

Le noyau

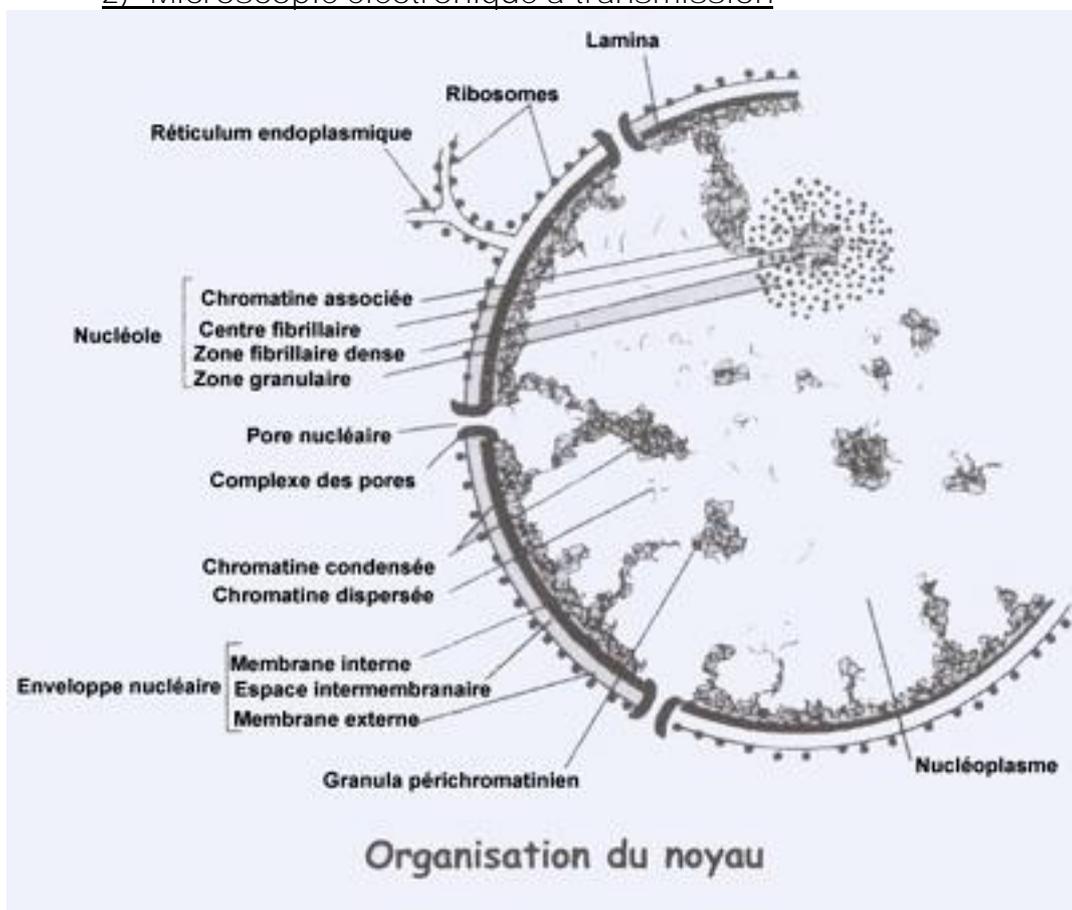
I Généralités

A. Morphologie

1) Microscopie optique

Le noyau de la cellule est rempli de chromatine et avec quelques nucléoles. Certaines cellules possèdent plusieurs noyaux (ex : muscles) ; on les appelle les cellules syncytiales.

2) Microscopie électronique à transmission



Le noyau a deux membranes : la membrane interne et la membrane externe qui forment l'enveloppe nucléaire. Elle est percée de pores nucléaires.

Les nucléoles sont responsables de la fabrication des ribosomes.

La chromatine peut être trouvée sous deux états : à l'état **condensé**, c'est l'**hétérochromatine**, ou à l'état **dispersé**, c'est l'**euchromatine**.

B. Fonctions

- Z Réplication de l'ADN : _ Avec des ADN polymérases
- _ pendant la phase S

- Z Transcription de l'ARN :
 - _ Avec des ARN polymérase
 - _ Types d'ARN :
 - à ARNm (messagers)
 - à ARNt (de transfert)
 - à ARNr (ribosomiques)
- Z Réparation de l'ADN :
 - _ Pendant la phase S
 - _ Avec des enzymes
 - _ À cause de mutations endogènes et exogènes

C. La mitose

Au cours de la mitose, l'enveloppe nucléaire disparaît et la chromatine se regroupe en chromosomes.

D. Noyaux et pathologies

L'examen du noyau demande une analyse précise lors d'un cancer :

- _ Rapport nucléocytoplasmique : $V_{\text{noyau}} / V_{\text{cellule}}$
- _ Anisocaryose : comparaison des noyaux des cellules du même tissu

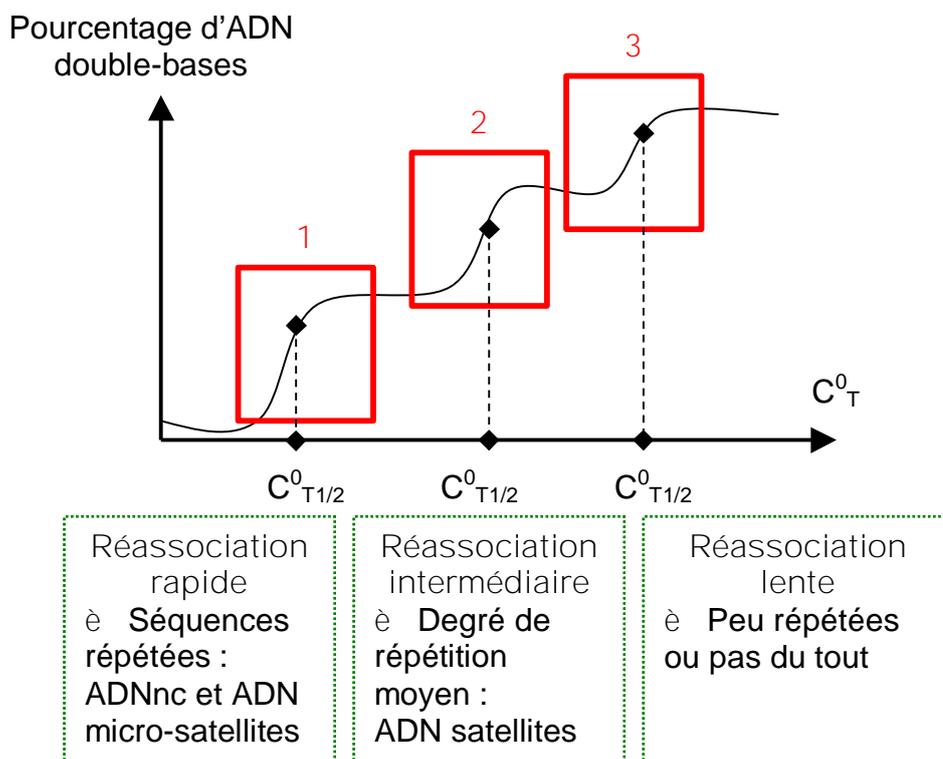
II Organisation de l'ADN dans le noyau

A. L'ADN nucléaire (génome nucléaire)

La taille du génome varie en fonction des espèces. Il n'y a pas de relation entre la taille du génome et la complexité de l'organisme ni avec le nombre de gènes.

L'ADN est un mélange hétérogène au niveau de :

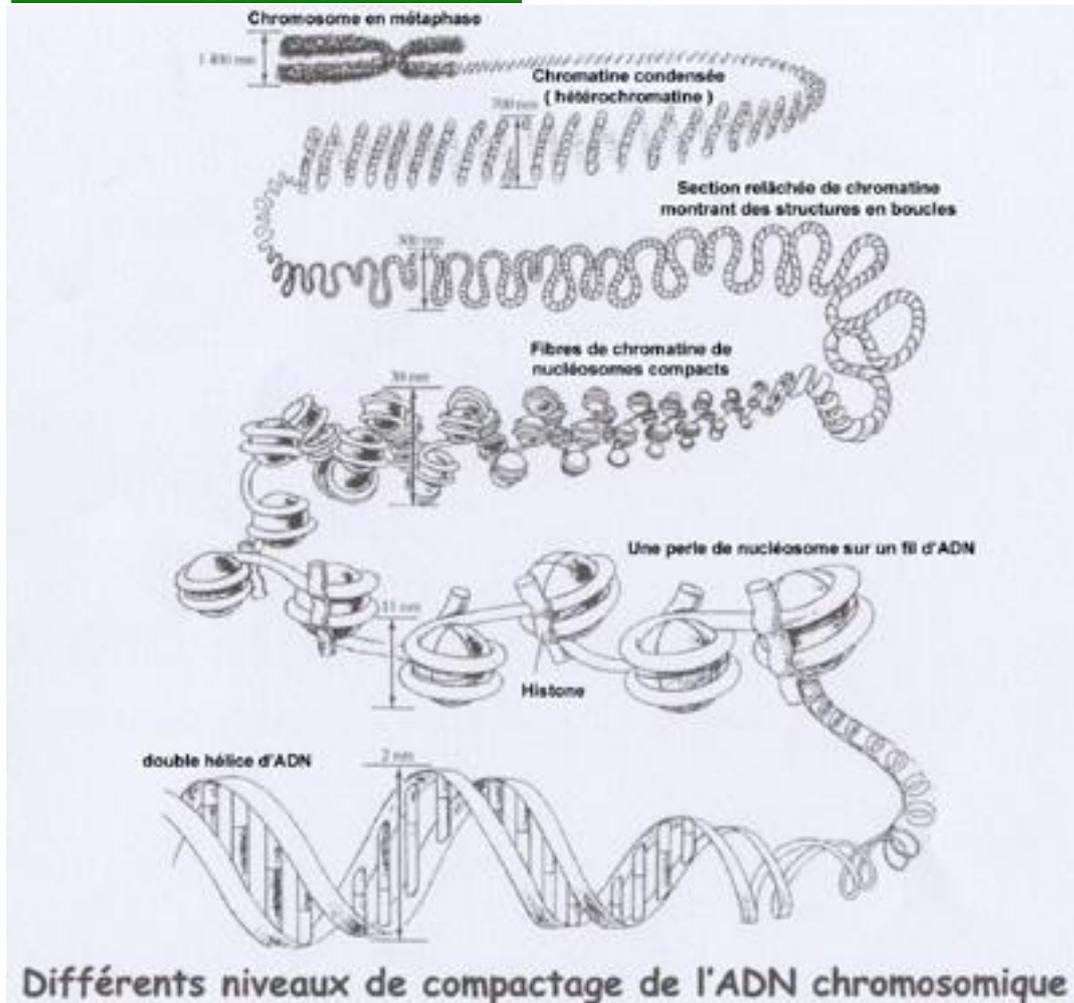
- ⊖ l'ADN codant et non-codant
- ⊖ le degré de répétition : déterminé en fonction de la cinétique de réassociation



B. Les protéines = histones

Ce sont de petites protéines riches en acides aminés basiques (Arg et Lys)

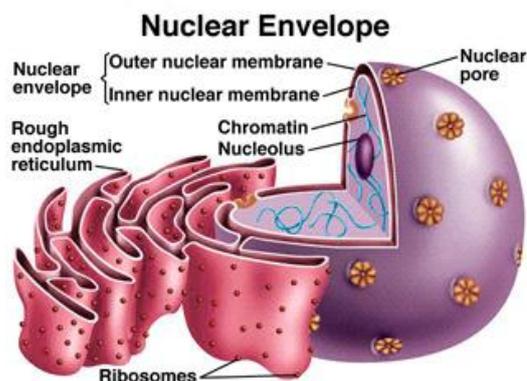
C. Architecture moléculaire



III Enveloppe nucléaire et structure associée

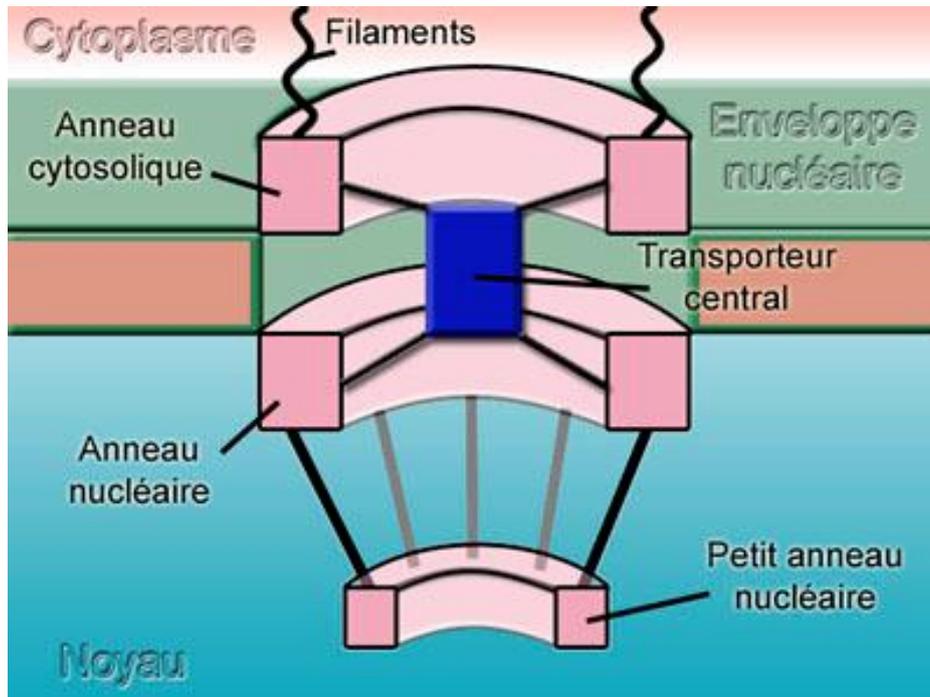
A. Enveloppe nucléaire

Pour séparer l'ADN du cytoplasme, le noyau crée un environnement chimique particulier. C'est un prolongement de réticulum endoplasmique.



B. Structure et composition des pores nucléaires

C'est une association de plusieurs molécules.

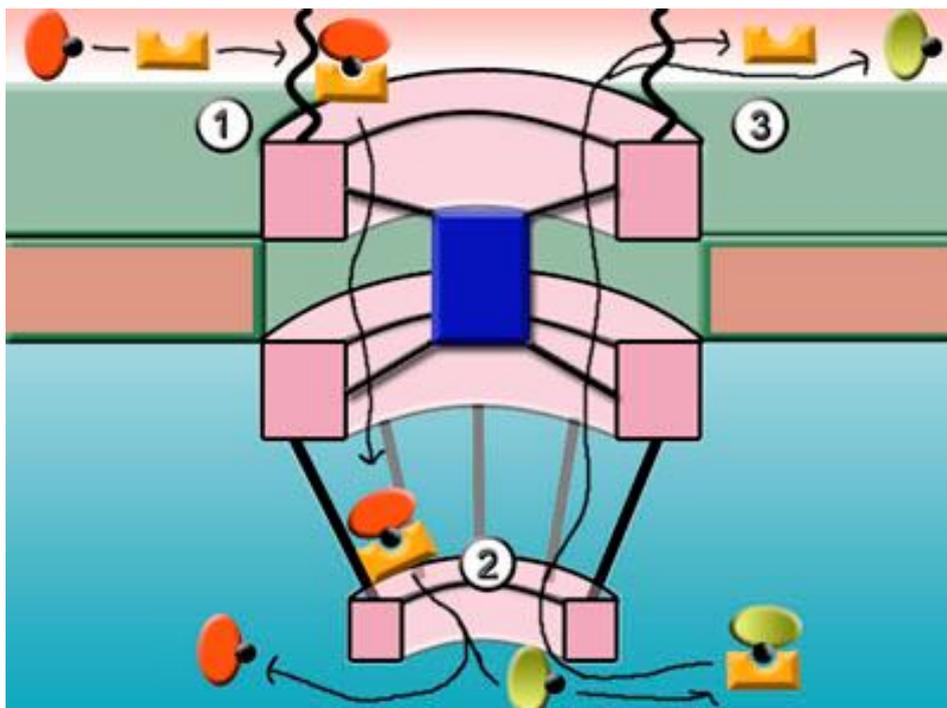


C. Mécanismes des échanges nucléocytoplasmiques

Il y a entre 3000 et 5000 pores par noyau.

1) Importation de protéines vers le noyau

Le noyau importe des protéines du cytoplasme pour la transcription. Ces protéines possèdent une séquence de 8 à 10 acides aminés caractéristiques pour entrer dans la cellule. C'est la séquence SLN (Séquence de Localisation Nucléaire).



Légende :



Protéine du cytosol qui contient la séquence SLN



Récepteur d'importation



Protéine RanGTP

- 1) La protéine du cytosol se lie au récepteur d'importation grâce à sa séquence SLN puis se fixe sur les filaments.
- 2) Arrivée dans le noyau, elle se libère du récepteur qui va se lier à une protéine nucléaire RanGTP. Celle-ci va remonter dans le cytosol.
- 3) La protéine nucléaire libère le récepteur

2) Exportation des ARN du noyau au cytosol

On ne sait pas trop comment il sort. On sait que l'extrémité 5' de l'ARNm, composée de 7-méthyl-guanine (on l'appelle la coiffe) est reconnue et elle permet de s'accrocher au filament pour sortir.

3) Régulation des échanges

La régulation des échanges entre le noyau et le cytosol varie en fonction de la taille et du nombre de pores nucléaires. La cellule peut modifier ces paramètres au besoin.

Les pores sont capables de réguler partiellement les transports passifs d'ions (pour protéger l'ADN).

Une autre régulation est possible grâce au masquage du SLN : une protéine va s'associer au SLN pour les empêcher de s'associer au récepteur d'importation.

Les virii peuvent contrôler les pores en bloquant les ARN de la cellule et en n'autorisant que ses propres ARN ou ADN.

IV Matrice Nucléaire

A. Définition biochimique

C'est le matériel qui reste dans le nucléoplasme. Ce sont :

- q Les lamines : Attachées ou non à l'enveloppe nucléaire
- q Des ensembles de protéines fibreuses insolubles

B. Les lamines nucléaires

Ce sont des protéines monomères de 75000 Da. Elles forment des filaments intermédiaires. Il existe plusieurs types de lamines : les lamines A, dans les cellules différenciées, les lamines B dans les cellules indifférenciées et les lamines C seulement chez les mammifères.

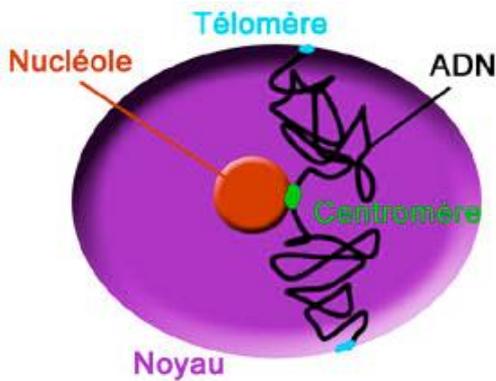
On trouve les lamines associées à l'enveloppe nucléaire par des protéines transmembranaires ou libres dans le noyau.

Les lamines interviennent dans deux circonstances :

- Z Pendant la mitose : il y a une phosphorylation des lamines qui ne peuvent plus être liées au noyau, ensuite le noyau disparaît.
- Z Au cours de la différenciation cellulaire : les lamines B sont remplacées par des lamines A.

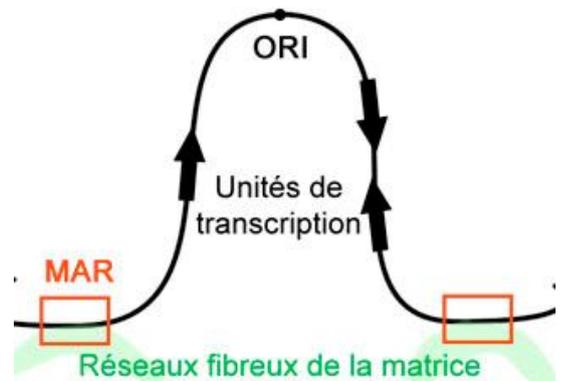
C. Rôle de la matrice

Elle permet de maintenir la forme et la taille du noyau. Elle contrôle l'organisation et le métabolisme de l'ADN.



Les chromosomes ne sont pas organisés n'importe comment : les télomères sont au contact des lamines associées à l'enveloppe nucléaire tandis que les centromères sont localisés autour des nucléoles.

La matrice organise l'ADN en boucles fonctionnelles d'à peu près 100000 nucléotides. Elles sont reliées à la matrice par leurs MAR (**Matrix Attachment Region**). Les unités de transcription se promènent le long de ces boucles. Le bout de la boucle définit l'ORI (Origine de Réplication de l'ADN).



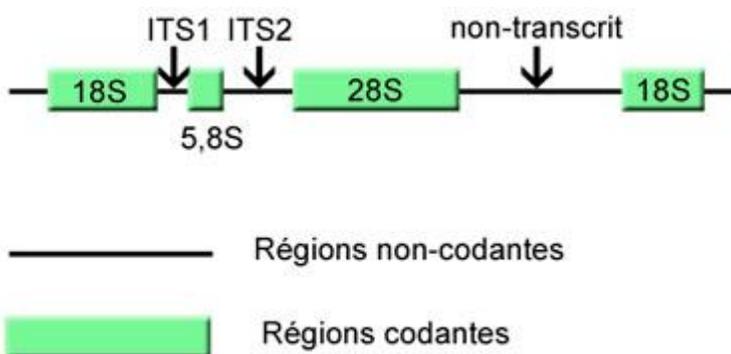
V_ Le nucléole

C'est un organite sans membrane qui sert à la biosynthèse des ribosomes et à la transcription des ARNr.

A. Les ADN ribosomiques

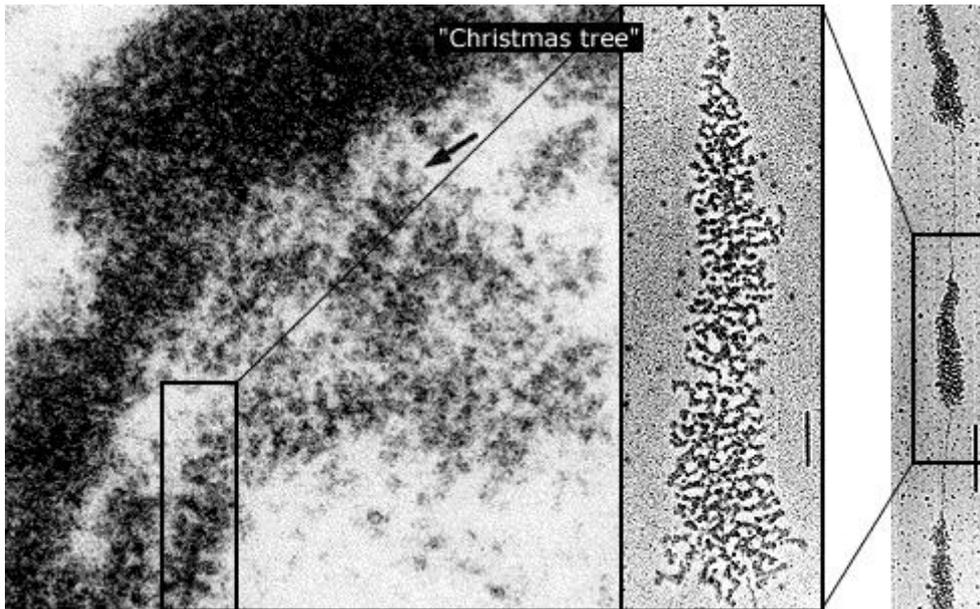
Chez l'humain, il y a à peu près 200 copies d'ADNr. Elles se trouvent sur le bras court des chromosomes acrocentriques. Ceux-ci s'organisent en boucles s'insérant dans le nucléole.

Organisation des ADNr :

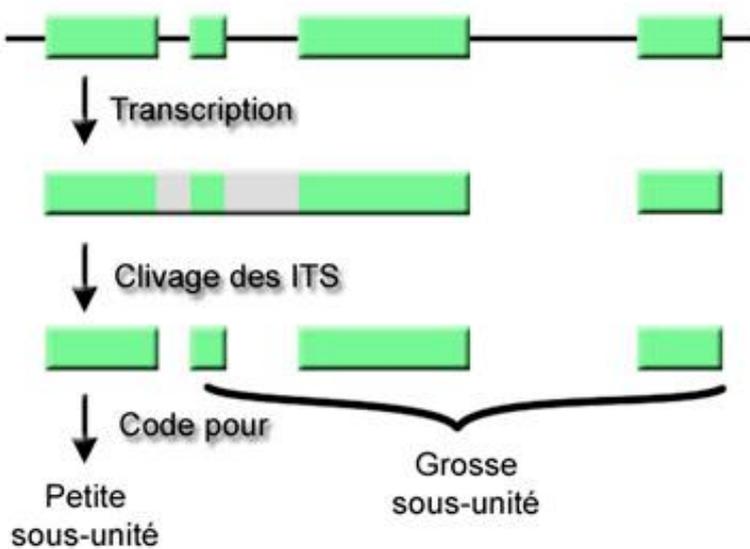


B. Visualisation de la transcription

Structures en « arbres de Noël »



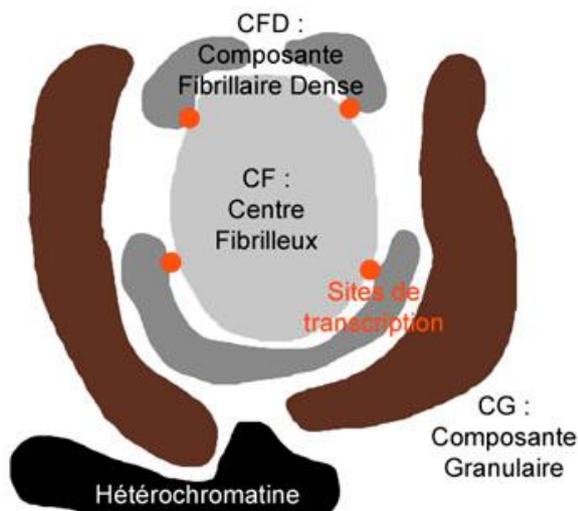
C. Maturation du transcrit primaire



D. Organisation du nucléole

La transcription et la maturation sont compartimentées dans le nucléole.

Structure :



CF : Correspond au locus des gènes des régions non-transcrites
CFD : Accumulation des transcrits
CG : Accumulation de particules préribosomales

VI Fonctions du noyau

1. Réplication de l'ADN

Pendant la phase S : doublement du matériel génétique de la cellule.

La réplication est semi-conservative (chacun des 2 brins est conservé pour former des nouvelles chaînes).

à les télomères sont spécialement répliqués pendant la télomérase

à les centromères sont répliqués différemment grâce à la matrice nucléaire

2. La transcription des ARN non-ribosomiaux

1) Rôle du noyau dans l'action cellulaire

Expérience de Hammerling

è Il en a déduit que le noyau est requis pour la morphogenèse et qu'il existe deux types d'informations pour la morphogenèse :

_ Les informations contenues dans le noyau : l'ADN

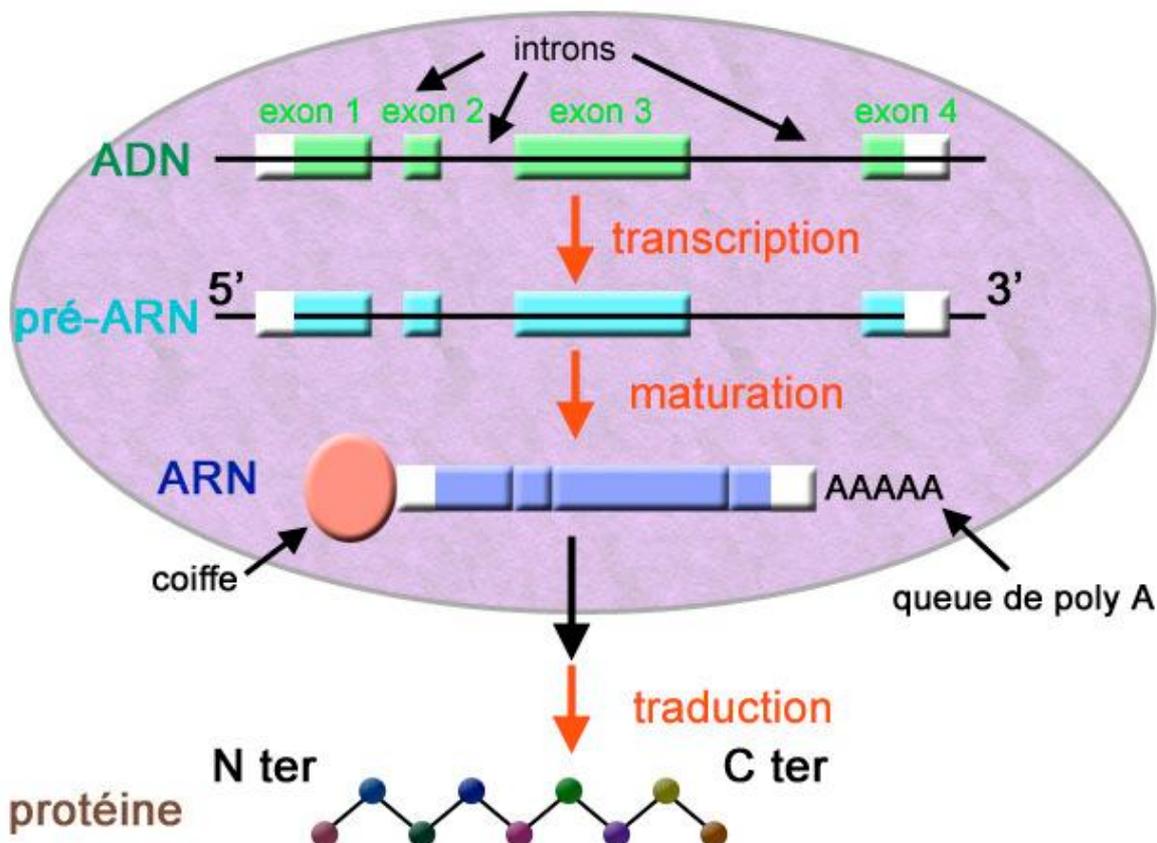
_ L'action de traduction dans le cytoplasme : l'ARN

L'uracile vient donc remplacer la thymine.

On obtient le schéma extrêmement simplifié suivant :

ADN $\xrightarrow{\text{transcription}}$ ARN $\xrightarrow{\text{traduction}}$ protéines

2) Les différentes étapes de la transcription et de la maturation de l'ARNm



Celle-ci est très rapide : il faut moins de 10 minutes pour transcrire un ARNm de 5400 nucléotides.

La maturation consiste en fait à l'épissage de la molécule de pré-ARN et à l'ajout d'une coiffe et d'une queue de poly A.