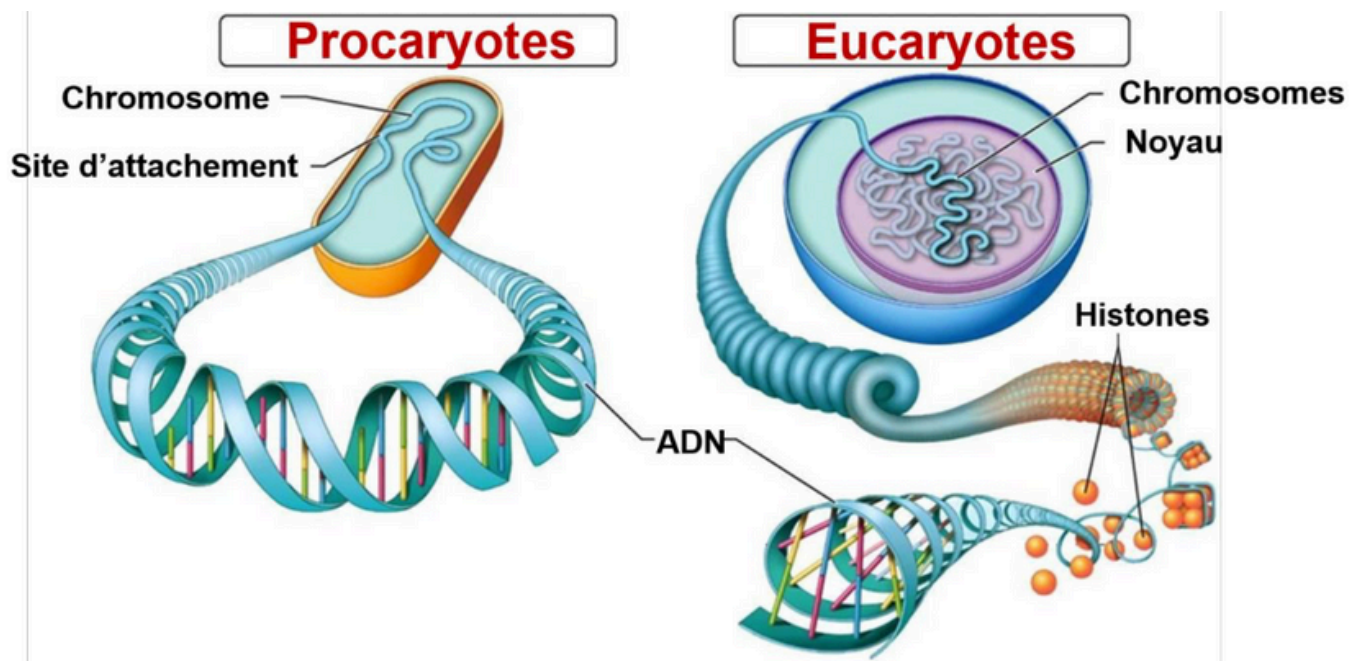


LÉCTURE IB



Objectifs :

Connaître **l'organisation** des différents génomes

Connaître les **mécanismes** et les stades de **compaction** du génome eucaryote

Savoir définir ce qu'est la **plöidie**, la **chromatine**, **l'hétérochromatine** et les **territoires chromosomiques**

Dans cette lecture, nous allons nous intéresser à l'organisation générale du génome chez les procaryotes et chez les eucaryotes et de façon plus approfondie, à son organisation chez les eucaryotes.

Nous aborderons tout d'abord les différences générales d'organisation du génome viral procaryote et eucaryote en termes de nature, de forme ou de segmentation et de compaction.

Puis, nous nous intéressons plus particulièrement à l'organisation et à compaction des génomes eucaryotes.

Nous verrons ce qu'est le caryotype et la notion de ploïdie des cellules somatiques et germinales. Puis nous verrons le rôle joué par les protéines de liaison à l'ADN dans sa compaction et enfin, nous verrons que cette compaction va être variable dans le temps et dans l'espace.

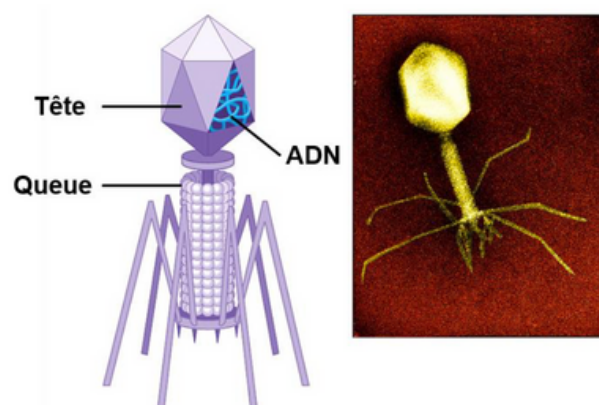
Concernant tout d'abord l'organisation du génome viral. Il faut d'emblée préciser que les **virus** ne sont généralement **PAS** considérés comme des **organismes vivants**, même s'ils possèdent un **génome**.

En effet, ce sont des **parasites cellulaires** qui sont incapables de réplication autonome. Concernant leur **génome**, ses caractéristiques sont **variables** selon les espèces de virus.

Il peut être constitué **d'ADN**, celui-ci étant sous forme simple brin ou double brin, ou encore **d'ARN**, celui-ci pouvant être également sous forme simple brin ou double brin. Chez les **rétrovirus** on retrouve un **ARN simple brin**.

Cette molécule, qu'elle soit constituée **d'ADN** ou **d'ARN**, va former une **unique molécule** ou être **segmentée**. On parlera dans ces conditions de **génome en pièce**. Elle pourra être **linéaire** ou **circulaire** (*Vous verrez ça aussi en microbio au s2*).

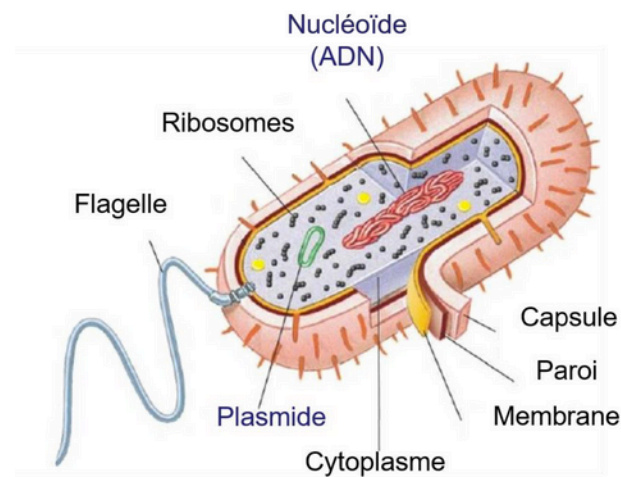
Et d'une façon générale, ce génome va être contenu dans une **capside protéique** SANS organisation particulière.



Concernant l'organisation du génome de **procaryotes**, les **bactéries** sont bien des organismes considérés **comme vivants**, puisqu'elles sont **capables de répliquer leur ADN**.

Les bactéries ne possèdent **PAS** de **noyau** et leur génome est organisé par une **structure lâche** qu'on appelle le **nucléoïde**. Elles possèdent un **UNIQUE chromosome** qui est **circulaire** et formé **d'ADN double brin**.

Par ailleurs, les bactéries peuvent posséder **une ou plusieurs molécules d'ADN accessoire** qu'on appelle des **plasmides**. Ces plasmides peuvent contenir certains gènes, comme notamment des gènes de **résistance aux antibiotiques** (*Coucou la microbio encore*).



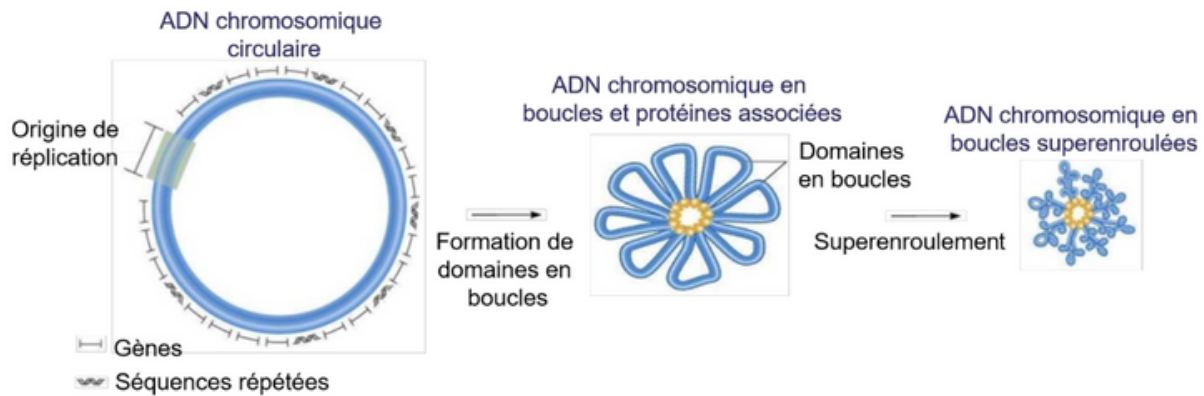
Attention + Recap

S'il vous plait on fait une pause et on fait la différence entre un **virus** et une **bactérie** donc un **procaryote**.

Virus : Ne sont **PAS** considérés comme des êtres vivants + de façon générale, leur génome va être contenu dans une **capside protéique SANS organisation particulière**.

Bactéries : Sont considérées comme des être vivants + pas de noyau

Procaryote :



Je vous conseil de lire tout en regardant les schémas pour bien comprendre au début.

Sur ce schéma, nous voyons le contenu d'un ADN chromosomique avec une **origine de réplication** qui va être importante pour la duplication de l'ADN, puis différents gènes qui sont interrompus par des régions **d'ADN non codantes** constituées de **séquences répétées**.

Le chromosome des **bactéries** va pouvoir être sous une forme **relâchée ou compacté** par **DEUX** mécanismes successifs, la formation des **domaines en boucle** associés à des protéines et le **super enroulement de ces boucles ++**.

Ainsi, lorsque l'ADN va s'associer à des protéines, il va pouvoir être compacté par formation de **domaine en boucle** et dans un deuxième temps, le **superenroulement** de ces boucles va permettre d'obtenir un **niveau maximal** de compaction de **l'ADN circulaire**.

Attention + Recap

On retient ++ que chez les procaryotes on a que 2 étapes de compaction de l'ADN !

1. **Formation de domaines en boucle associé a des protéines**
2. **Le superenroulement des boucles**

On verra en détail que c'est différent chez les eucaryotes.

Eucaryote :

Concernant l'organisation du génome eucaryote, les **eucaryotes** sont des êtres qui peuvent être **uni ou multicellulaires** ++. Il faut tout d'abord noter que le génome eucaryote a une **double origine**.

En effet, les cellules eucaryotes possèdent bien un **véritable noyau** (*Attention pas comme les procaryotes qui n'ont pas de véritable noyau on s'en souvient*) qui contient un génome qu'on appelle **génome nucléaire**, et ce génome est constitué **d'ADN double brin** qui est **segmenté** sous la forme de chromosomes **linéaires** et **associé à des protéines**.

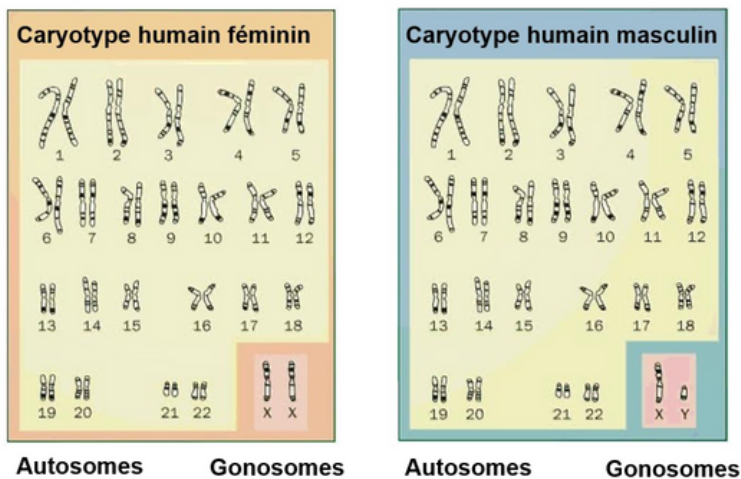
Les cellules eucaryotes possèdent également des **mitochondries** qui contiennent leur **propre génome** ++, qu'on appellera cette fois ci le **génome mitochondrial**, et ce génome est lui aussi constitué **d'ADN double brin**, mais il forme un unique chromosome **circulaire** qui est apparenté à celui des **bactéries**.



Il faut aussi noter que les cellules eucaryotes humaines sont de **deux types de ploïdie différente**. On a tout d'abord les cellules **somatiques** qui sont dites **diploïdes**, car elles possèdent **deux jeux de chromosomes**.

Les chromosomes des cellules somatiques sont **QUASI identiques deux par deux** et vont former des **paires** de chromosomes qu'on appelle **homologues**. Ces cellules possèdent donc **$2n=46$ chromosomes** avec n étant égal à **23 paires** chez l'homme.

Et dans chacune des paires de chromosomes homologues, il existe un chromosome qui est hérité du **père** et un autre qui est hérité de la **mère**.



Ainsi donc, on va distinguer sur le caryotype humain **somatique 22 paires d'autosomes** et **une paire de gonosomes**, les gonosomes étant les chromosome **X, X chez la femme** et la paire de chromosomes **X, Y chez l'homme**.

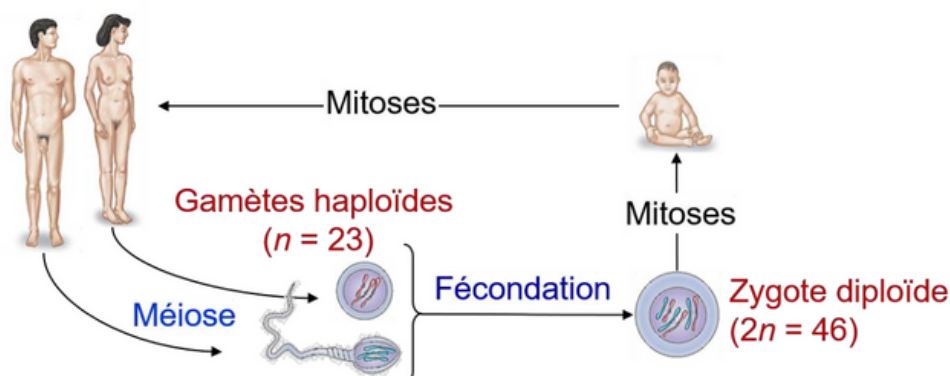
Il existe un **deuxième type de cellules eucaryotes humaines**. Ce sont les **gamètes** qui sont dits **haploïdes**, car ils possèdent **un seul jeu de chromosomes**.

Ces gamètes vont être formés **à partir de cellules diploïdes** grâce au processus de **méiose** et la méiose va donc permettre de **réduire de moitié le nombre de chromosomes** puisqu'elle va être initiée à partir de cellules diploïdes.

Ainsi, les **spermatozoïdes** et les **ovocytes** ne posséderont plus qu'un seul chromosome de chaque paire de chromosomes homologues, soit une **version maternelle**, soit une **version paternelle** de ce chromosome.

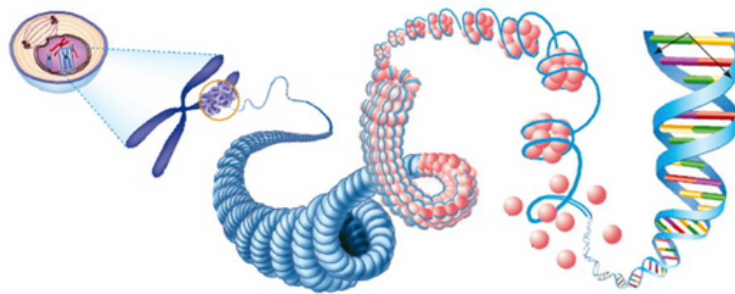
Ils ne possèdent alors plus que **$n=23$ chromosomes**, à savoir 22 autosomes et 1 gonosome, soit le gonosome X, soit le gonosome Y.

C'est lors de la **fécondation** que va être reformée à nouveau une cellule **diploïde**, la première de ces cellules étant appelée le **zygote**. Et à partir de ce zygote, ce sont les processus de **mitose** qui vont permettre la croissance de l'individu et tout au long de la vie le renouvellement des cellules.



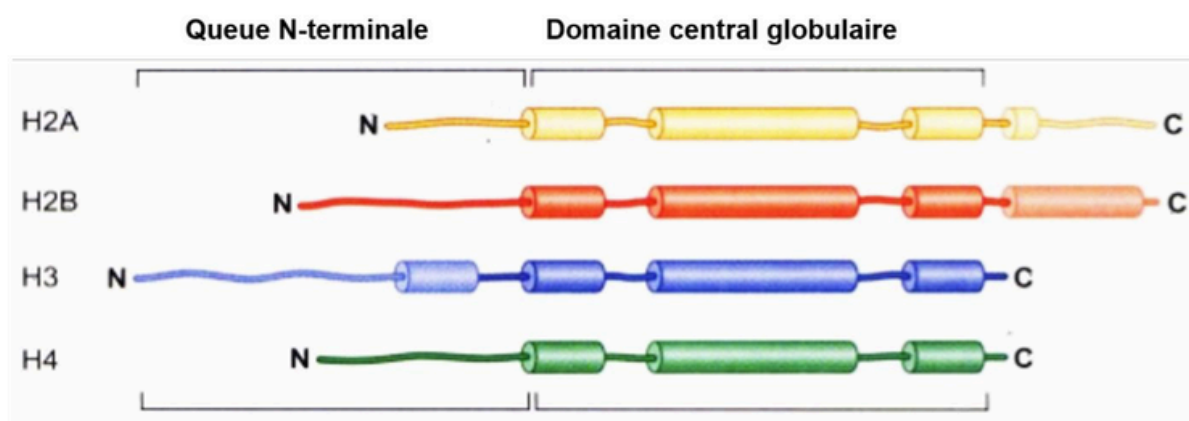
L'ADN dans une cellule eucaryote existe sous différents **niveaux de compaction**, et notamment les **chromosomes** qui constituent le **niveau maximal** de compaction de l'ADN +++.

Cette compaction va remplir de multiples fonctions. Elle va notamment permettre le **stockage** de l'ADN dans le noyau, le **protéger** contre d'éventuels dommages, être indispensable pour sa **transmission correcte** durant la division cellulaire et également permettre une **organisation** qui va faciliter l'expression des gènes.



La compaction de l'ADN va faire intervenir de **nombreuses protéines** et les protéines qu'on appelle **histones** sont celles qui vont **initier** le processus de compaction.

Ces protéines forment une **famille** dont les principaux membres sont les histones **H1, H2A, H2B, H3 et H4**. Ces protéines possèdent une **structure commune** qui comprend un **domaine globulaire central** et une **extrémité N-terminale variable** appelée **queue** des histones dont les **modifications** vont réguler le processus de compaction de l'ADN.



Les histones ont la particularité d'être des **protéines riches en acides aminés BASIQUES** comme la **lysine et l'arginine**, et dont la **charge positive** va **faciliter** l'interaction avec l'**ADN**, dont la charge est quant à elle **négative** du fait de la présence des **groupes phosphate ++**.

Attention + Recap

On retient please :

L'ADN est chargé **négativement** car présence de **groupe phosphate**.

Les **histones** sont chargés **positivement** car présences de **protéines basiques**.

Les contraires s'attirent donc ils interagissent bien ensemble !

Pour **initier** le processus de compaction, les histones **H2A, H2B, H3 et H4** vont tout d'abord s'associer entre elles **deux par deux** pour former un **cœur protéique globulaire**. Ce cœur protéique va donc être constitué de **huit molécules histones** et sera pour cette raison appelée **octamère ++**.

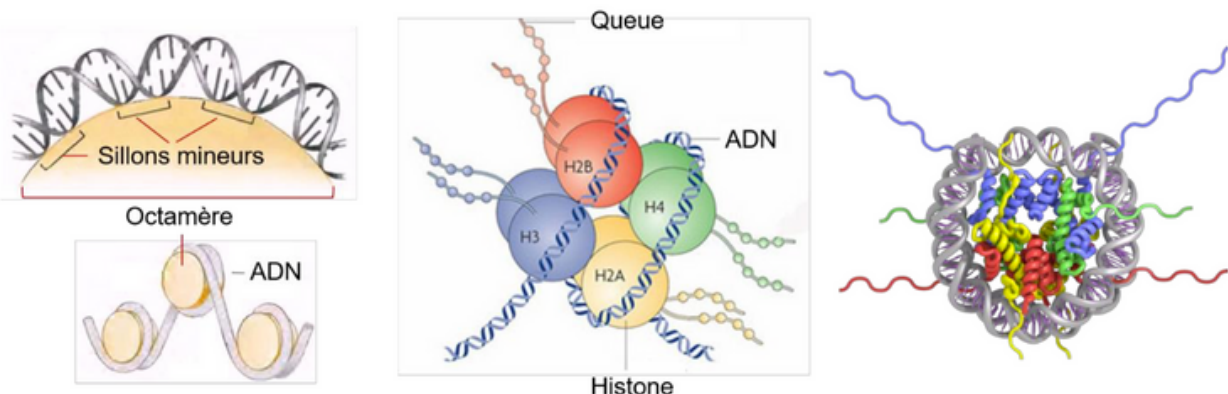
Attention

Oyez Oyez ! Je demande votre attention, faites attention on voit bien ici que l'histone H1 est pas encore là.

À **l'extérieur** de ce cœur protéique, va se trouver la **queue N-terminale variable** des histones. Et c'est **autour** de ce cœur protéique que l'ADN va venir **s'enrouler** pour son **premier niveau de compaction**.

On voit ici, à gauche de l'écran, l'interaction de l'ADN avec un **octamère** d'histones. On peut remarquer que cette interaction va se faire par l'intermédiaire des **sillons mineurs** de l'ADN ++.

Puis, à droite, on voit la constitution précise de cet octamère d'histones avec les molécules d'histones associées deux par deux, la queue N-terminale qui fait **saillie** hors du cœur protéique et l'ADN qui est enroulé sur **deux tours autour de ce cœur protéique**.



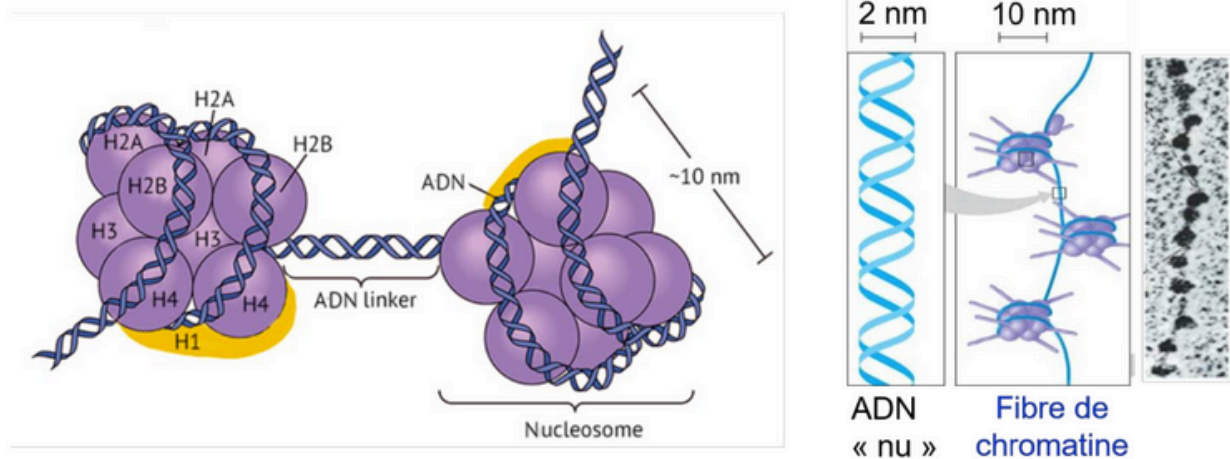
Faites une pause, buvez de l'eau, levez vous, allez aux toilettes et on reprend !
Vous êtes les meilleurs, on est à la moitié.

Le **premier** niveau de compaction de l'ADN va être appelé la **fibre de chromatine**. L'ADN enroulé autour de l'octamère va former l'**unité de base** qu'on appelle un **nucléosome**.

A ce nucléosome va se rajouter une autre molécule d'histone, l'**histone H1** qui va permettre de **stabiliser** l'ensemble. Et les différents nucléosomes vont être reliés entre eux par de l'ADN qui reste nu et qui est appelé **ADN linker**.

Le **diamètre** d'un nucléosome ainsi formé va être de **10 nanomètres** et cet ensemble de nucléosomes reliés entre eux par l'ADN linker va former une structure en **collier de perles** qu'on appelle la **fibre de chromatine**.

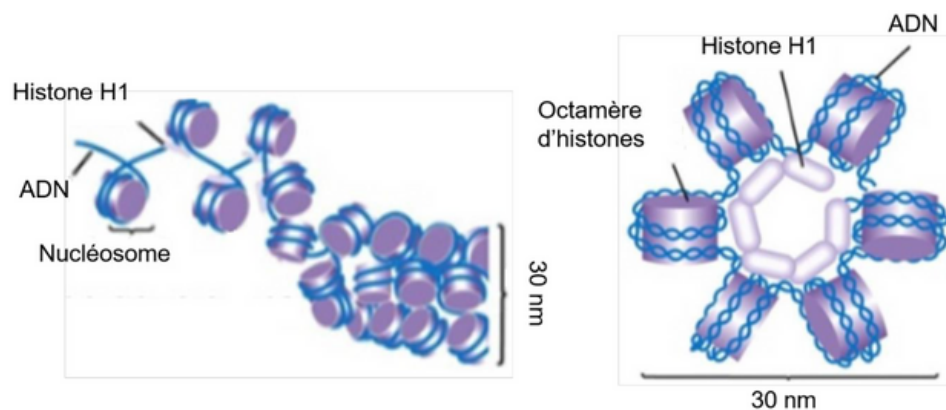
Cela correspond donc au **premier** niveau de compaction permettant de passer de l'**ADN nu**, qui possède un diamètre de **2 nanomètres**, à la **fibre de chromatine** dont le diamètre est de **10 nanomètres**.



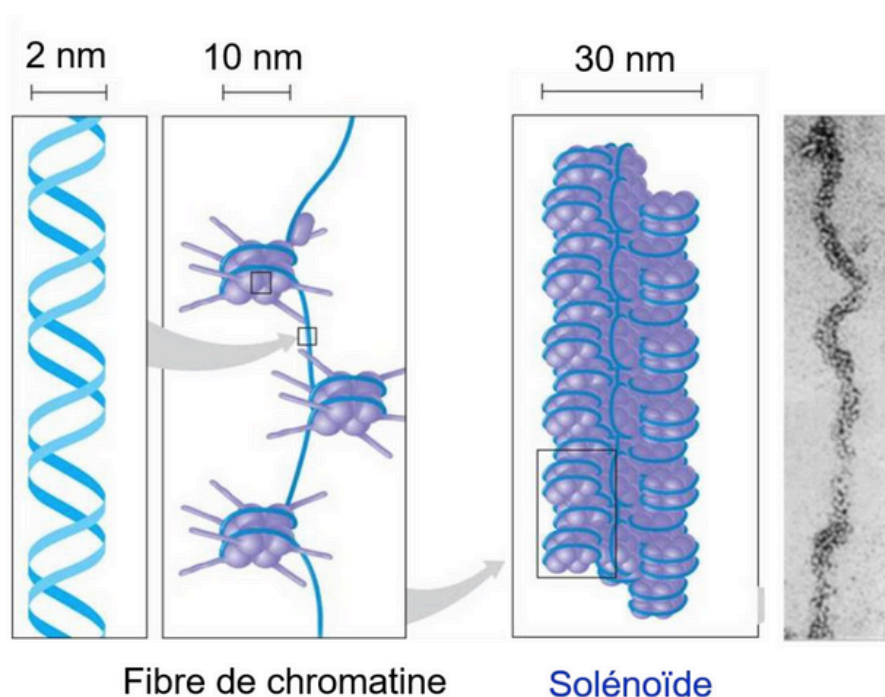
Les gars c'est important de connaître l'ordre des étapes de compaction, avec leur nom, comment on en est arrivé là et leur diamètre +++.

La compaction va ensuite poursuivre lorsque la fibre de chromatine va à son tour **s'enrouler en une hélice**. Ce nouvel enroulement va faire intervenir les **monomères d'histone H1** qui sont associés aux **nucléosomes**.

Ces différents monomères vont interagir ensemble et s'enrouler en une **hélice**, pour que l'ensemble forme une fibre de **30 nanomètres** de diamètre qu'on appelle le **solénoïde**. On voit à droite de l'écran une coupe transversale de ce solénoïde avec les interactions des différentes molécules d'histone H1 qui s'enroulent en hélice.

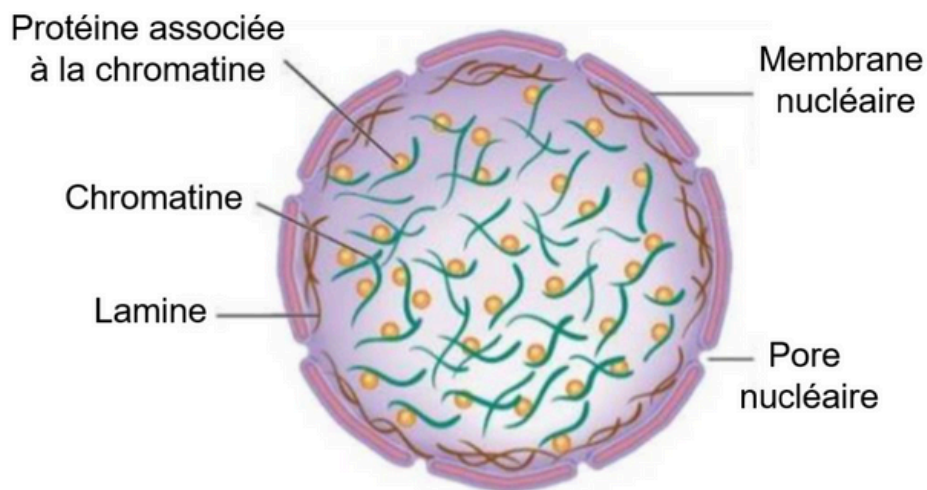


On est donc passé de la **fibre de chromatine de 10 nanomètres** de diamètre à un nouveau niveau de compaction de **30 nanomètres de diamètre**.



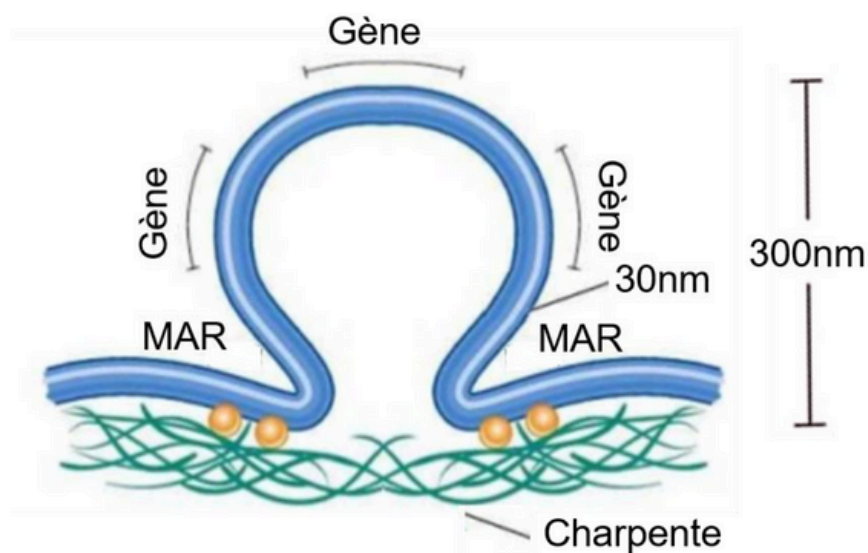
Le niveau de compaction de l'ADN suivant correspond à l'**euchromatine**. Pour atteindre cet état, le solénoïde va venir former des **boucles amarrées sur une charpente protéique**.

Cette étape de compaction va faire intervenir **deux types de protéines**, la **lamine**, qui est accolée à la face **interne** de la **membrane nucléaire**, et des **protéines de la matrice nucléaire** qui sont associées à la chromatine.



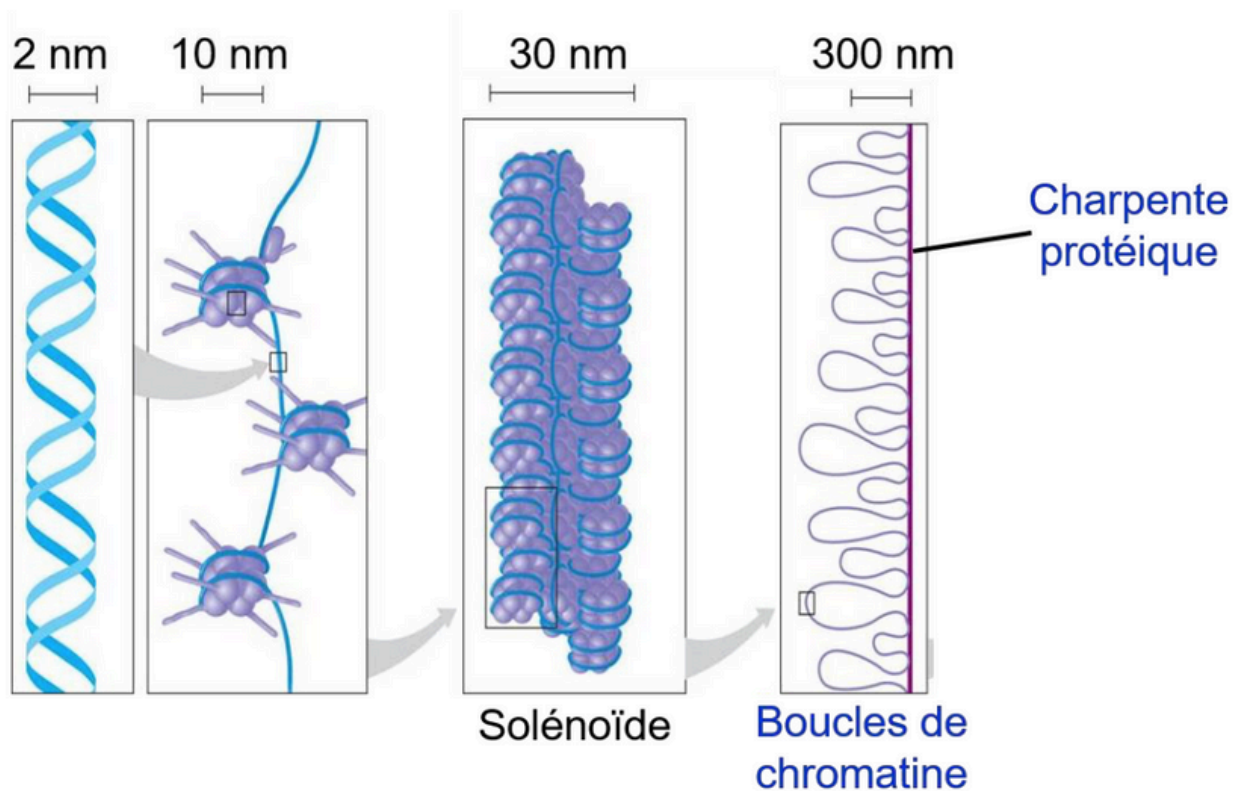
Ces protéines sont associées à la chromatine au niveau de **séquences d'ADN particulières** qu'on appelle les **séquences MAR** pour Matrix Attachment Regions.

Pour former ces boucles, les protéines qui sont associées à la **chromatine** au niveau des séquences MAR vont se fixer à la **lamine** et entraîner la formation de **domaines en boucle**.



L'intérêt de ces domaines en boucle est qu'ils vont permettre **d'isoler** les gènes qui sont contenus dans la boucle d'éventuels éléments **régulateurs** qui seraient situés en **dehors de cette boucle**.

Au final, ce niveau de compaction supérieur va donner à l'ensemble de la structure un diamètre de **300 nanomètres**.



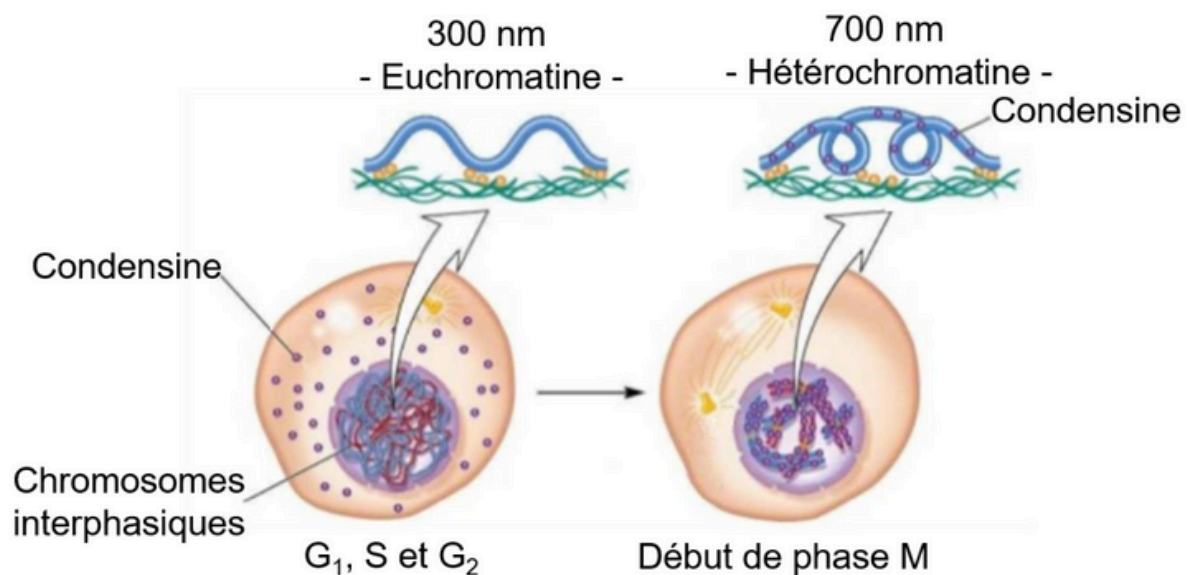
Le dernier niveau possible de compaction de l'ADN va former ce qu'on appelle **l'hétérochromatine**. C'est de cette hétérochromatine que sont formés les **chromosomes**.

Cette compaction va dépendre d'une protéine qu'on appelle la **condensine ++**. En début de mitose, cette condensine va venir **s'associer aux domaines en boucle** et induire une compaction supplémentaire de ces domaines.

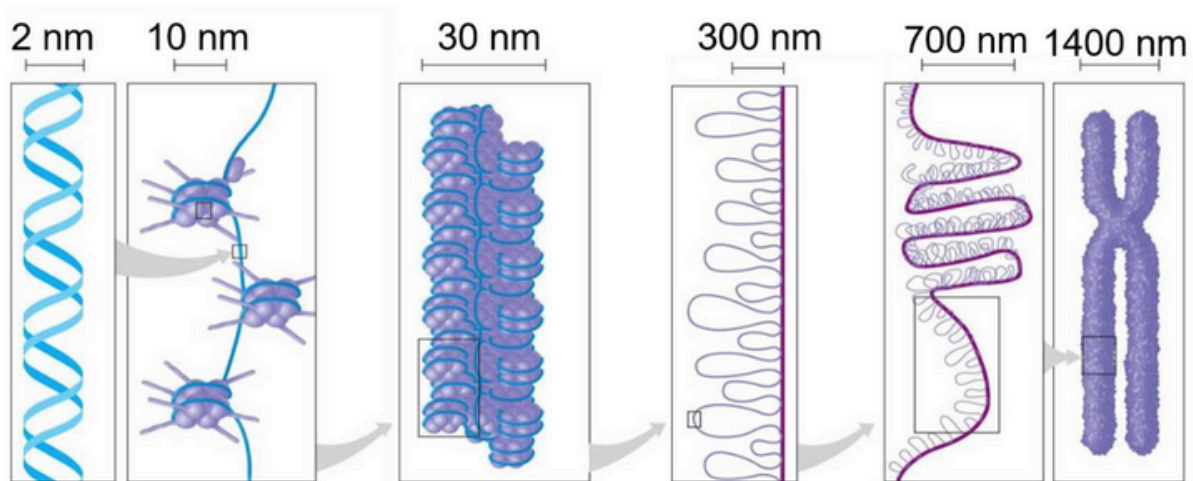
Les chromosomes **interphasiques** sont situés dans le **noyau** sous la forme **d'euchromatine** dont le diamètre est de **300 nanomètres** et la **condensine** est quant à elle située dans le **cytosol**.

En début de mitose, donc, la **condensine** va rejoindre le noyau et va permettre de **compacter** de façon supplémentaire **l'euchromatine** pour former **l'hétérochromatine** dont le diamètre est de **700 nanomètres +++**.

Et cette hétérochromatine de 700 nanomètres est ce qui constitue la **chromatide** d'un chromosome. Lorsqu'un **chromosome** sera constitué de **deux chromatides**, son diamètre final sera de **1400 nanomètres +++**.



Pour résumer, par l'intermédiaire de ces différents niveaux de compaction, on a pu passer de l'**ADN nu** dont le diamètre est de **2 nanomètres** par différents stades, permettant d'arriver au niveau de **compaction maximale** de l'ADN qui est visible sous la forme de **chromosomes**.



Recap

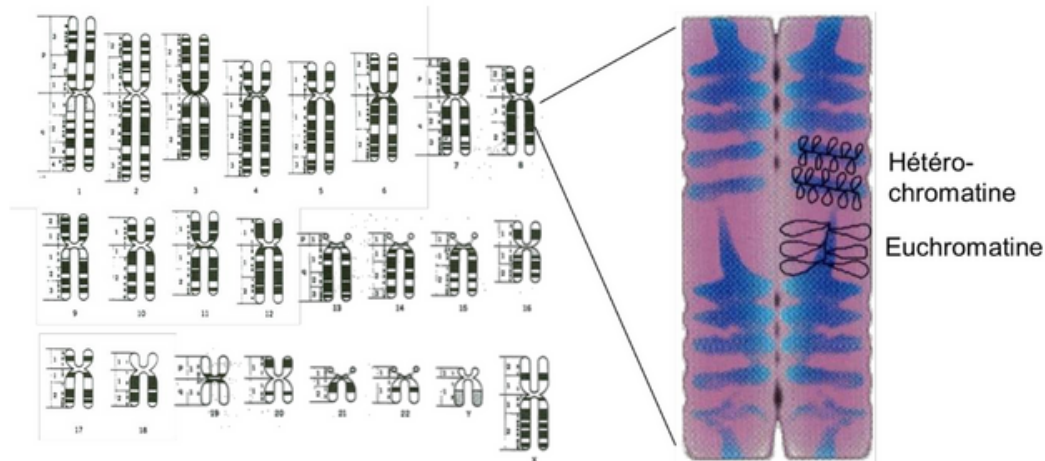
On a alors **4 niveaux de compaction** :

1. **Fibre de chromatine** de 10nm de diamètre
2. Le **solénoïde** de 30nm de diamètre
3. **L'euchromatine** de 300nm de diamètre
4. **L'hétérochromatine** de 700nm de diamètre

Nous venons de voir que le principe de la formation d'un chromosome repose sur la **compaction** de l'ADN sous forme **d'hétérochromatine**.

En réalité, les chromosomes sont constitués d'une **alternance** de régions **hétérochromatiques** et **euchromatiques**.

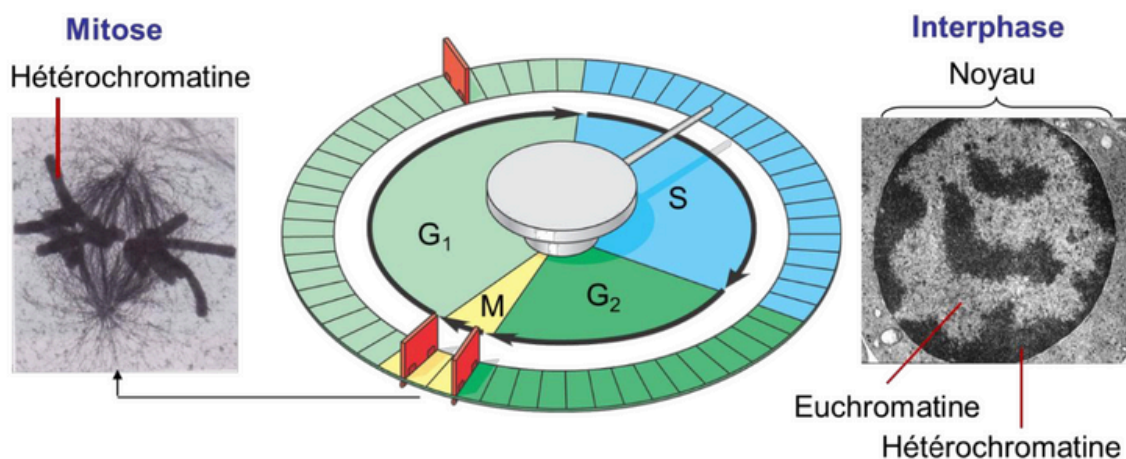
Cette alternance peut être directement mise en évidence sur le **caryotype après coloration** des chromosomes, cette coloration faisant apparaître une alternance de zones **sombres** qui correspondent à de **l'hétérochromatine** et de zones plus **claires** qui correspondent à de **l'euchromatine**.



La compaction de l'ADN va également être **variable** au cours du **cycle cellulaire**. Durant **l'interphase** qui comprend les phases **G₁, S et G₂**, l'ADN va **prédominer** sous sa forme peu compactée qu'on appelle **l'euchromatine**.

C'est sous cette forme **peu compactée** qu'il va être **répliqué** ou que les gènes vont pouvoir **s'exprimer**. Dans le noyau interphasique, on pourra observer **l'euchromatine** préférentiellement au **centre** du noyau, alors que **l'hétérochromatine** sera localisée en **périphérie**.

Par la suite, au cours de la **mitose**, l'ADN va être **totalemtent compacté** sous forme **d'hétérochromatine**. C'est à ce moment qu'il va former les chromosomes et qu'il ne sera **plus accessible** pour la **réplication** ou **l'expression** des gènes.

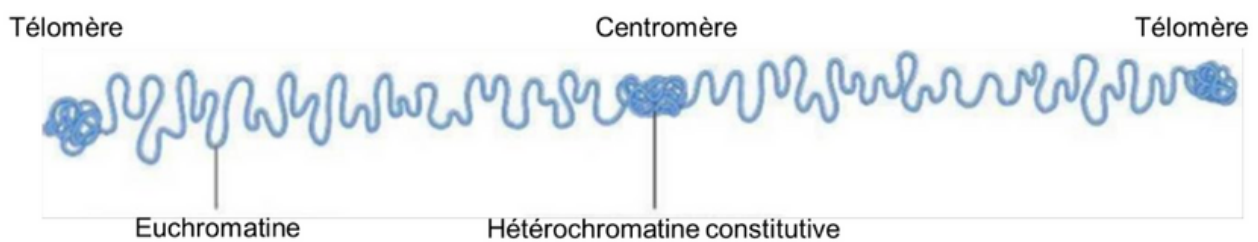


Comme nous venons de le voir, il va persister dans le noyau **interphasique** des régions d'ADN très **compacté** sous forme **d'hétérochromatine**.

En effet, certaines régions de chromosomes vont en **permanence** rester sous cette forme **compactée**. Ces régions sont formées **d'hétérochromatine** qui est dite **constitutive** par opposition à **l'hétérochromatine facultative** des régions dans la **compaction** va pouvoir **varier** entre **l'interphase et la mitose**.

La particularité de ces régions formées **d'hétérochromatine constitutive** est qu'elles sont constituées de séquences d'ADN très **répétées** et qu'elles ne contiennent **PAS de gènes**.

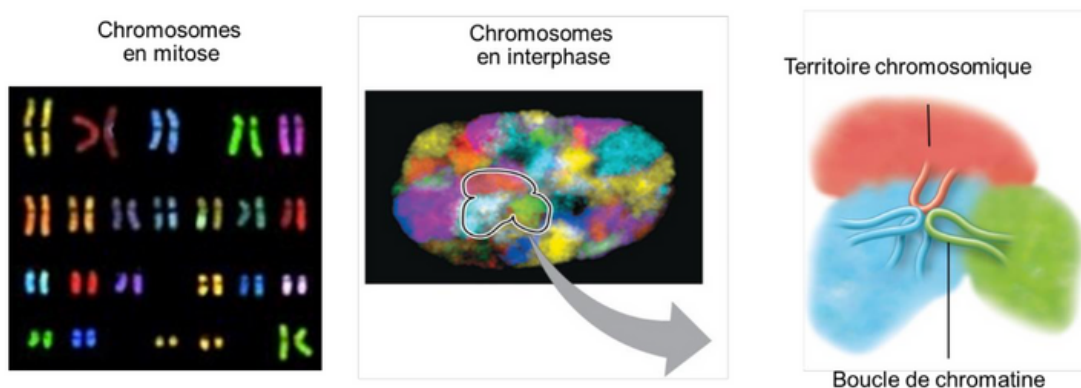
Ces régions d'hétérochromatine constitutive vont jouer un rôle **structural**, comme par exemple les **centromères** qui maintiennent la **cohésion** des chromatides ou encore les **télomères** qui vont **protéger l'extrémité** des chromosomes.



Par ailleurs, **l'organisation spatiale** du génome n'est **PAS non plus aléatoire**. Durant **l'interphase**, chaque chromosome va occuper un **territoire défini** dans le noyau.

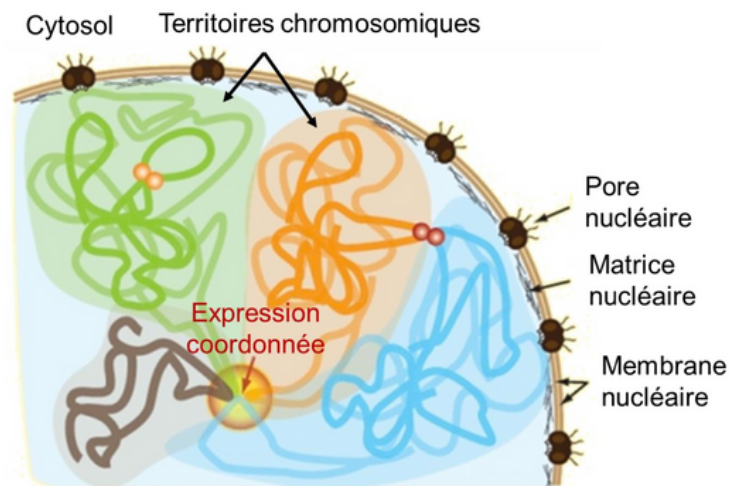
On peut d'ailleurs mettre en évidence le territoire occupé par chacun des chromosomes après avoir coloré ces derniers à l'aide de différents **fluorochromes**.

Dans ce **noyau**, il va exister des zones où des **boucles d'euchromatine** de chromosomes différents sont **décompactées** et situées à **proximité** les unes des autres.



Cette organisation spatiale va permettre de **faciliter l'expression coordonnée** de gènes qui sont impliqués dans une **même fonction**, mais situés sur les **chromosomes différents**.

Sur ce schéma, on voit par exemple différents territoires chromosomiques et les **boucles d'ADN décompactées** qui se rejoignent à **l'intersection** de ces territoires pour pouvoir subir une **expression coordonnée** par la machinerie de transcription de l'ADN.



Conclusion :

En résumé, nous avons vu dans cette lecture que le génome varie par sa **nature**, sa **forme** et son **organisation**, selon les **organismes**.

Il est le plus souvent constitué **d'ADN**, parfois **d'ARN** et sous forme **simple brin** ou **double brin**. Il peut être **circulaire** ou **linéaire** et former une **molécule unique** ou être **segmenté**. Il peut être contenu dans le **cytosol** ou en être séparé par un **noyau**.

Le génome **eucaryote** possède une organisation **physique** et **fonctionnelle variable**. Chez l'homme, on distingue **deux types cellulaires** selon le **nombre de copies** du génome **nucléaire**, c'est-à-dire sa **pléidie**, et un génome **mitochondrial** qui est **indépendant**.

L'ADN va s'associer à des **protéines** régulant sa **compaction** selon des degrés variables. Au cours du cycle cellulaire, le génome alterne entre des formes **peu compactées** et **accessibles** et des formes de **compaction extrêmes** formant les **chromosomes** et **facilitant la transmission**.

Dans le **noyau**, le génome est organisé en **domaines de régulation autonomes** et en **territoires**, permettant ainsi une **expression génique coordonnée**.

Il est l'heure des petites questions que le prof à mis en ligne sur moodle :

Question 1 : L'ADN est le matériel génétique de tous les êtres vivants

Vrai

Faux

Question 2 : Indiquez la ou les proposition(s) exacte(s):

- A. Le génome bactérien est séparé du cytosol par la membrane nucléaire
- B. Le génome bactérien est constitué d'une unique molécule d'ADN circulaire simple-brin
- C. Aucune de ces réponses

Question 3 : Le génome bactérien ne possède pas d'organisation particulière :

Vrai

Faux

Question 4 : Indiquez la ou les proposition(s) exacte(s):

- A. Tout le génome eucaryote est contenu dans le noyau
- B. Tout le génome eucaryote est linéaire et segmenté
- C. Tout le génome eucaryote est formé d'ADN double-brin



Question 5 : Indiquez la ou les proposition(s) exacte(s) :

- A. Toutes les cellules eucaryotes humaines sont diploïdes
- B. Les gamètes humains possèdent 22 paires d'autosomes et un gonosome
- C. Aucune de ces propositions

Question 6 : Complétez les blancs.

Les sont des protéines globulaires qui s'associent à l'ADN et en initient le processus de compaction. Elles possèdent une queue N-terminale dont les régulent la compaction de l'ADN.

Les histones s'associent entre elles deux par deux pour former un autour duquel l'ADN s'enroule pour former un

Les nucléosomes sont reliés entre eux par de l'ADN, l'ensemble formant une structure en collier de perles appelée fibre de

Question 7 : L'histone H1 entre dans la constitution du nucléosome

Vrai

Faux

Question 8 : L'euchromatine est la forme de compaction de l'ADN au cours de l'interphase.

Vrai

Faux



Question 9 : Completez :

Certaines régions de chromosomes restent sous forme compactée en

Ces régions sont formées d'hétérochromatine dite par opposition à l'hétérochromatine facultative des régions dont la compaction varie.

Elles sont constituées de séquences d'ADN et ne contiennent pas de gènes.

Elles jouent un rôle structural comme par exemple les qui maintiennent la cohésion des chromatides ou les qui protègent l'extrémité des chromosomes

Question 10 : Choisissez l'affirmation exacte.

- A. L'organisation des génomes viraux et procaryotes sont similaires
- B. Le génome varie dans sa nature, sa forme et son organisation selon les organismes

Question 11 : Choisissez l'affirmation exacte.

- A. Les cellules eucaryotes humaines comprennent les cellules somatiques, diploïdes, et les gamètes, haploïdes
- B. Dans les gamètes, les chromosomes identiques forment des paires d'homologues

Question 12 : Choisissez l'affirmation exacte.

- A. La compaction de l'ADN eucaryote varie selon les régions et au cours du cycle cellulaire
- B. Dans le noyau interphasique, l'ADN prédomine sous forme d'hétérochromatine



Il est l'heure des petites questions que le prof à mis en ligne sur moodle :

Question 1 : L'ADN est le matériel génétique de tous les êtres vivants

Vrai

Faux

Question 2 : Indiquez la ou les proposition(s) exacte(s):

A. Le génome bactérien est séparé du cytosol par la membrane nucléaire (PAS DE NOYAUX LES GARS)

B. Le génome bactérien est constitué d'une unique molécule d'ADN circulaire simple-brin (C'EST DOUBLE BRIN)

C. Aucune de ces réponses

Question 3 : Le génome bactérien ne possède pas d'organisation particulière :

Vrai

Faux

Question 4 : Indiquez la ou les proposition(s) exacte(s):

A. Tout le génome eucaryote est contenu dans le noyau (on oublie pas les mitochondries)

B. Tout le génome eucaryote est linéaire et segmenté (pareil la mitochondrie c'est un ADN circulaire)

C. Tout le génome eucaryote est formé d'ADN double-brin



Question 5 : Indiquez la ou les proposition(s) exacte(s) :

- A. Toutes les cellules eucaryotes humaines sont diploïdes
- B. Les gamètes humains possèdent 22 paires d'autosomes et un gonosome
- C. Aucune de ces propositions**

Question 6 : Complétez les blancs.

Les **HISTONES** sont des protéines globulaires qui s'associent à l'ADN et en initient le processus de compaction. Elles possèdent une queue N-terminale dont les **MODIFICATIONS** régulent la compaction de l'ADN.

Les histones s'associent entre elles deux par deux pour former un **COEUR PROTÉIQUE** autour duquel l'ADN s'enroule pour former un **OCTAMÈRE** ,

Les nucléosomes sont reliés entre eux par de l'ADN **LINKER**, l'ensemble formant une structure en collier de perles appelée fibre de **CHROMATINE**.

Question 7 : L'histone H1 entre dans la constitution du nucléosome

Vrai

Faux

Les gars l'histone H1 n'intervient pas dans la constitution du nucléosome. On retrouve H2A,H2B,H3 et H4.

Question 8 : L'euchromatine est la forme de compaction de l'ADN au cours de l'interphase.

Vrai

Faux



Question 9 : Completez :

Certaines régions de chromosomes restent sous forme compactée en **PERMANENCE**
Ces régions sont formées d'hétérochromatine dite **CONSTITUTIVE** par opposition à l'hétérochromatine facultative des régions dont la compaction varie.

Elles sont constituées de séquences d'ADN **RÉPÉTÉES** et ne contiennent pas de gènes.

Elles jouent un rôle structural comme par exemple les **CENTROMÈRE** qui maintiennent la cohésion des chromatides ou les **TÉLOMÈRES** qui protègent l'extrémité des chromosomes.

Question 10 : Choisissez l'affirmation exacte.

A. L'organisation des génomes viraux et procaryotes sont similaires

B. Le génome varie dans sa nature, sa forme et son organisation selon les organismes

Question 11 : Choisissez l'affirmation exacte.

A. Les cellules eucaryotes humaines comprennent les cellules somatiques, diploïdes, et les gamètes, haploïdes

B. Dans les gamètes, les chromosomes identiques forment des paires d'homologues

Question 12 : Choisissez l'affirmation exacte.

A. La compaction de l'ADN eucaryote varie selon les régions et au cours du cycle cellulaire

B. Dans le noyau interphasique, l'ADN prédomine sous forme d'hétérochromatine

