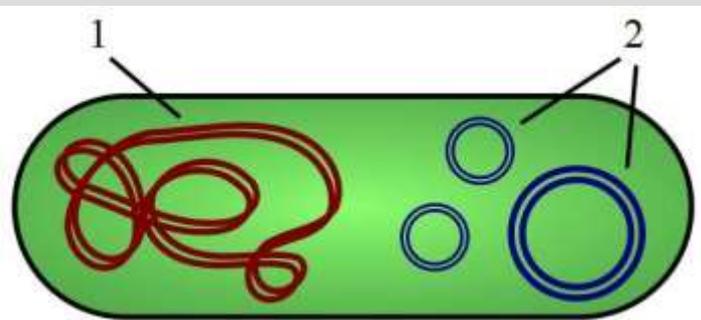


SV – F : Génomique structurale et fonctionnelle

SV – F – 1 : Génome des cellules et des virus, transmission de l'information génétique



Transgénèse du gène de la GFP

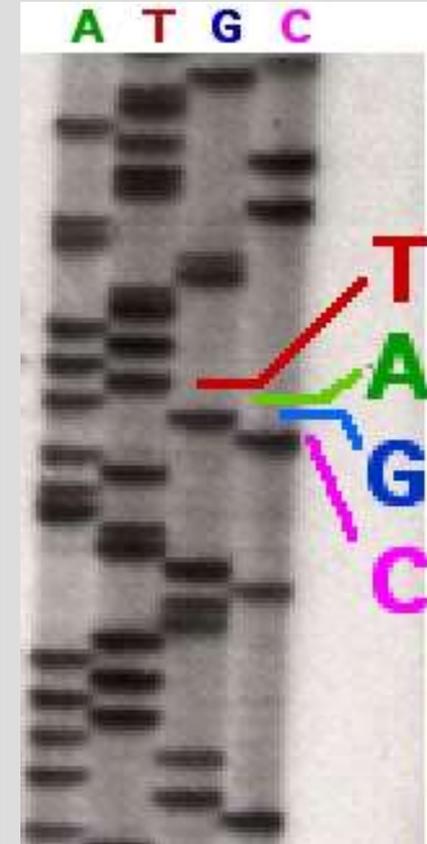
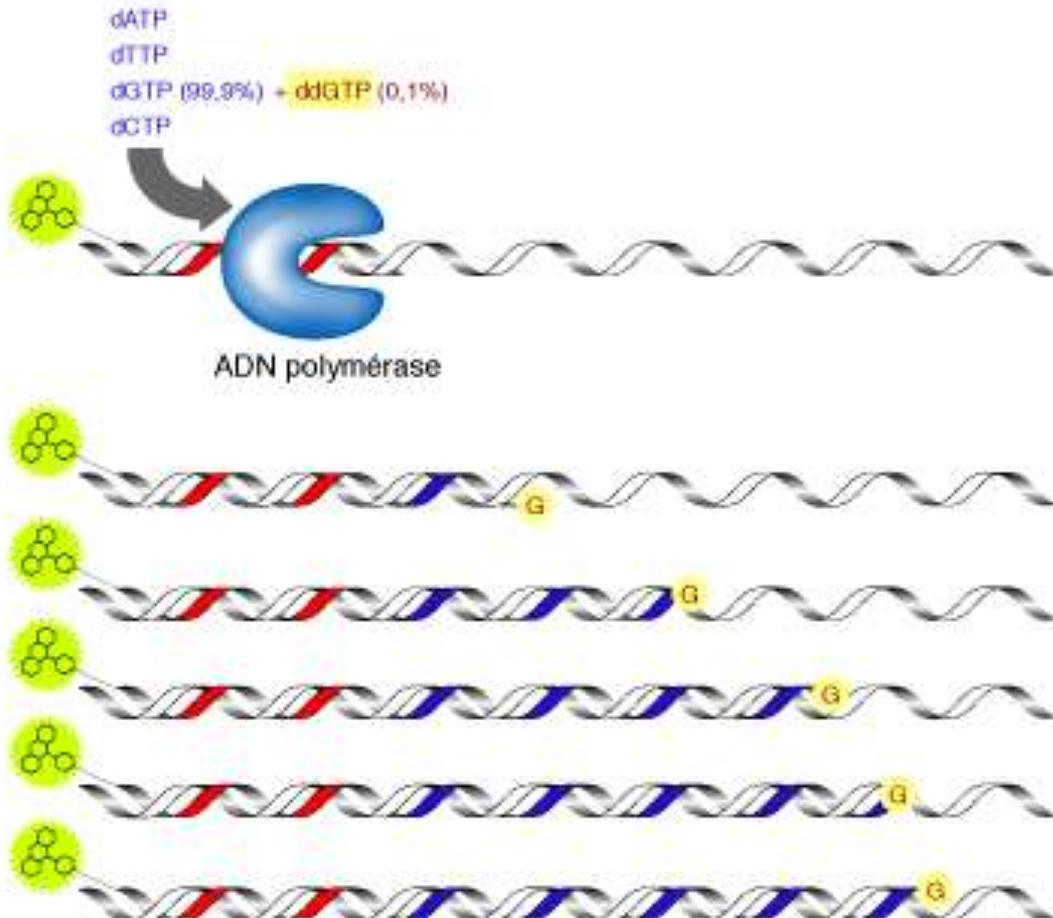
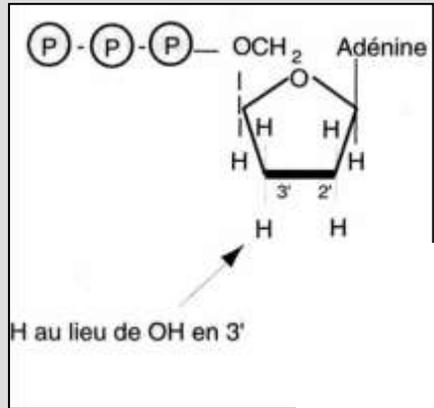


La GFP (Green Fluorescent Protein) est produite par la méduse *Aequorea victoria*



Souris transgénique GFP

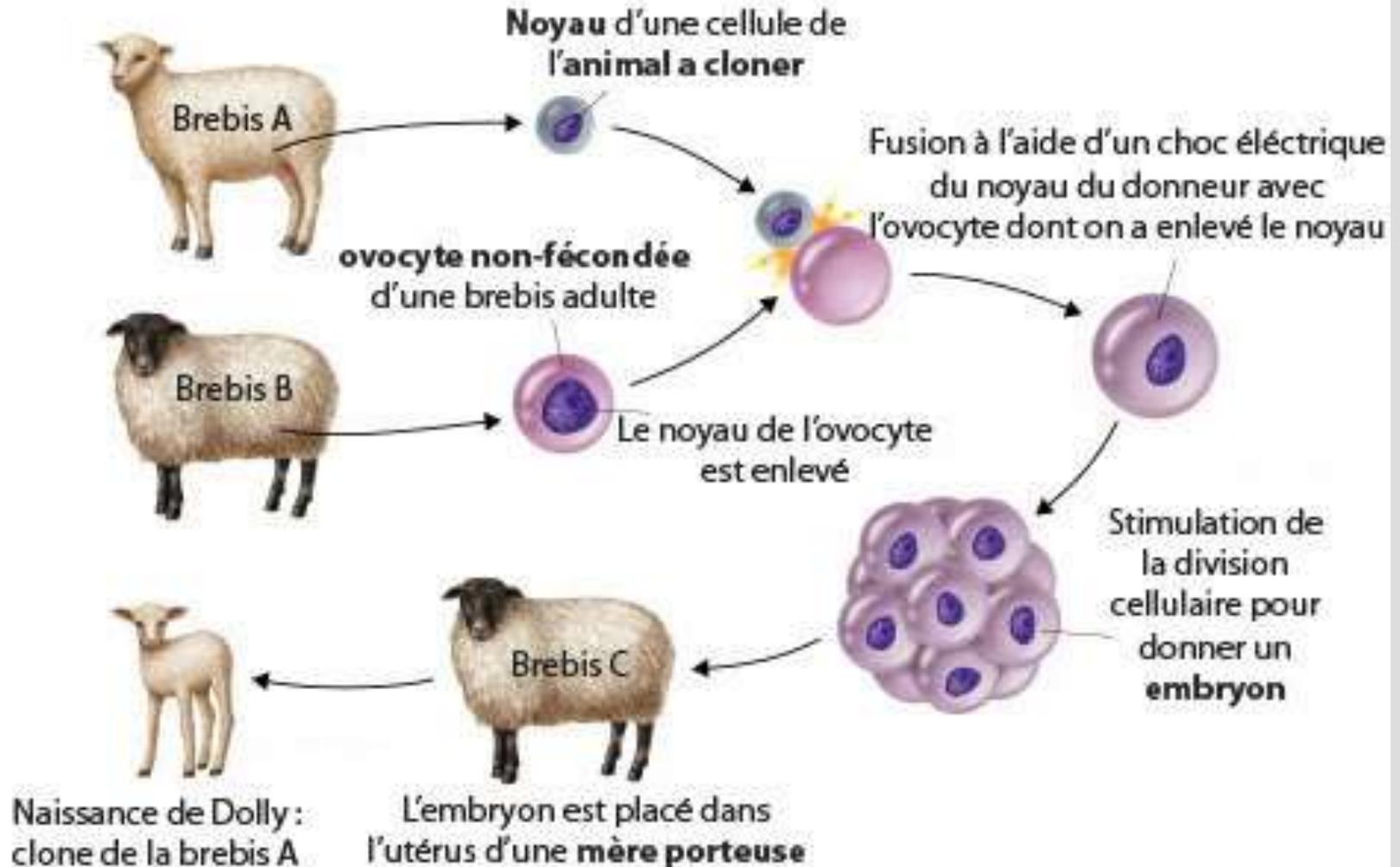
Séquençage de l'ADN : méthode de Sanger (1977)



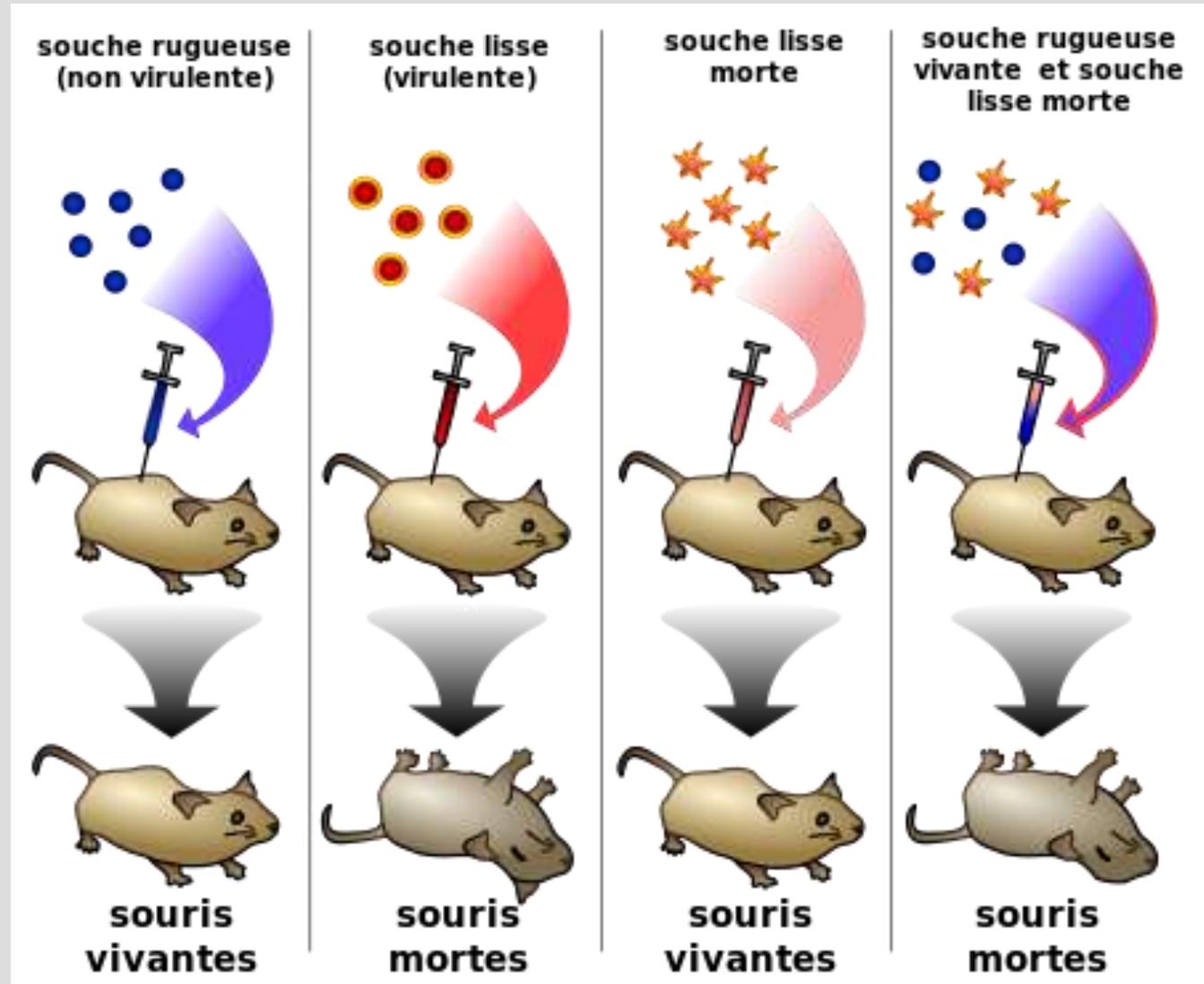
Résultat du séquençage par la méthode de Sanger. L'ordre de chaque bande indique la position d'un nucléotide A, T, C ou G

Le clonage à partir de cellules somatique : La brebis Dolly (1996)

Technique du clonage reproductif



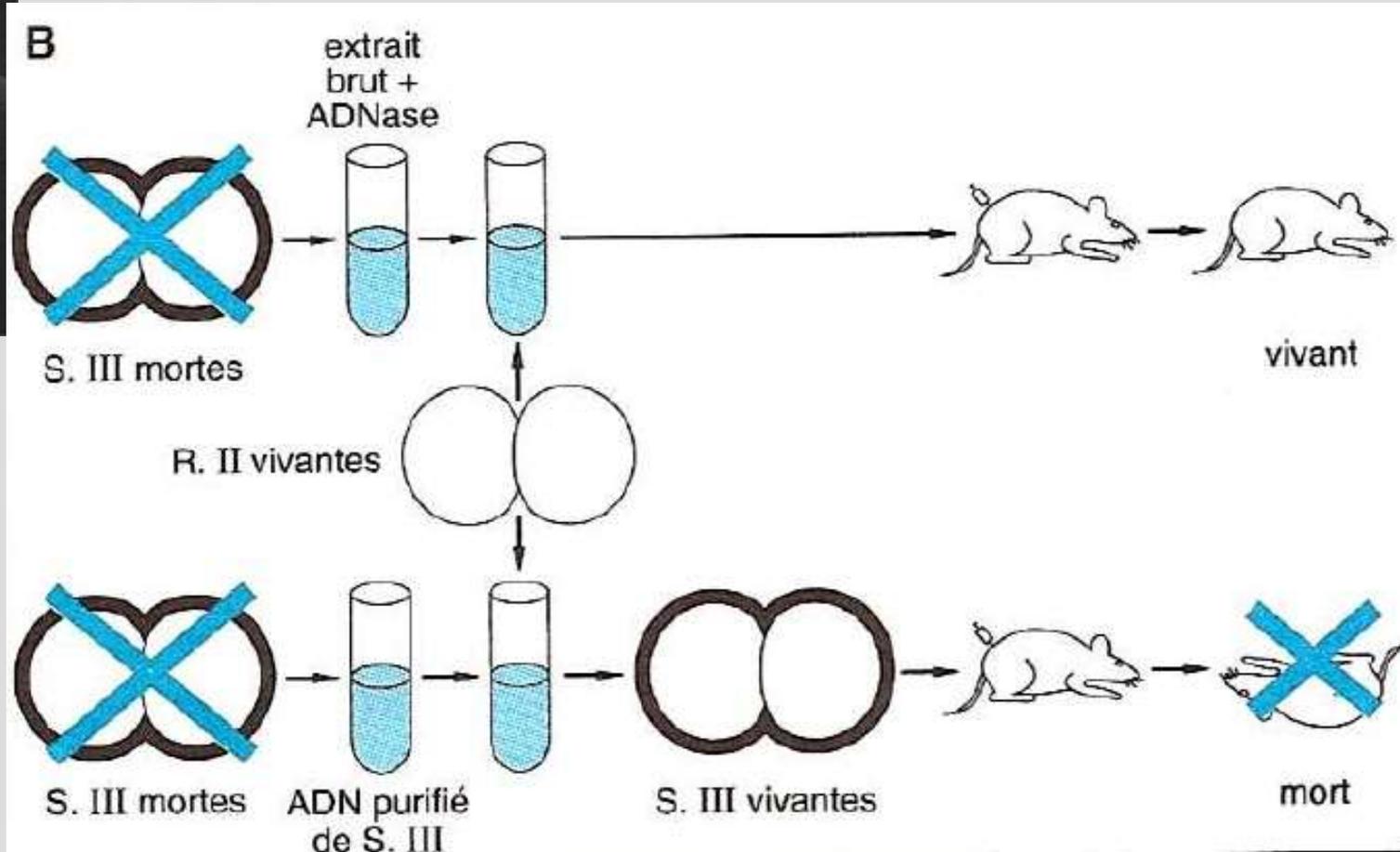
Expériences de Griffith (1928)



→ Mise en évidence d'un « principe transformant »

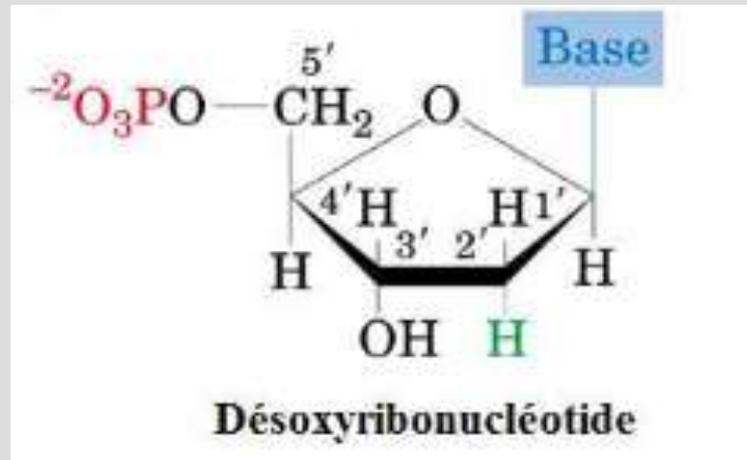
Streptococcus pneumoniae

Expériences de Avery, MacLeod, MacCarthy (1944)

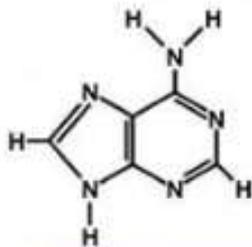


→ C'est un acide nucléique (l'ADN) qui constitue le « principe transformant »

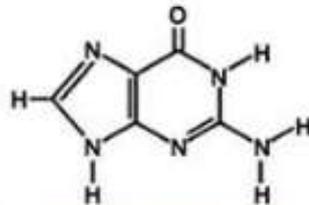
Document 1. Les désoxynucléotides, monomères constitutifs de l'ADN.



Bases puriques

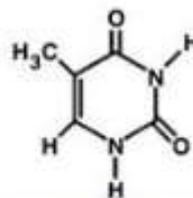


Adénine (A)

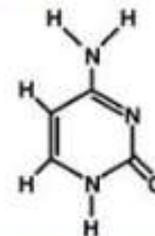


Guanine (G)

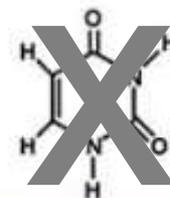
Bases pyrimidiques



Thymine (T)



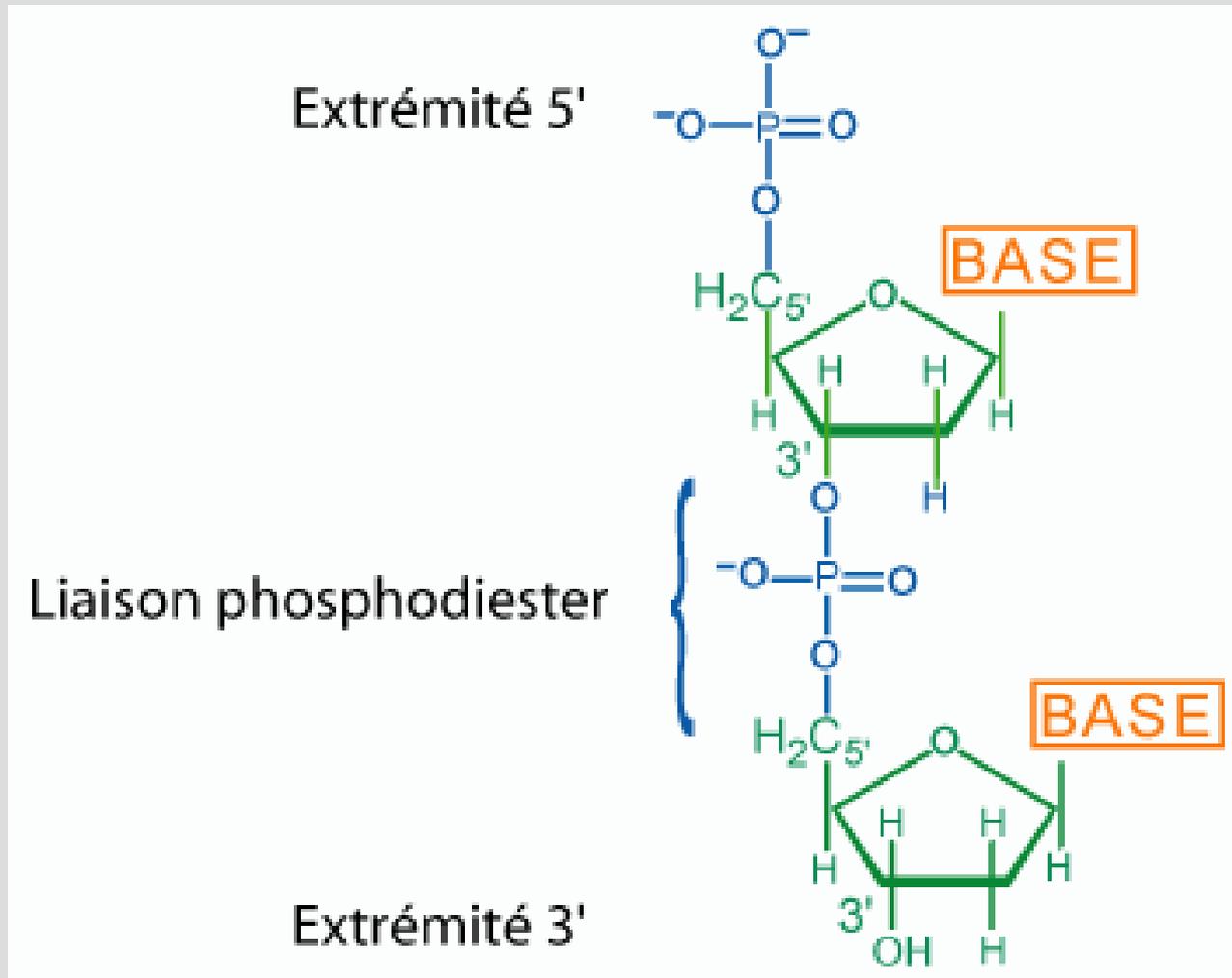
Cytosine (C)

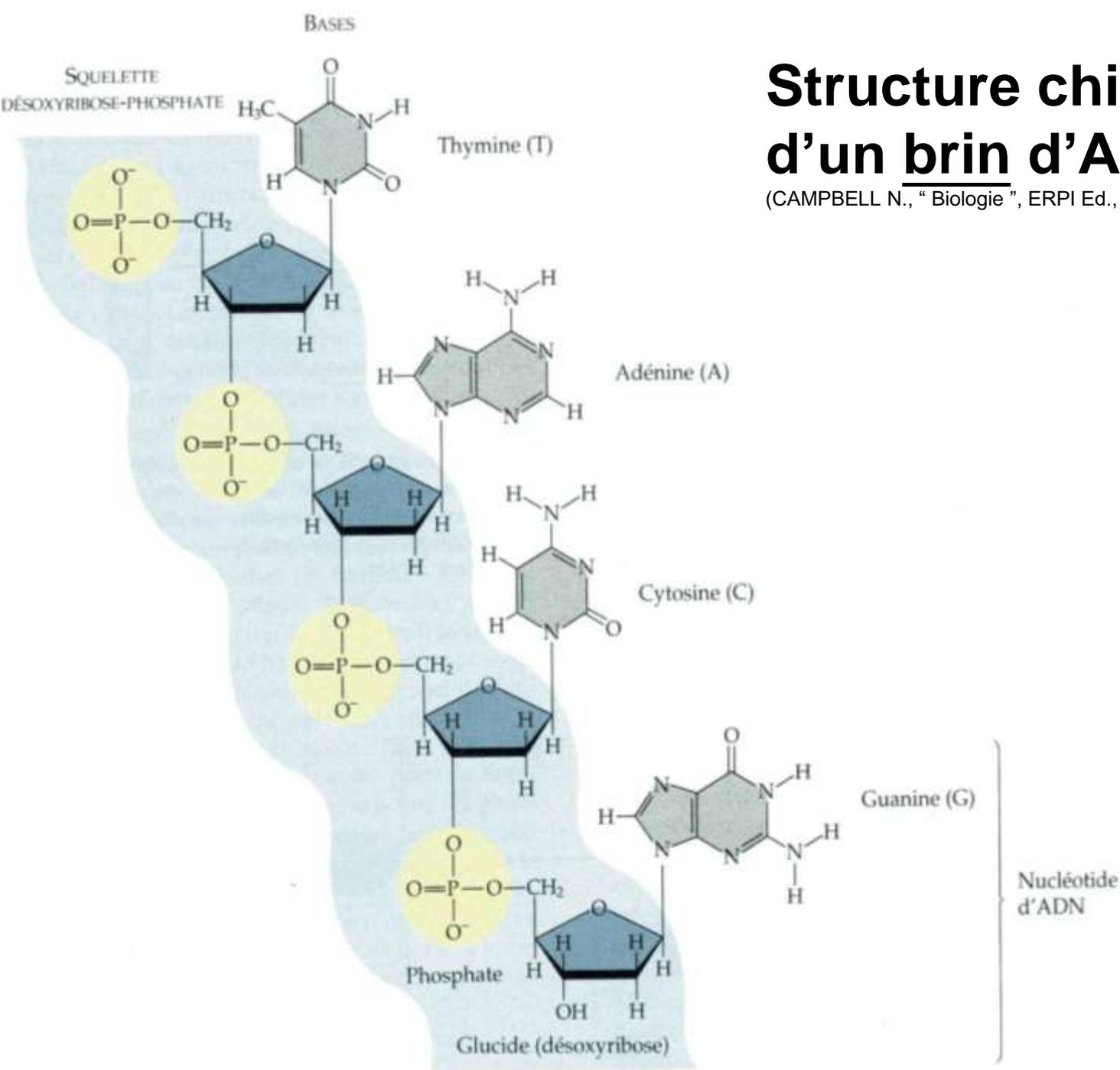


Uracile (U)

Nucléotide
non présent
dans l'ADN

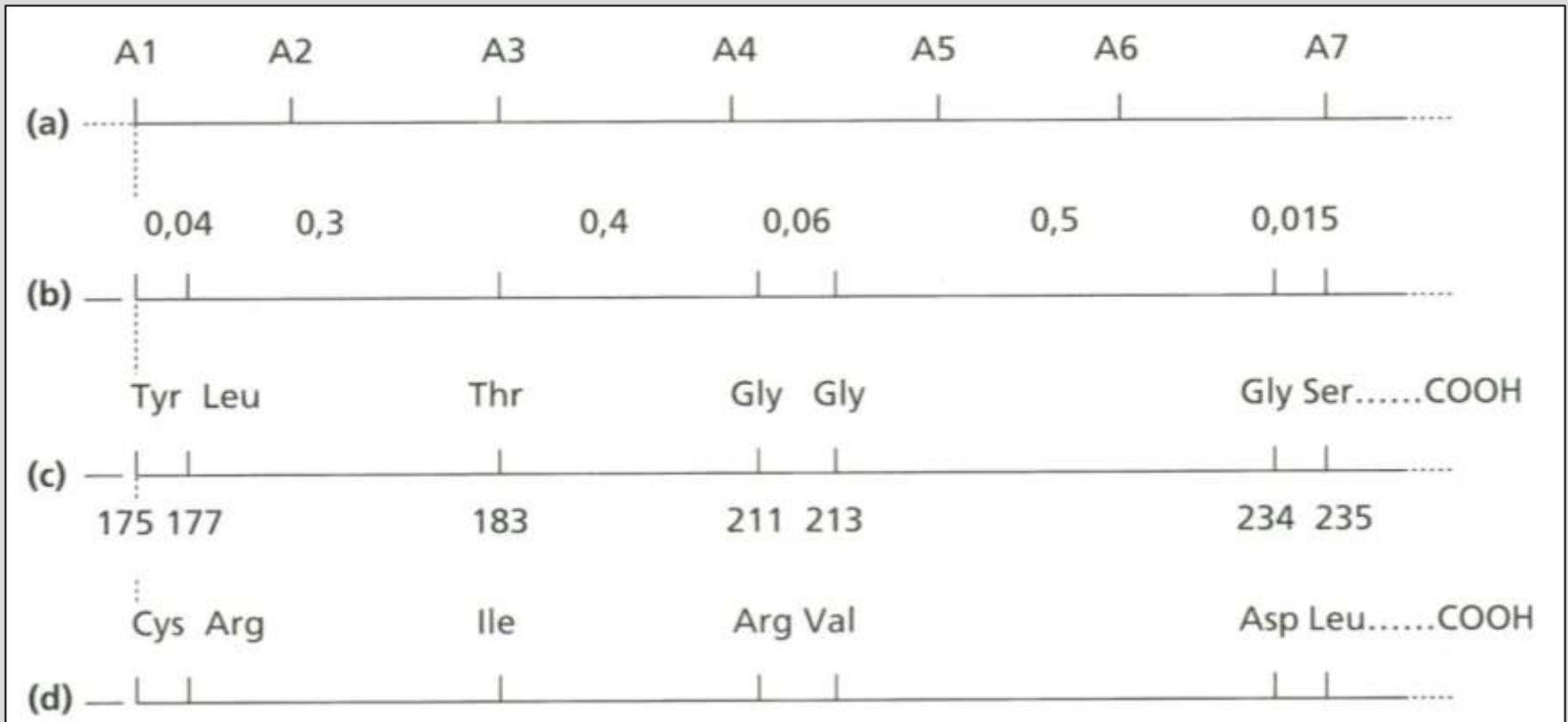
Document 2. La liaison phosphodiester.





Structure chimique d'un brin d'ADN.

(CAMPBELL N., "Biologie", ERPI Ed., 1995).



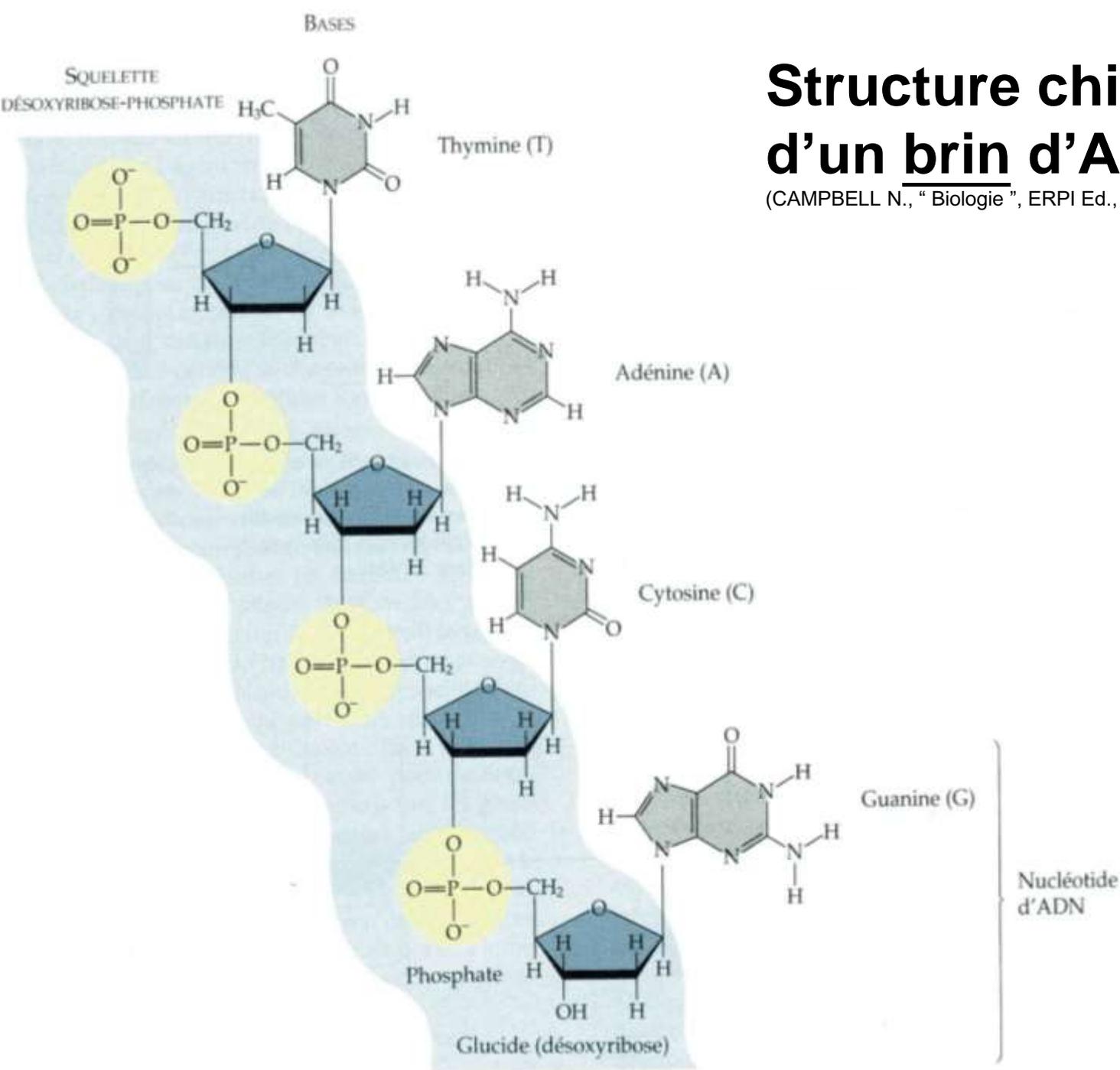
Document 3. Résultats des travaux de Yanovsky : la colinéarité ADN – protéines.

a. Carte du gène A de la tryptophane synthétase d'E. coli : chaque mutant est identifié et repéré par une lettre (ex : A1).

b. Distances génétiques au sein du gène A (données en % de recombinaisons).

c. Séquence des acides aminés de la région correspondante de la chaîne polypeptidique (la position des acides aminés est numérotée à partir de l'extrémité N-terminale).

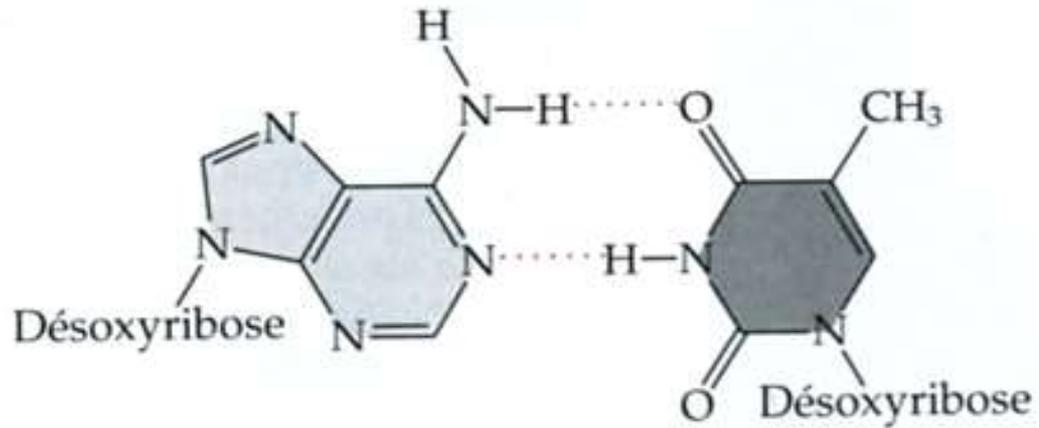
d. Acides aminés substitués chez les souches mutantes.



Structure chimique d'un brin d'ADN.

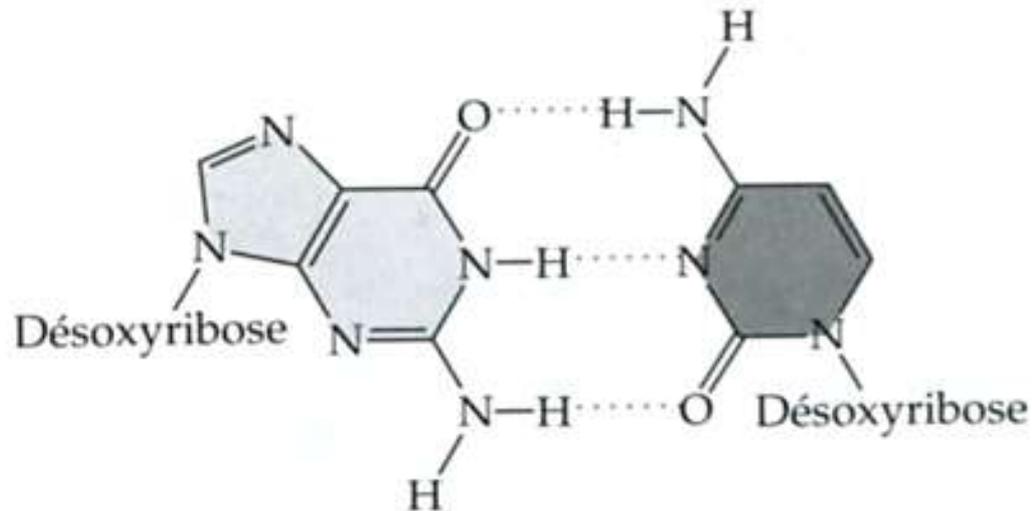
(CAMPBELL N., "Biologie", ERPI Ed., 1995).

L'appariement des bases grâce à des liaisons hydrogènes.



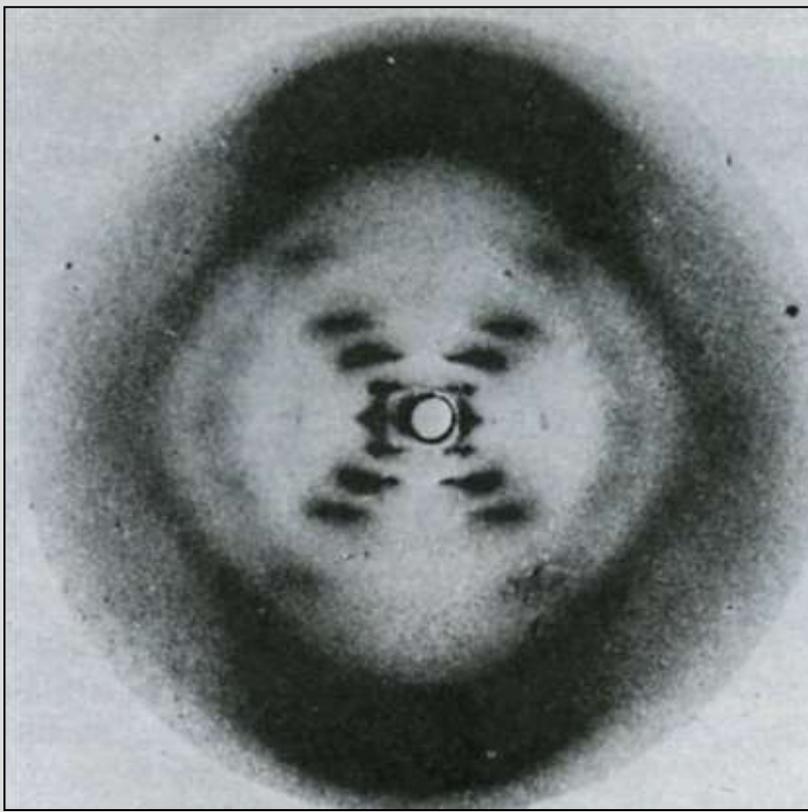
ADÉNINE (A)

THYMINE (T)



GUANINE (G)

CYTOSINE (C)

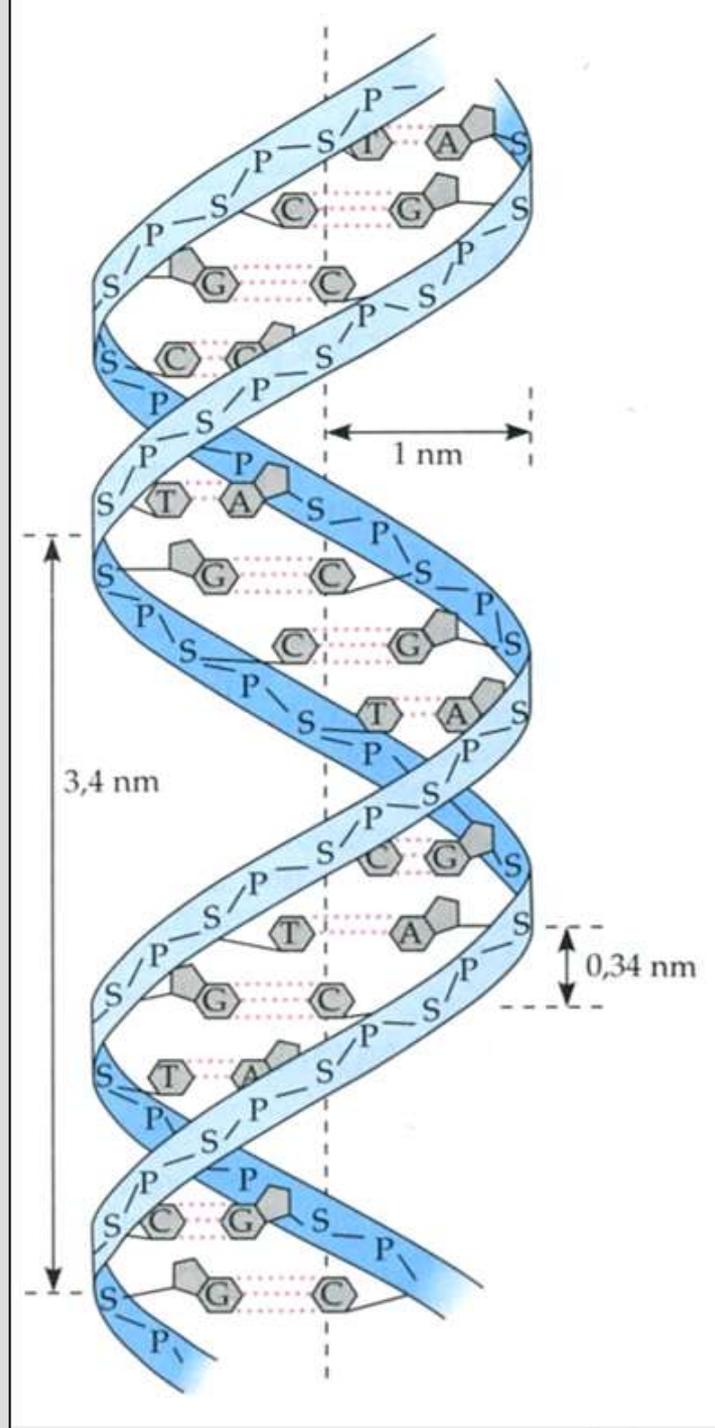


Radiographie de l'ADN obtenue par diffraction aux rayons X par Rosalind Franklin.

(CAMPBELL N., " Biologie ", ERPI Ed., 1995).

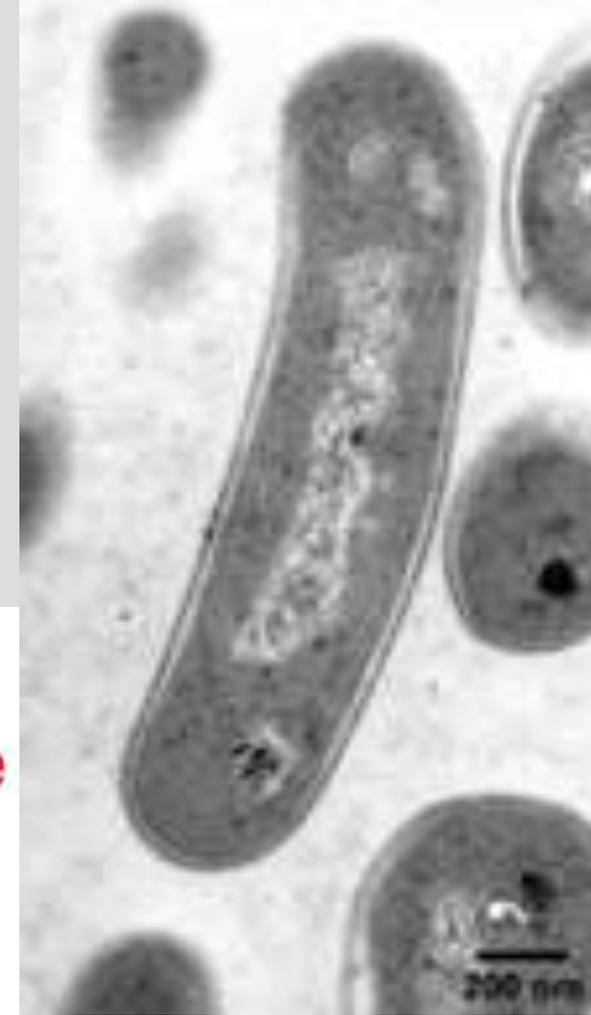
Document 4. Structure en double hélice de l'ADN proposée par Watson et Crick.

(CAMPBELL N., " Biologie ", ERPI Ed., 1995).



Le support cytologique du génome chez les Eubactéries

Document 5. Le nucléoïde, région dense
en chromatine.

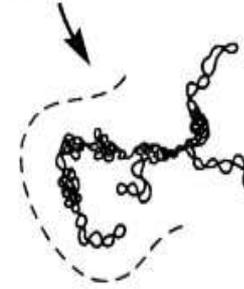


Bactérie en MET.

Bactérie en division

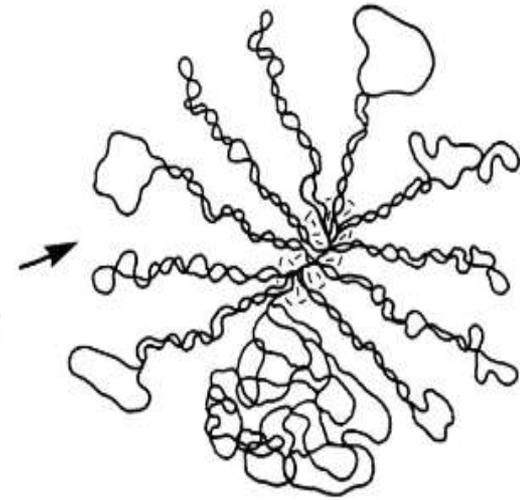


Bactérie



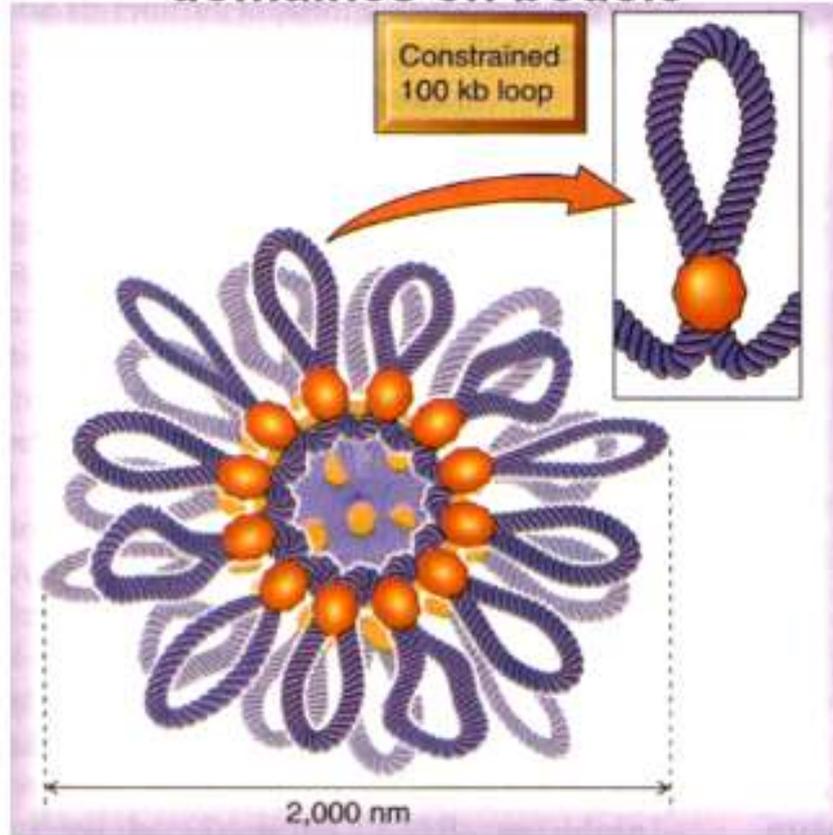
Lyse ménagée

Nucléotide

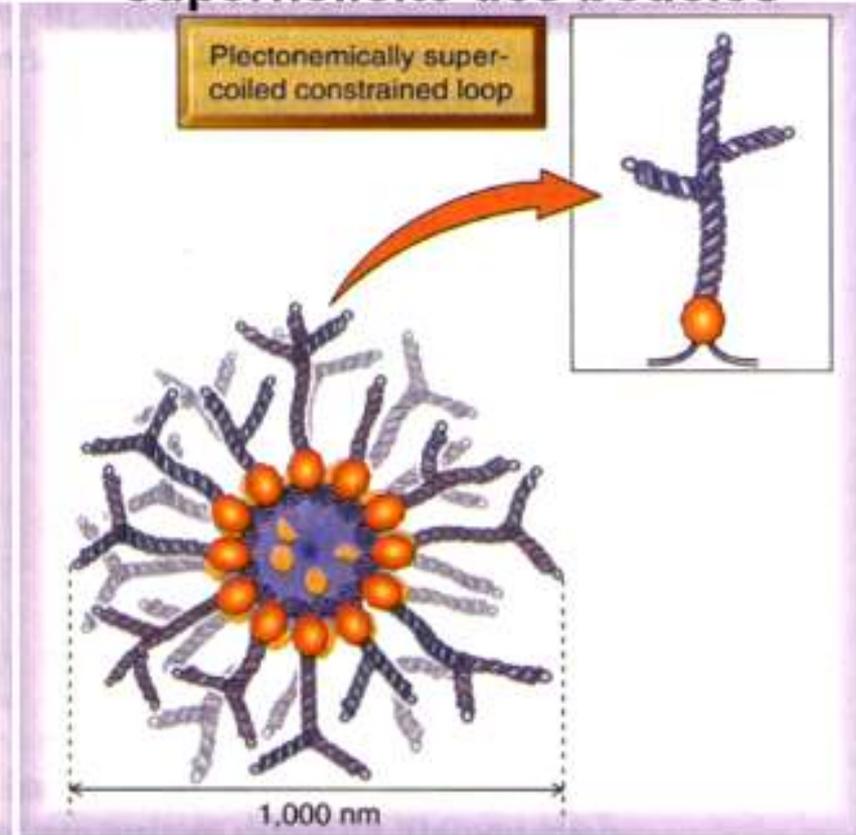


**Bactérie (E. coli)
après lyse ménagée**

domaines en boucle



superhélicité des boucles

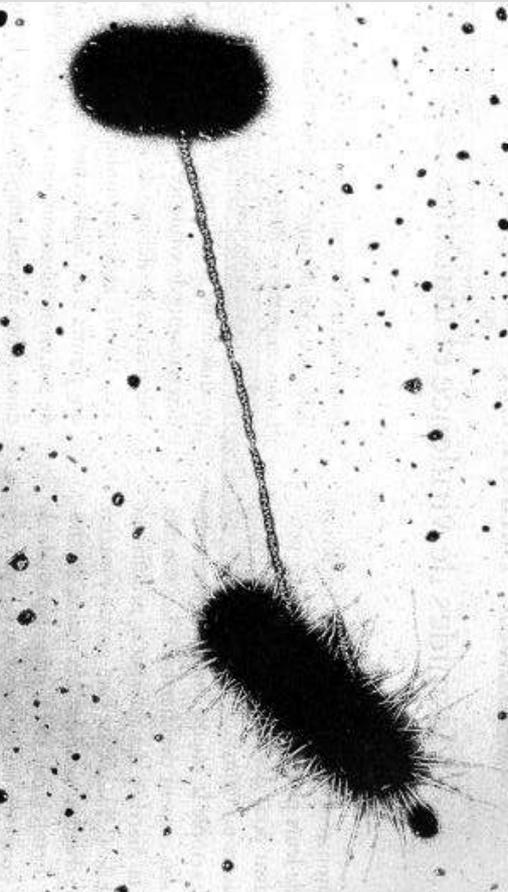


 Forces de maintien inconnues

Plektos : soudé

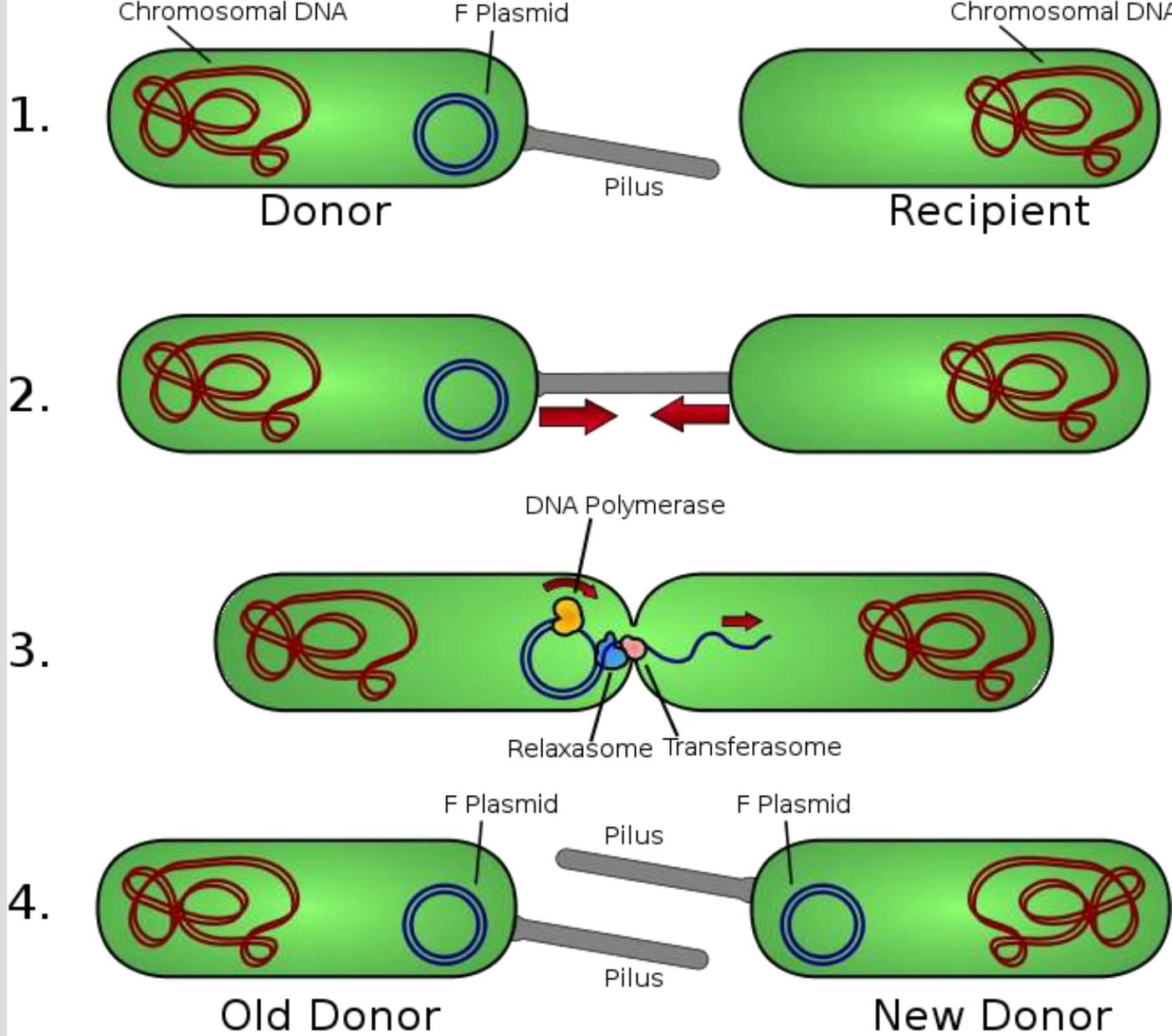
Condensation du chromosome bactérien

- 50 régions de 100 kb indépendamment surenroulées par chromosome
- Intervention des protéines de type histone (HU ; stabilisation) et SMC (condensation)

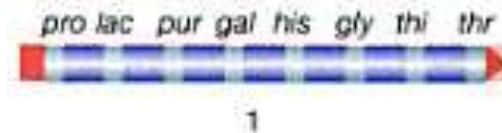
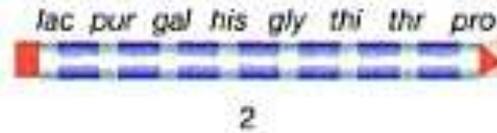


Conjugaison chez E. coli

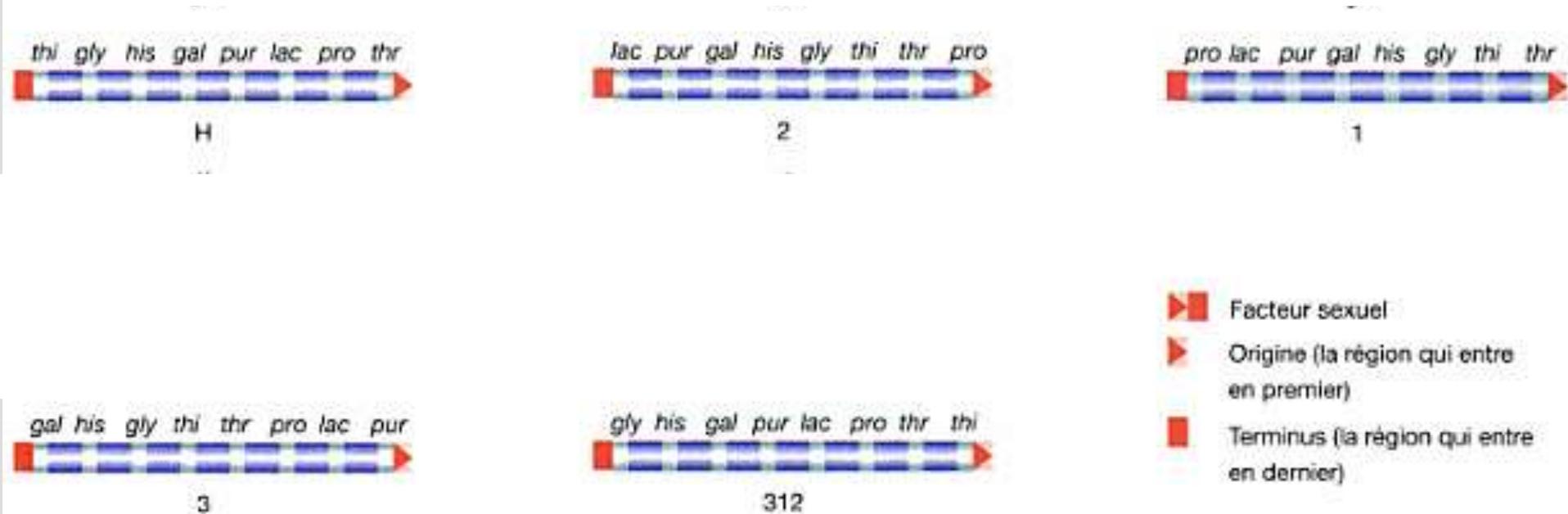
STRYER L. « Biochimie »
M-S Flammarion



La conjugaison bactérienne

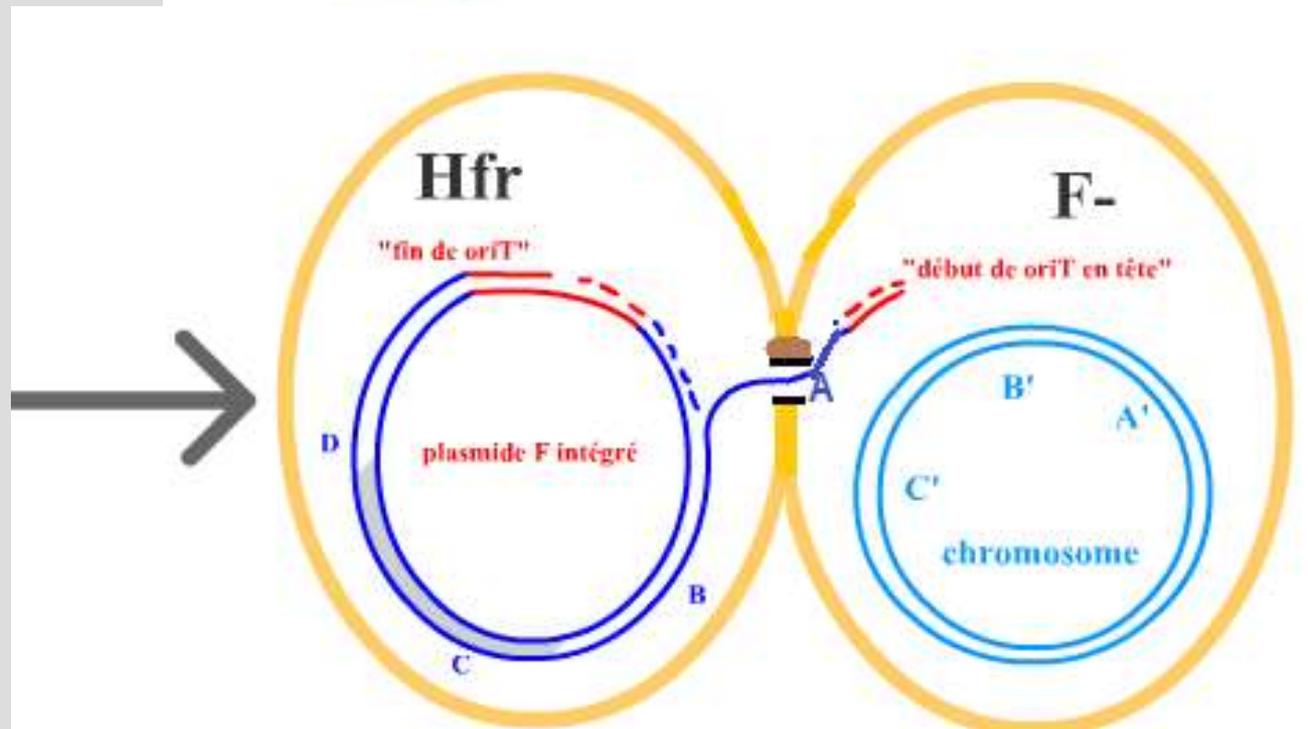
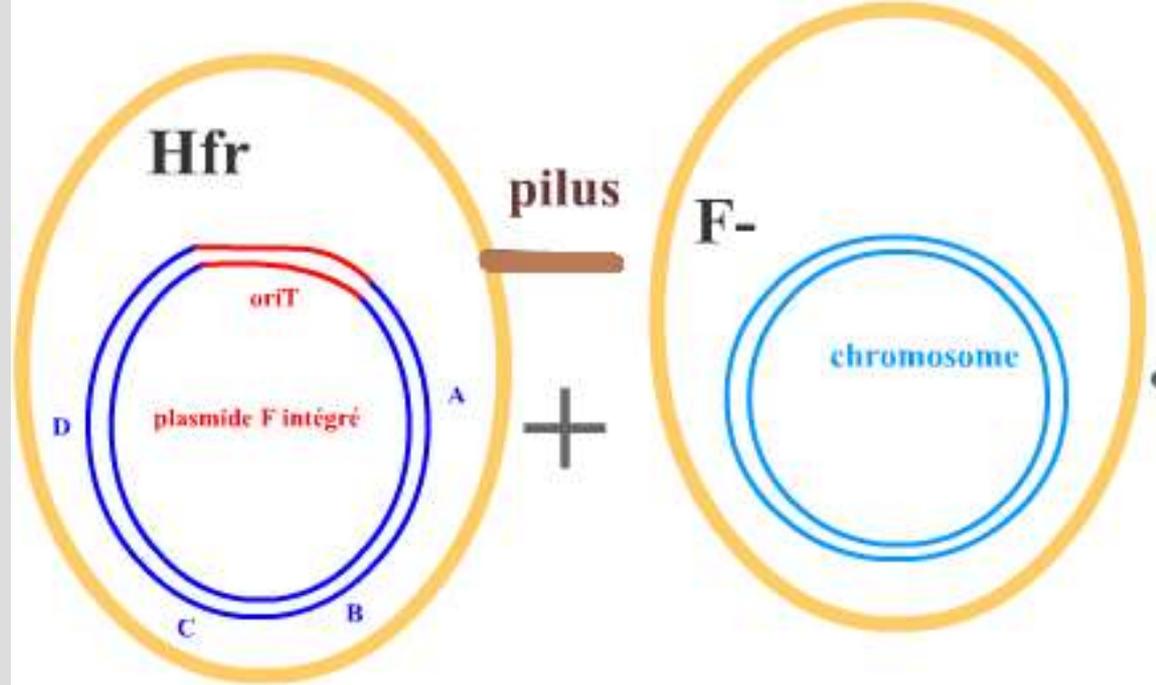


Démonstration de la circularité du chromosome bactérien par F. Jacob et E. Wollman



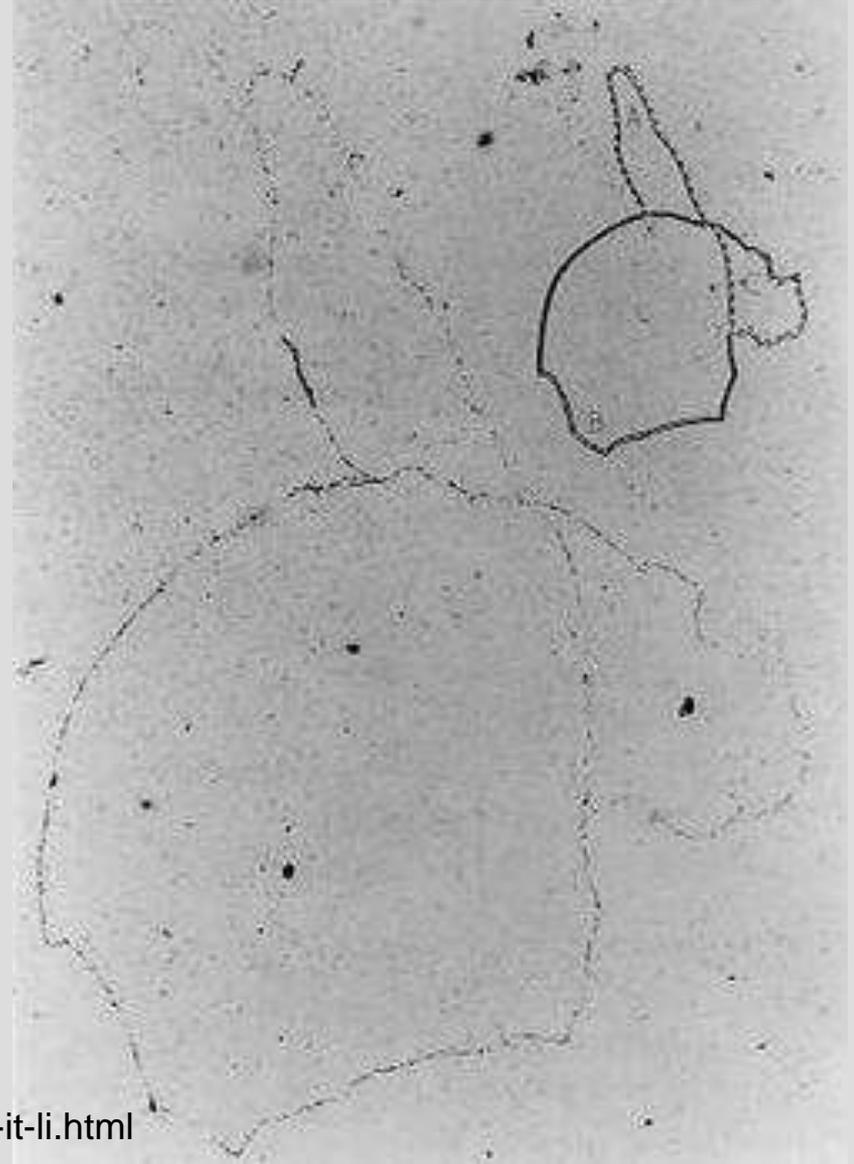
Résultats de conjugaison de bactéries Hfr obtenus par F. Jacob et E. Wollman

La conjugaison chez les bactéries Hfr

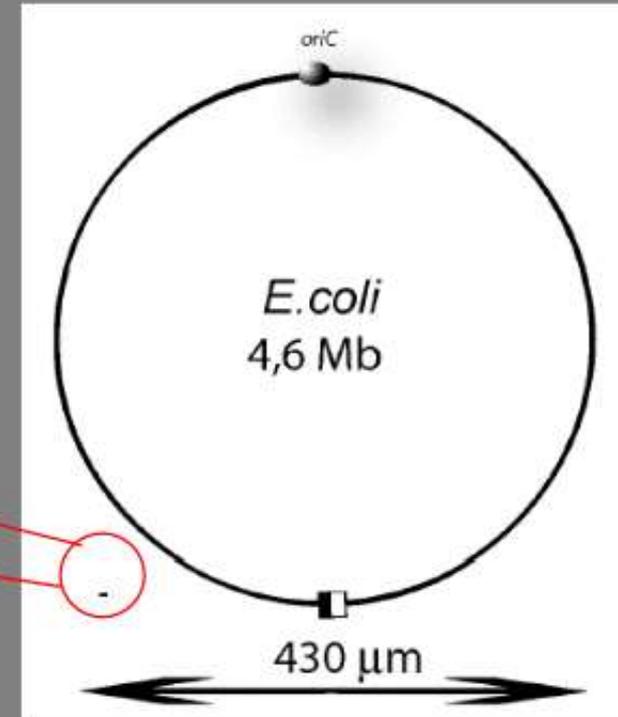
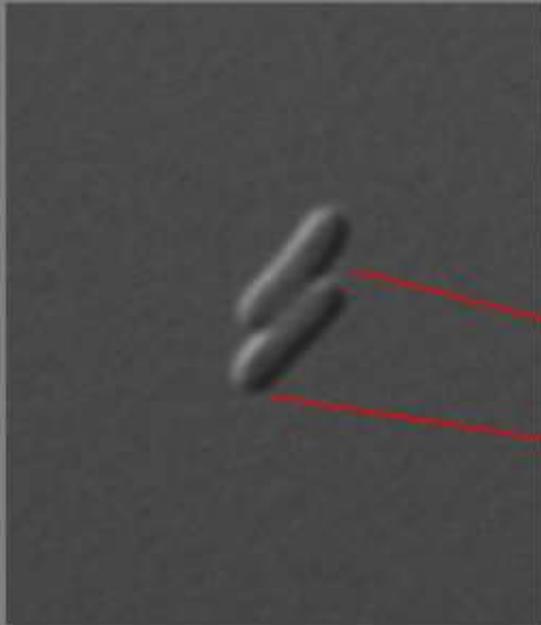


Document 6. Preuve de la circularité du chromosome bactérien par J. Cairns

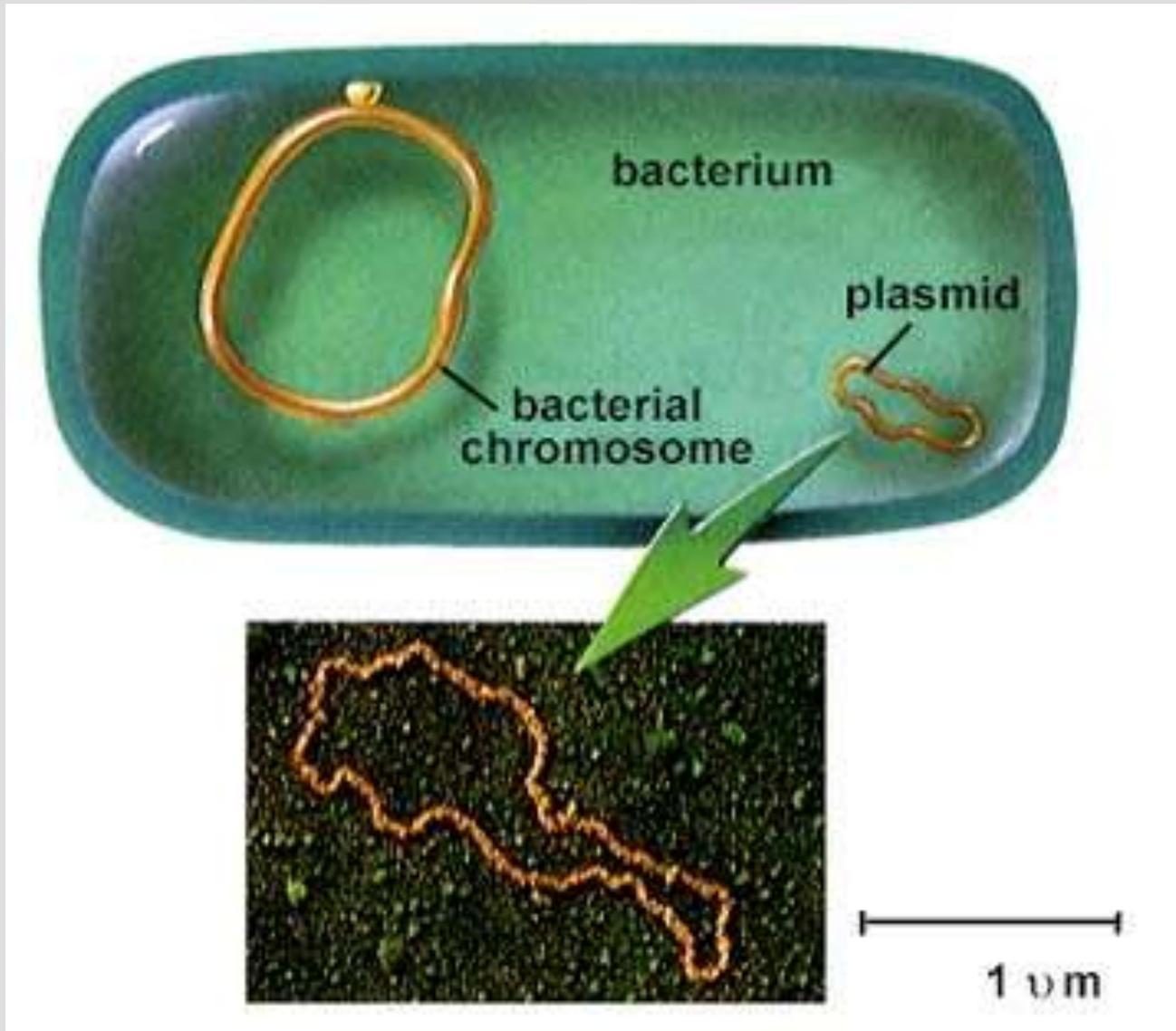
Etude par autoradiographie (après incubation avec de la thymidine tritiée) de la réplication du chromosome d'E. coli. (en haut à droite, schéma interprétatif).

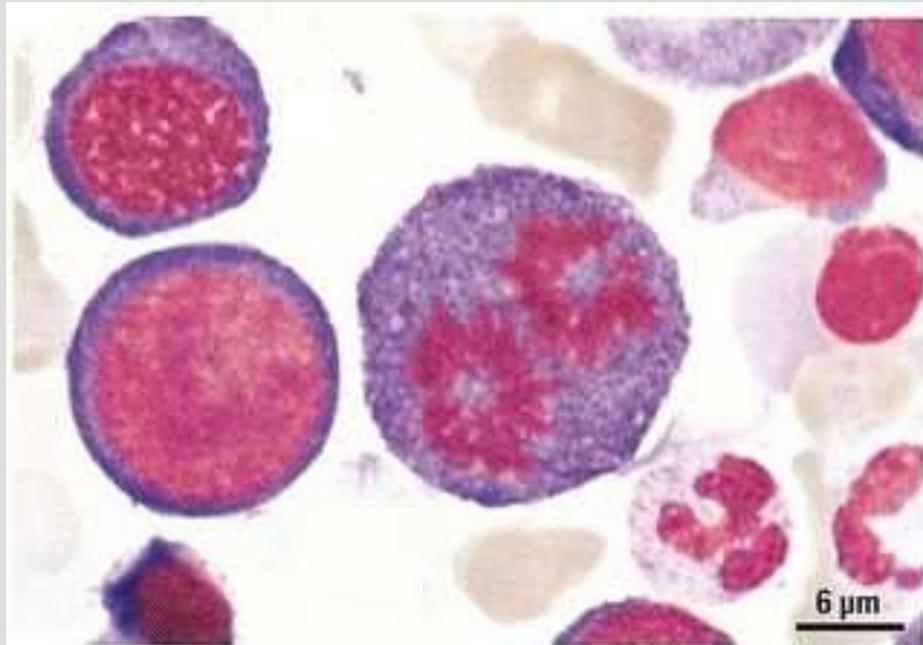


Organisation et dynamique du chromosome *Escherichia coli*



Les plasmides, des petites molécules d'ADN circulaire



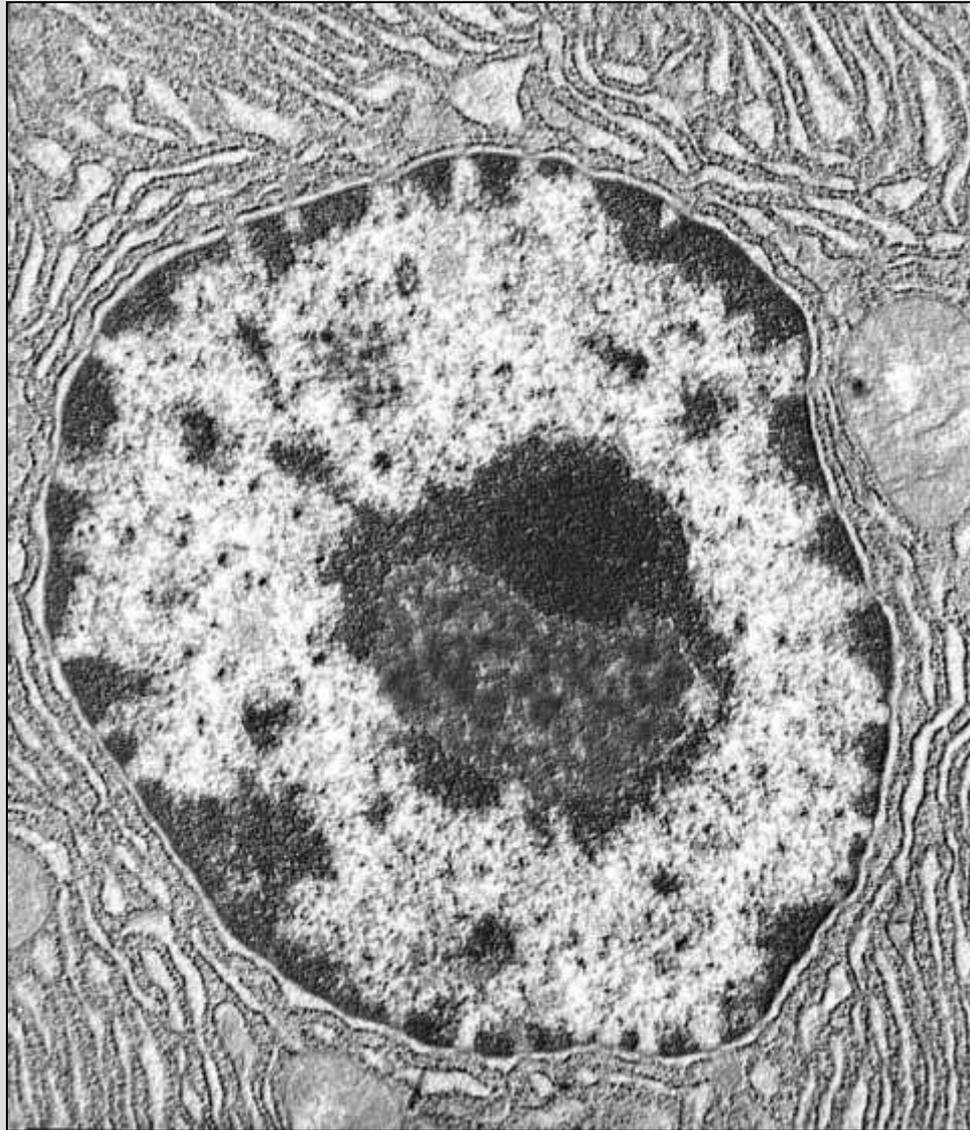


Cellules sanguines humaines colorées par la méthode de Feulgen.



Cellules de racine de jacinthe colorées par la méthode de Feulgen.

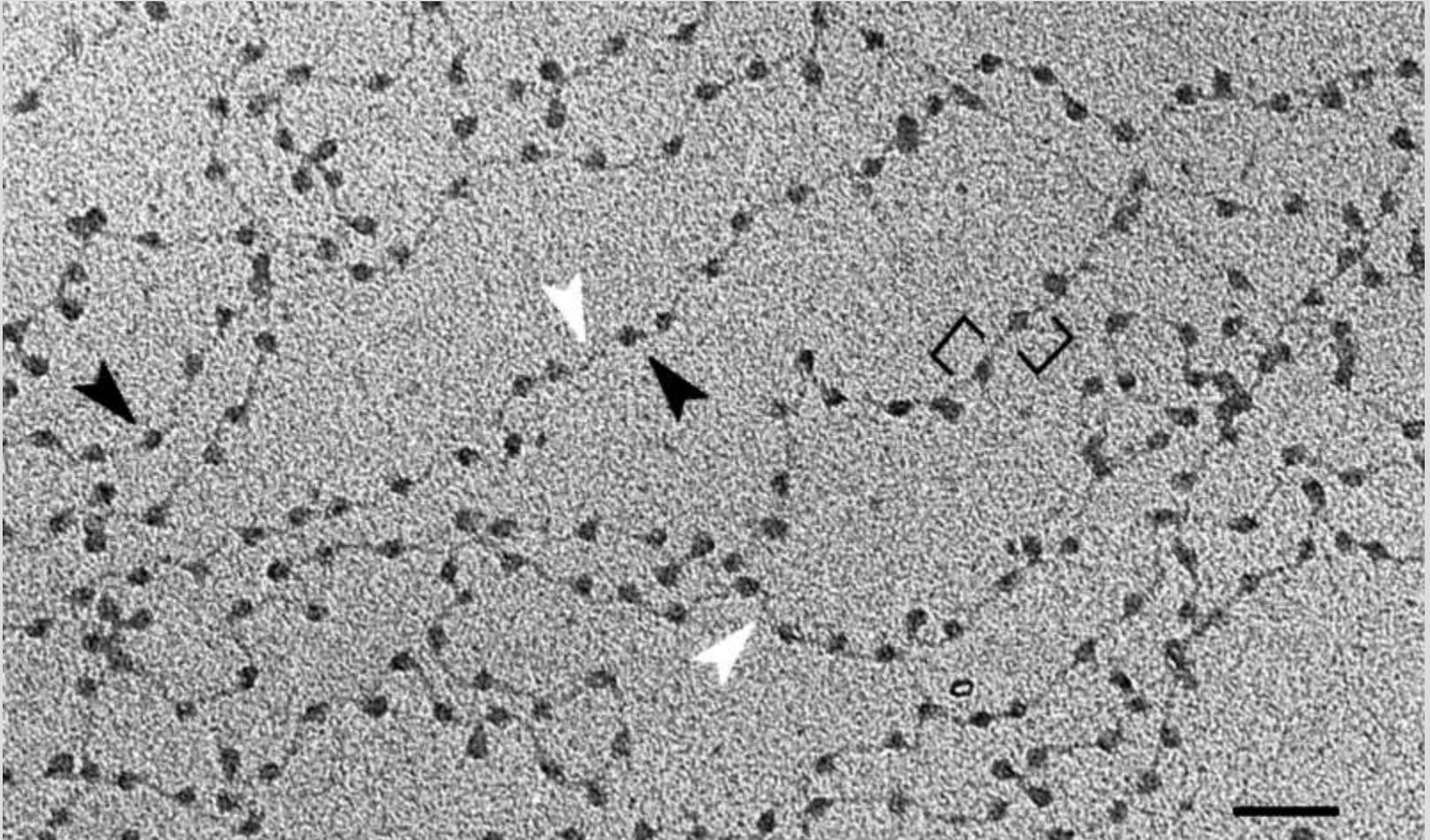
Coloration de Feulgen spécifique de l'ADN



Document 7. Noyau d'une cellule à l'interphase du cycle cellulaire.

(<http://academics.hamilton.edu/biology/kbart/image/nucleus.jpg>)

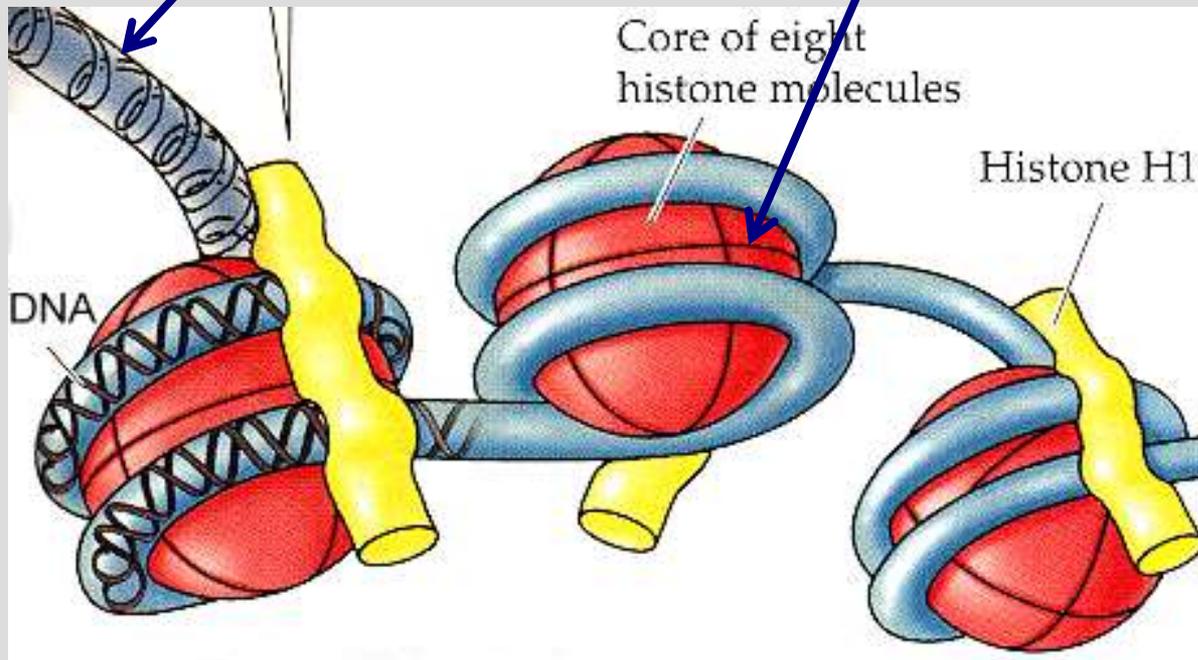
Le nucléofilament : une structure en collier de perles



Nucléofilaments de chromatine décondensée d'érythrocytes de poulet observée au MET. L'enchaînement des particules de cœur (pointes noires) séparées par les ADN de liaison (pointes blanches) a valu à cette structure son surnom de « collier de perles ». Échelle : 50 nm

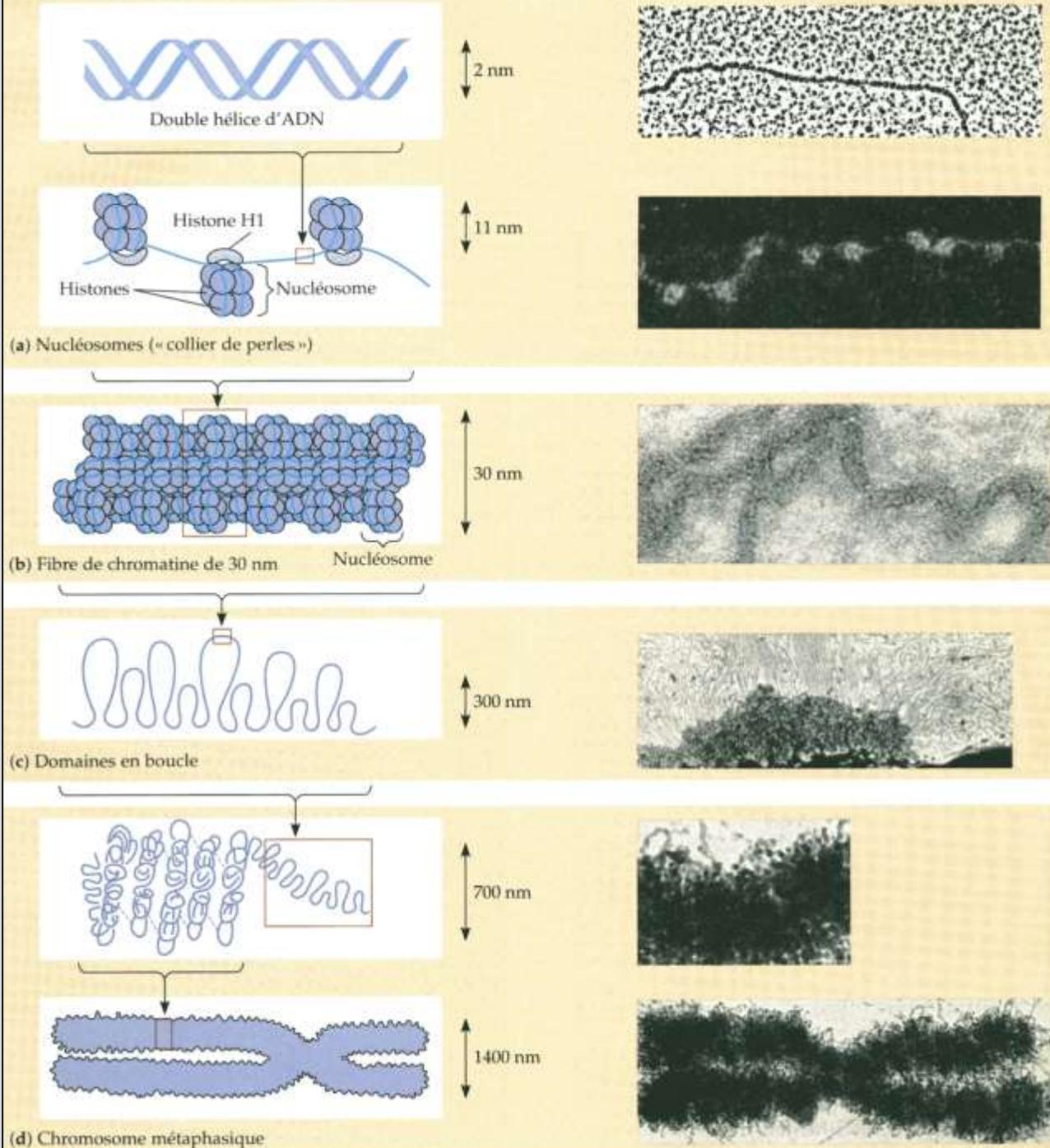
Chromatine = ADN + protéines

- histones
- non histones :
 - protéines régulatrices,
 - enzymes

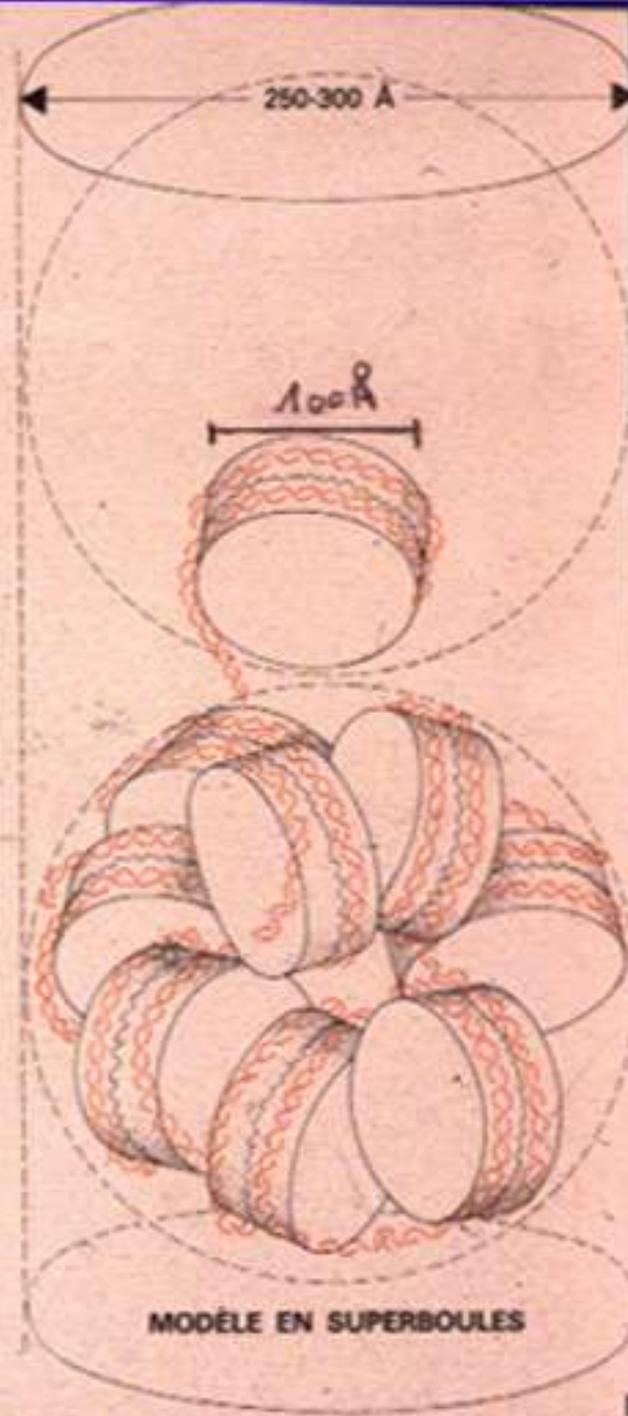
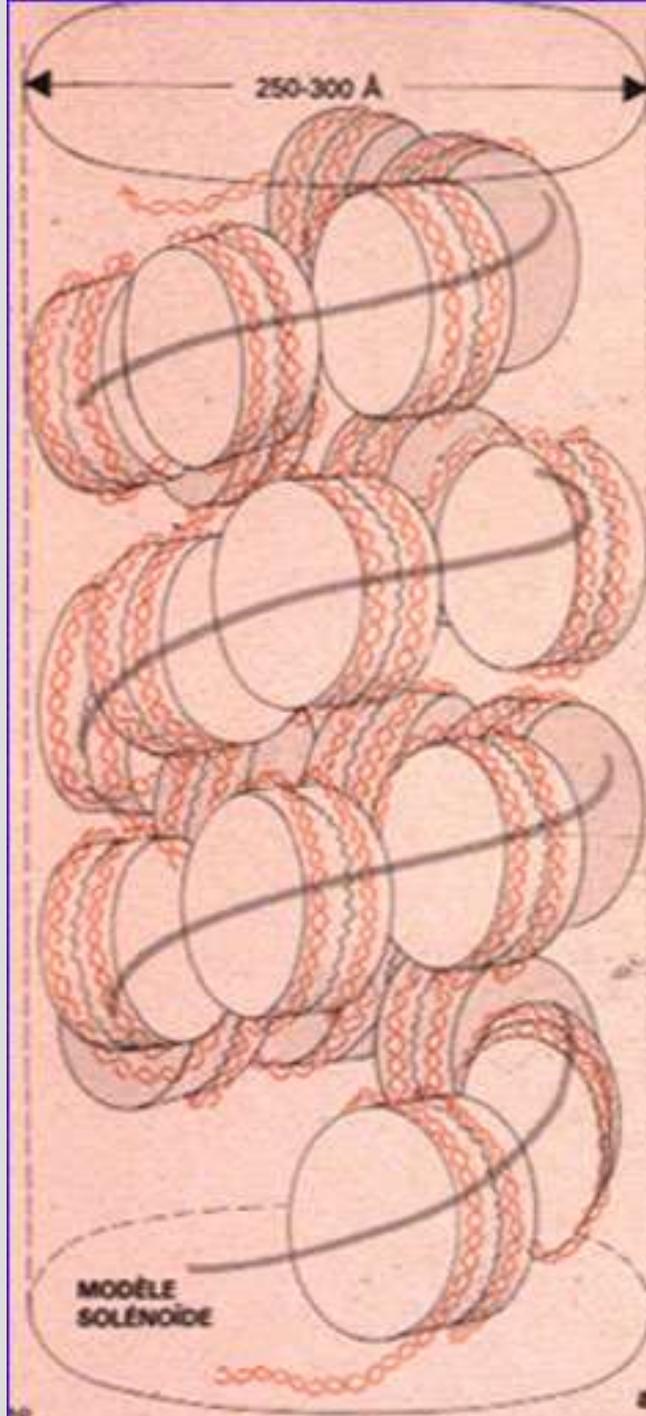


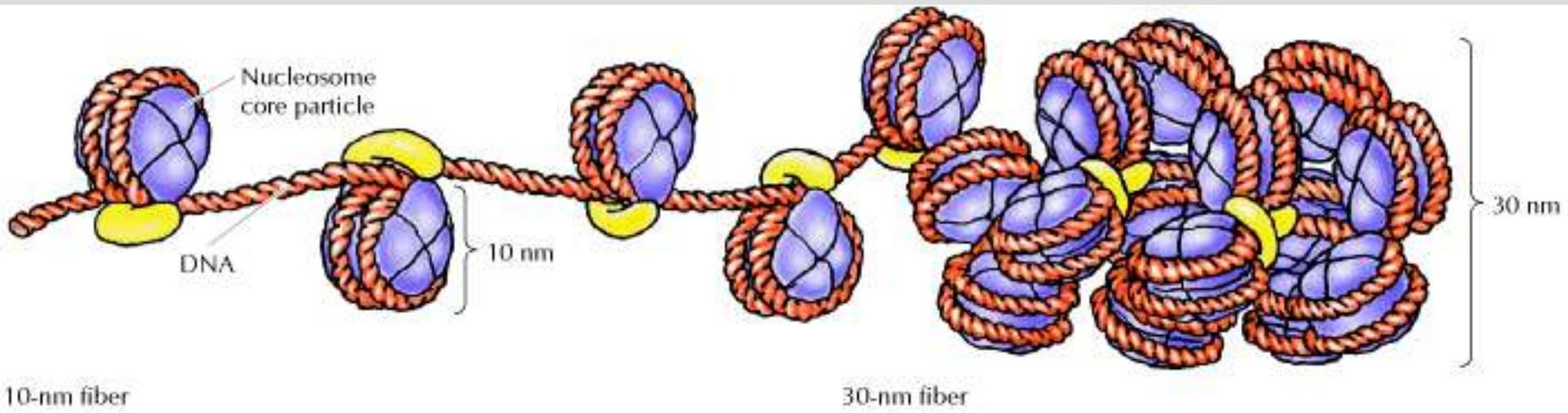
Document 8. Les différents niveaux de condensation de la chromatine (images en MET).

(CAMPBELL N., " Biologie ", ERPI Ed., 1995).



**Les deux
modèles
d'organisation
de la fibre de
30 nm**

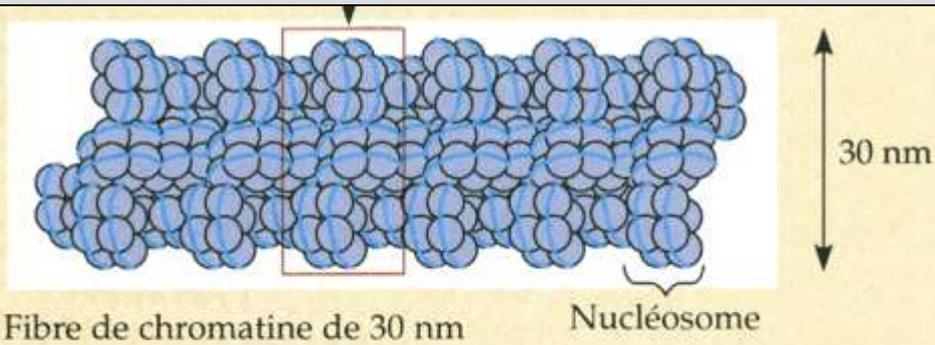




Modèle moléculaire montrant le rôle des histones H1

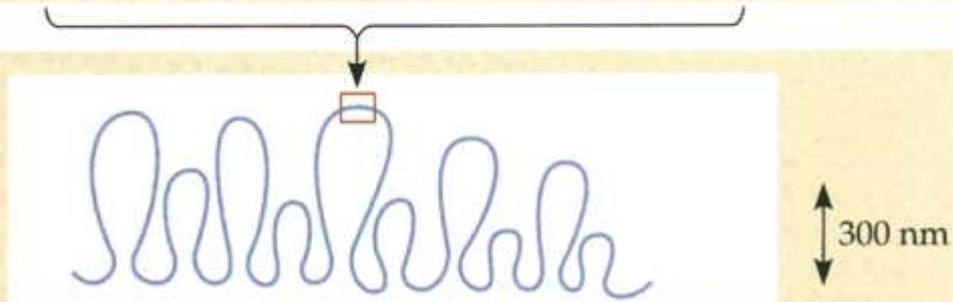
Document 8. Les différents niveaux de condensation de la chromatine (images en MET).

(CAMPBELL N., " Biologie ", ERPI Ed., 1995).



(b) Fibre de chromatine de 30 nm

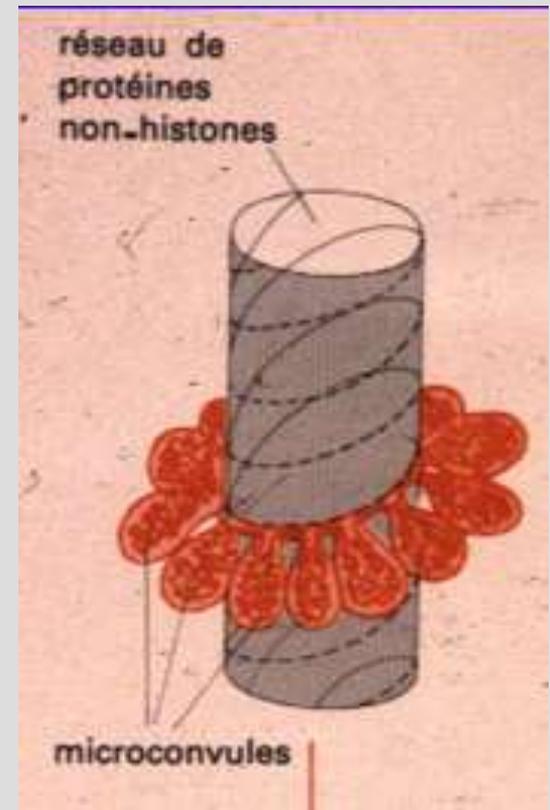
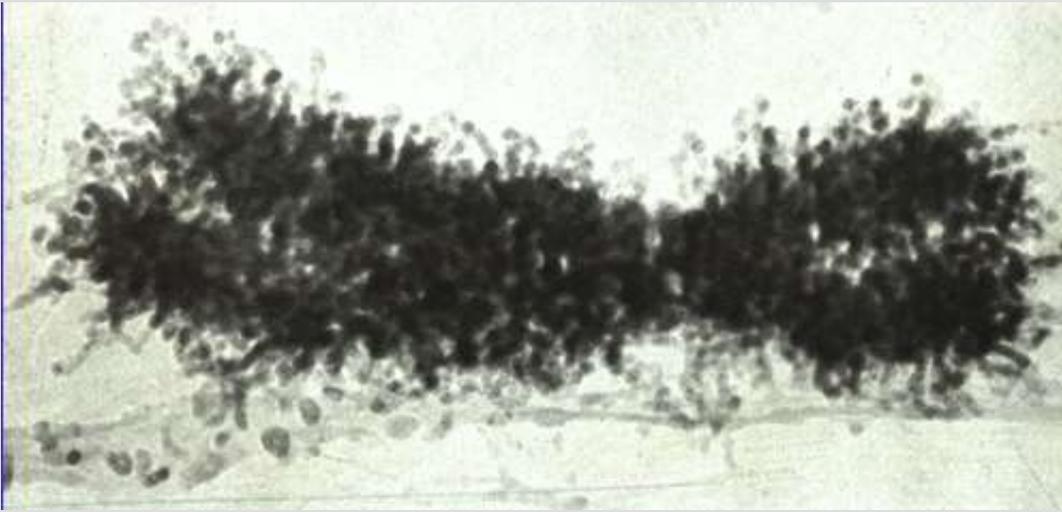
Nucléosome



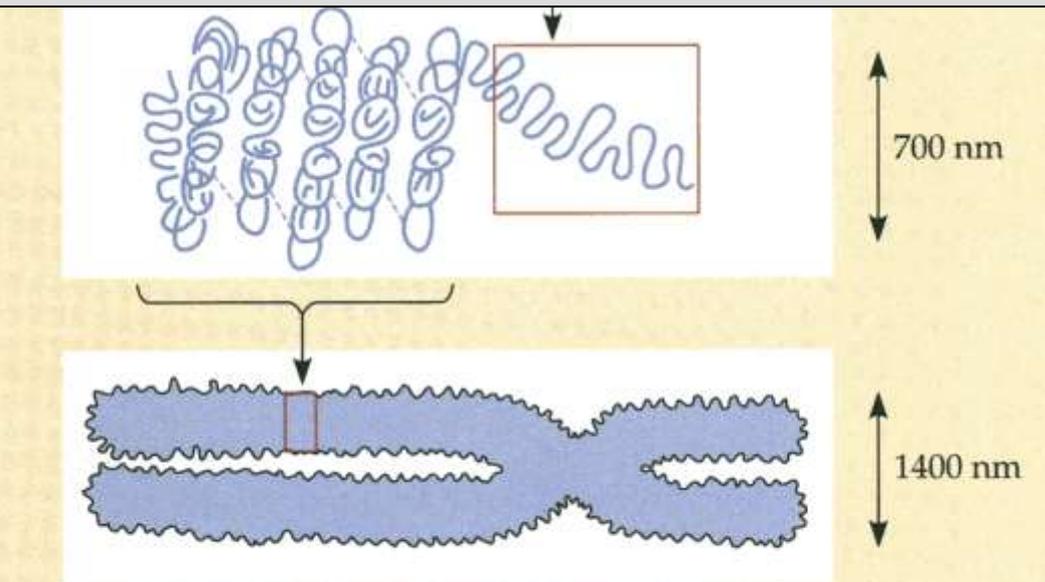
(c) Domaines en boucle

300 nm

Le chromosome métaphasique, niveau de condensation maximale



http://medidacte.timone.univ-mrs.fr/Learnnet/webcours/genetique/structure_chromo/CHAP2.HTM

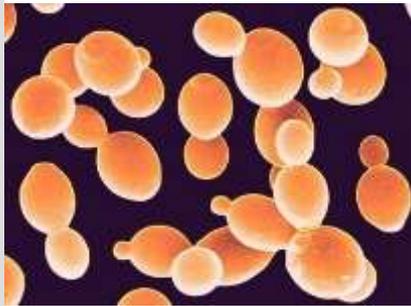


(d) Chromosome métaphasique

La surface du chromosome est couverte de formations ovoïdes ou allongées de 50 nm de diamètre : les microconvules. Elles sont attachées à un réseau de protéines non histone.

Fraction codante et non-codante des génomes

4289 gènes



S. cerevisiae, la « levure de boulanger », champignon unicellulaire, 1^{er} eucaryote dont le génome a été entièrement séquencé (1996) (longueur 5-8 µm).



C. elegans, nématode du sol, organisme modèle en biologie moléculaire (longueur 1 mm).

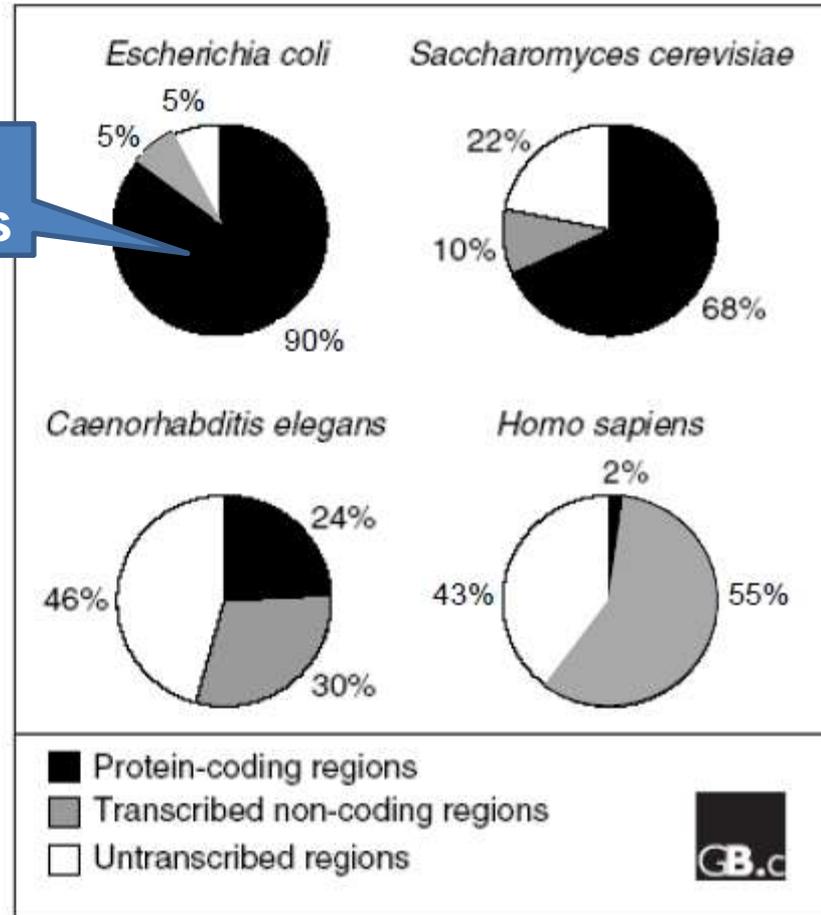
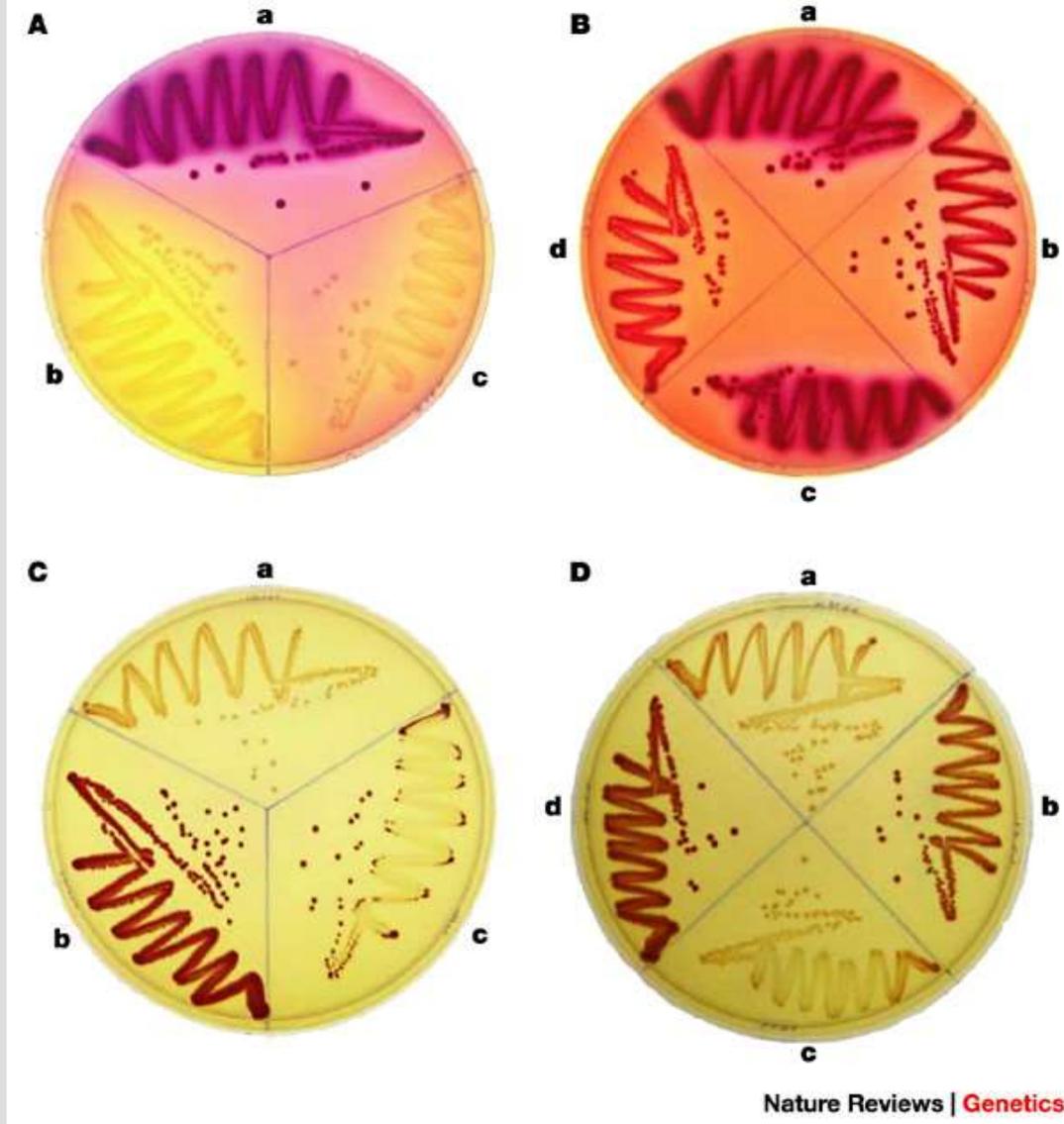
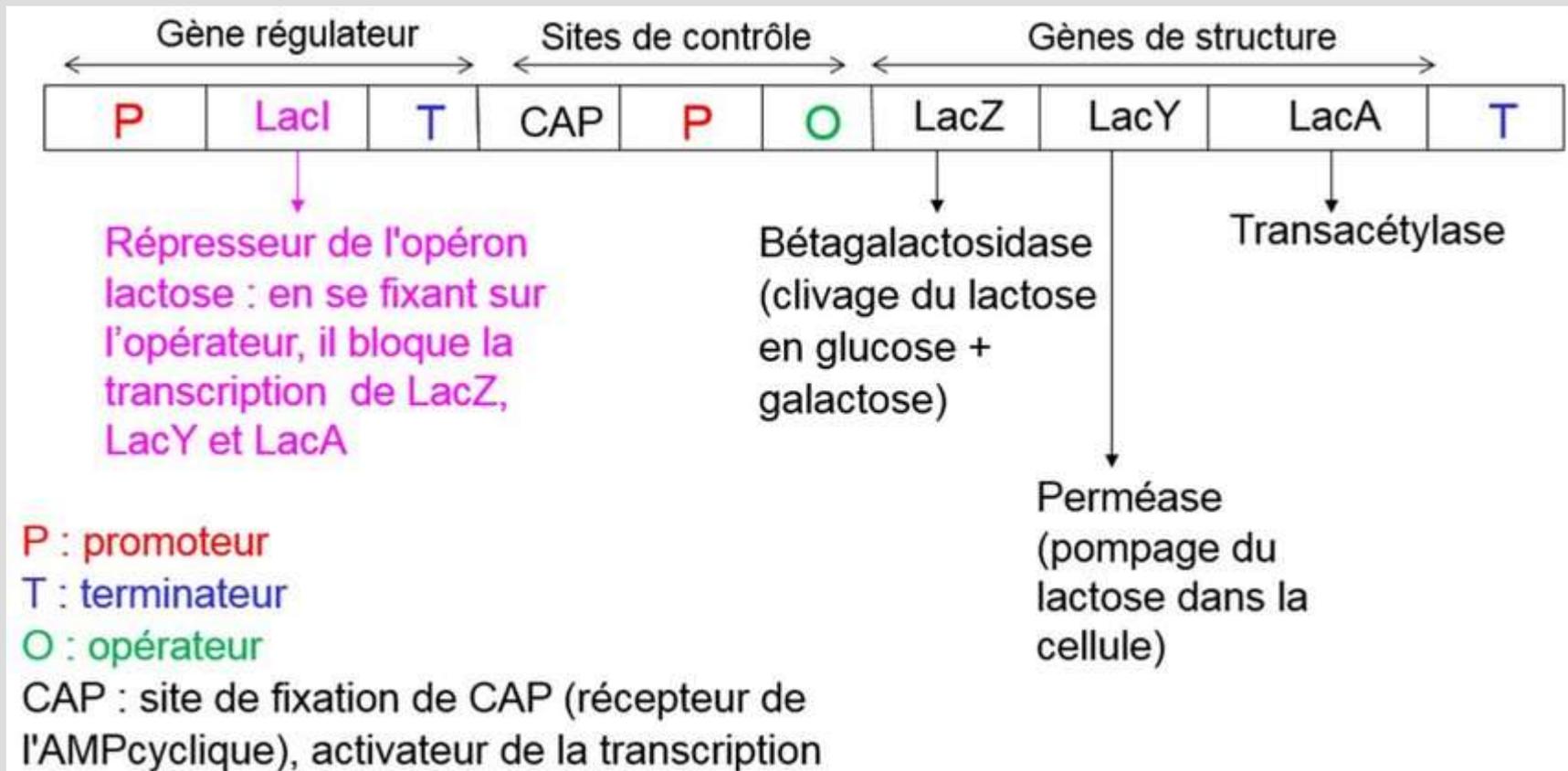


Figure 1
 Ratios of the protein-coding, non-coding, and untranscribed sequences in bacterial, yeast, nematode and mammalian genomes. Estimations of the transcribed and protein-coding parts of genomes are based on the sequence length of annotated genes [3, 12, 13, 73]. Estimation of the transcribed portion of the human genome is based on the sequence length occupied by the annotated genes on chromosomes 6, 7, 14, 20, and 22 [5].



**Souches sauvage (a) et mutantes (b, c, d)
mises en culture sur différents milieux**

Document 9. Organisation de l'**opéron lactose** d'E. coli.

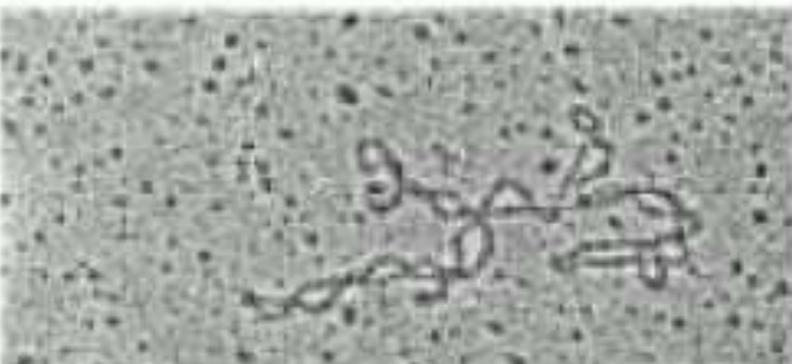


(A)



1 μm

(B)



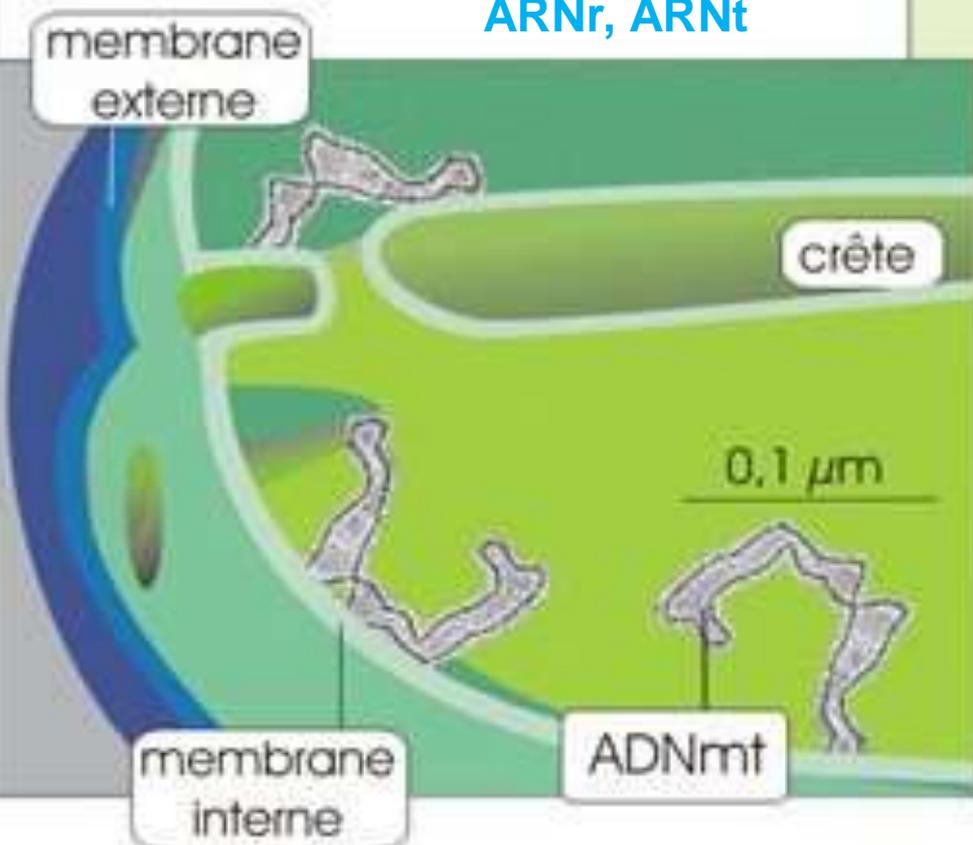
ADN mitochondrial, MET.
a. Forme décondensée
b. Forme superenroulée

L'ADN mitochondrial humain

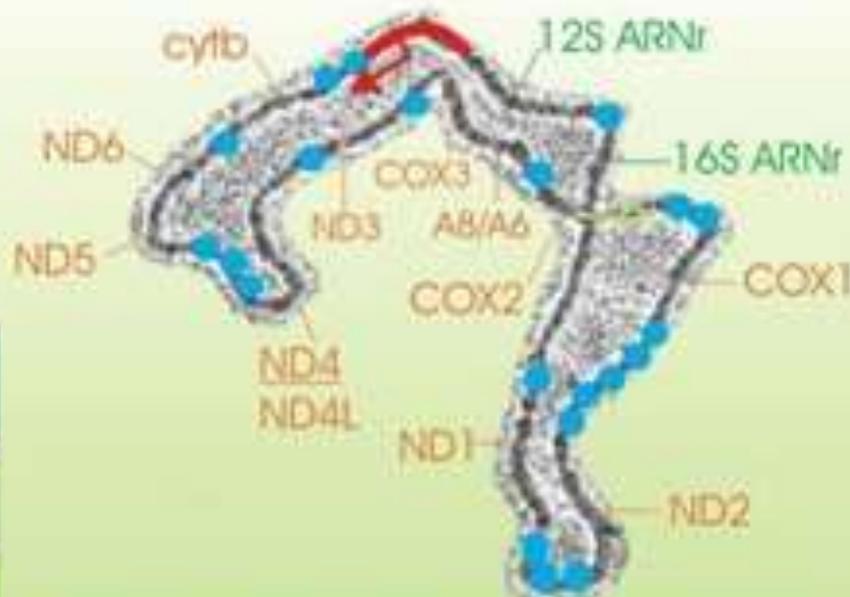
ADN mitochondrial circulaire et les gènes qu'il portent

13 gènes codant des protéines (/900)
24 gènes codant ARNr, ARNt

Taille : 16 569 pb



ADN mitochondrial humain 16 569 pb

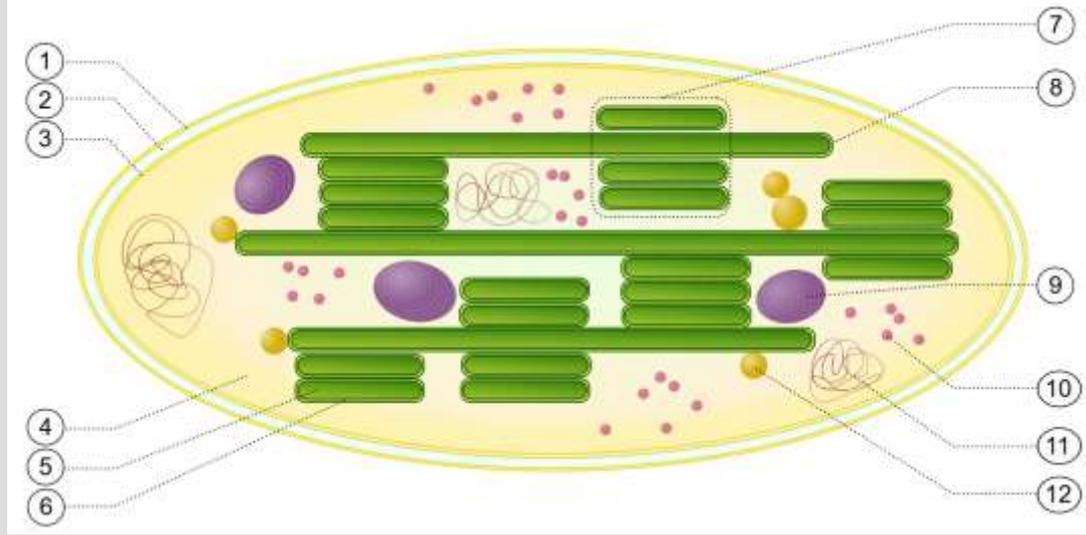
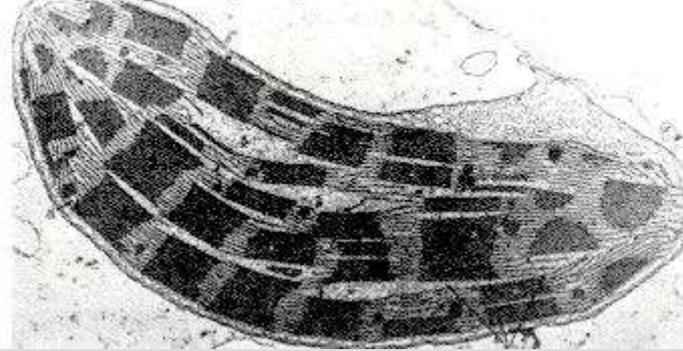


ND + cytb = sous unités du complexe III
COX = sous unités du complexe IV
AB/A6 = sous unités du complexe V
● = ARN de transfert
12S ARNr = sous unité du ribosome
— = ADN non codant

Génome mitochondrial

Groupes d'Eucaryotes	Taille du génome mitochondrial (kb)	Gènes codant des protéines	Gènes codant des ARN
Champignons	19 – 100	8 – 14	10 - 28
Protistes	6 – 100	3 – 62	2 - 29
Plantes	186 – 366	27 – 34	21 - 30
Animaux	16 - 17	13	4 -24

Le génome mitochondrial comprend des gènes codant des protéines, des ARNr, des ARNt.

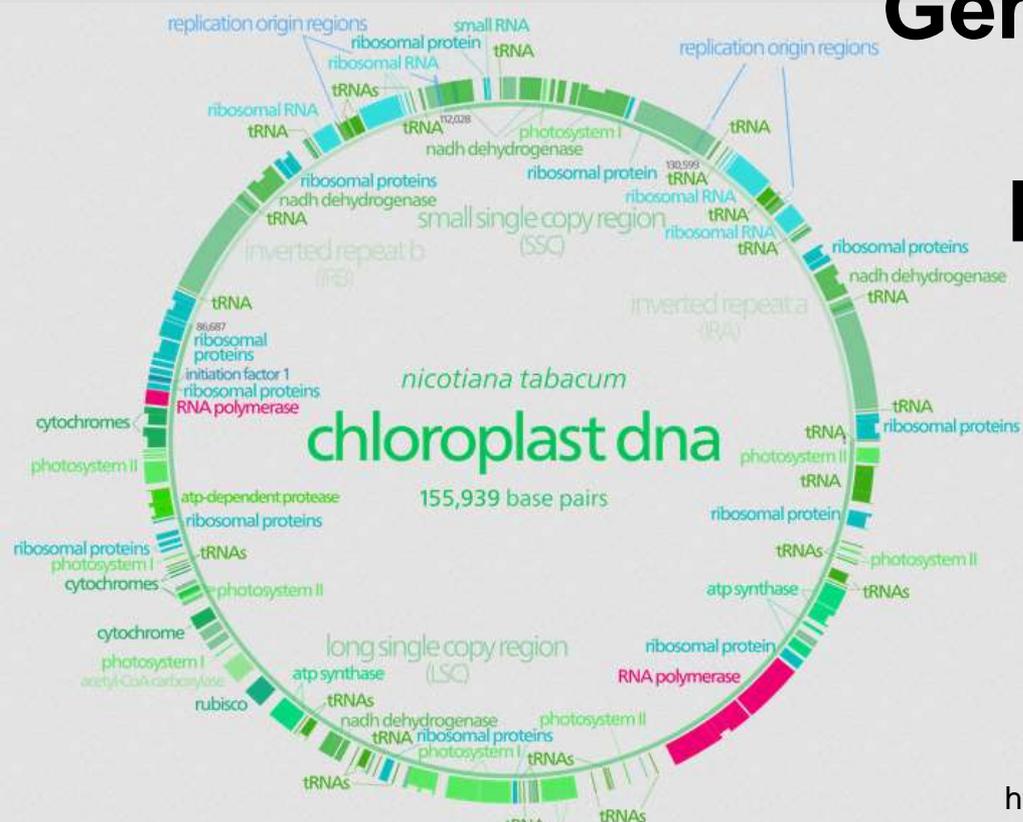


<https://fr.wikipedia.org/wiki/Chloroplaste#/media/Fichier:Chloroplast.svg>
 Par SuperManu — own work based on Chloroplaste-schema.gif, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2923179>

Génome chloroplastique

120 – 170 kb

Environ 120 gènes



<https://en.wikipedia.org/wiki/File:CtDNA.svg>

Génomomes mitochondrial et chloroplastique

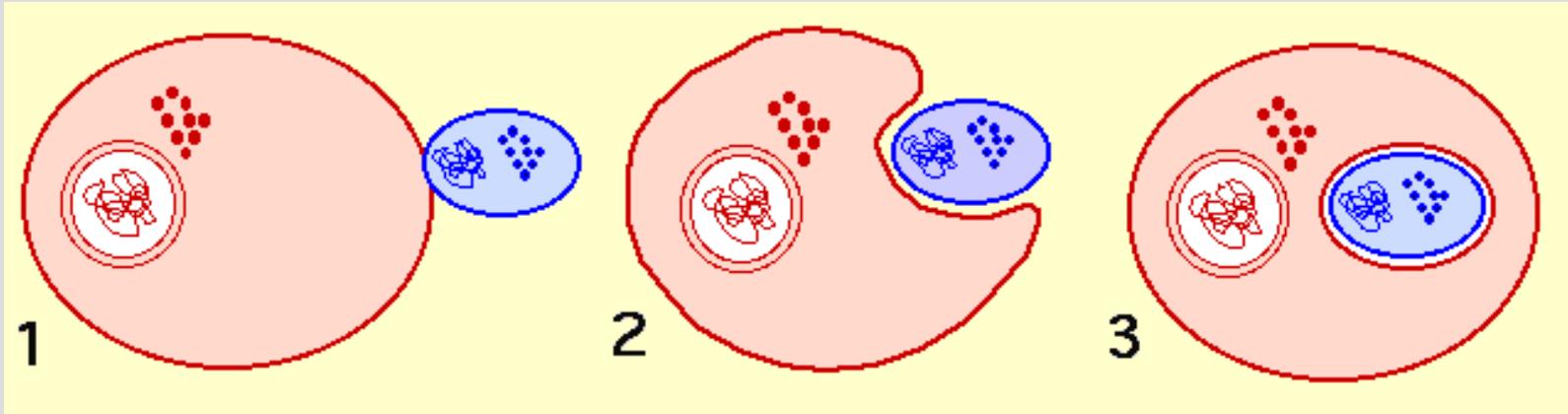
Groupes d'Eucaryotes	Taille du génome mitochondrial (kb)	Gènes codant des protéines	Gènes codant des ARN
Champignons	19 – 100	8 – 14	10 - 28
Protistes	6 – 100	3 – 62	2 - 29
Plantes	186 – 366	27 – 34	21 - 30
Animaux	16 - 17	13	4 -24

Le génome mitochondrial comprend des gènes codant des protéines, des ARNr, des ARNt.

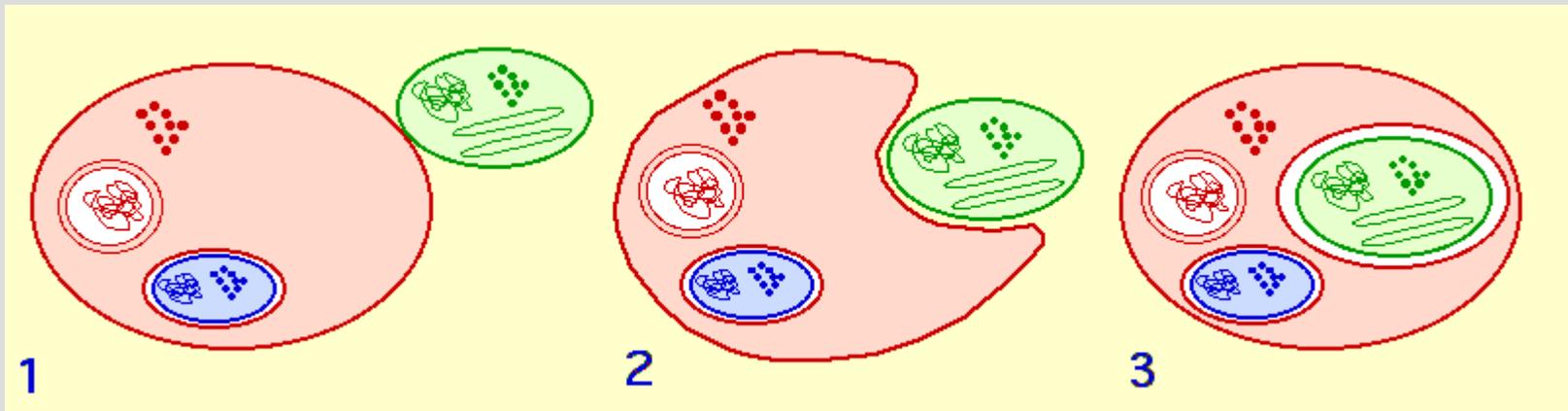
Taille du génome chloroplastique	Gènes codant des ARN	Gènes codant des protéines
70 à 200 kb	ARNr : 4	~ 60
	ARNt : 30 - 32	

Gènes codant du génome chloroplastique des plantes terrestres.

La théorie endosymbiotique



Absorption d'une bactérie par une cellule eucaryote primitive à l'origine des mitochondries



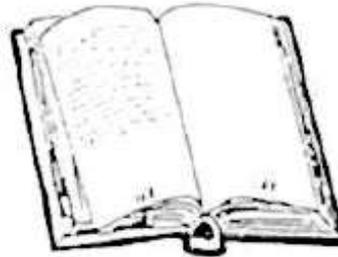
Absorption d'une bactérie photosynthétique par une cellule eucaryote à mitochondries à l'origine des chloroplastes

TAILLES COMPAREES DE QUELQUES GENOMES

virus : λ
5 x 10³ pdb
2 pages



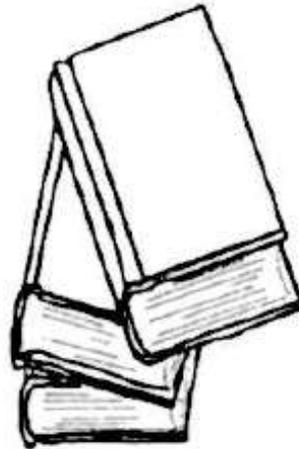
bactérie : *E. coli*
4,6 x 10⁹ pdb
168 pages



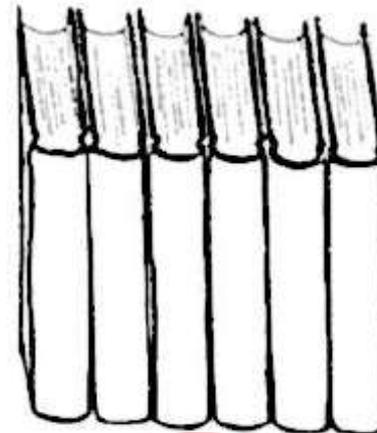
levure : *S. cerevisiae*
13 x 10⁶ pdb
600 pages



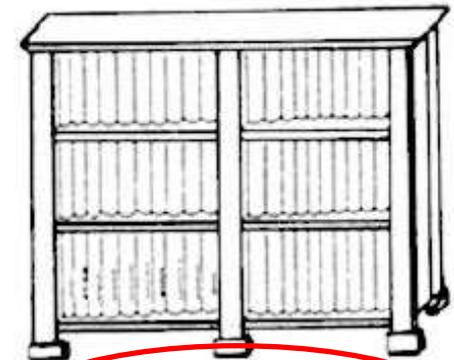
Ecrire la succession des bases d'un génome, à raison de 25 kb par page et de 1 500 pages par volume, donne les résultats suivants, de quelques pages à de très nombreux volumes



nématode : *C. elegans*
97 x 10⁶ pdb
3 volumes

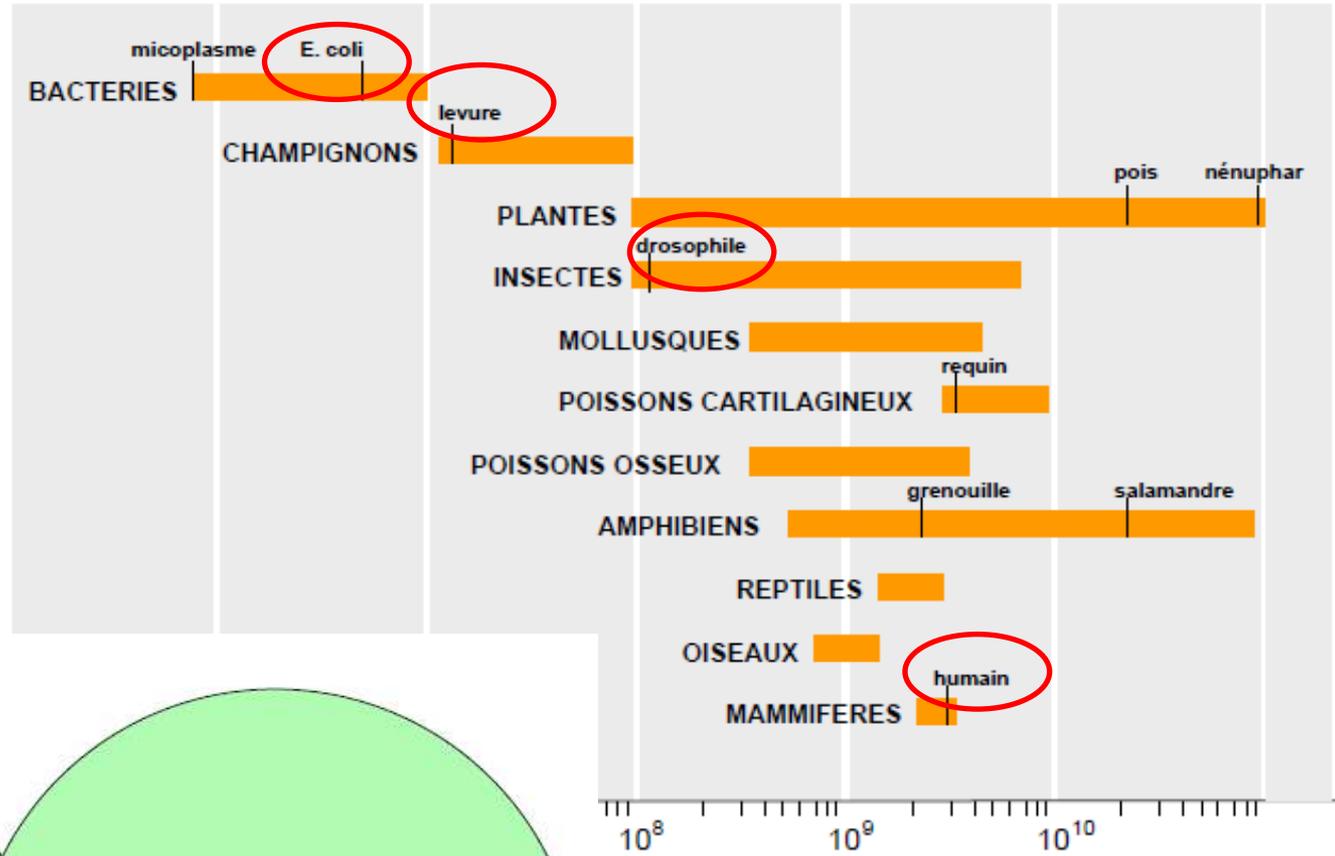


mouche : *D. melanogaster*
180 x 10⁶ pdb
6 volumes



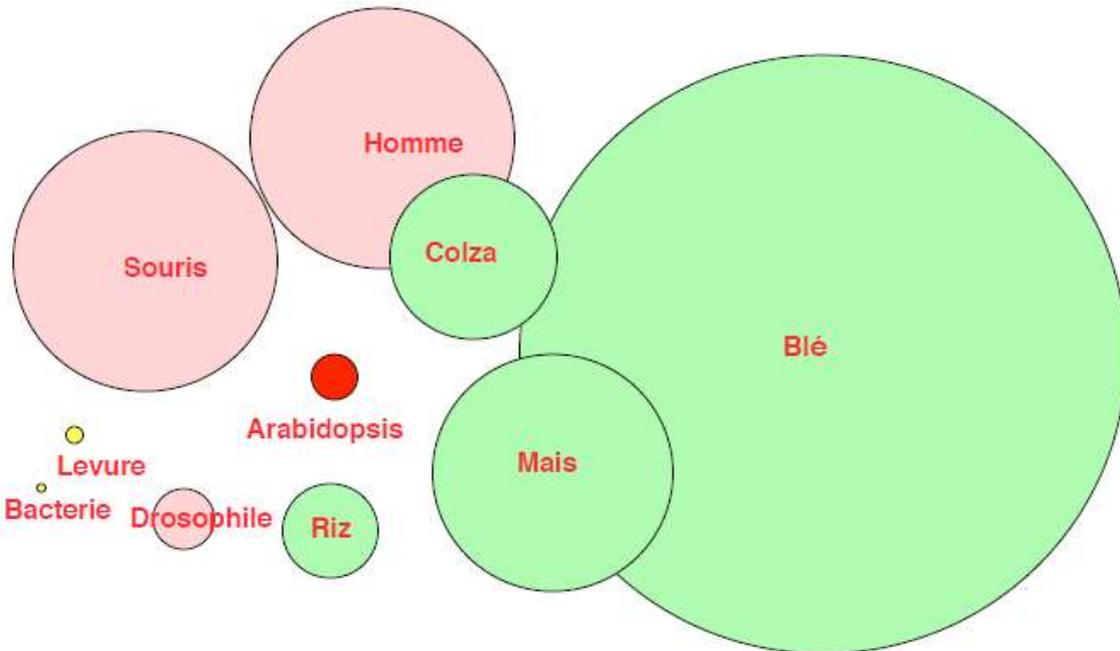
homme : *H. sapiens*, 3 300 x 10⁶ pdb
90 volumes
Maïs : *Z. mays*, 5000 Mb,
135 volumes

Taille des génomes



Document 10. Nombre de paires de bases par génome haploïde.

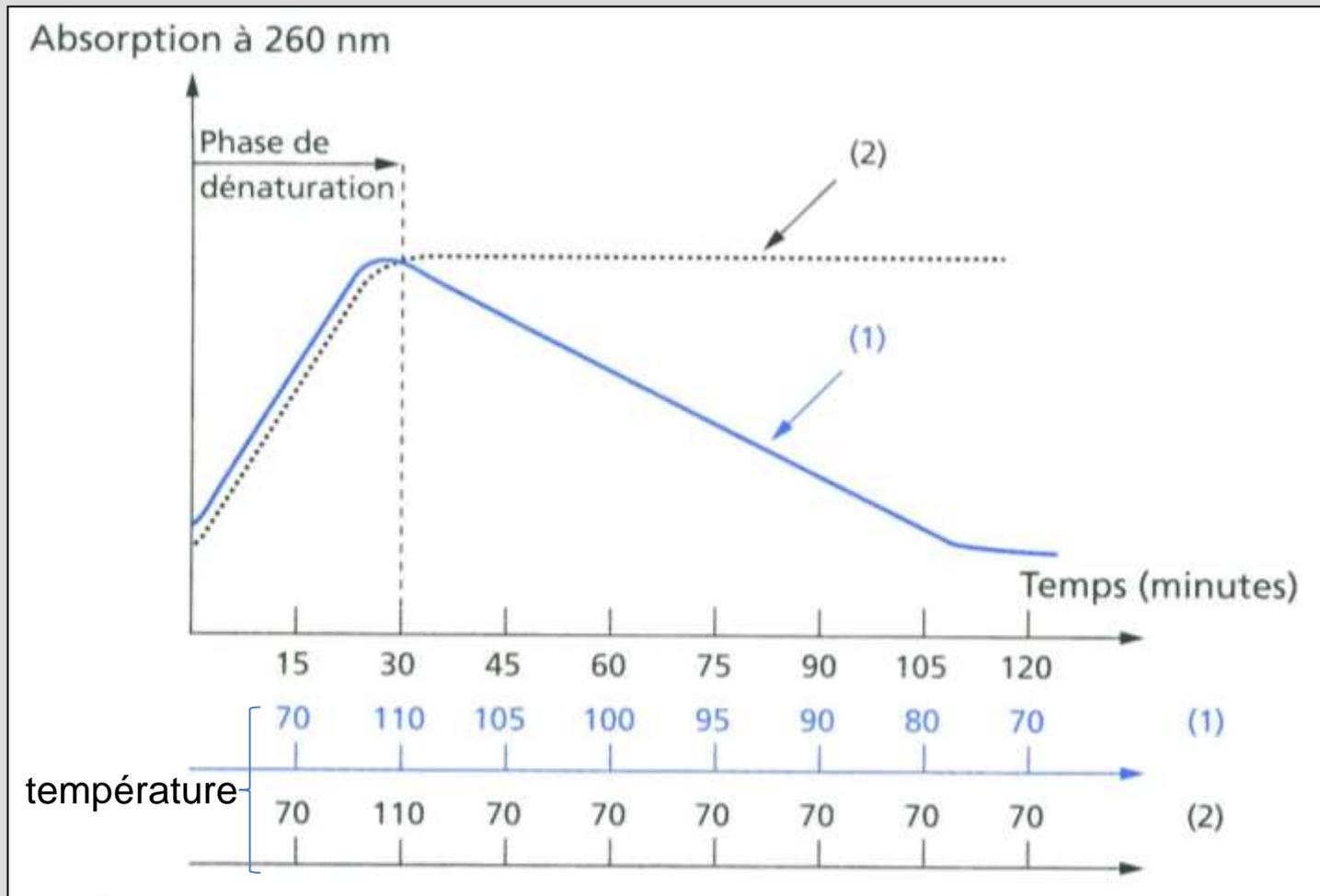
<http://rna.igmors.u-psud.fr/gautheret/cours/L2-ADN2.pdf>



Taille des génomes nucléaires.

http://biologie.univ-mrs.fr/upload/p210/cours_ge__769_nome_l.pdf

Suivi de la renaturation par absorption dans l'UV

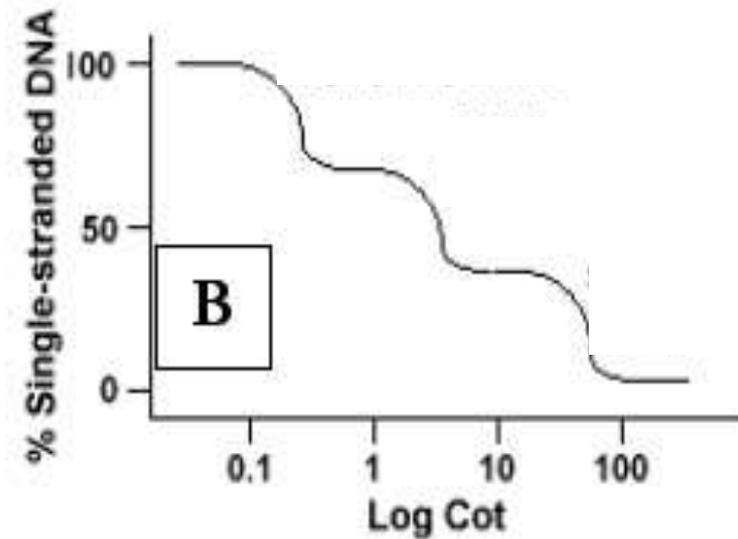
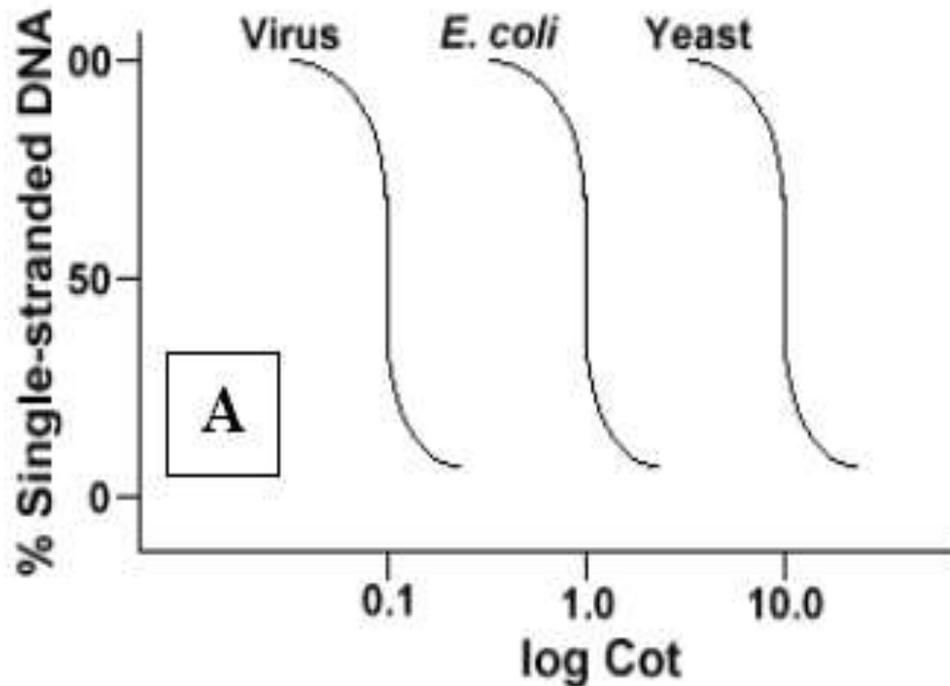


Dénaturation et renaturation thermique de fragments d'ADN.

1 – L'ADN dénaturé est refroidi lentement.

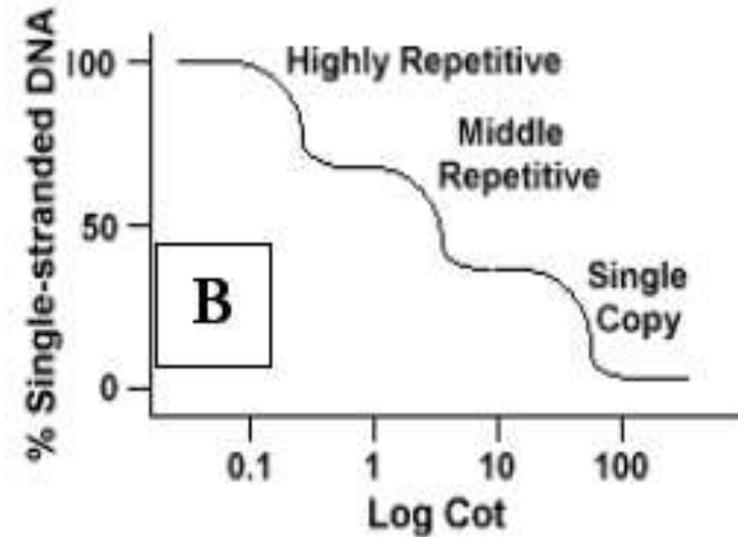
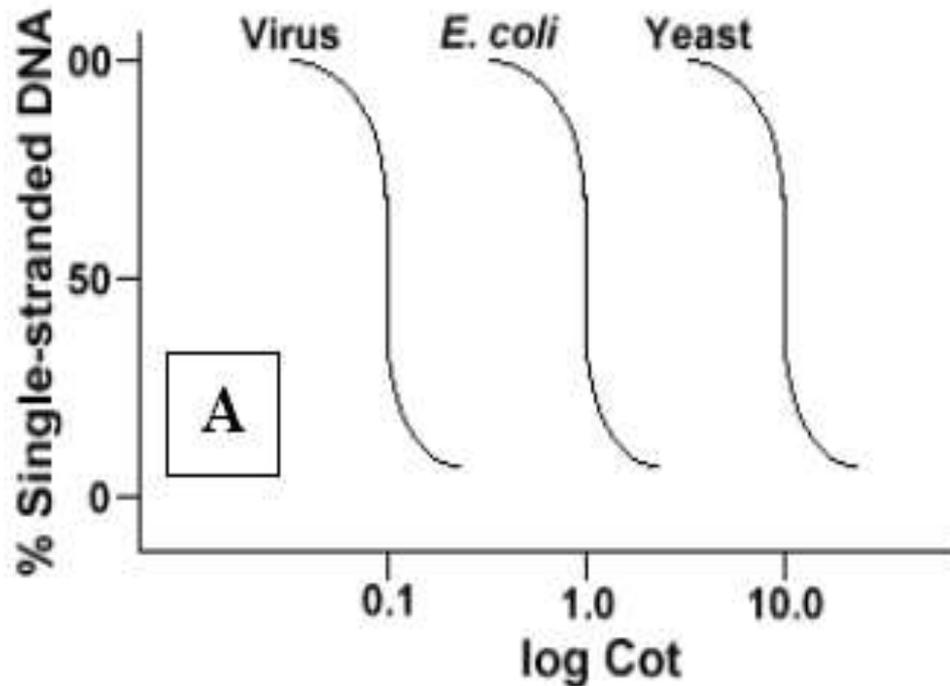
2 – L'ADN dénaturé est refroidi brutalement.

Document 11. Courbes de C_0t obtenues pour des virus et des unicellulaires (A) et des pluricellulaires (B).



Eucaryotes multicellulaires

Document 11. Courbes de C_0t obtenues pour des virus et des unicellulaires (A) et des pluricellulaires (B).



Eucaryotes multicellulaires

ADN hautement répété : séquences répétées en tandem « ADN satellite »

appartient à l'hétérochromatine : **non codant**

Ex : **ATTCG ATTCG ATTCG**

3 répétitions en tandem d'un motif de 5 nucléotides

- **Séquences microsatellites** (STR : short tandem repeat) motif de 2 – 10 pb répétés 10 à 100 fois
- **Séquences minisatellites** (VNTR : variable number tandem repeat) motif de 15 – 25 pb répétés 1000 à 2000 fois
- **Grands blocs d'ADN satellite :**
 - **Séquences CEN dans les régions des centromères** : motifs de 171 pb chez l'Homme, répétés sur des longueurs de 300 à 5000 kb, identiques sur tous les chromosomes
 - **Séquences TEL dans les régions des télomères** : protégeraient les chromosomes

ADN moyennement répété :

en grande majorité non codant

- Séquences capables de réplication autonome ou semi-autonome : « éléments génétiques mobiles »

45 % du génome humain

- ***Transposons***

Séquences d'ADN mobiles : « couper – coller »

- ***Rétrotransposons***

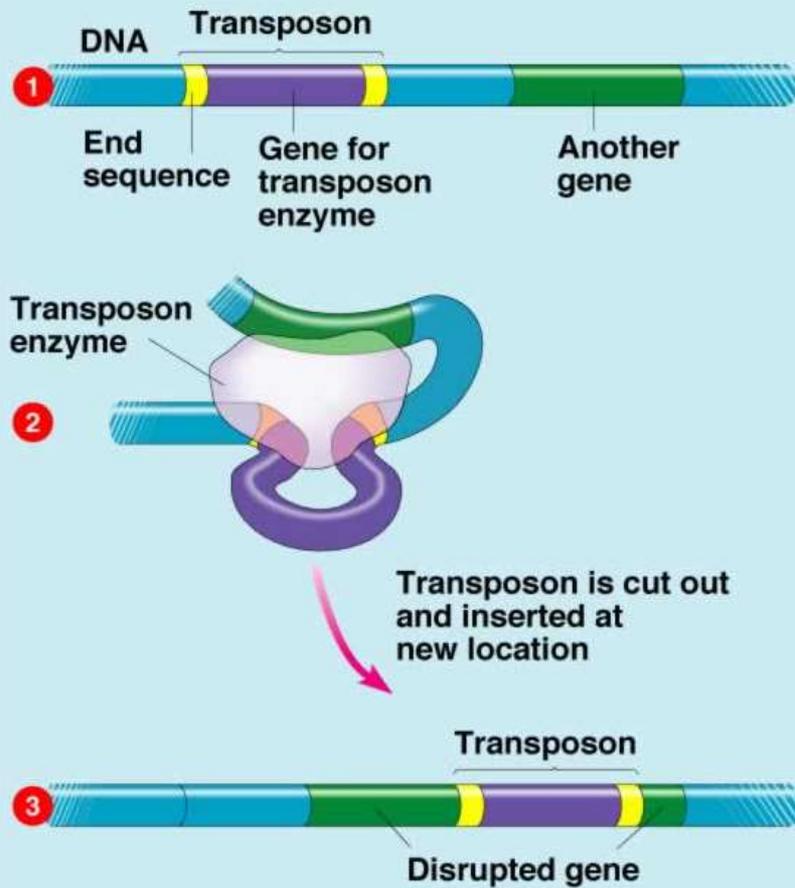
Séquences d'ADN mobiles : « copier – coller »

- **Séquences SINE** (Short Interspersed Nuclear Elements) ne codent pas leur rétrotranscriptase inverse
- **Séquences LINE** (Long Interspersed Nuclear Elements) codent elles-mêmes leur rétrotranscriptase inverse

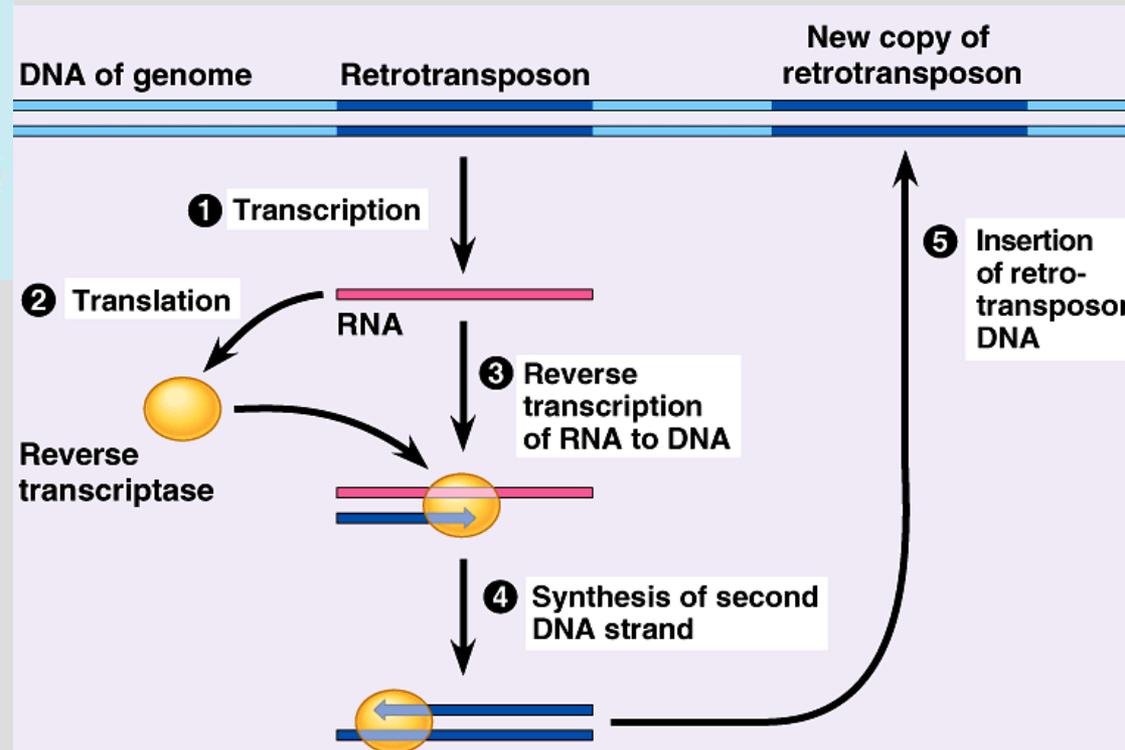
- Séquences codant pour de petits ARN : > 200 copies

- ARN45 S → ARNr 28S + 18S + 5,8S
- ARNt
- ARNr 5S
- ARN 7SL, autres petits ARN...

Transposition d'un transposon : mécanisme de « couper – coller »

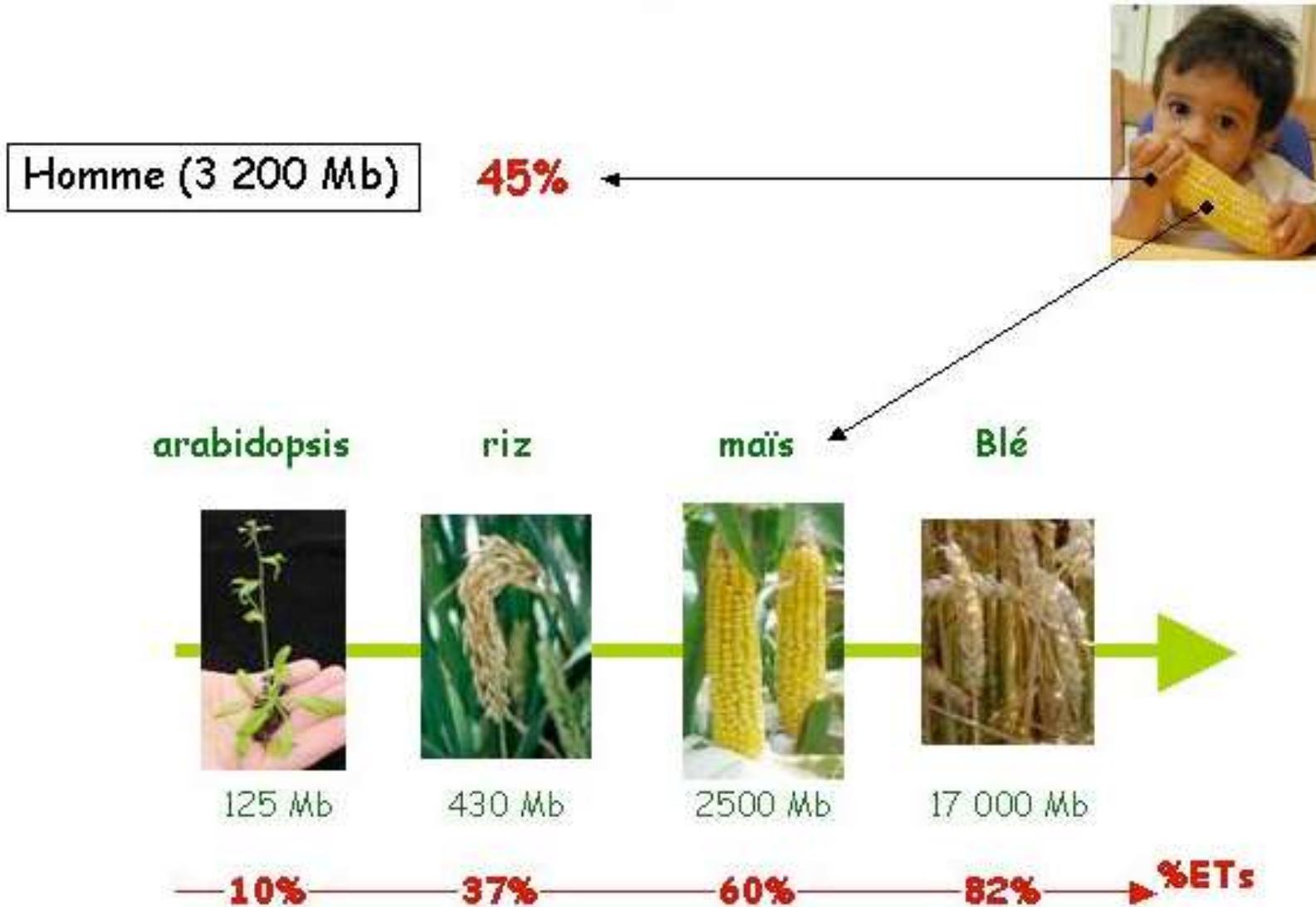


Transposition d'un rétrotransposon : mécanisme de « copier – coller »



<http://www.chrisdellavedova.com/2008/01/29/science-tuesday-one-cells-junk-is-another-cells-treasure/>

Les éléments génétiques mobiles, des composants majeurs de tous les génomes eucaryotes



ADN moyennement répété :

en grande majorité non codant

- Séquences capables de réplication autonome ou semi-autonome : « éléments génétiques mobiles »

45 % du génome humain

- ***Transposons***

Séquences d'ADN mobiles : « couper – coller »

- ***Rétrotransposons***

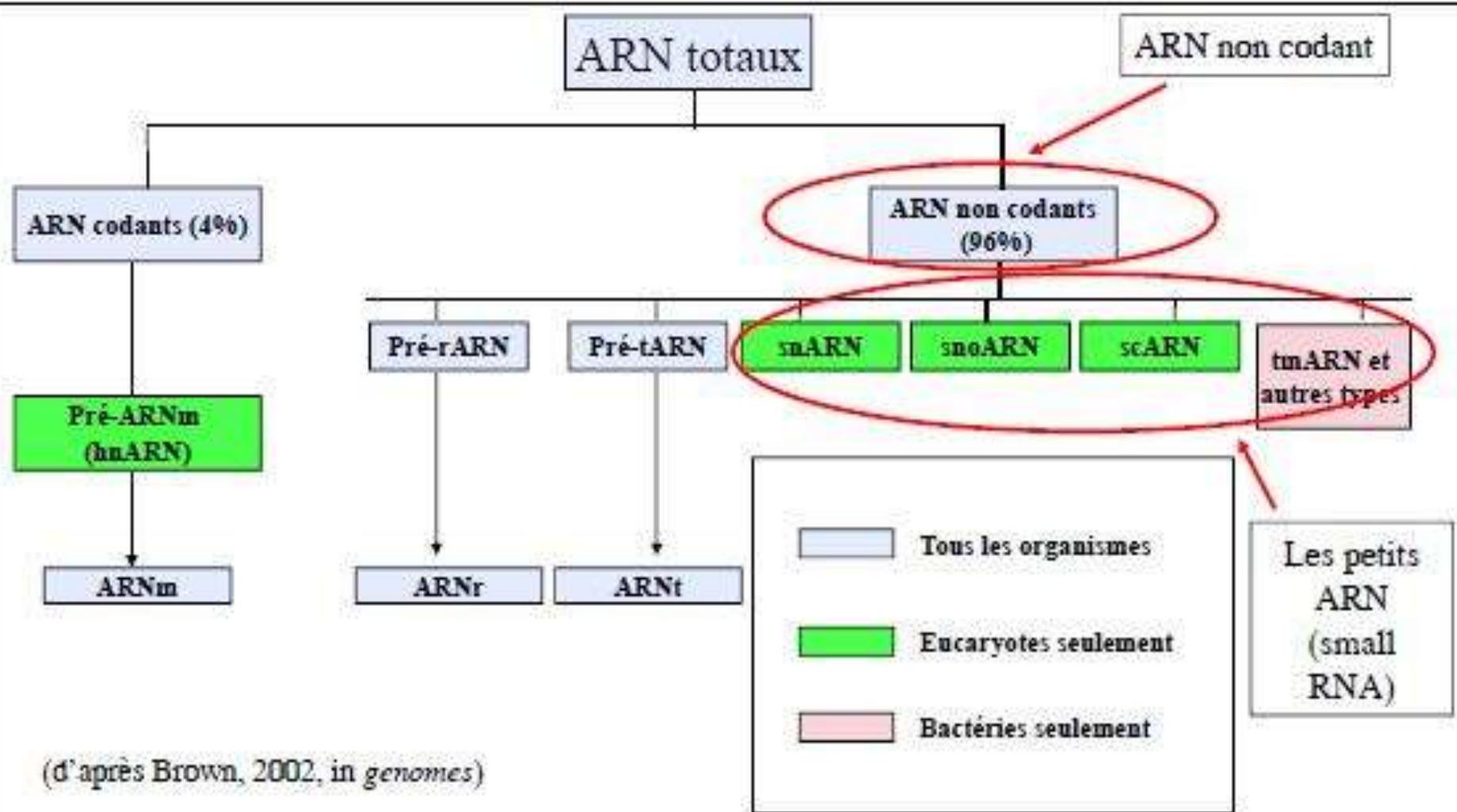
Séquences d'ADN mobiles : « copier – coller »

- **Séquences SINE** (Short Interspersed Nuclear Elements) ne codent pas leur rétrotranscriptase inverse
- **Séquences LINE** (Long Interspersed Nuclear Elements) codent elles-mêmes leur rétrotranscriptase inverse

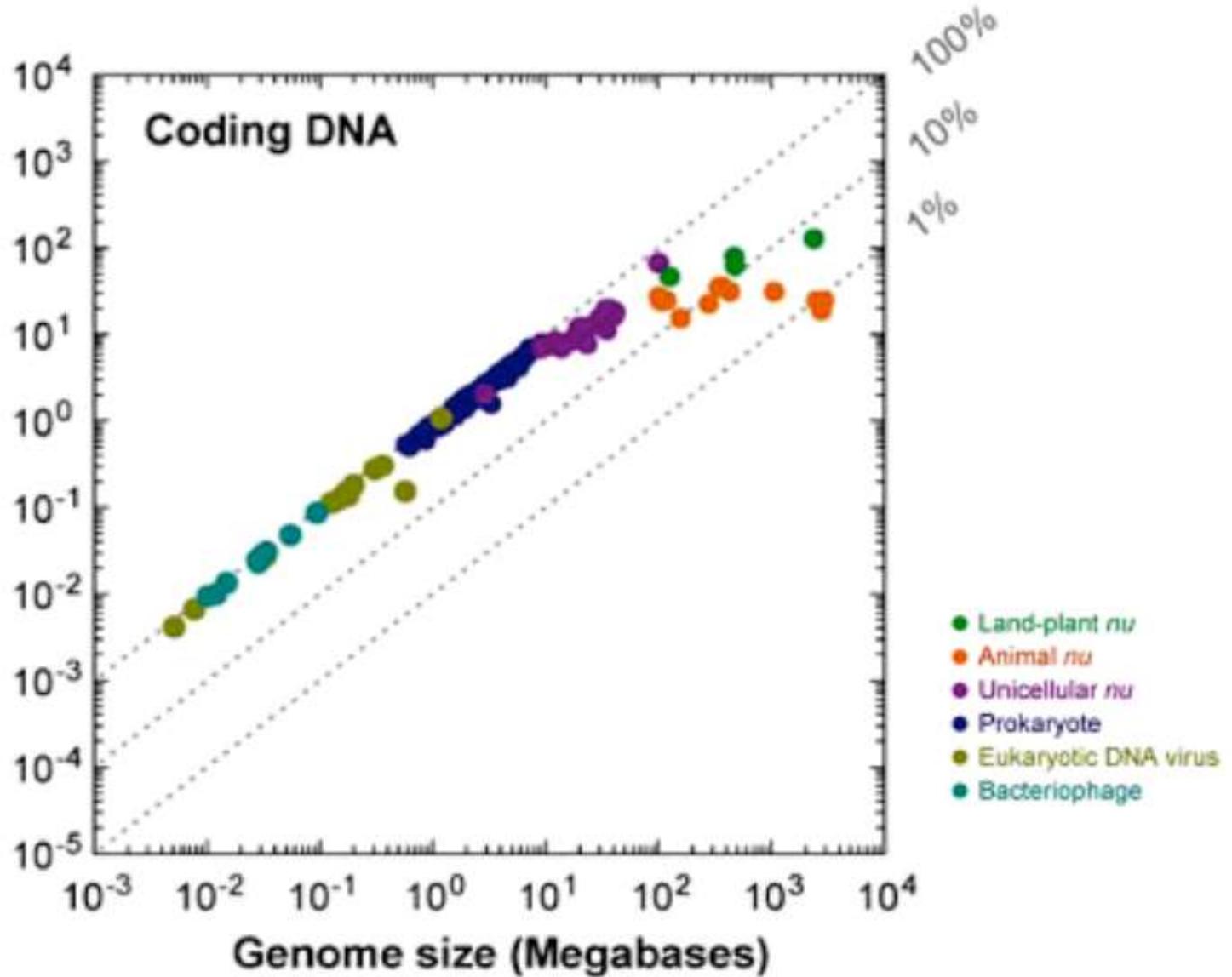
- Séquences codant pour de petits ARN : > 200 copies

- ARN45 S → ARNr 28S + 18S + 5,8S
- ARNt
- ARNr 5S
- ARN 7SL, autres petits ARN...

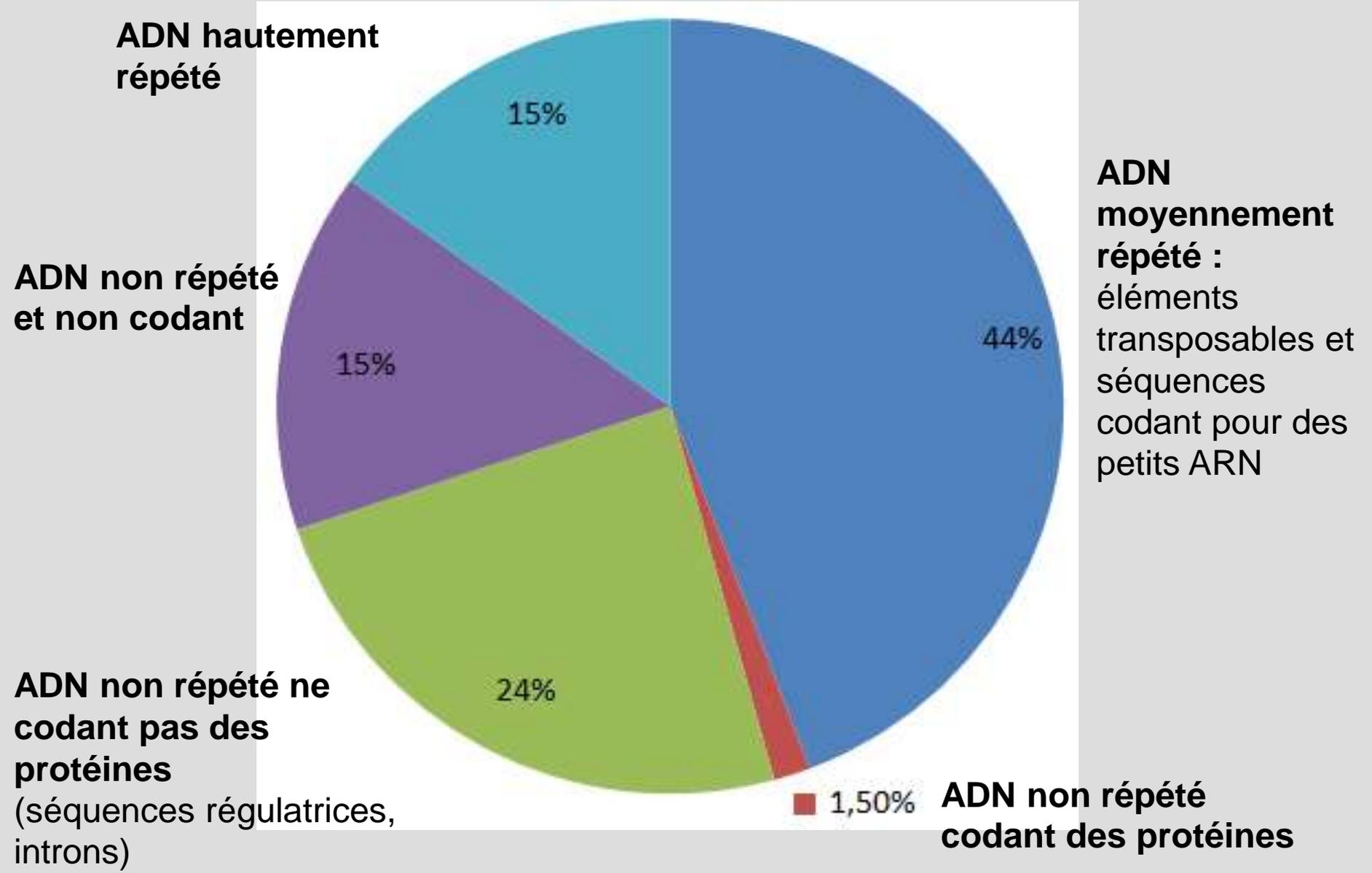
Les ARN cellulaires



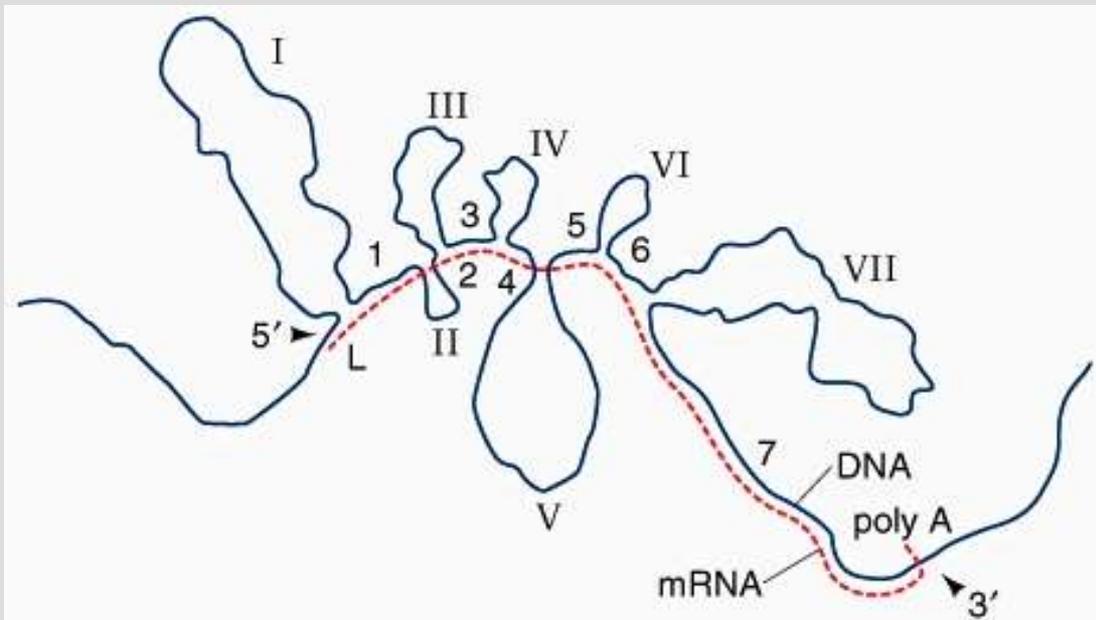
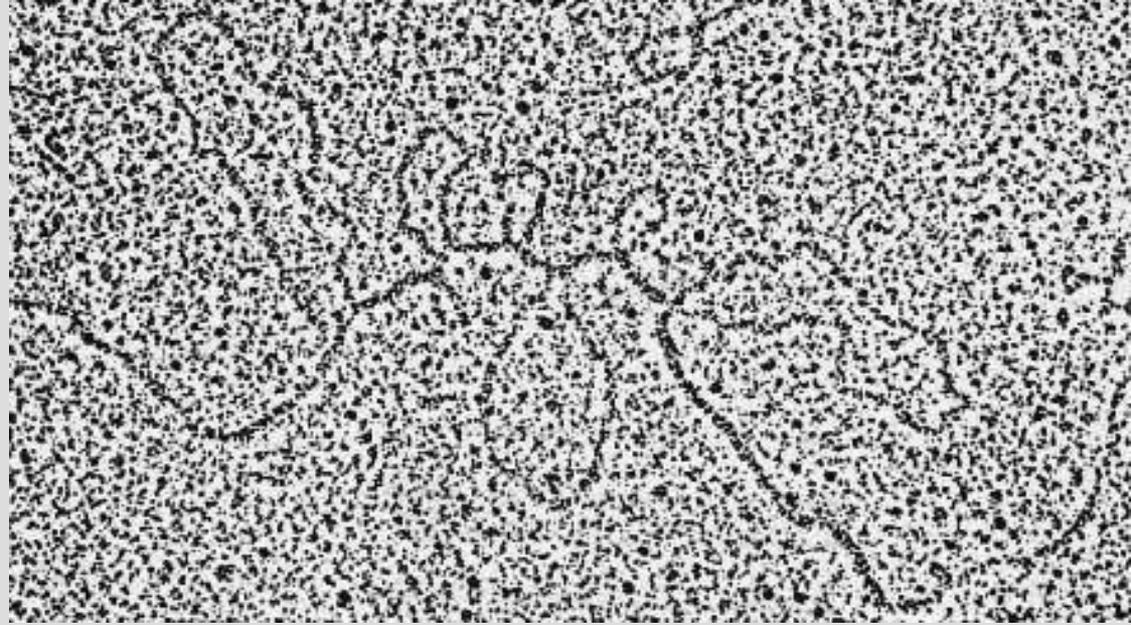
quantité d'ADN codant en fonction de la taille du génome



Types de séquences d'ADN dans le génome humain



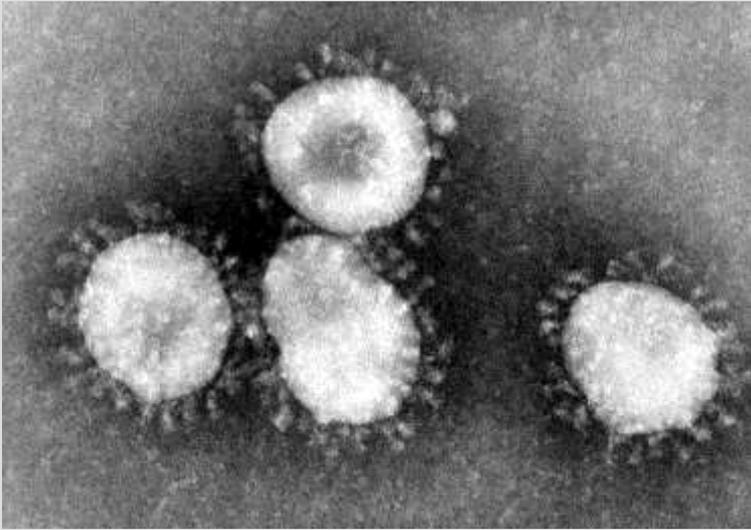
**Document 12. Figure
d'hybridation de
l'ADN du gène de
l'ovalbumine et de
l'ARNm
correspondant
(MET).**



Document 13. Organisation des génomes des êtres vivants.

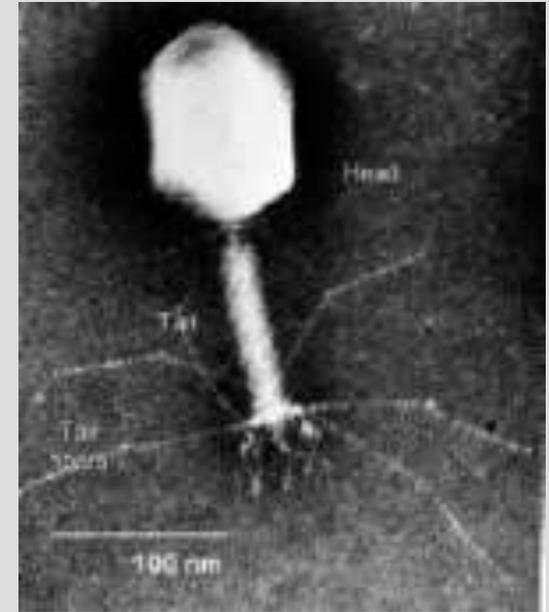
	A l'échelle de la cellule	A l'échelle du chromosome	A l'échelle du gène
Génome eubactéries	<p>Localisé dans la région nucléoïde</p> <p>Un seul chromosome circulaire (une seule molécule d'ADN)</p> <p>Plasmides (ADN extrachromosomique)</p>	<p>L'essentiel de l'ADN est codant</p> <p>Présence de séquences régulatrices</p> <p>Présence d'opérons</p>	<p>Pas d'intron</p>
Génome eucaryote	extranucléaire	<p>Localisé dans la mitochondrie et dans le chloroplaste</p> <p>Plusieurs copies d'un même chromosome circulaire non associé à des protéines histones</p>	<p>L'essentiel de l'ADN est codant</p> <p>Pas ou peu d'introns</p>
	nucléaire	<p>Localisé dans le noyau</p> <p>Plusieurs molécules d'ADN associées à des protéines histones</p>	<p>Présence de régions non codantes et répétées</p> <p>Présence de régions régulatrices</p> <p>Présence d'introns</p>

Document 14. Trois exemples de virions en MET.



Virions icosaédriques en MET (coronavirus)

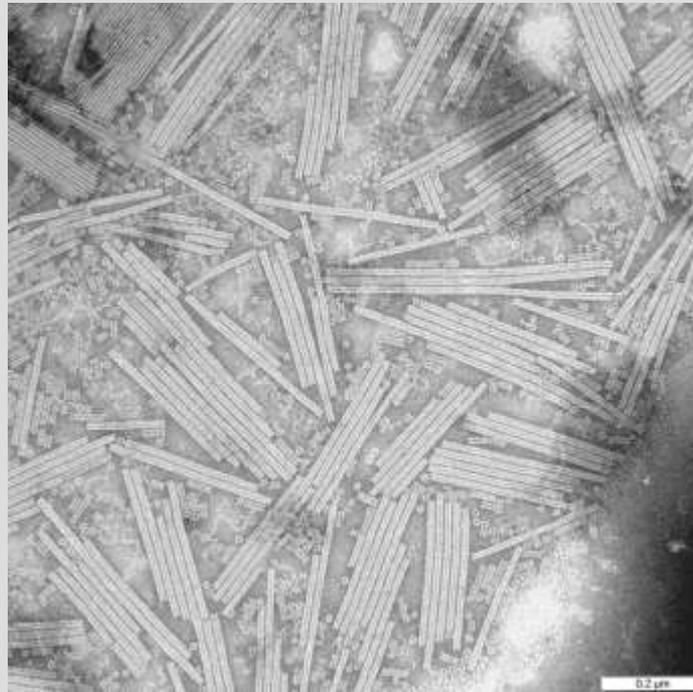
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Virus>



Bactériophage T4 (MET)

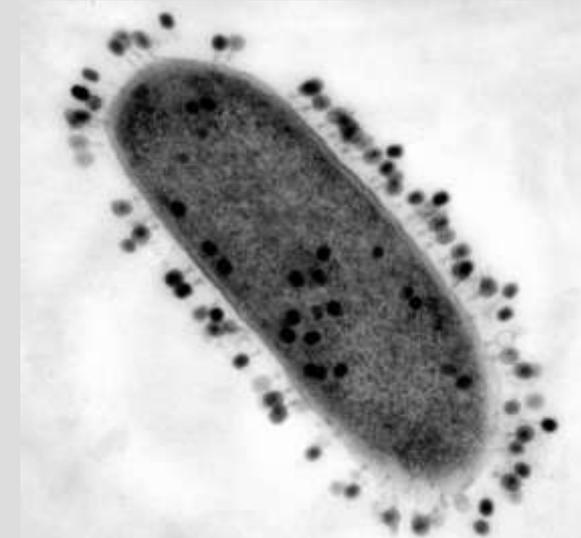
http://www.virology.net/big_virology/BV_DNAmyo.html

Environ 5000 espèces décrites
129 reconnues pathogènes
(2018)

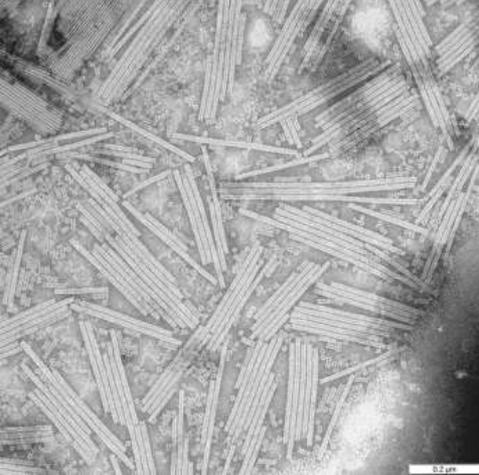


Virions en bâtonnets du VMT (virus de la mosaïque du Tabac)

https://fr.wikipedia.org/wiki/Virus_de_la_mosa%C3%AFque_du_tabac



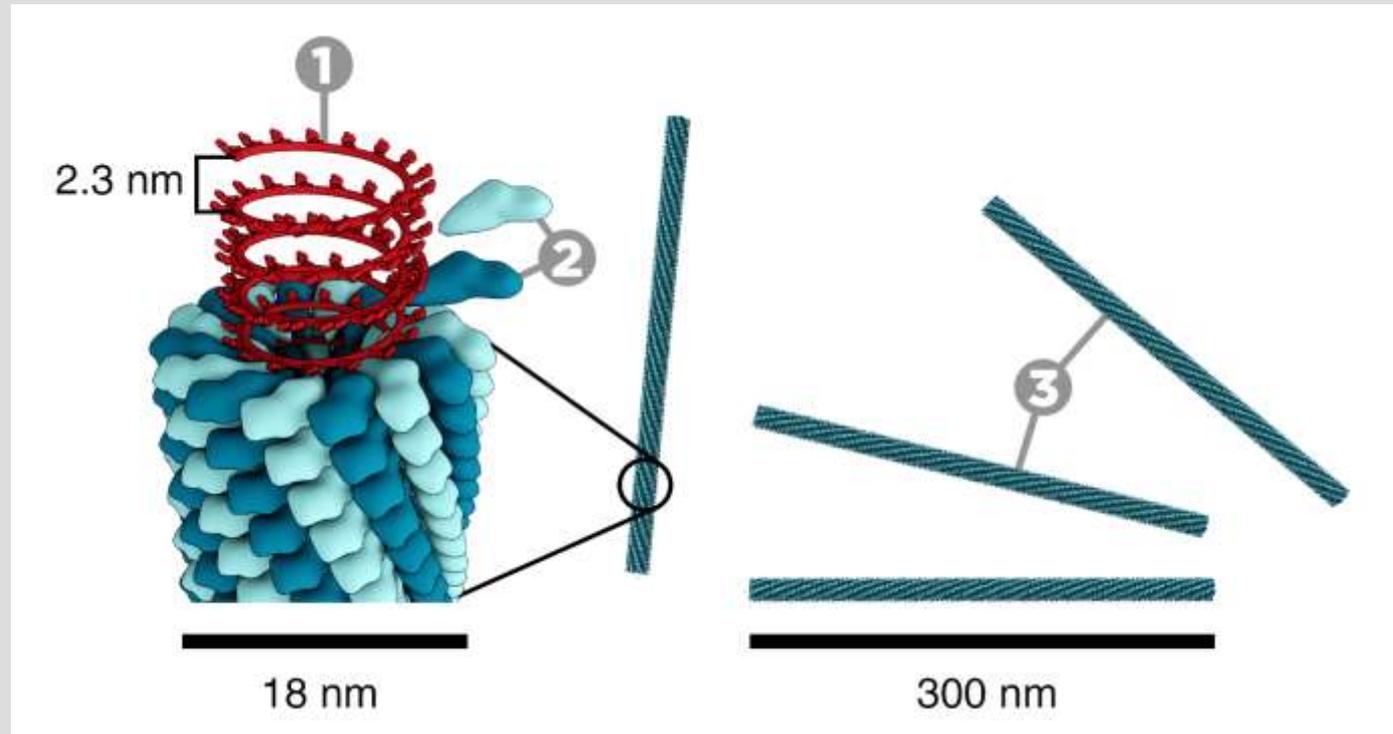
Bactériophages fixés sur une bactérie



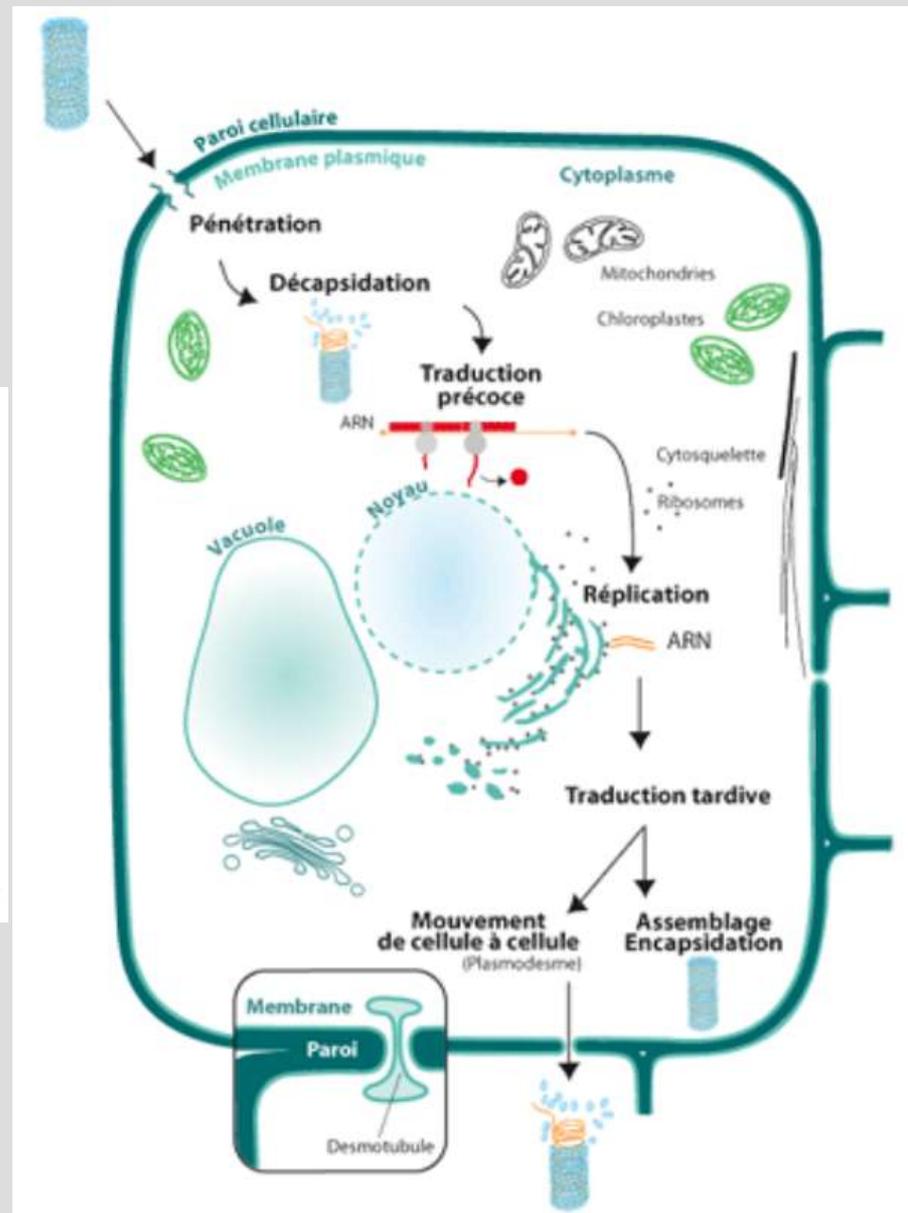
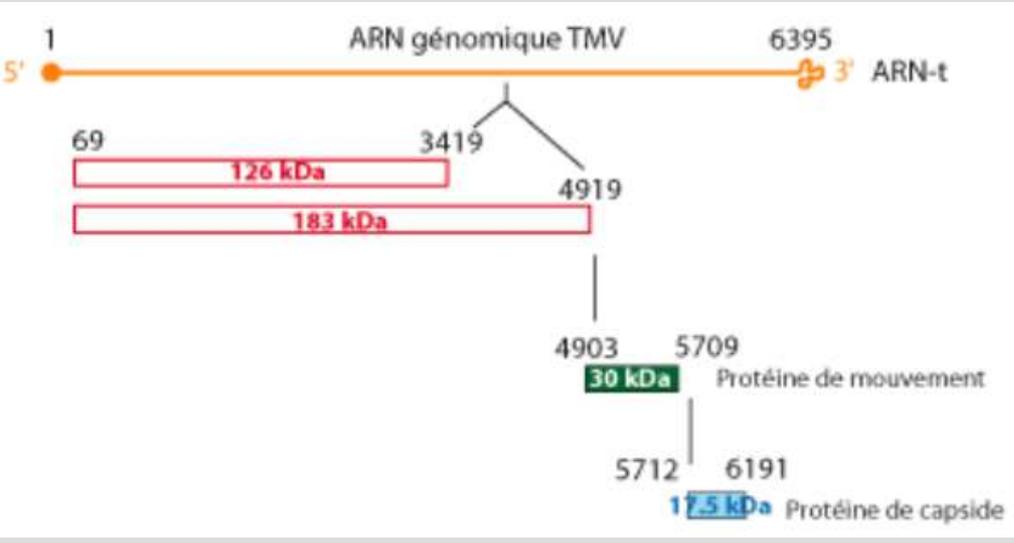
Document 15.

Le VMT : structure schématique.

1. Acide nucléique (ARN),
2. Capsomère (protomère),
3. Capside.

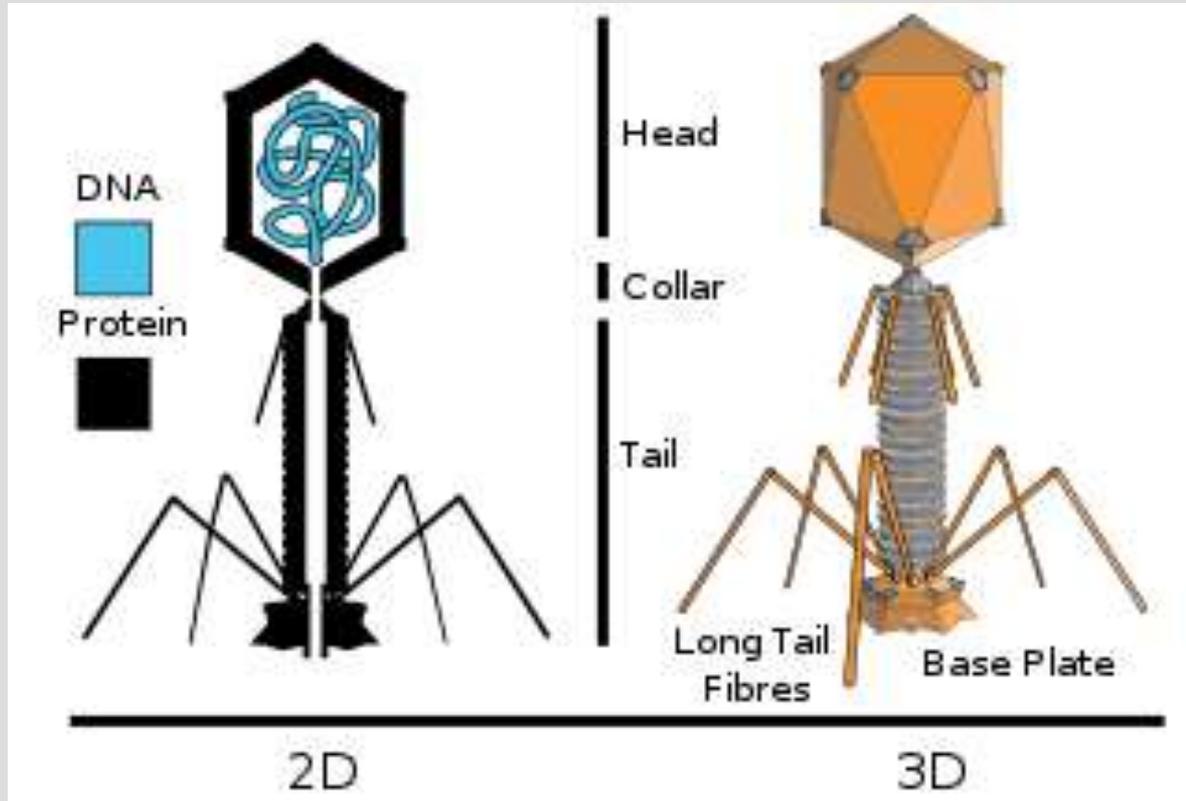
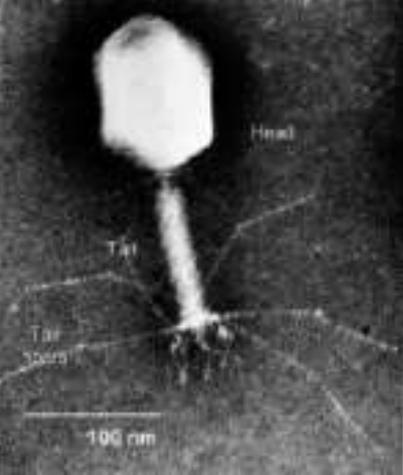


Document 15. Le VMT : Organisation génomique et cycle viral.



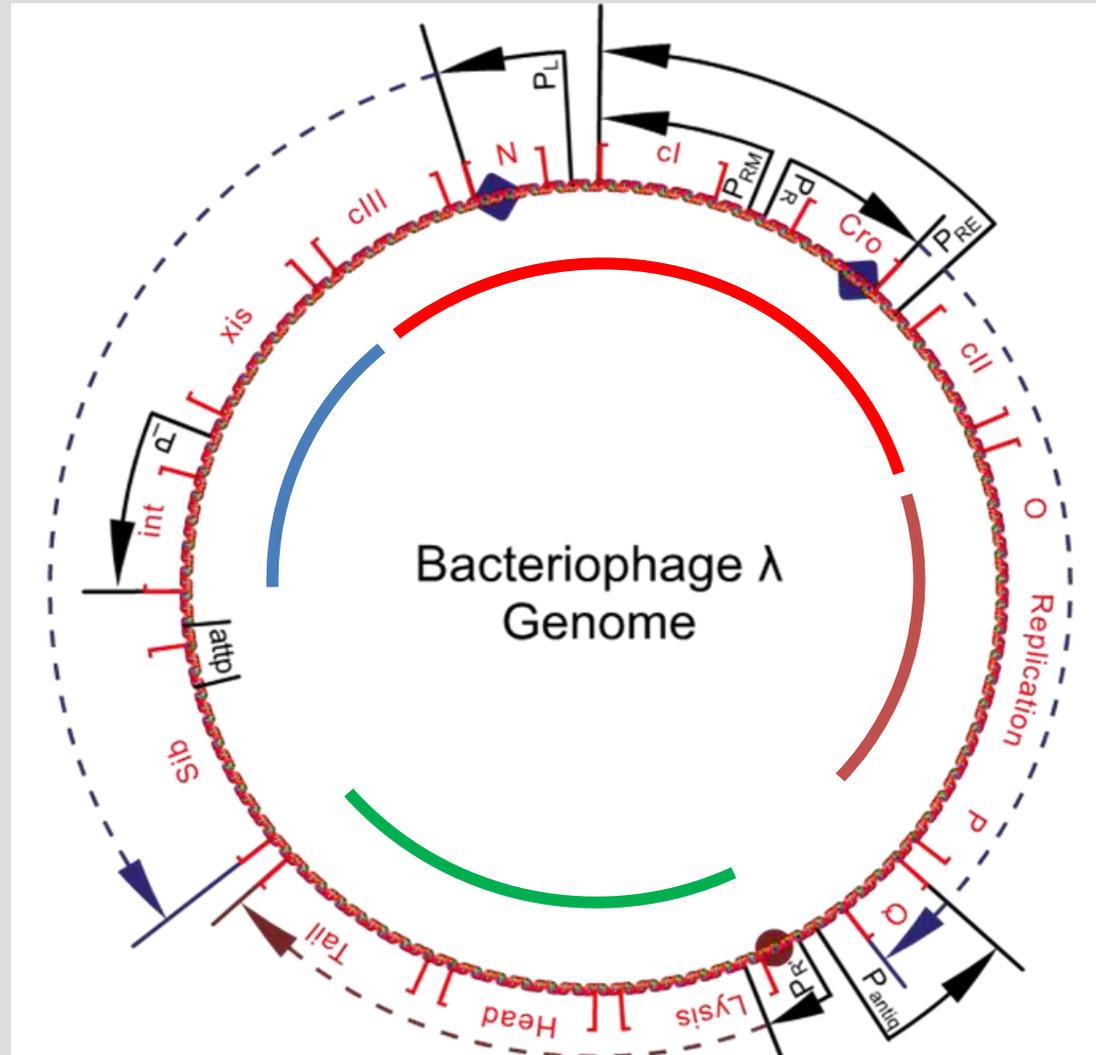
<https://www.virologie-uclouvain.be/fr/chapitres/exemples-choisis/virus-de-la-mosaïque-du-tabac-tobacco-mosaic-virus>

Document 16. Le phage lambda : structure schématique.

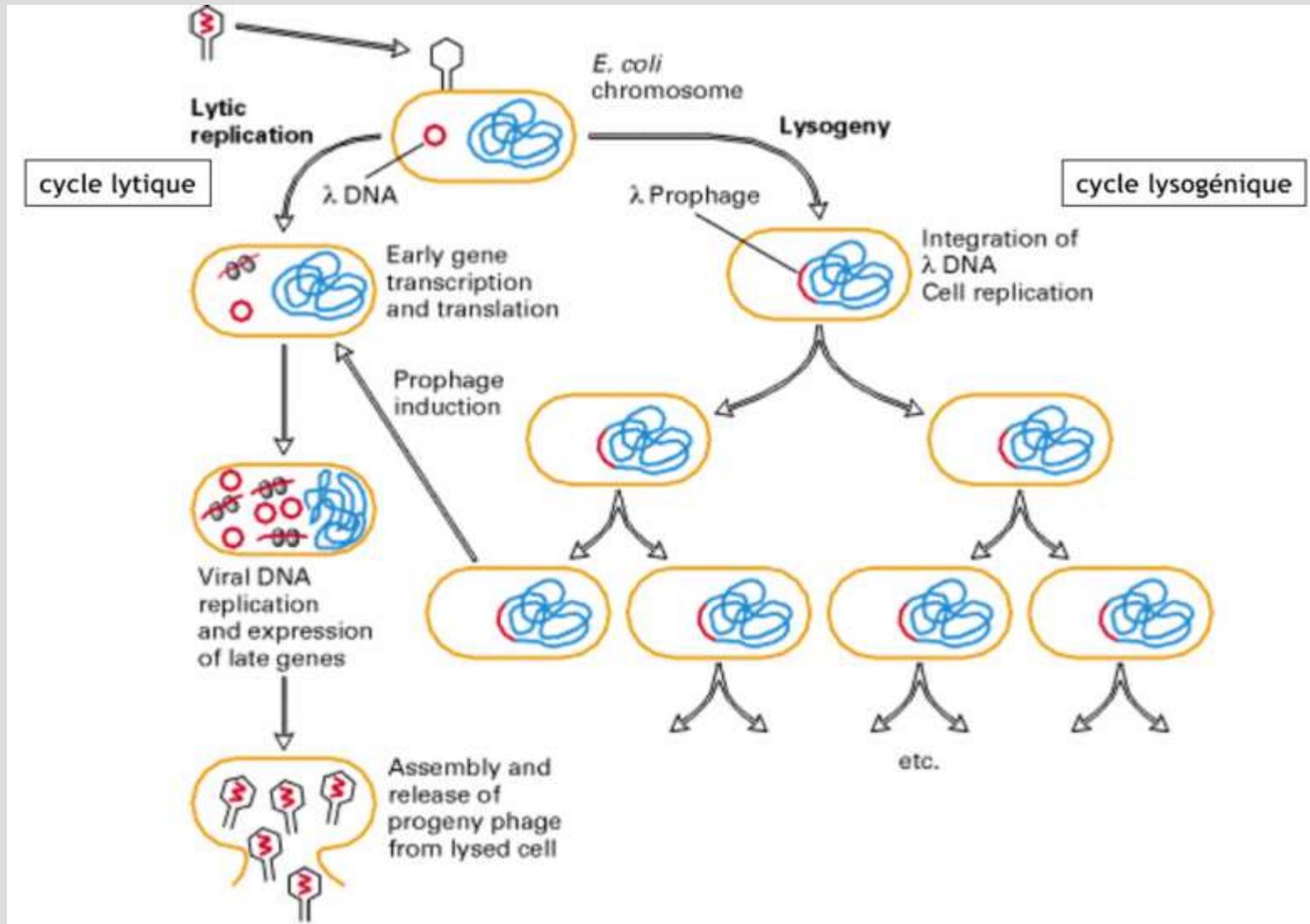


Organisation du génome du phage lambda

- 48 500 pb
- Extrémités cohésives (« bouts collants »)
- Environ 70 gènes
- Gènes codant des protéines virales (capside, queue...)
- Séquences de contrôle de la lysogénie
- Gènes codant des protéines d'intégration / d'excision
- Séquences impliquées dans la réplication

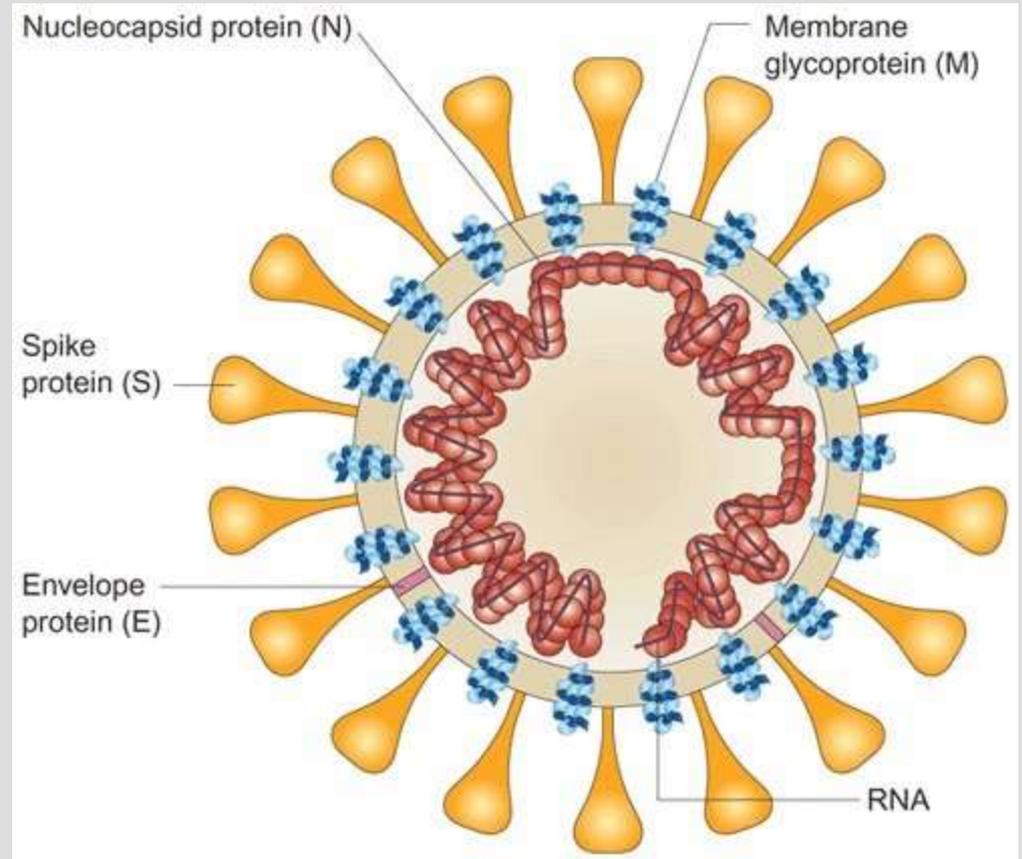
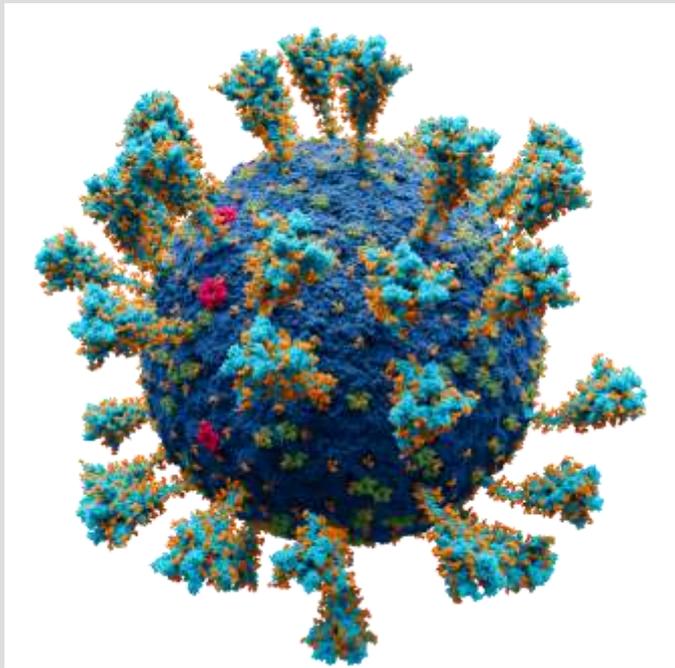


Document 16. Le phage lambda : cycle lytique et cycle lysogène.



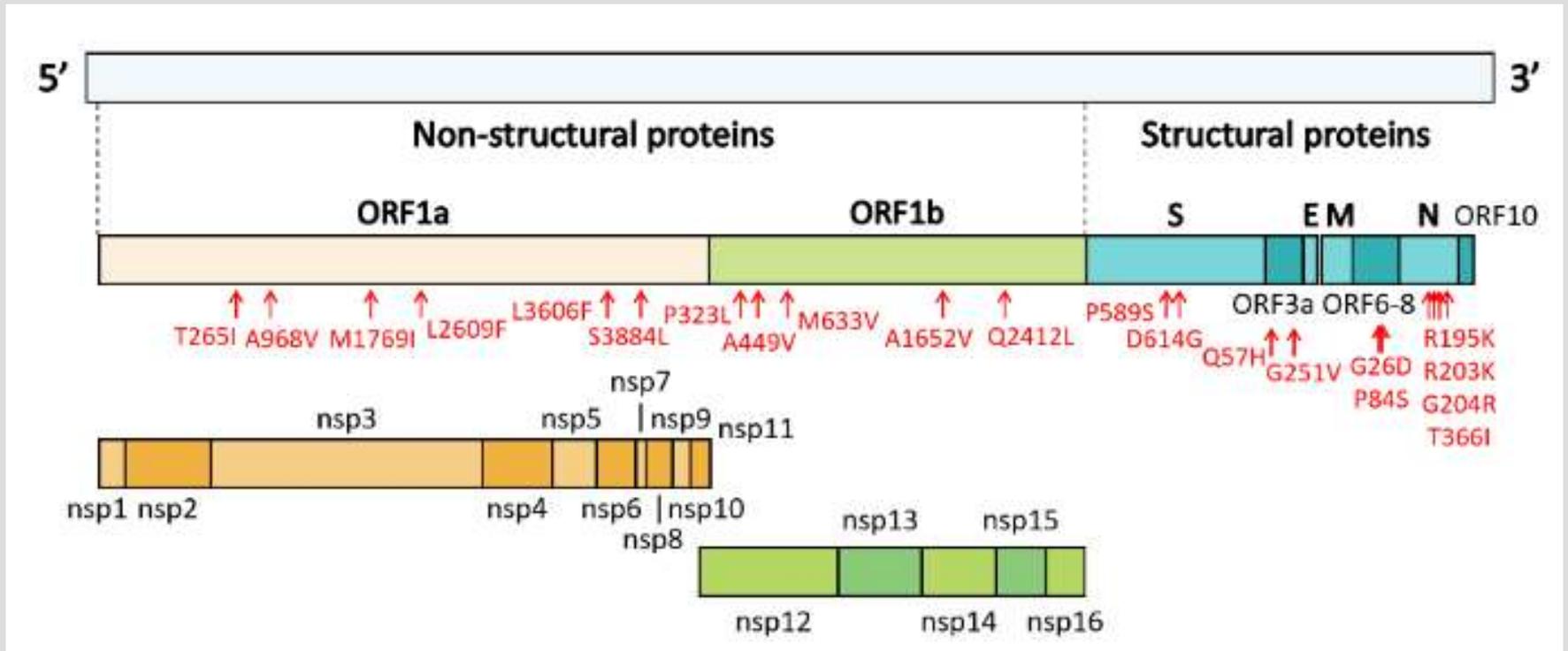
Document 17. Le coronavirus SARS-CoV-2 : structure schématique.

100 à 160 nm



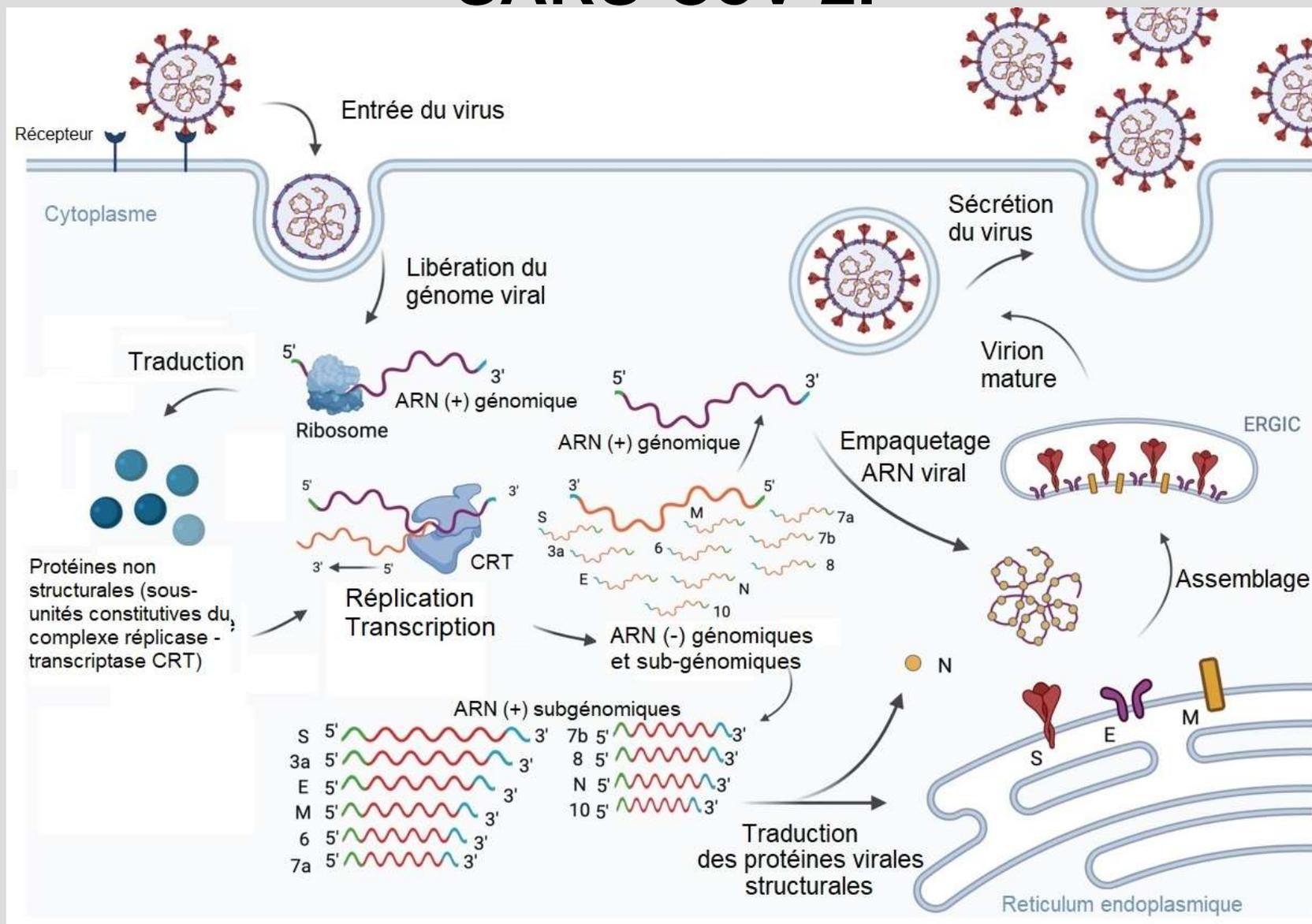
Joseph S Malik Peiris, Y Guan, K.Y. Yuen **Severe acute respiratory syndrome** Nature Medicine 10(12 Suppl):S88-97 January 2005
DOI:[10.1038/nm1143](https://doi.org/10.1038/nm1143) https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-the-SARS-coronavirus-structure-reproduced-from-ref-20The-viral_fig2_8149726

Organisation du génome du SARS-CoV-2

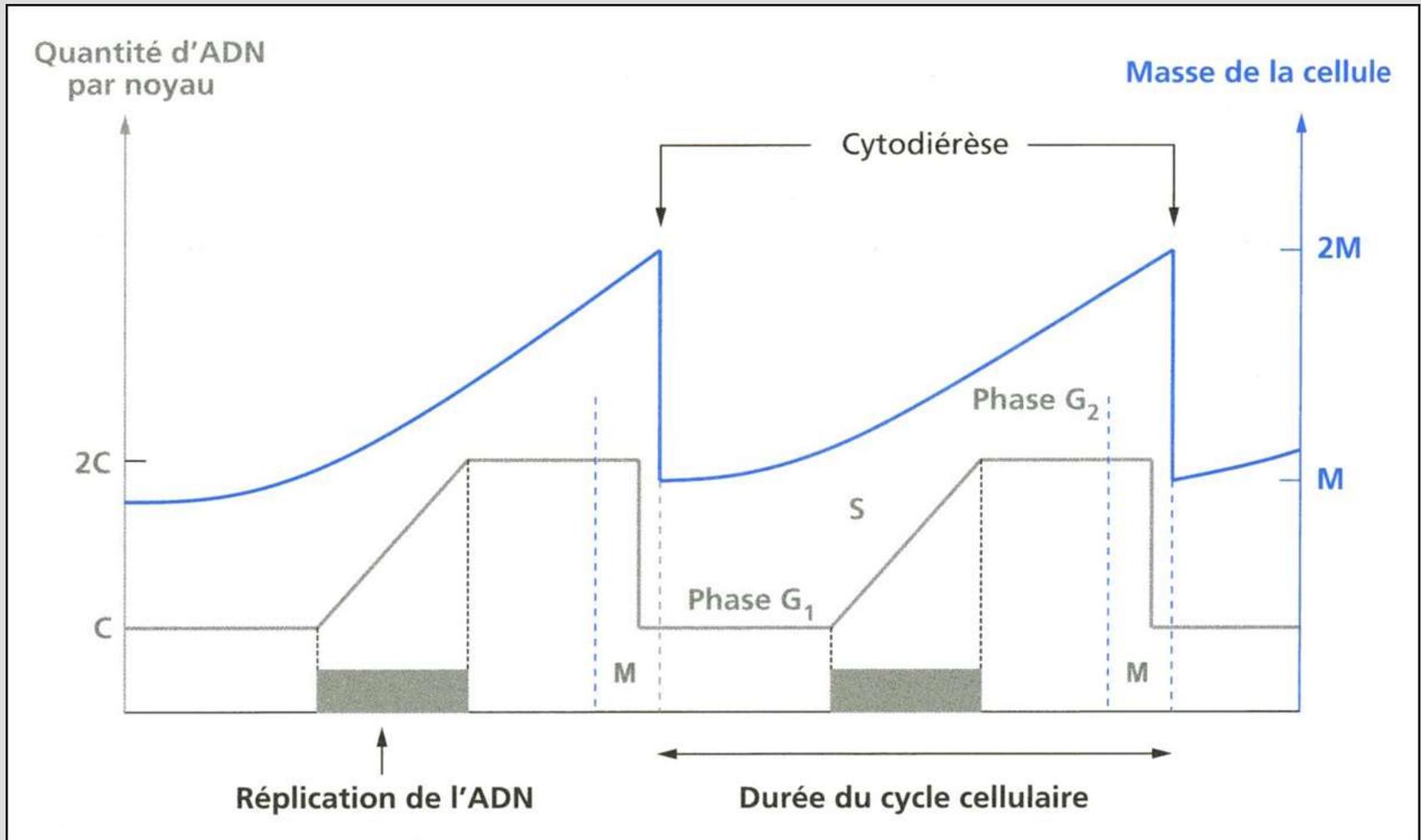


- ARN simple brin (+)
- Environ 30 000 bases
- 16 gènes codant des protéines non structurales (protéines de réplication)
- 4 gènes codant des protéines structurales (S = spike, E enveloppe, M nucléocapside, N)

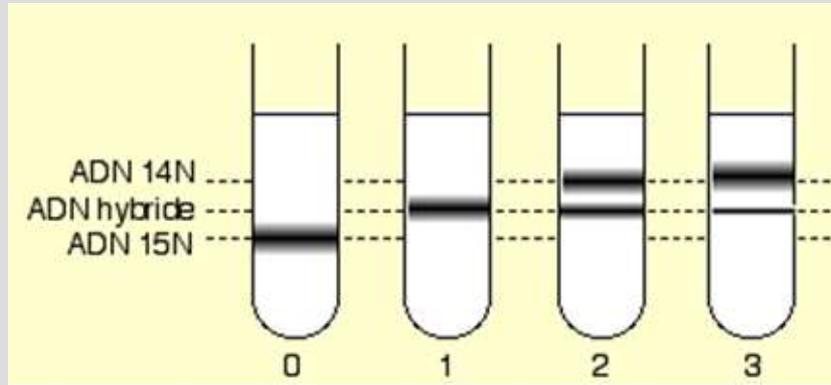
Document 17. Cycle viral du coronavirus SARS-CoV-2.



Document 18. Evolution de la quantité d'ADN au cours du cycle cellulaire chez les Eucaryotes.

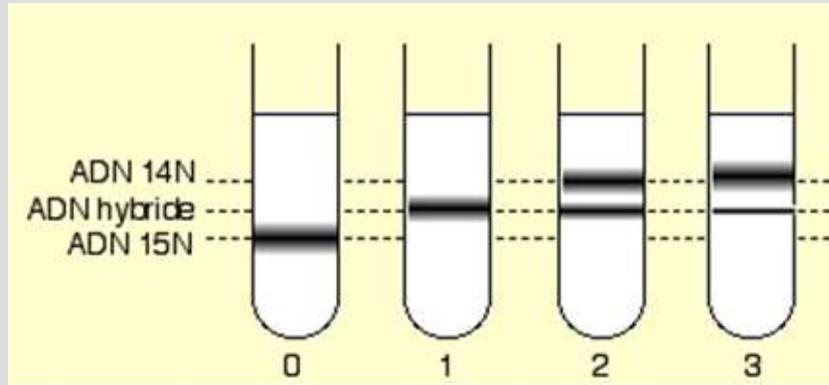
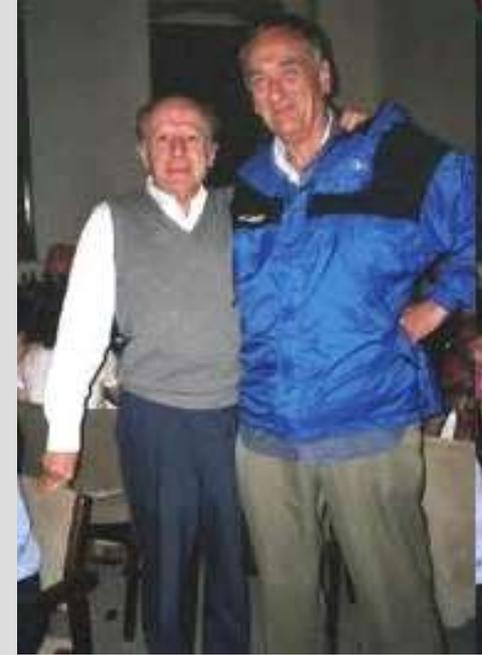


Document 19. Les travaux de Meselson et Stahl.

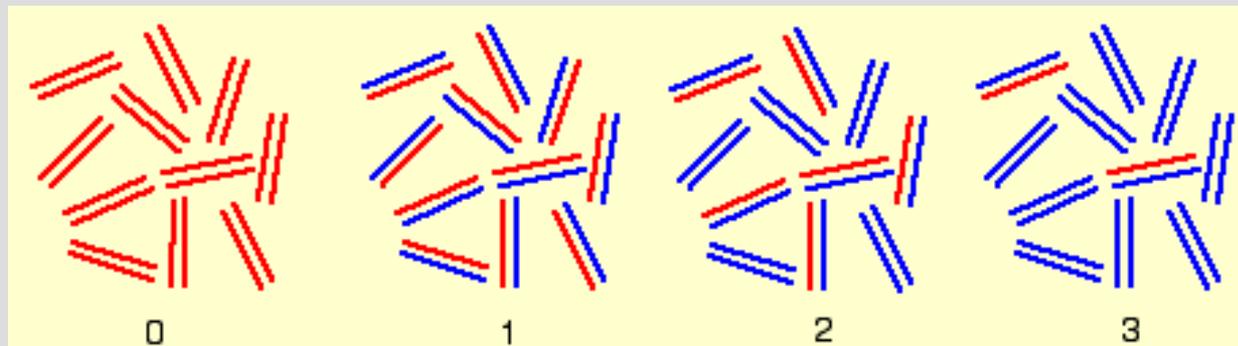


Résultats des expériences de Meselson et Stahl.

Document 19. Les travaux de Meselson et Stahl.



Résultats des expériences de Meselson et Stahl.



Interprétation moléculaire des résultats (avec ^{15}N lourd en rouge, ^{14}N en bleu).

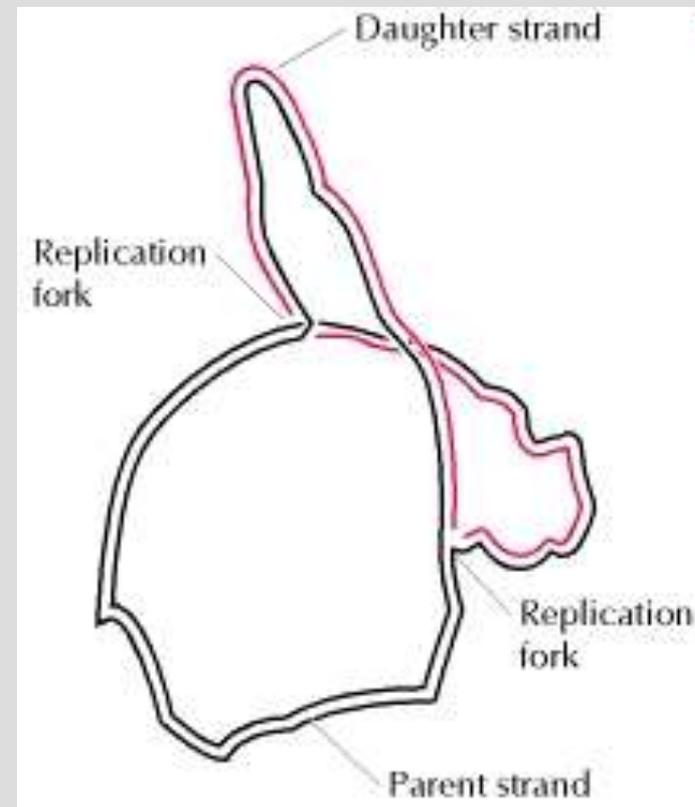
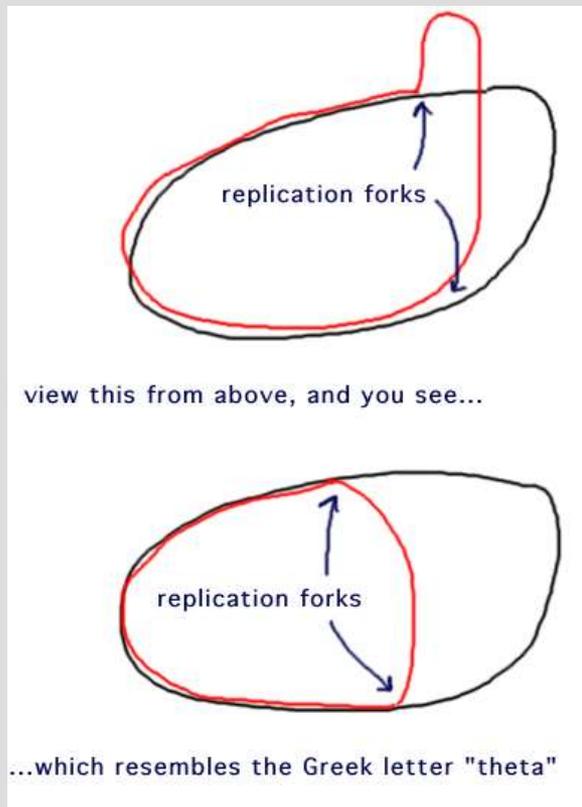
Les travaux de Cairns



Autoradiographie de l'ADN d'E.coli en cours de réplication (MET x 12000)

Document 20. Approche expérimentale de la réplication du chromosome d'E. coli.

(<http://www.mun.ca/biochem/courses/3107/images/V VP/Ch24/24-3.jpg>)



Une réplication uni ou bi-directionnelle ?

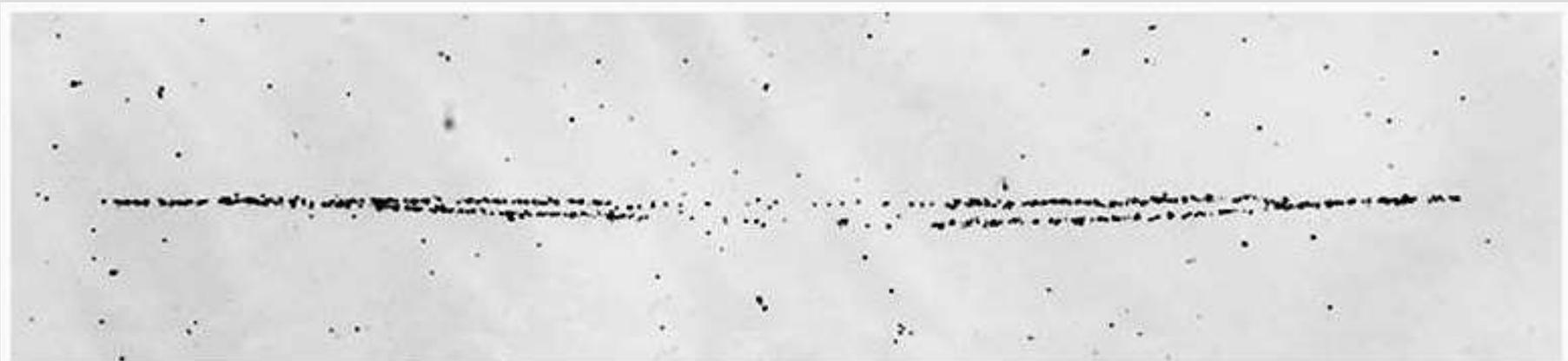
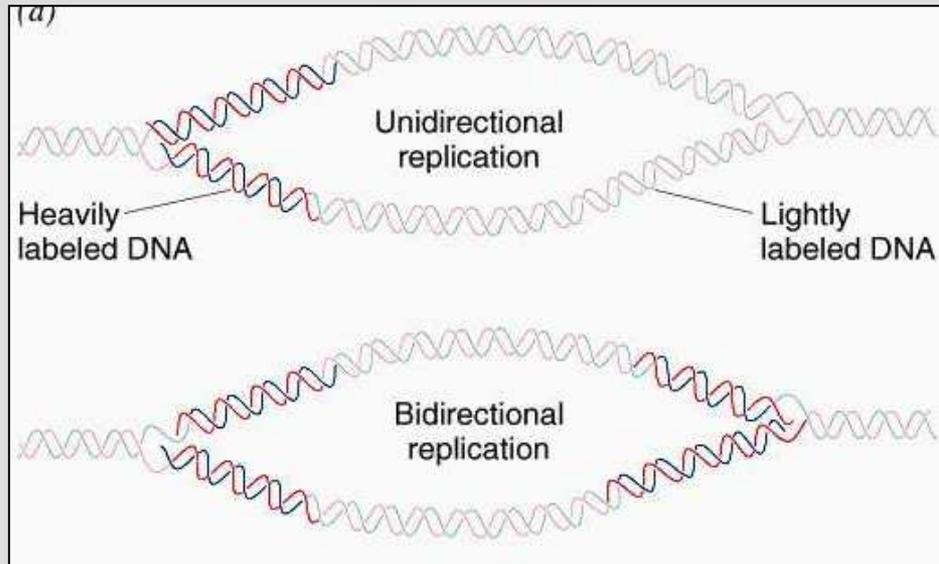


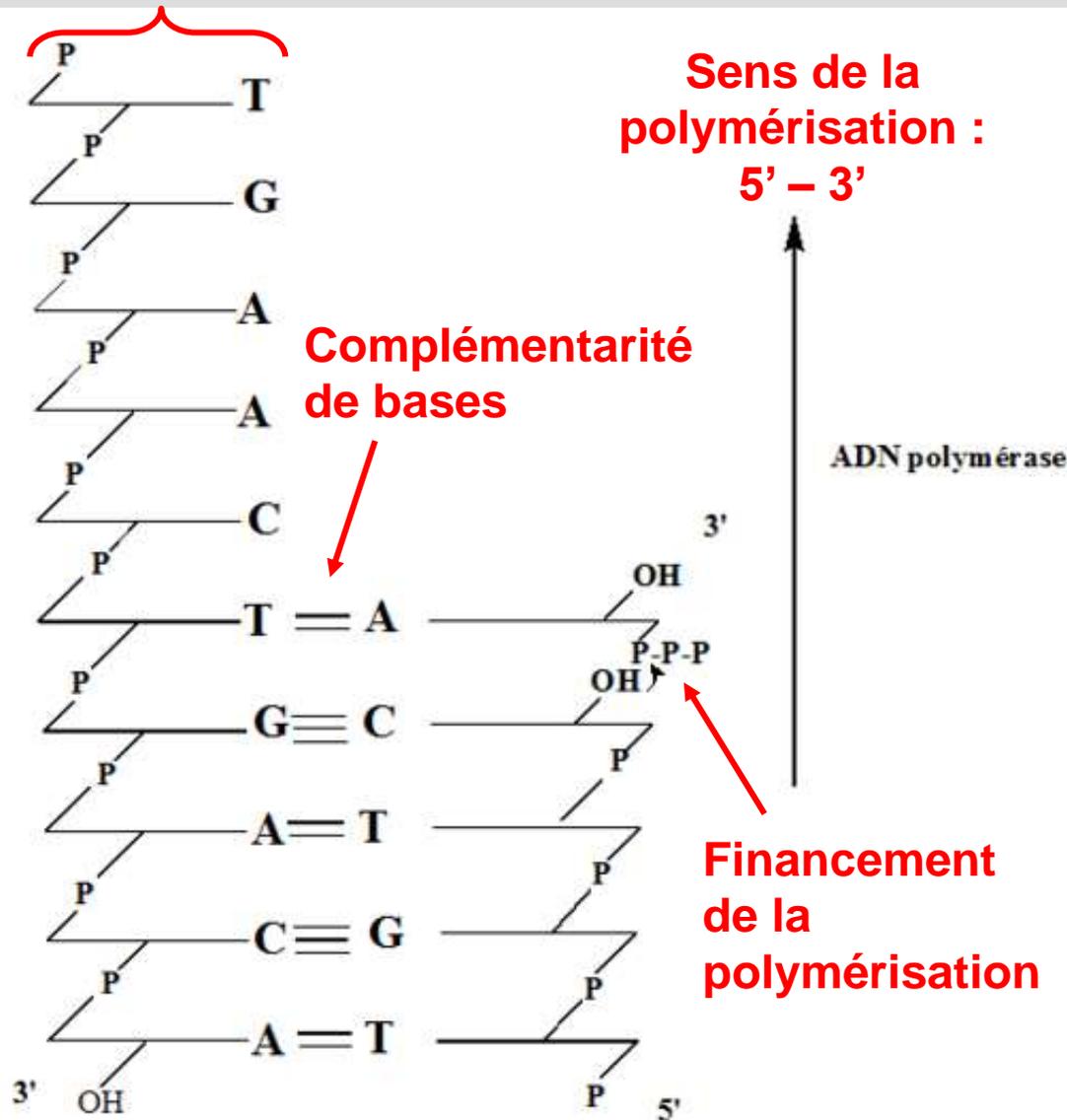
Figure 24-4b. The autoradiographic differentiation of unidirectional and bidirectional θ replication of DNA.
[Courtesy of David M. Prescott and P.L. Kuempel, University of Colorado.]

Document 20. Approche expérimentale de la réplication du chromosome d'E. coli.

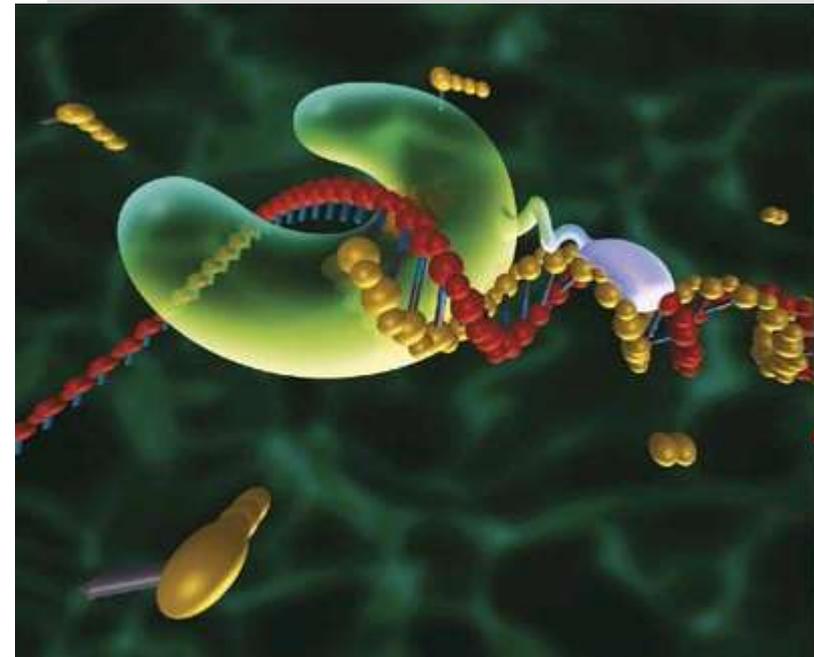
(<http://www.mun.ca/biochem/courses/3107/images/VP/Ch24/24-3.jpg>)

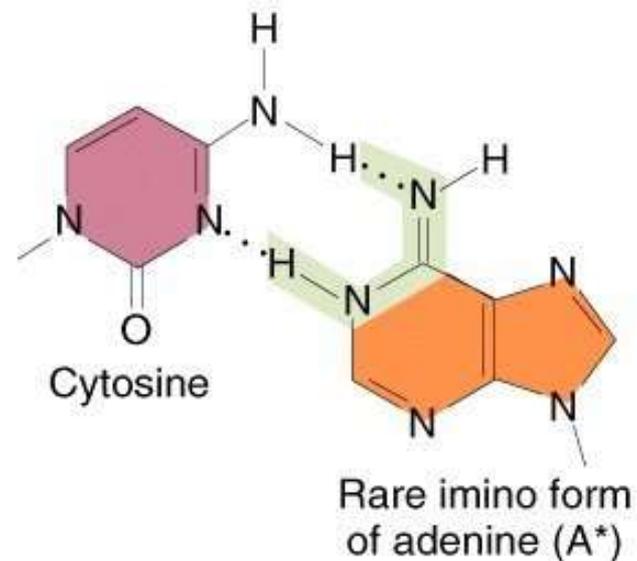
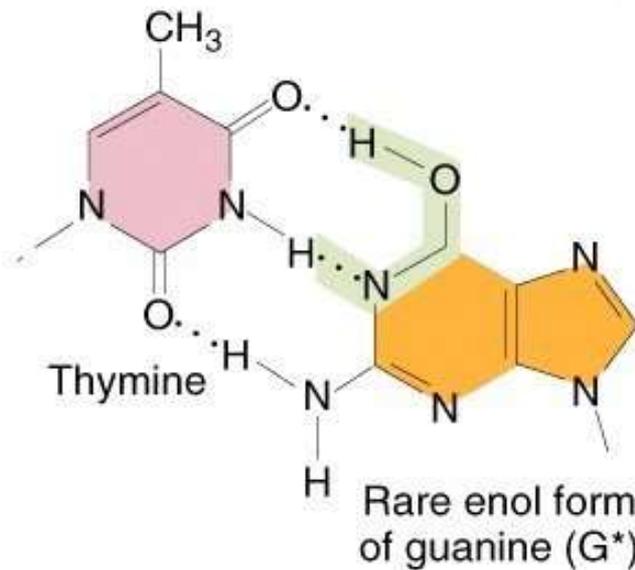
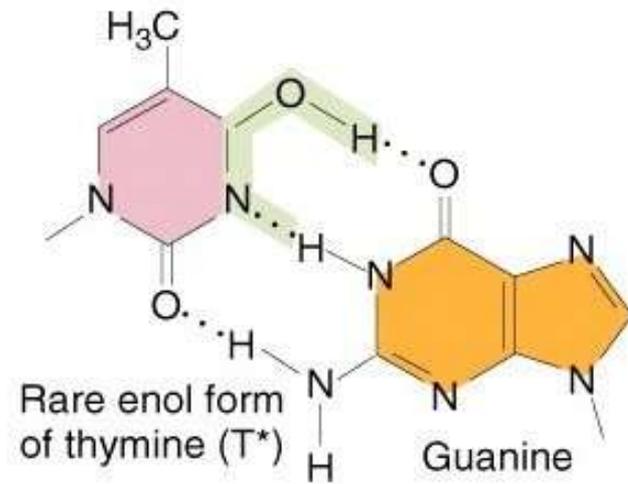
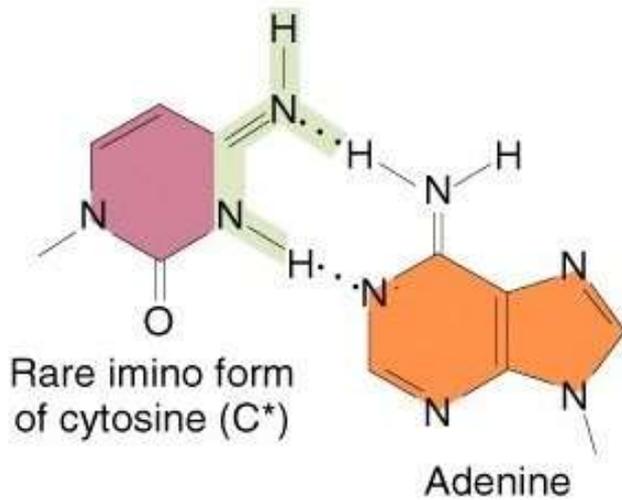
Document 21. La réplication de l'ADN : polymérisation des nucléotides.

Brin matrice



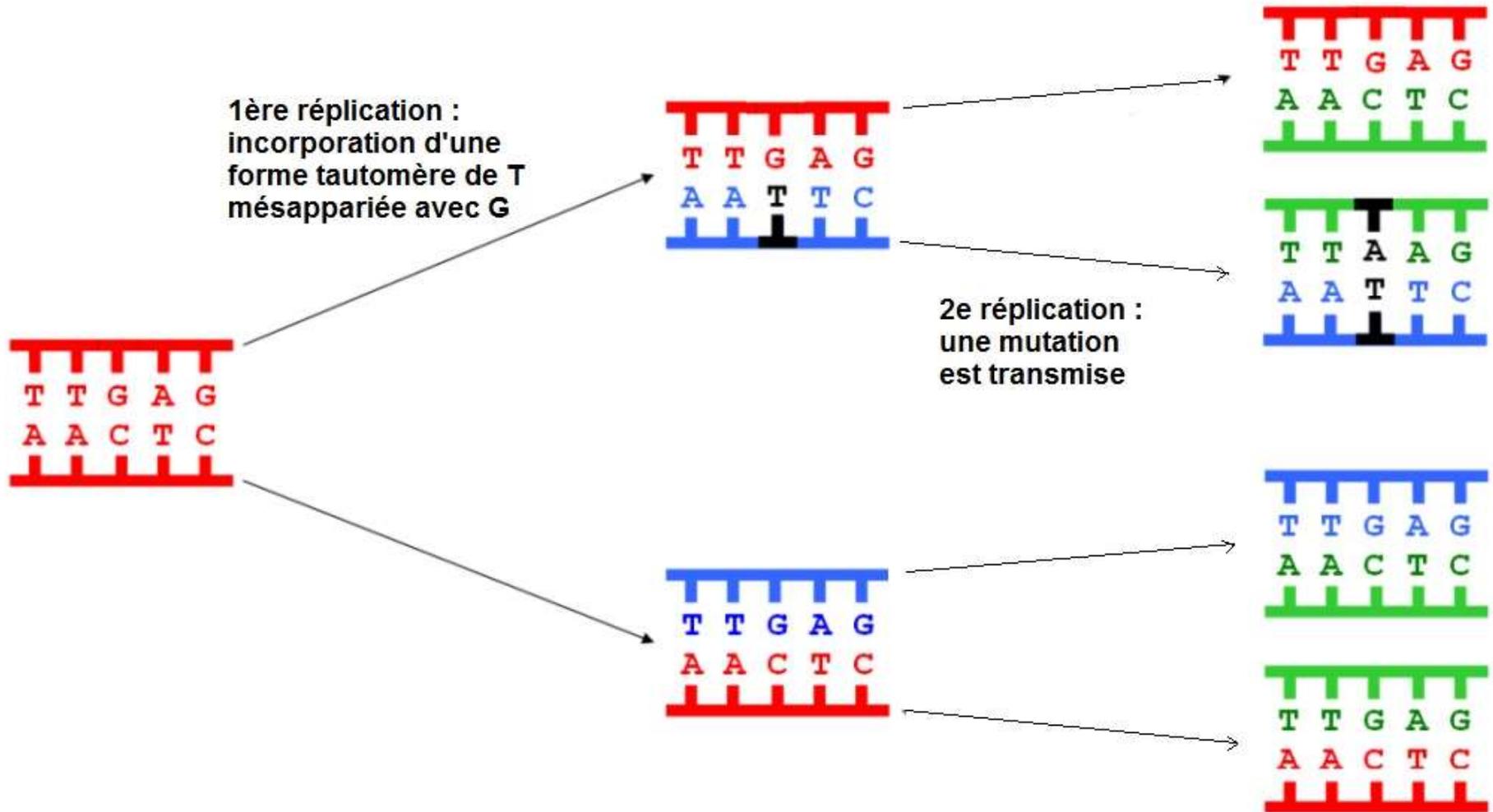
ADN pol III :
addition de 1 000 nucléotides / seconde à un polynucléotide (amorce ARN ou brin d'ADN en croissance)



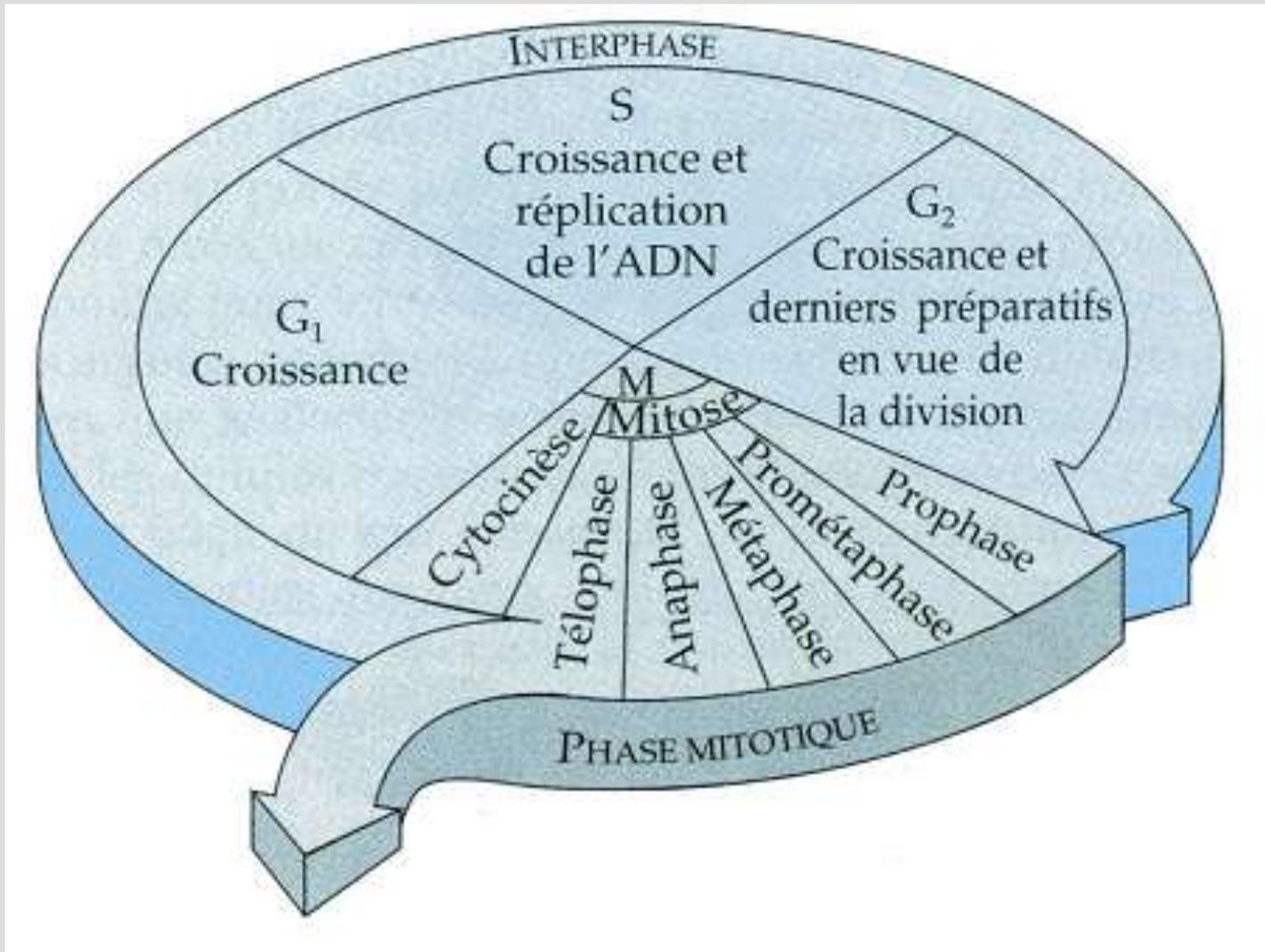


Des formes tautomères à l'origine de mésappariements

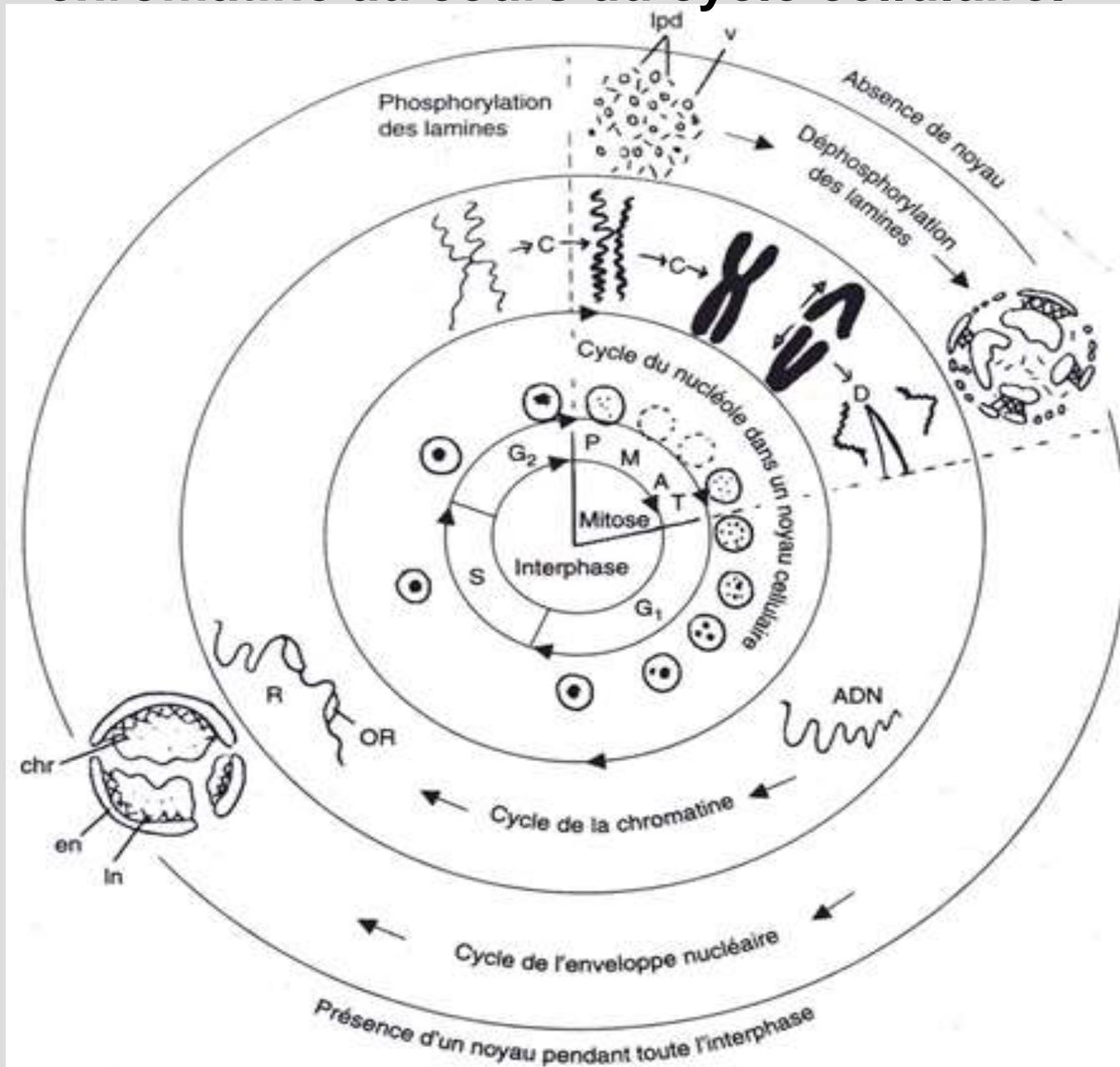
Un mésappariement peut conduire à une mutation



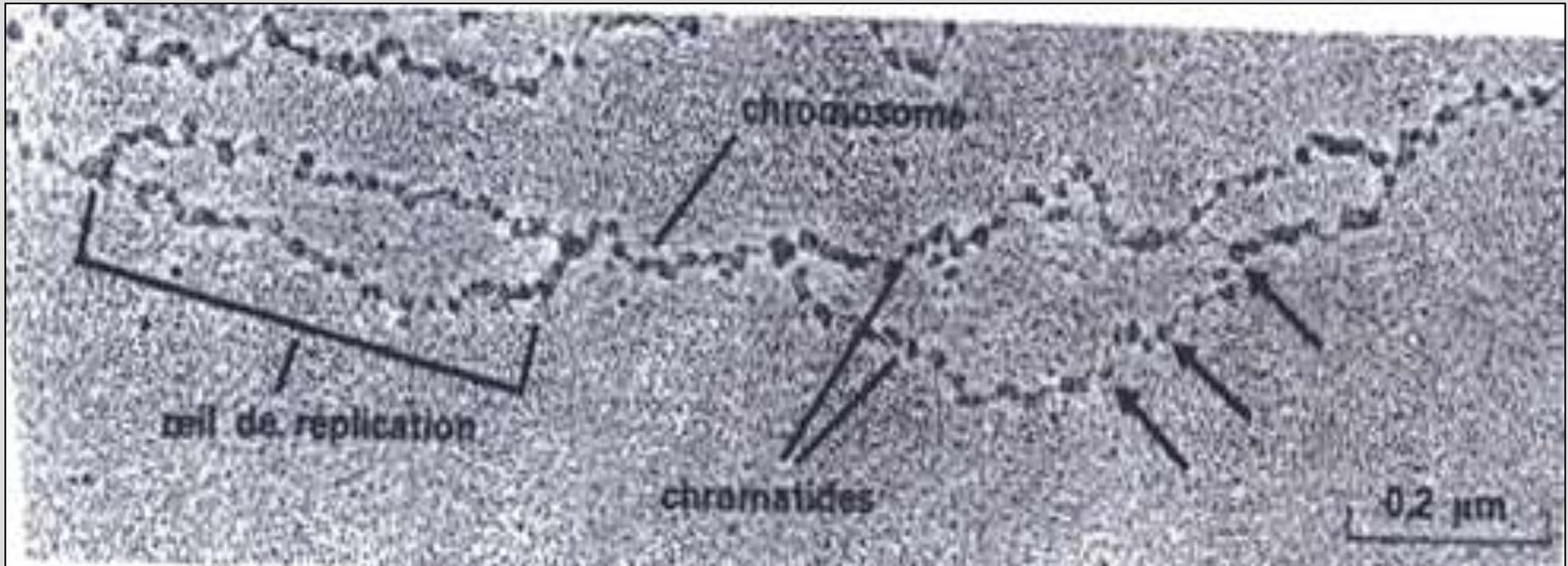
Le cycle cellulaire



Document 22. Evolution de l'enveloppe nucléaire, de la chromatine au cours du cycle cellulaire.

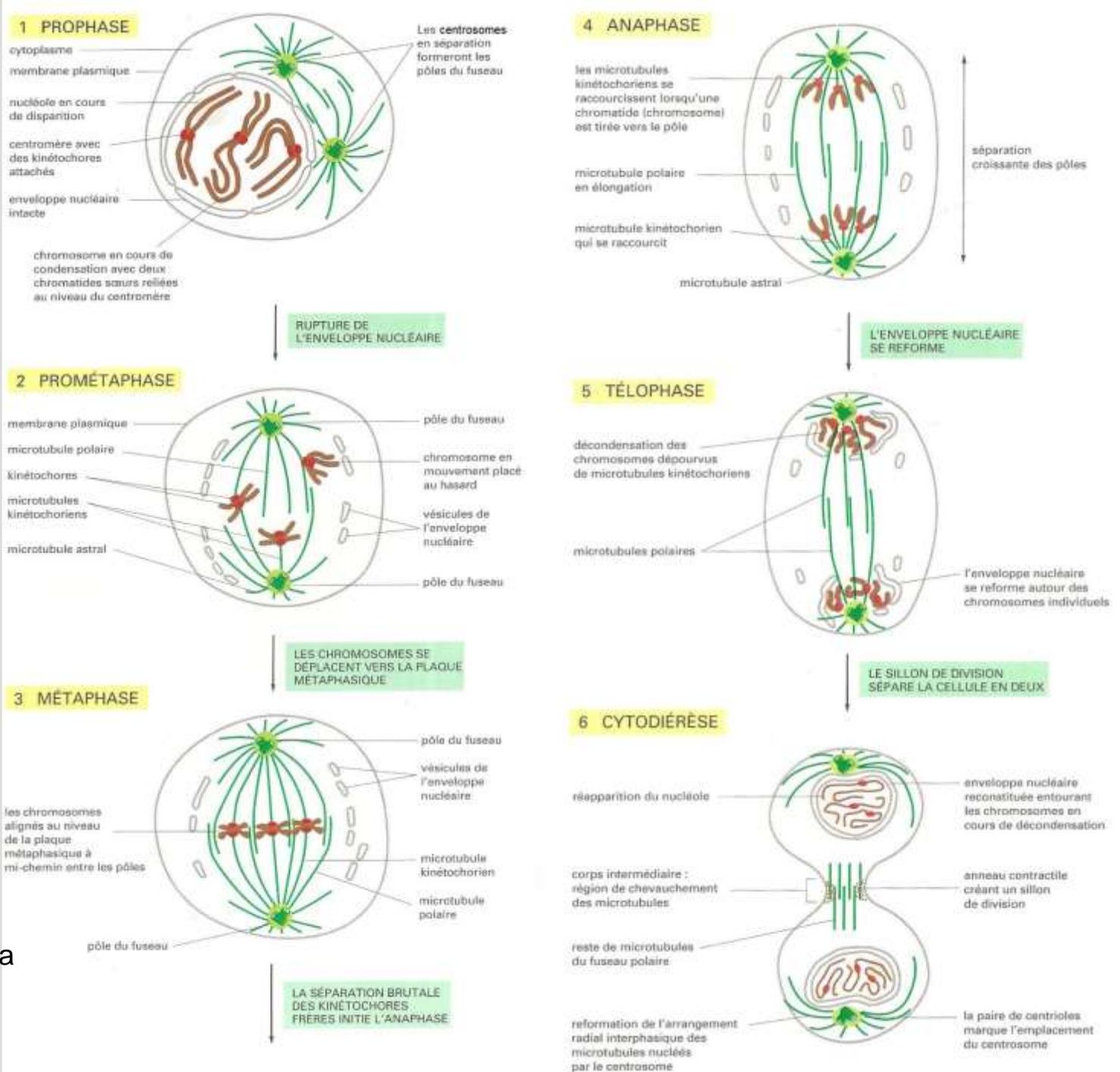


Document 23. Chromatine en réplication lors de la phase S.



Document 24.

Les étapes de la mitose.



(ALBERTS B. et coll., « Biologie moléculaire de la cellule », 3e édition, Médecine-Sciences - Flammarion Ed., 1998).

Document 24.

Les étapes de la mitose : Prophase et prométaphase

(ALBERTS B. et coll., « Biologie moléculaire de la cellule », 3e édition, Médecine-Sciences - Flammarion Ed., 1998).

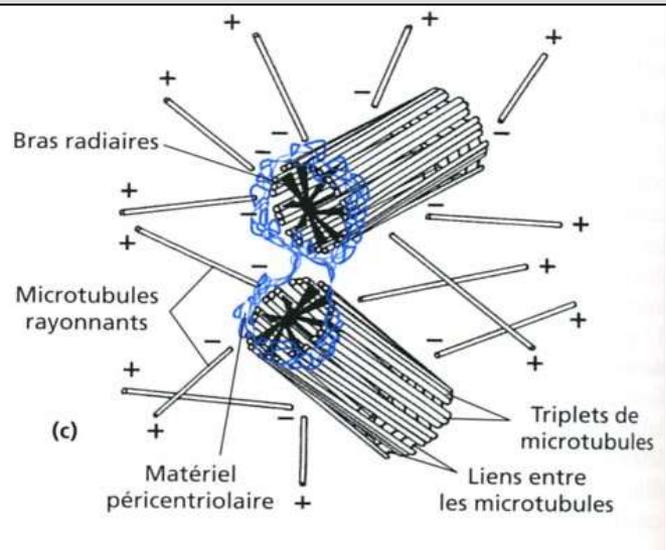
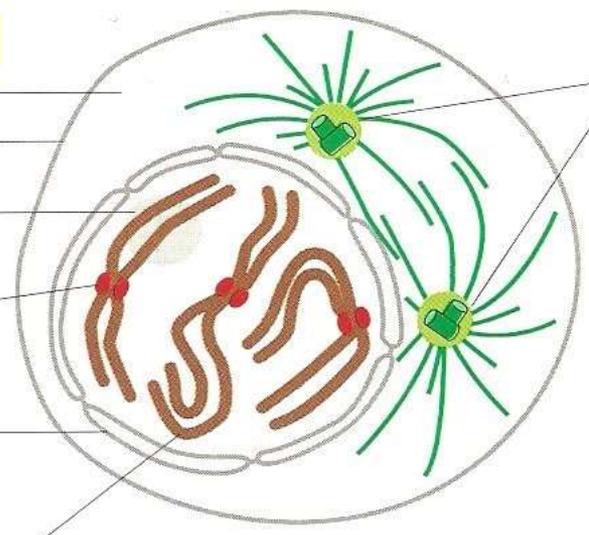


schéma d'interprétation d'une paire de centrioles

(PEYCRU P. et coll., « Biologie 1^{ère} année BCPST », Dunod Ed., 2007).

1 PROPHASE

- cytoplasme
- membrane plasmique
- nucléole en cours de disparition
- centromère avec des kinétochores attachés
- enveloppe nucléaire intacte



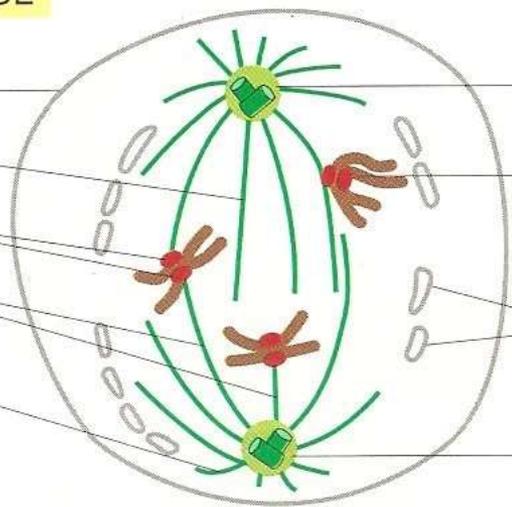
Les centrosomes en séparation formeront les pôles du fuseau

chromosome en cours de condensation avec deux chromatides sœurs reliées au niveau du centromère

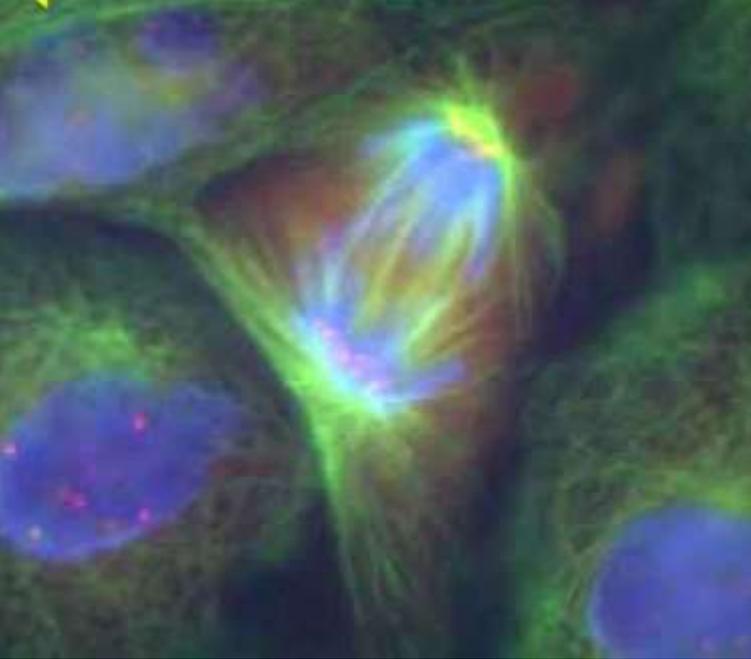
RUPTURE DE L'ENVELOPPE NUCLÉAIRE

2 PROMÉTAPHASE

- membrane plasmique
- microtubule polaire
- kinétochores
- microtubules kinétochoriens
- microtubule astral



- pôle du fuseau
- chromosome en mouvement placé au hasard
- vésicules de l'enveloppe nucléaire
- pôle du fuseau



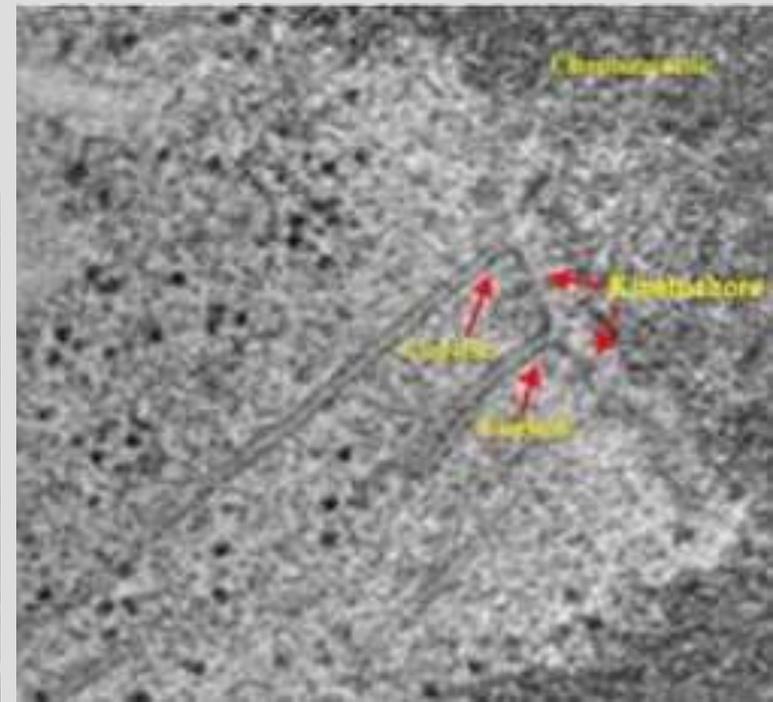
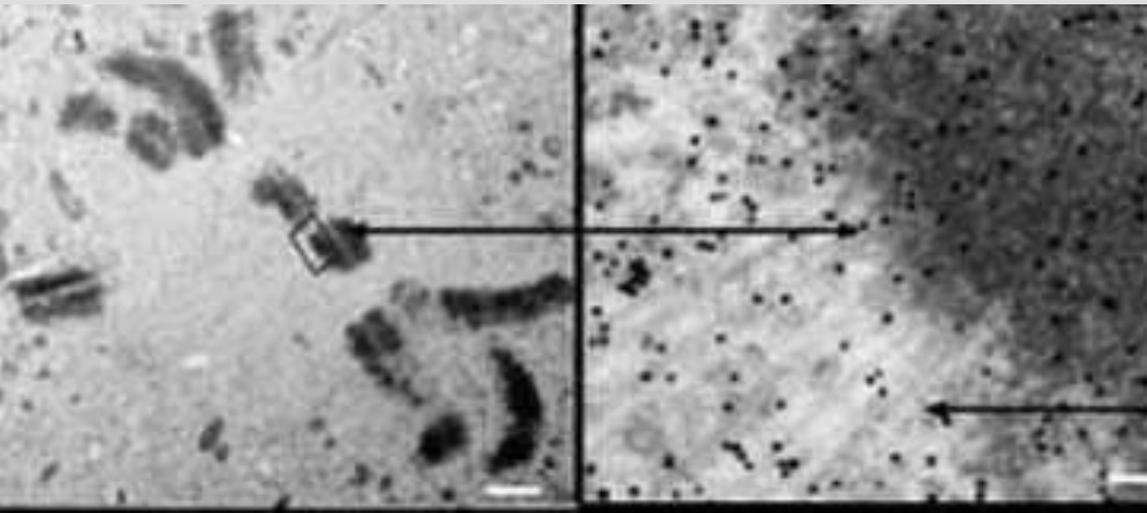
Observation des microtubules (en vert) reliés aux kinétochores (en rouge) des chromosomes (en bleu).

Cytochimie par fluorescence.

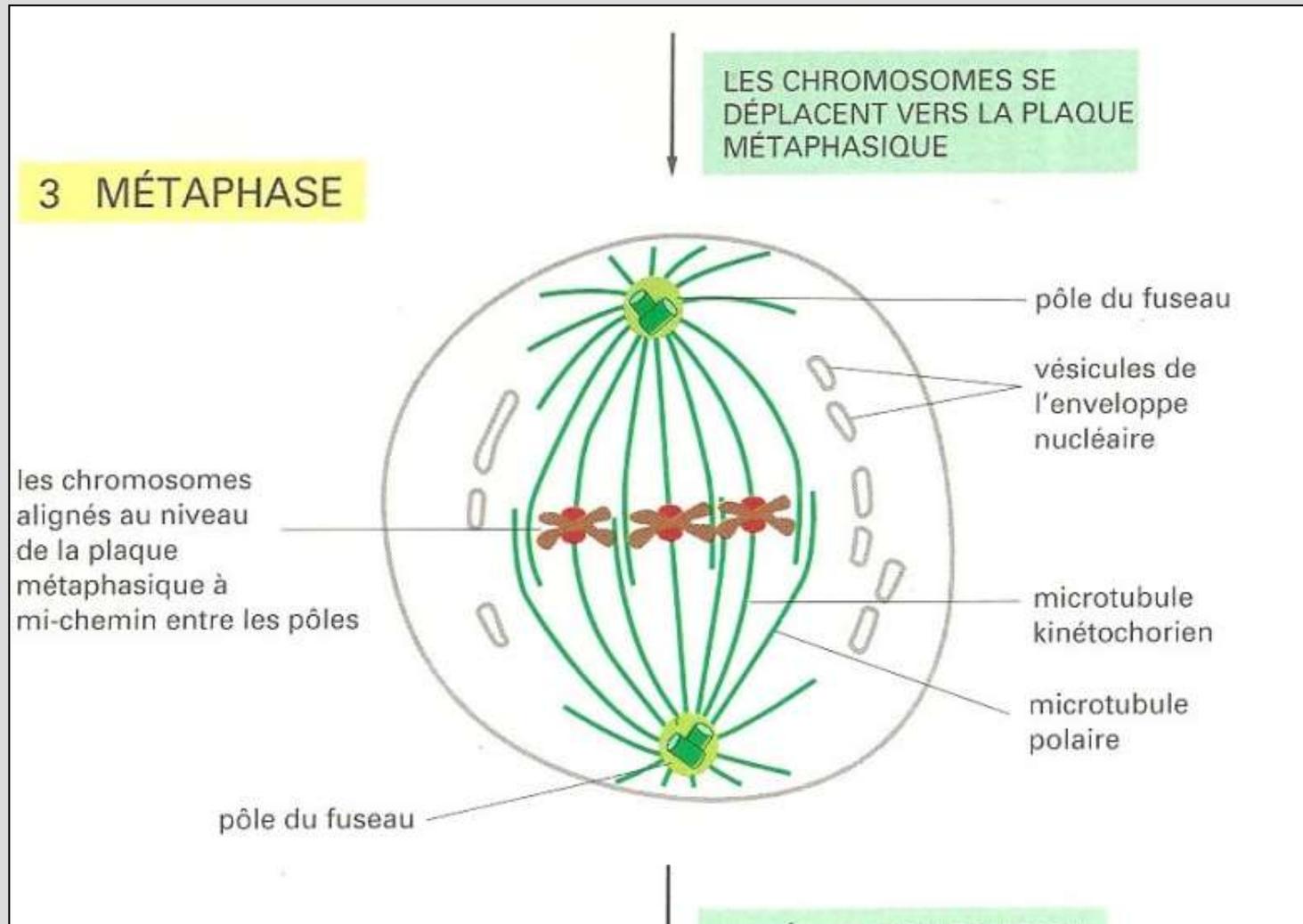
<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Mitose/img-anim/fluocouleur.htm>

Observation en ME des microtubules fixés au kinétochore.

www.wadsworth.org/rvbc/kinetochore_1.jpg



Document 24. Les étapes de la mitose : la métaphase



Document 24. Les étapes de la mitose : l'anaphase

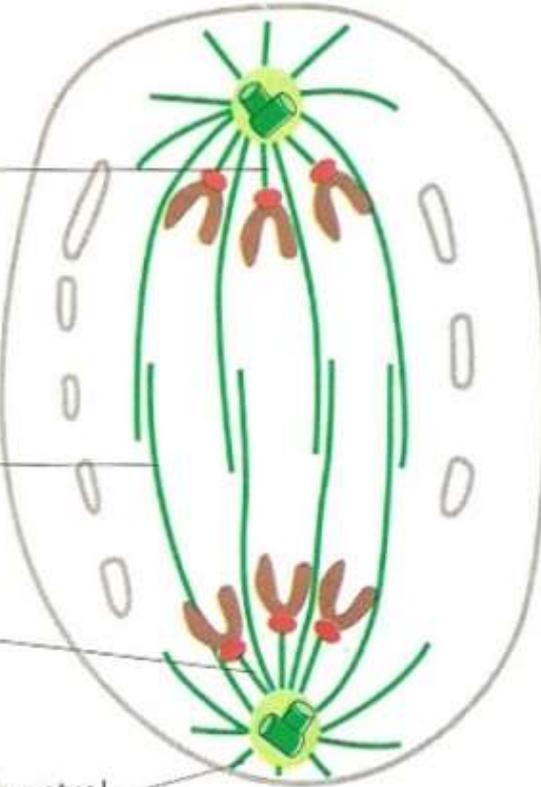
4 ANAPHASE

les microtubules
kinétochoriens se
raccourcissent lorsqu'une
chromatide (chromosome)
est tirée vers le pôle

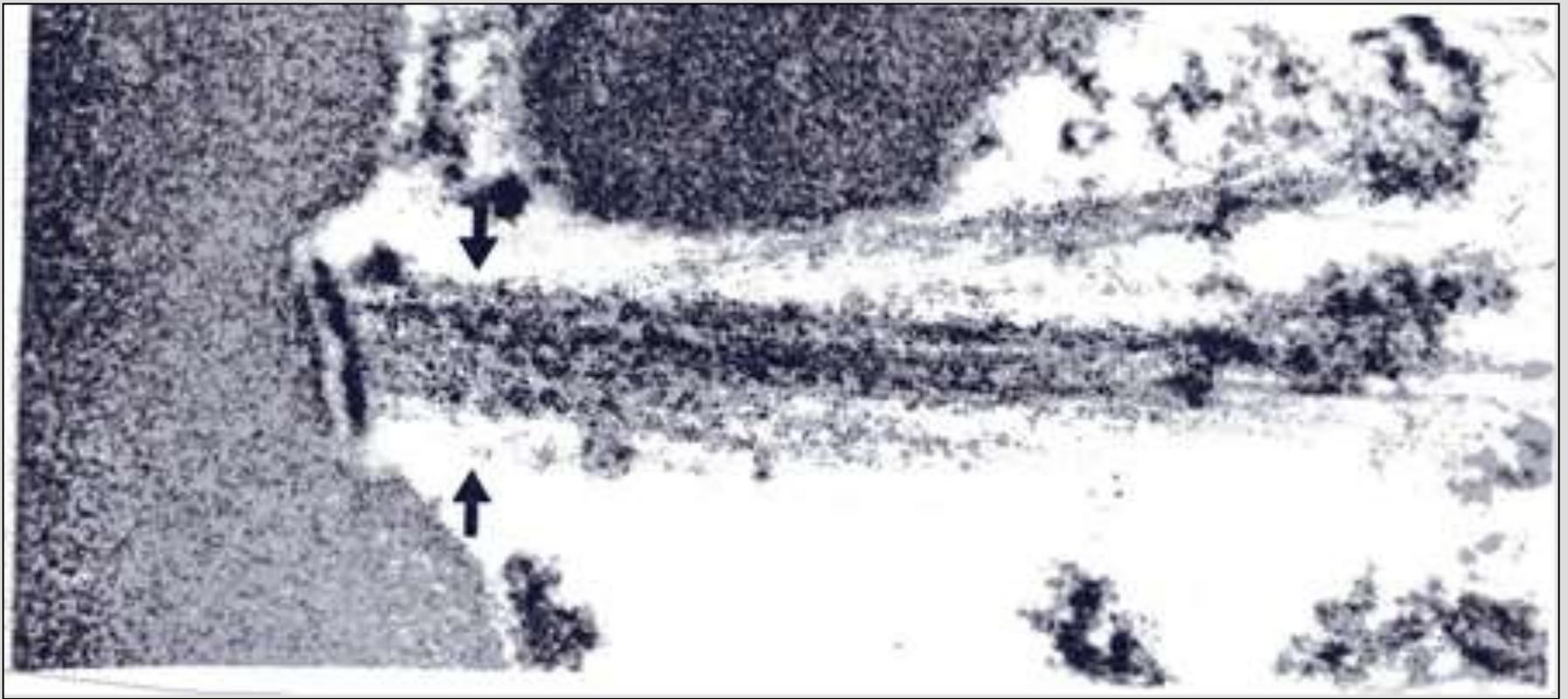
microtubule polaire
en élongation

microtubule kinétochorien
qui se raccourcit

microtubule astral



séparation
croissante des pôles

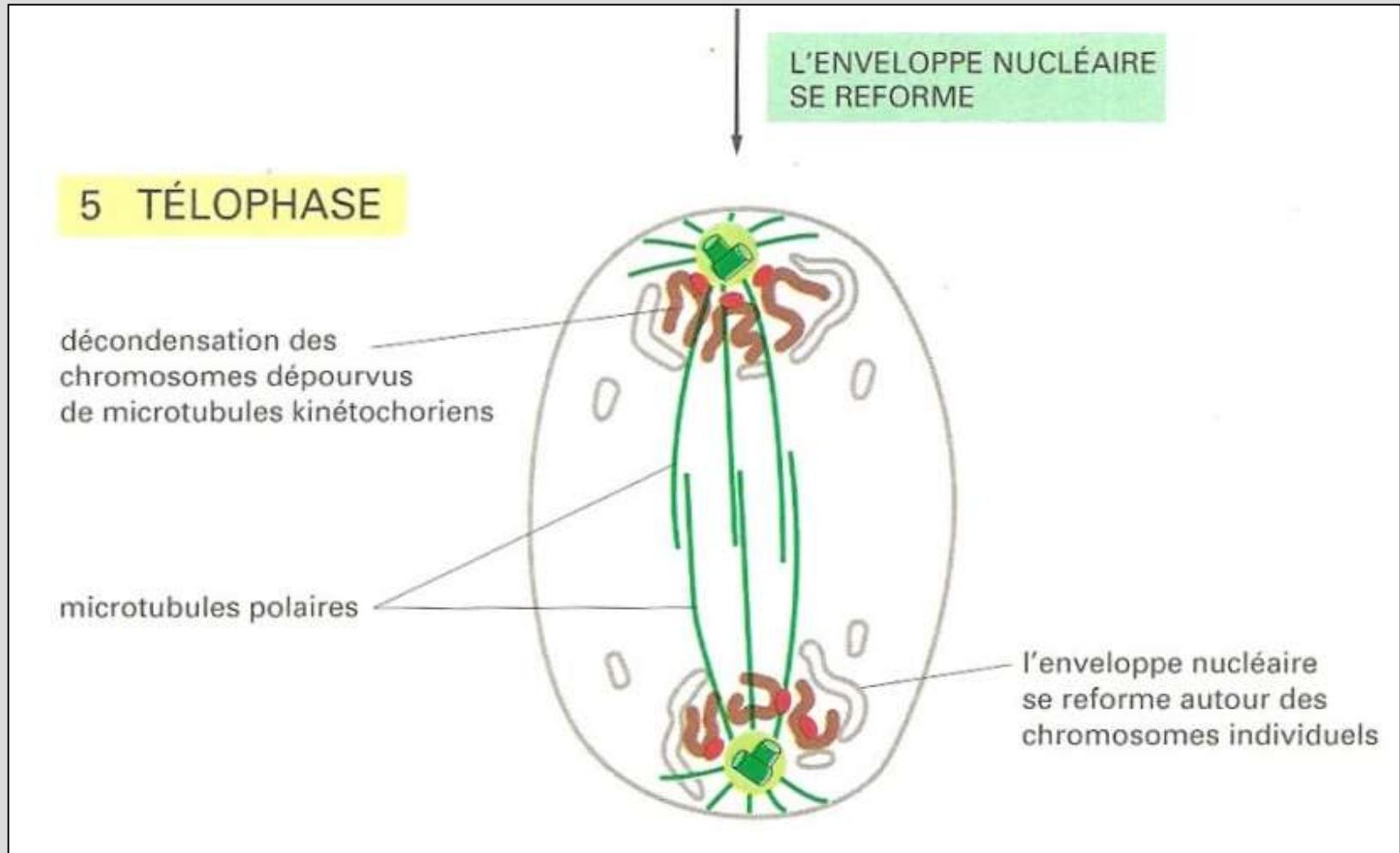


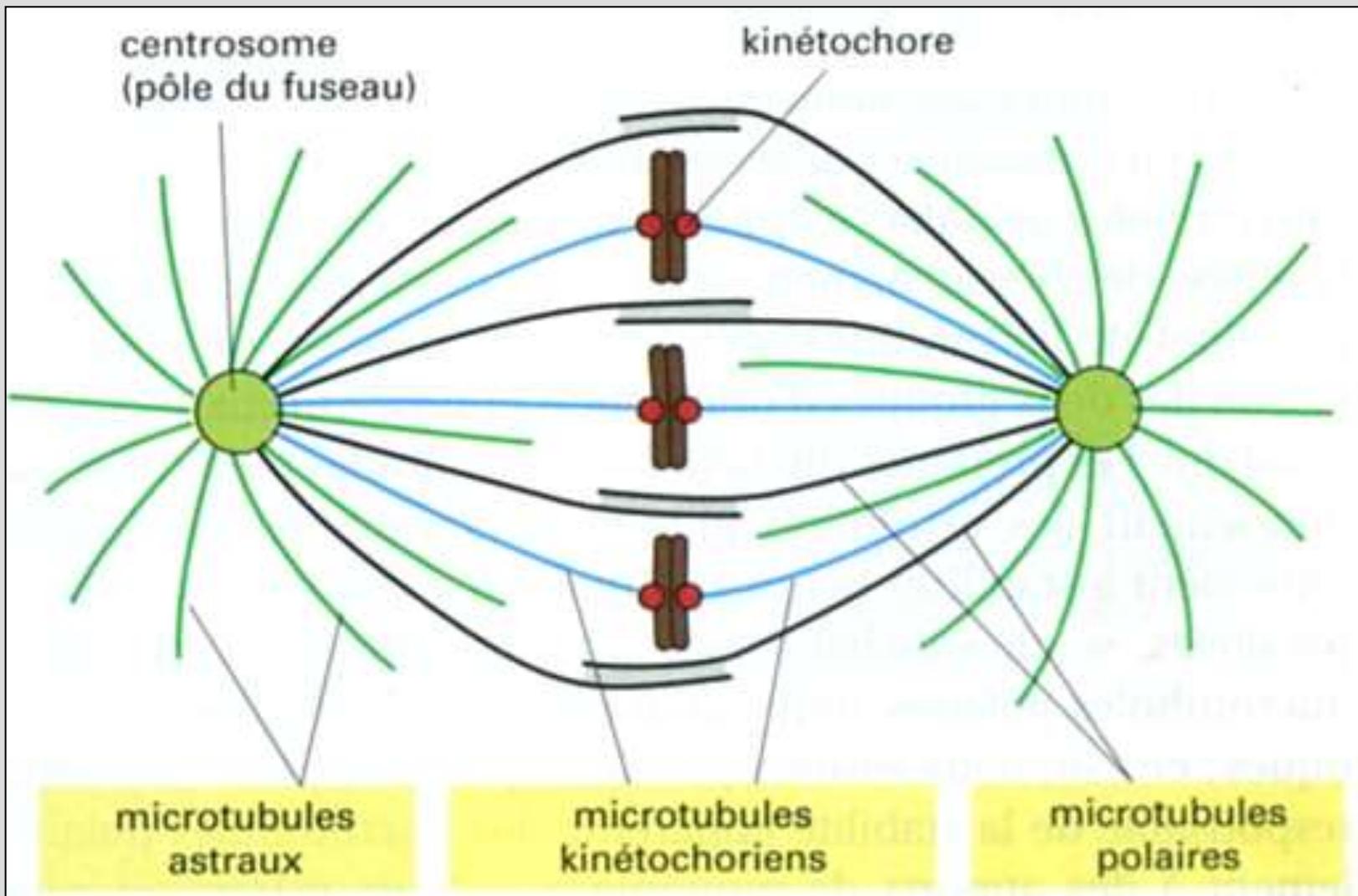
Document 25 : Expérience montrant que les microtubules kinétochoriens s'allongent par leur extrémité liée au kinétochore (ext +).

Les points noirs représentent des sphères d'or couplées à des anticorps anti-biotine (la biotine ayant été préalablement liée de façon covalente à la tubuline).

(ALBERTS B. et coll., « Biologie moléculaire de la cellule », 3e édition, Médecine-Sciences - Flammarion Ed., 1998).

Document 24. Les étapes de la mitose : la télophase.



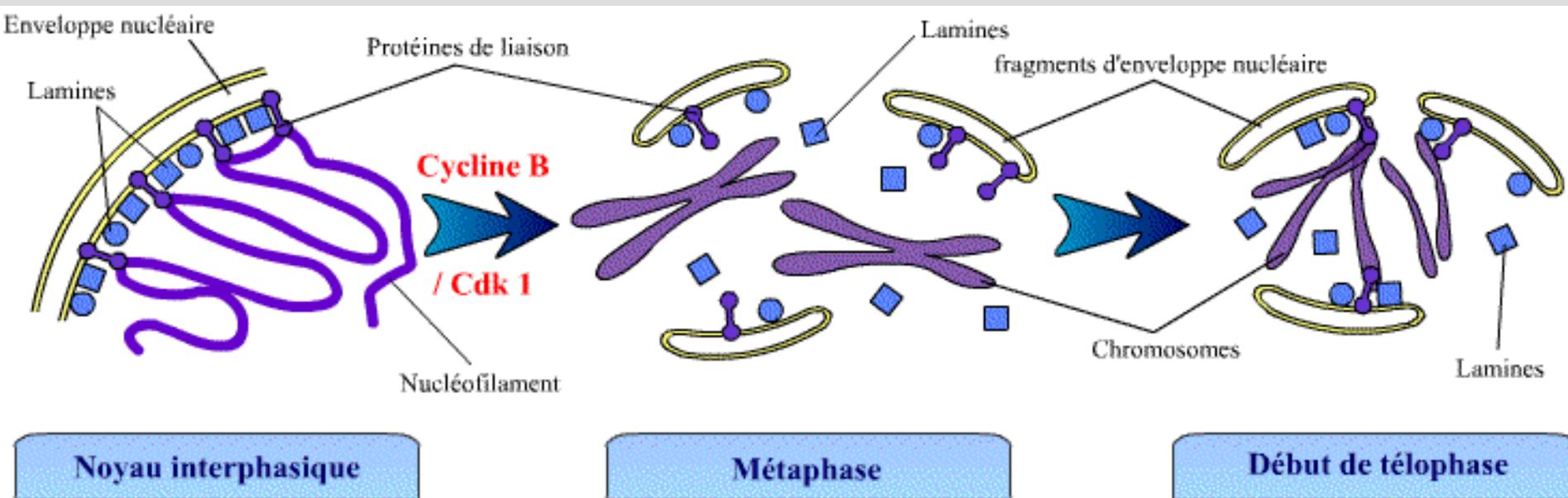


Document 26. Les trois classes de microtubules du fuseau mitotique mature.

En réalité, les chromosomes sont plus grands et de multiples microtubules sont attachés à chaque kinétochore.

(ALBERTS B. et coll., " Biologie moléculaire de la cellule ", 3^e édition, Médecine-Sciences - Flammarion Ed., 1998).

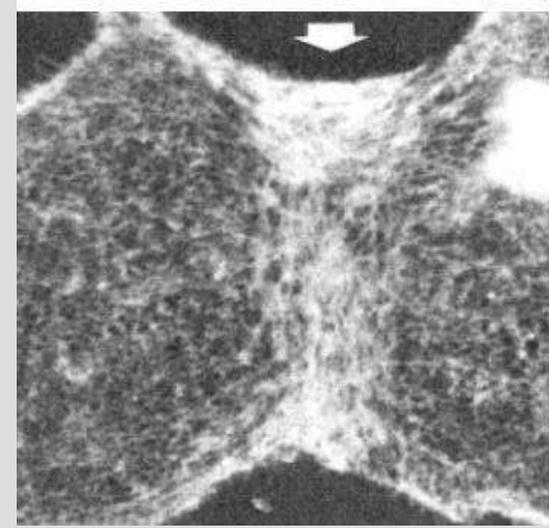
Dépolymérisation des lamines et désorganisation de l'enveloppe nucléaire



La phosphorylation des lamines au début de la mitose provoque leur dépolymérisation. Or ces lamines étaient associées à l'enveloppe nucléaire, et permettaient de la structurer. En conséquence, l'enveloppe nucléaire se disperse en petites vésicules.

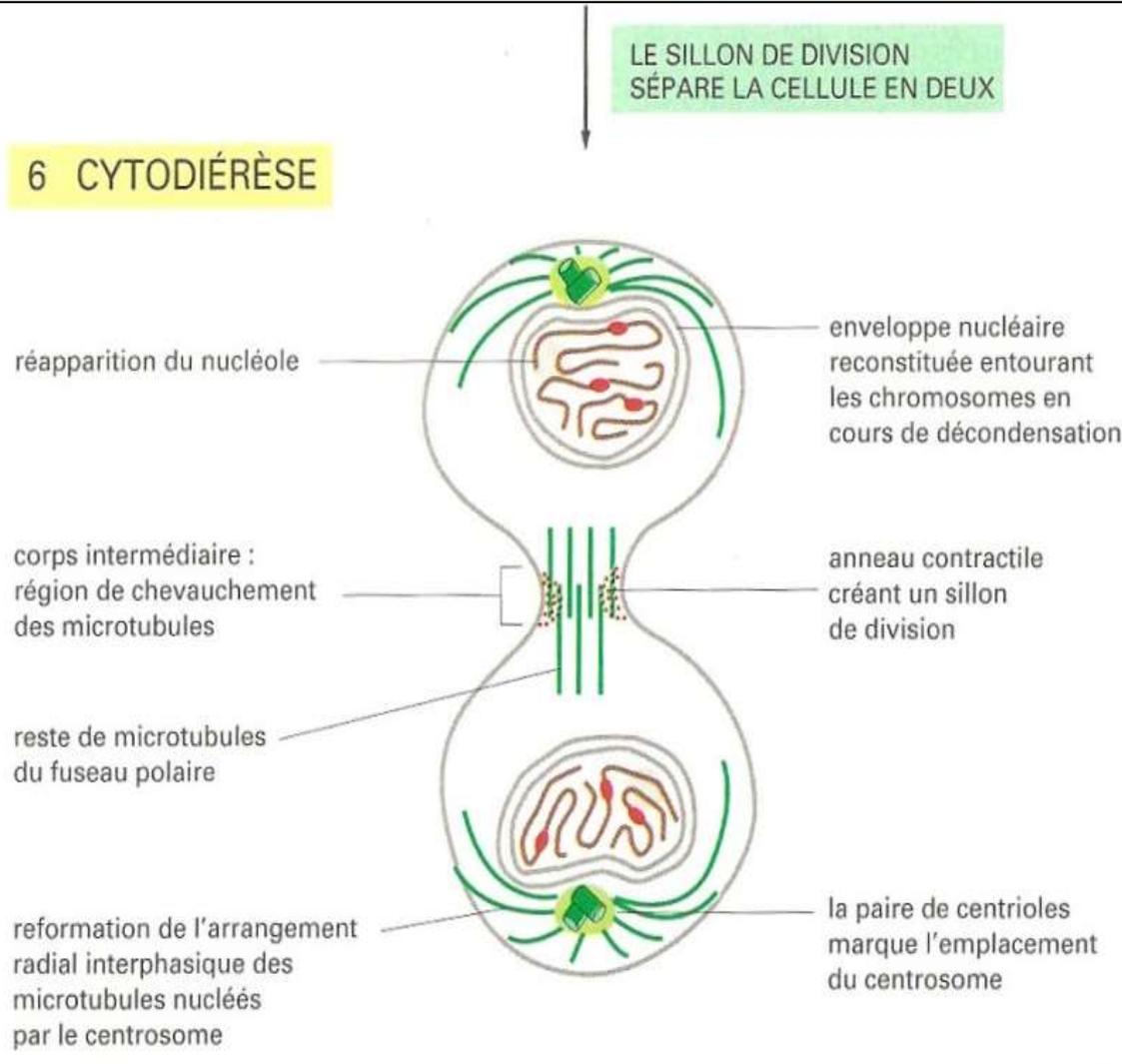
Les lamines ont des séquences de liaison aux chromosomes, ce qui facilite la reformation de l'enveloppe nucléaire autour de ceux-ci en fin de mitose.

Document 24. Les étapes de la mitose : la cytotodiérèse (=cytocinèse).

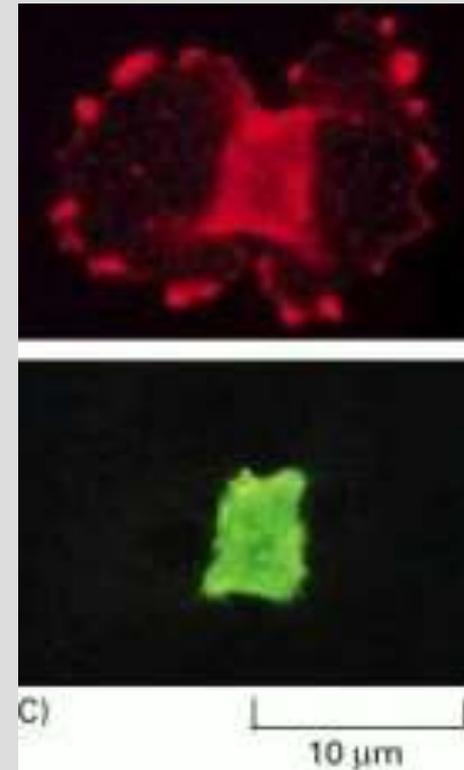


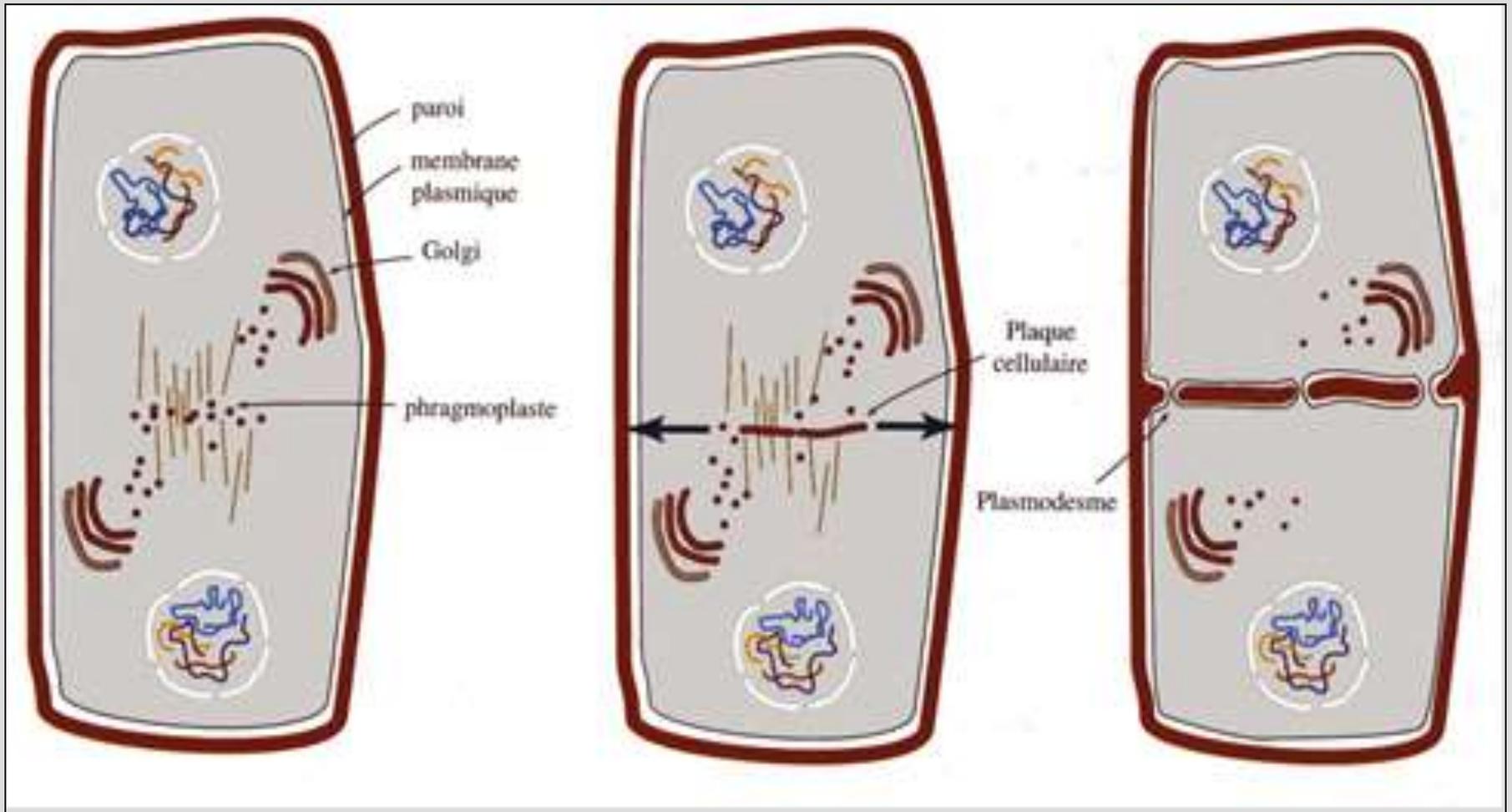
Anneau contractile en MET

6 CYTODIÉRÈSE



Actine (en rouge) et myosine (en vert).
Immuno-fluorescence

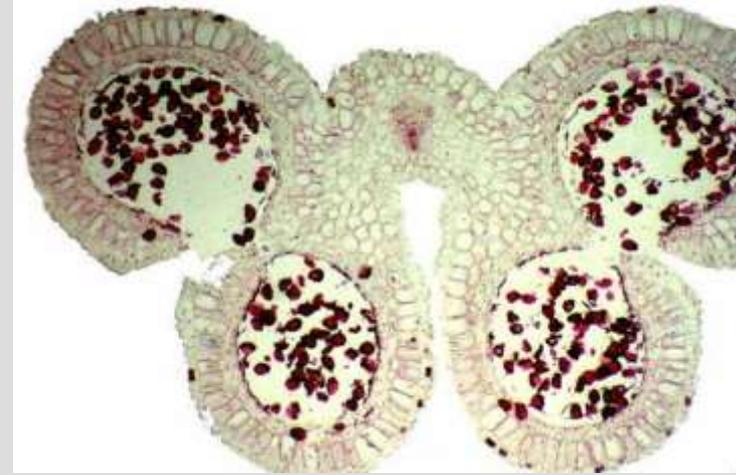




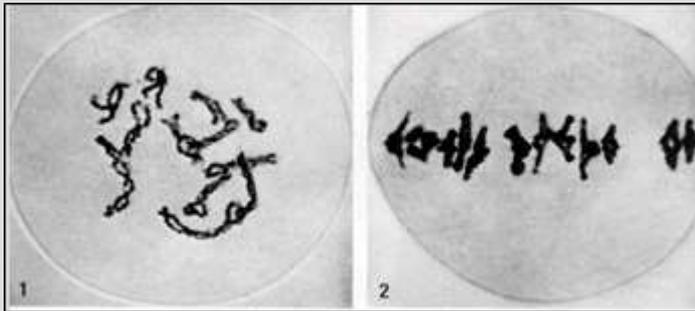
Document 27 : Cytodiérèse chez les cellules des Embryophytes.

(Bassaglia Y., Biologie cellulaire, édition Maloine).

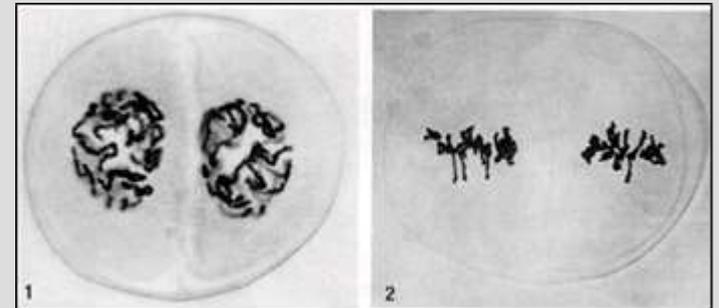
Les étapes de la méiose



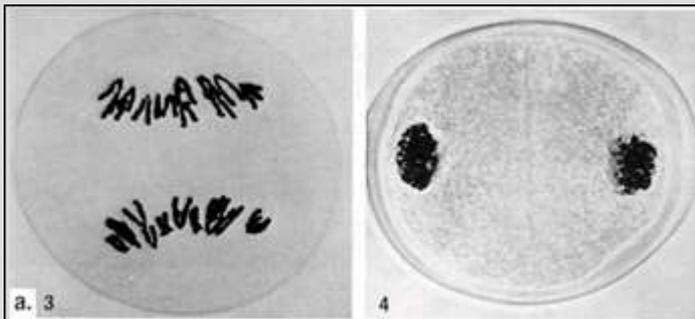
La méiose dans les anthères de Lis



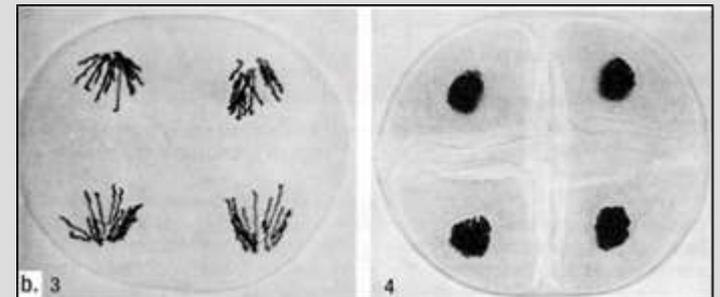
Prophase et métaphase I



Prophase et métaphase II



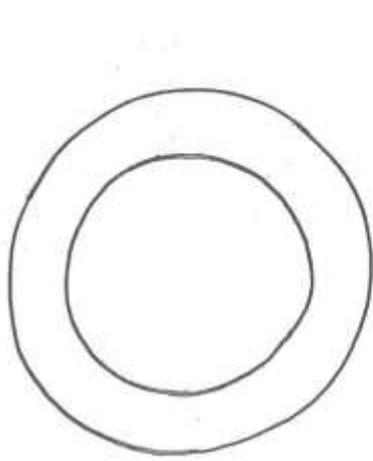
Anaphase et télophase I



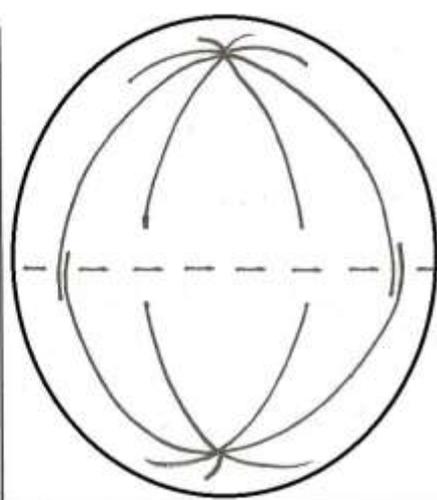
Anaphase et télophase II

à compléter pour une cellule à $2n = 4$ chromosomes

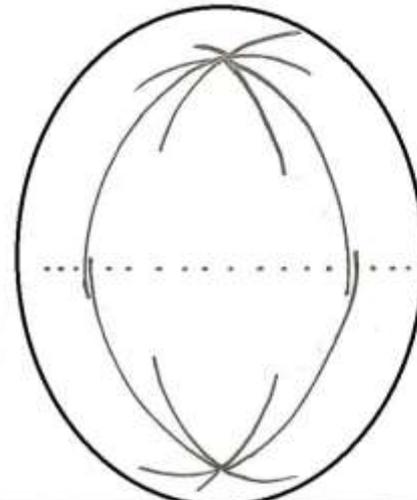
DIVISION REDUCTIONNELLE



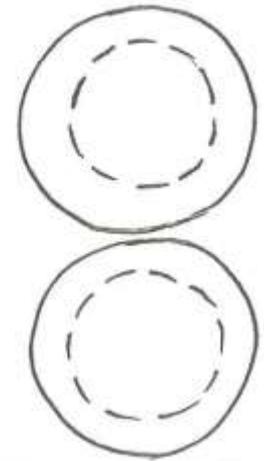
Prophase I



Métaphase I



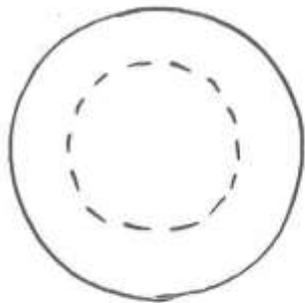
Anaphase I



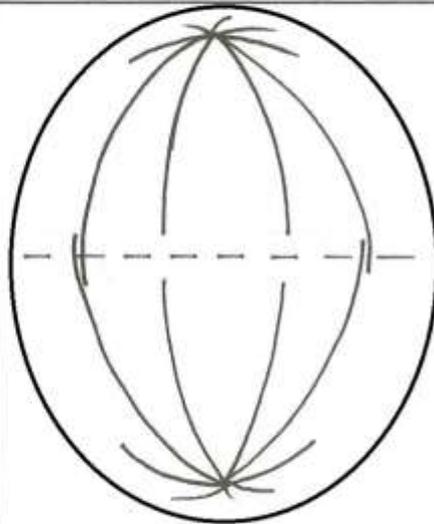
Télophase I

x 2

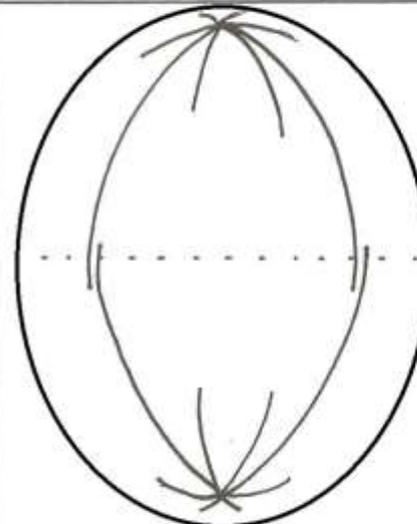
DIVISION EQUATIONNELLE



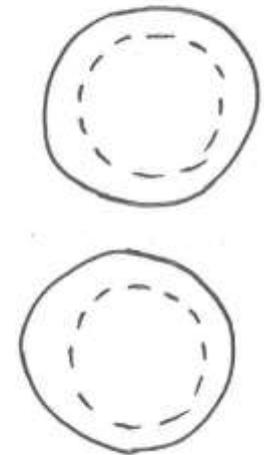
Prophase II



Métaphase II

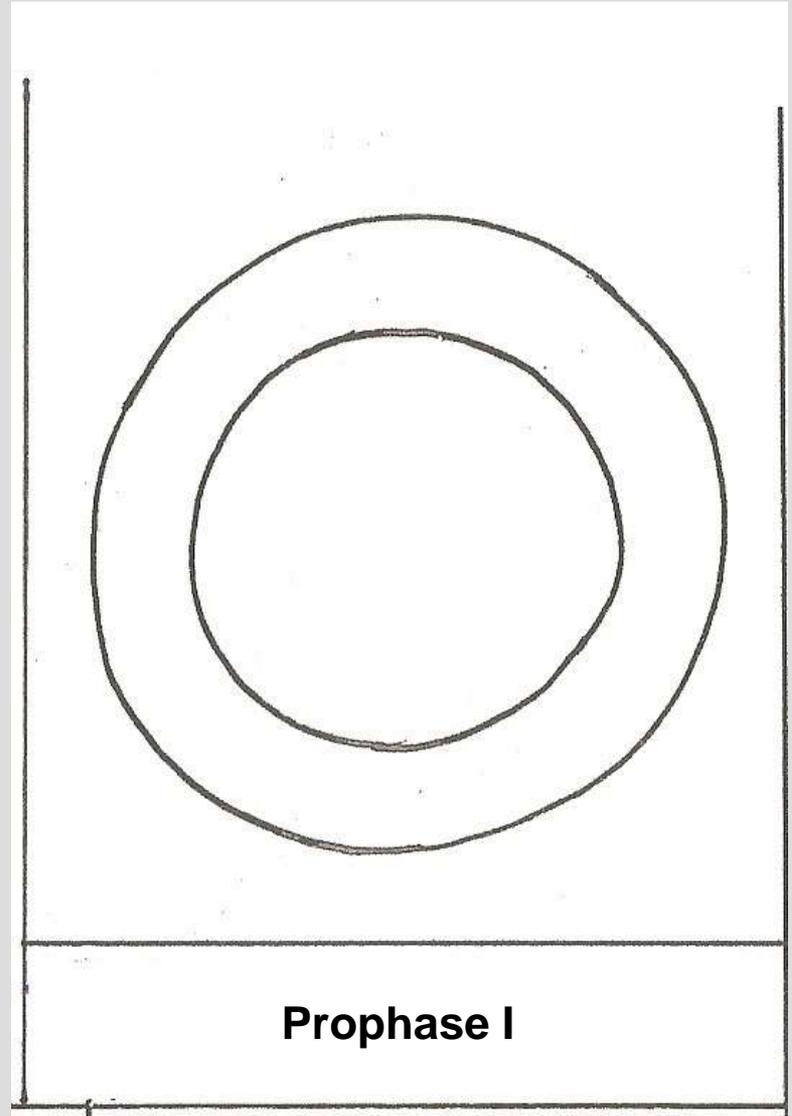


Anaphase II



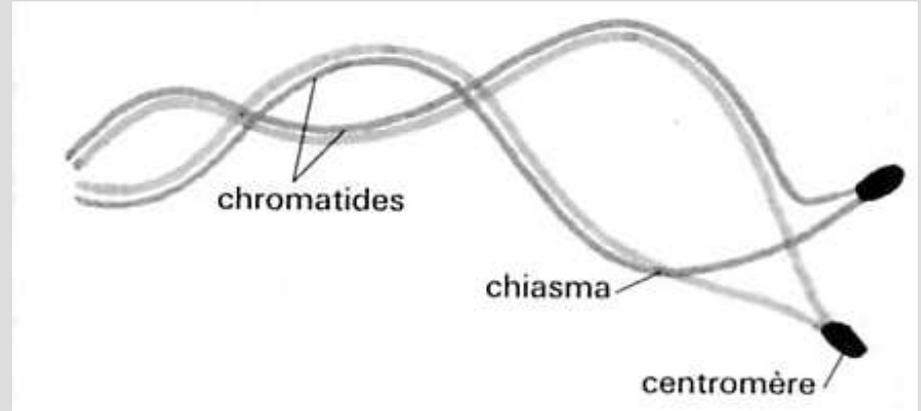
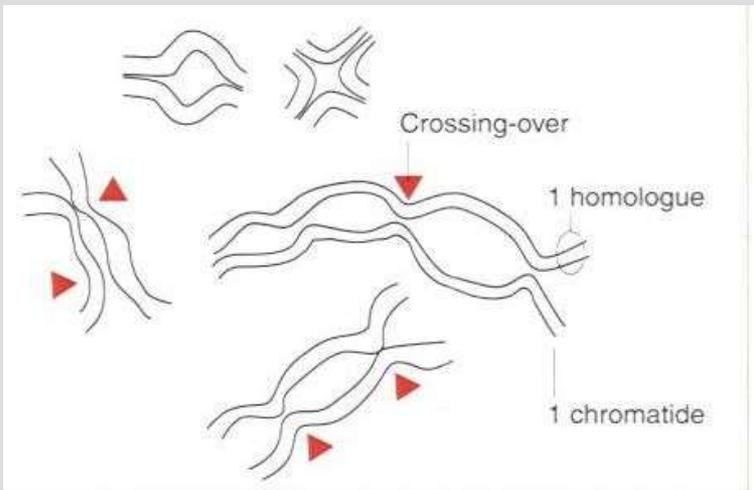
Télophase II

Document 28. Les étapes de la méiose.

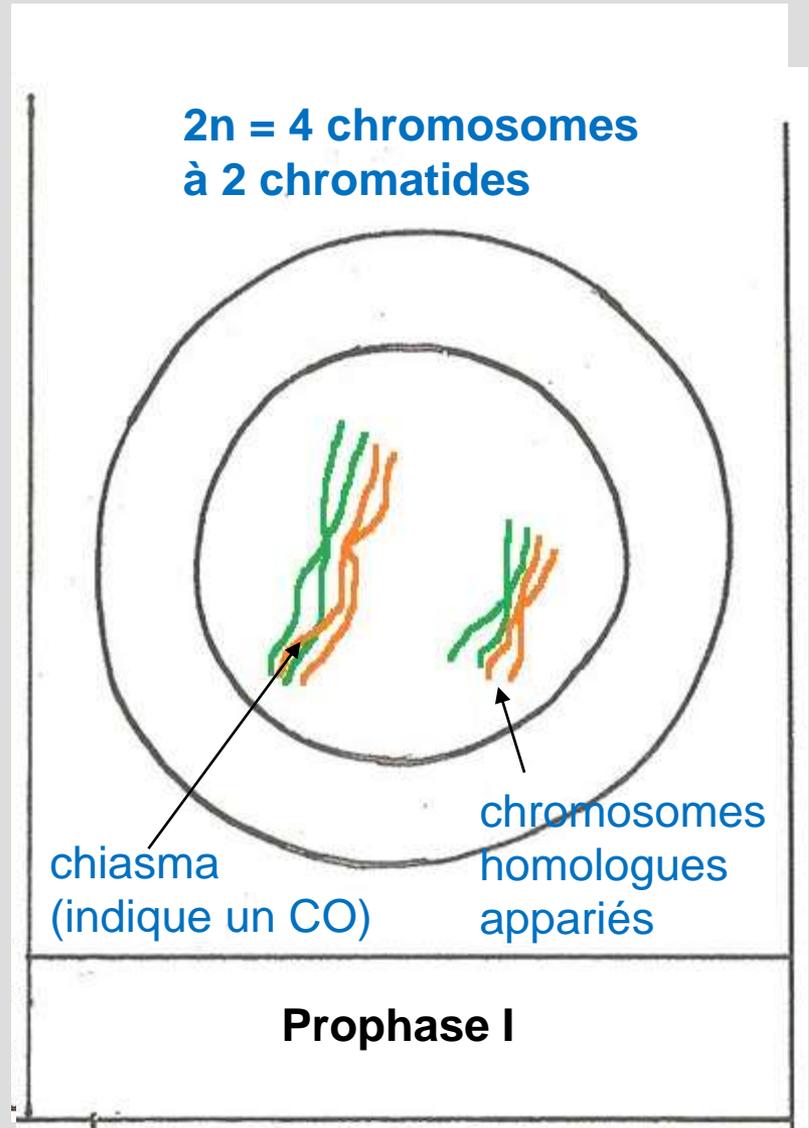


Prophase I

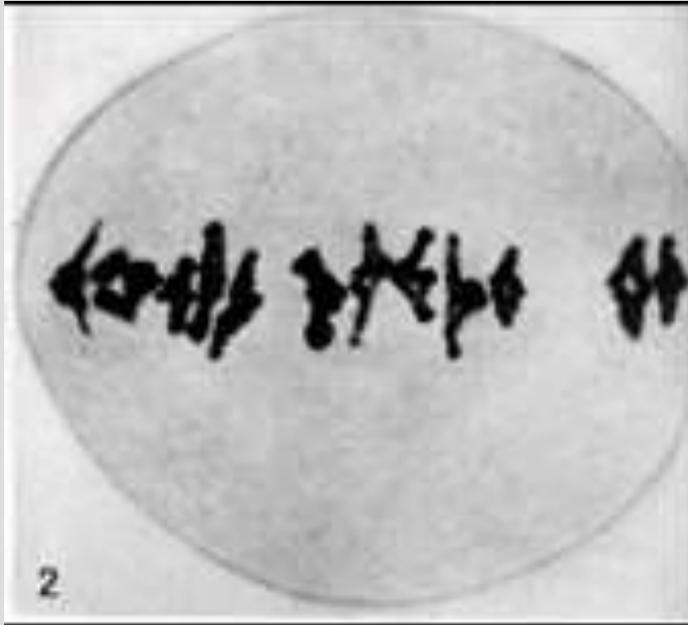
Document 29. L'appariement des chromosomes homologues en prophase I.



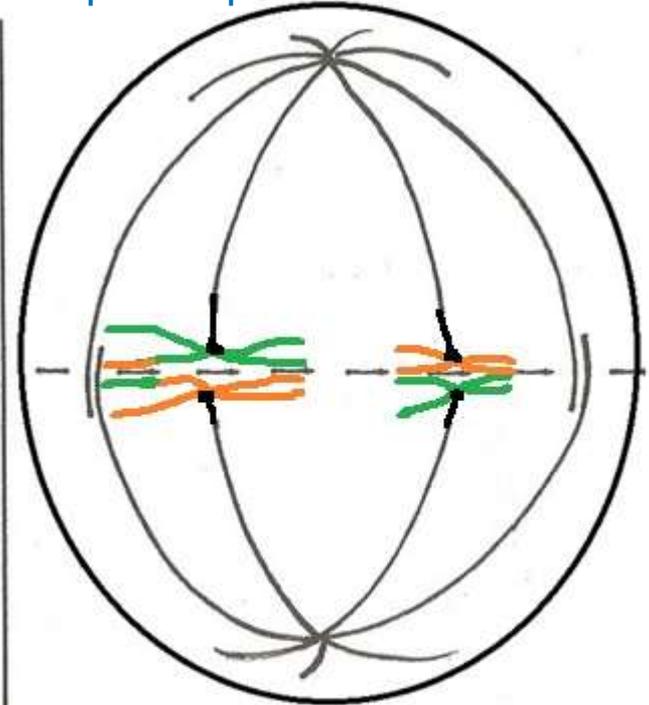
Division réductionnelle



Division réductionnelle

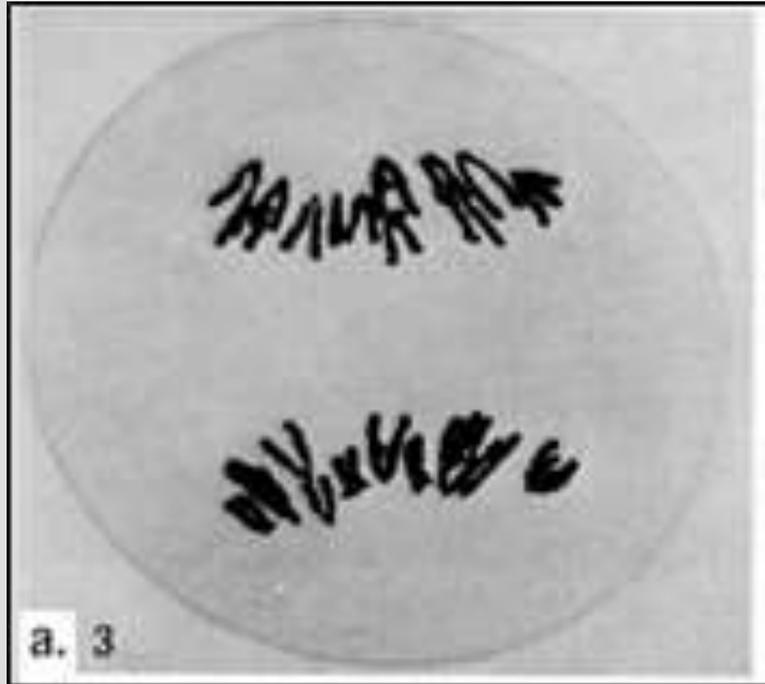


Centromères de part et d'autre
du plan équatorial

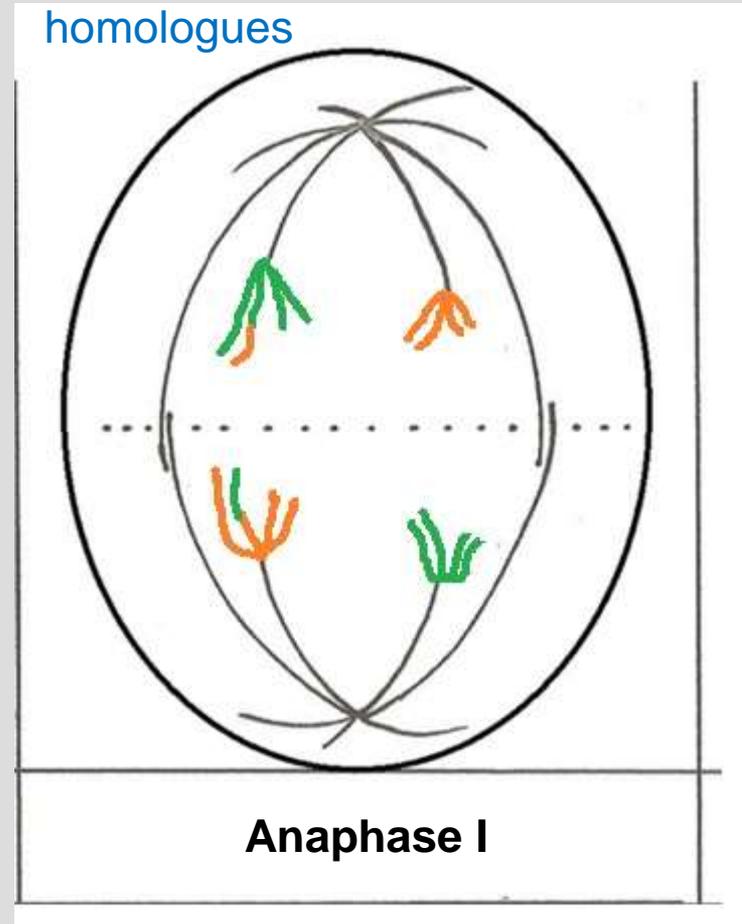


Métaphase I

Division réductionnelle



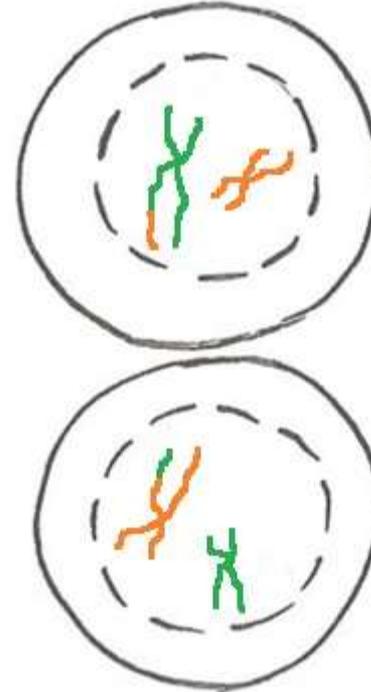
Disjonction des chromosomes homologues



Division réductionnelle



n chromosomes à 2 chromatides
dans chaque cellule fille

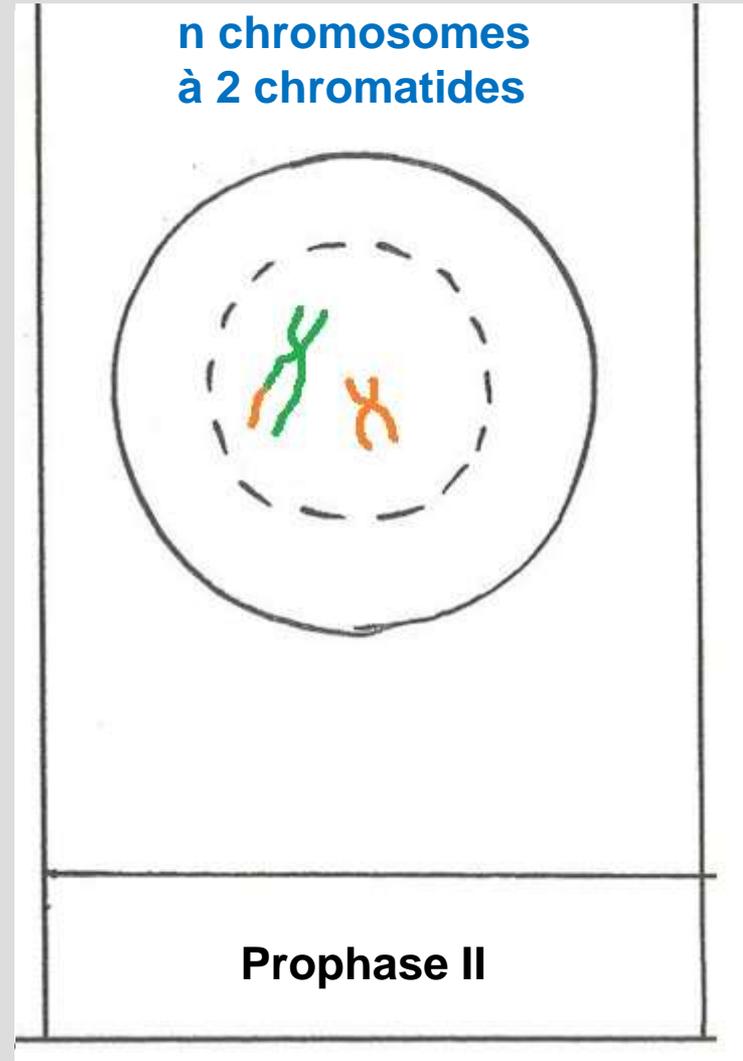


Télophase I

Division équationnelle

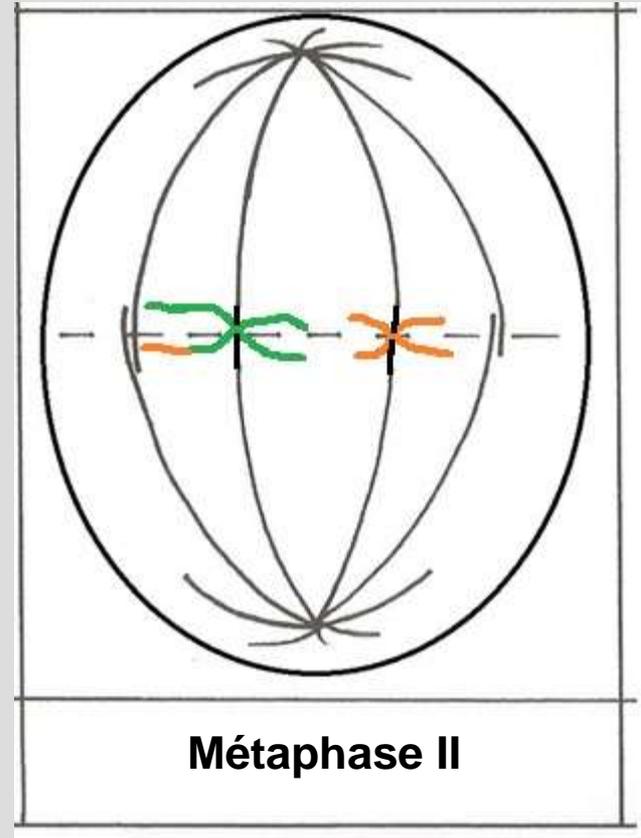
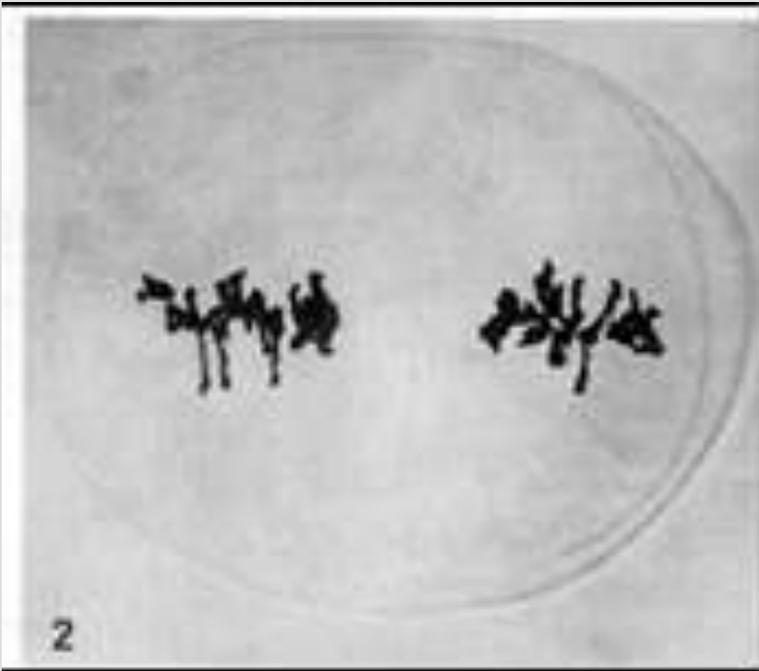


Le schéma montre le devenir d'une seule de ces deux cellules, mais c'est la même chose pour l'autre...



Division équationnelle

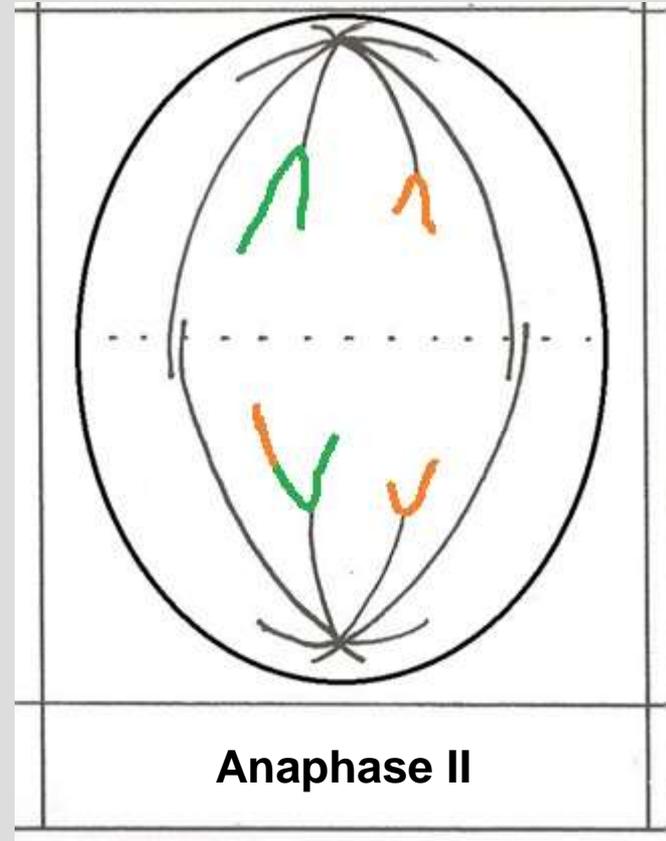
Centromères dans
le plan équatorial



Division équationnelle

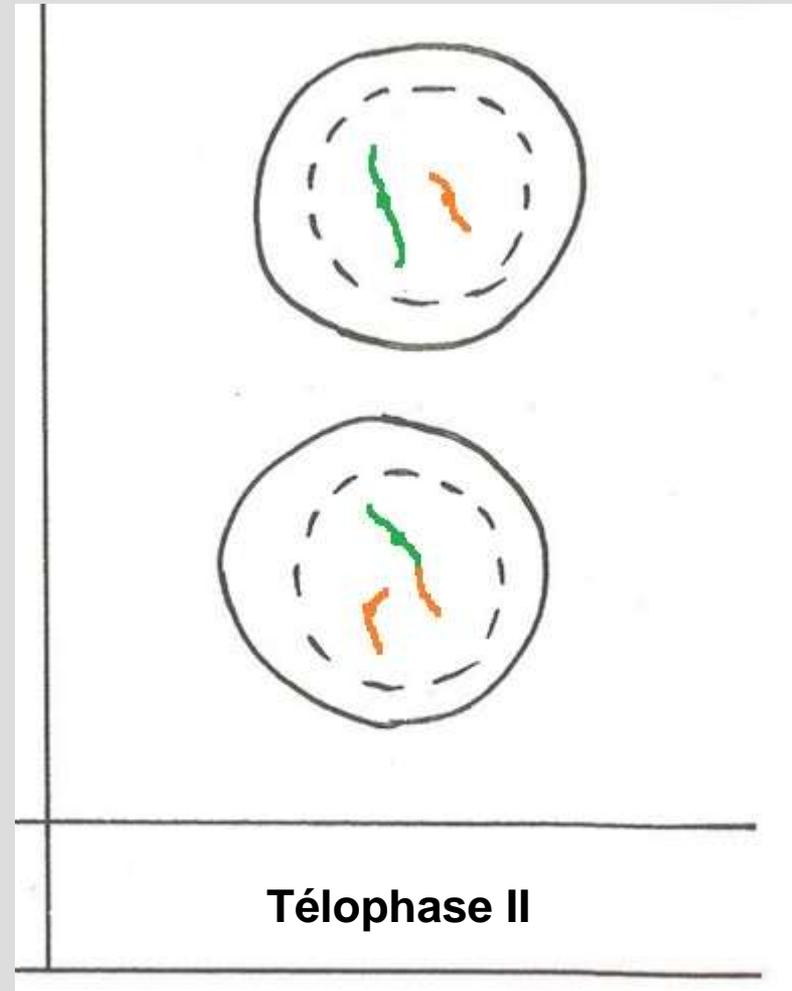
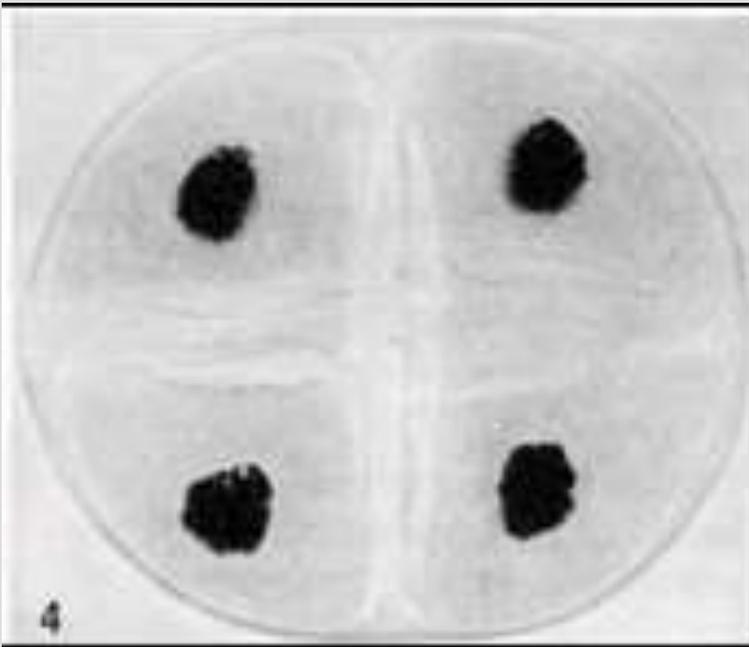


Disjonction des chromatides



Division équationnelle

n chromosomes à 1 chromatide
dans chaque cellule fille



Document 30. Evolution de la quantité d'ADN au cours de la méiose.

