

# Biologie moléculaire

## Tut' Rentrée 2016

### Cours 1

1



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite

# Présentation de la matière

2

- ✓ Inclue dans l'UE1, enseignée par le **Pr. Naïmi**
- ✓ **3 cours** de 2h
- ✓ **Non ronéisée** ☹️, mais les **polys complets** sont fournis par le prof sur la plateforme **Jalon**
- ✓ **5 QCMs** au concours, soit **25 points**

# Les Pères Fouras de la Biomol

3

□ Niavlys :



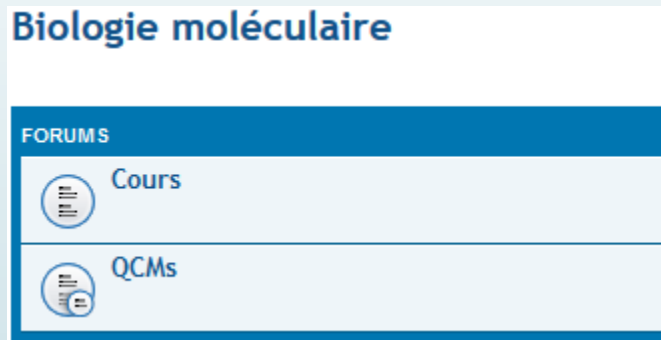
□ Luffylink :



# Déroulement de la Tut' Rentrée

4

- **Entre la moitié et 2/3** du programme abordé lors de **2 cours de 1h**
- Une **fiche** par cours fournie sur le **forum** reprenant le contenu du poly



| SUJETS  |  |
|---|--|
|    | Présentation de la matière<br>par <b>Luffylink</b> » 27 Jul 2016, 11:42      |
|    | <b>Centre de téléchargement</b><br>par <b>Luffylink</b> » 27 Jul 2016, 11:09 |
|    | Errata Tutorat<br>par <b>Luffylink</b> » 27 Jul 2016, 11:01                  |
|   | Réponses du professeur<br>par <b>Luffylink</b> » 27 Jul 2016, 10:13          |
|  | Programme Tut'Rentrée<br>par <b>Luffylink</b> » 27 Jul 2016, 10:03           |
|  | Erratas Annatut / DM<br>par <b>Luffylink</b> » 27 Jul 2016, 09:59            |

- **5 QCMs** tout beaux au **CCB**

## ☐ Introduction

## ☐ Acides nucléiques

- Structure de l'ADN
- Structure de l'ARN

## ☐ Réplication de l'ADN

- Rappel sur la mitose
- Rôles et propriétés de la réplication

## ☐ Synthèse des protéines

- Structure d'un gène codant
- Transcription d'un ARN messenger



# Introduction





## ❑ La Cellule :

C'est **l'unité de base** des êtres vivants, qui comporte au minimum :

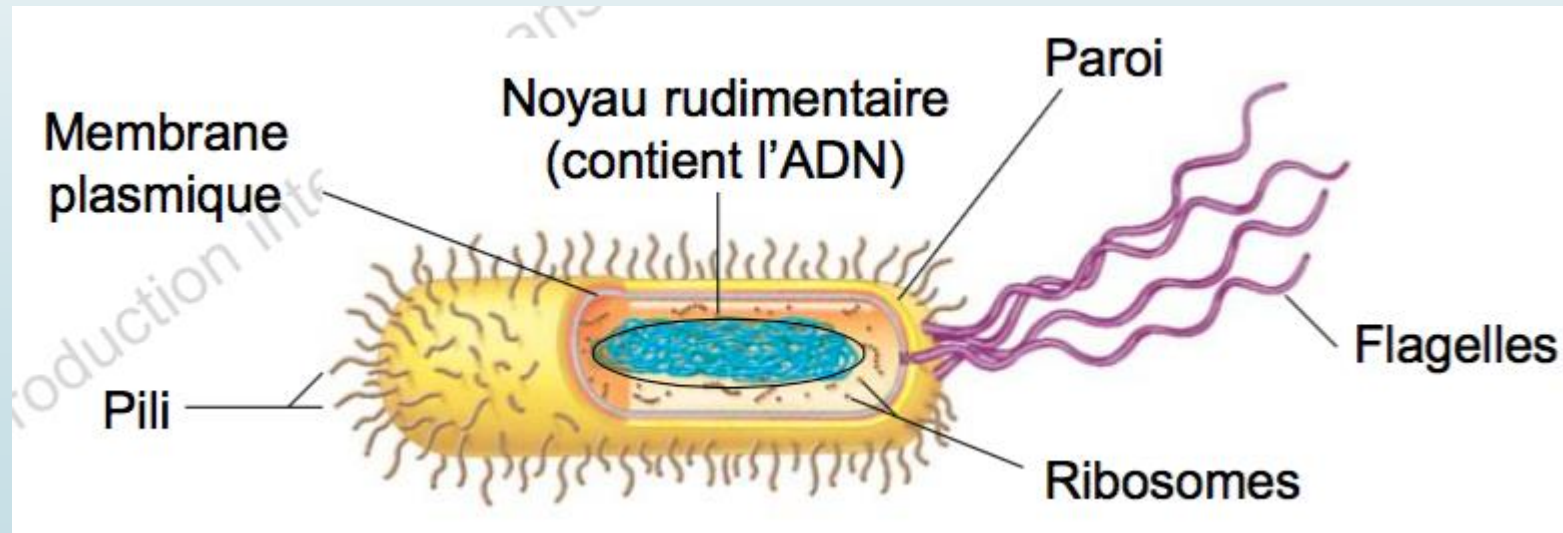
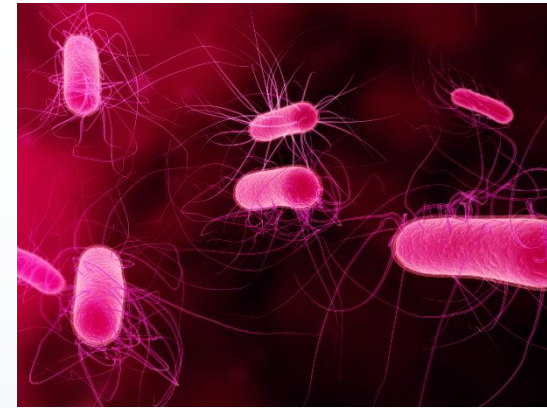
- Une **membrane lipidique**
- Un **noyau** et son matériel génétique sous forme **d'ADN**
- Un **cytosol** : milieu liquide entre la membrane et le noyau
- Des **organites** en suspension dans le cytosol

Deux grands groupes existent : **Procaryotes** et **Eucaryotes**



## ❑ Les procaryotes :

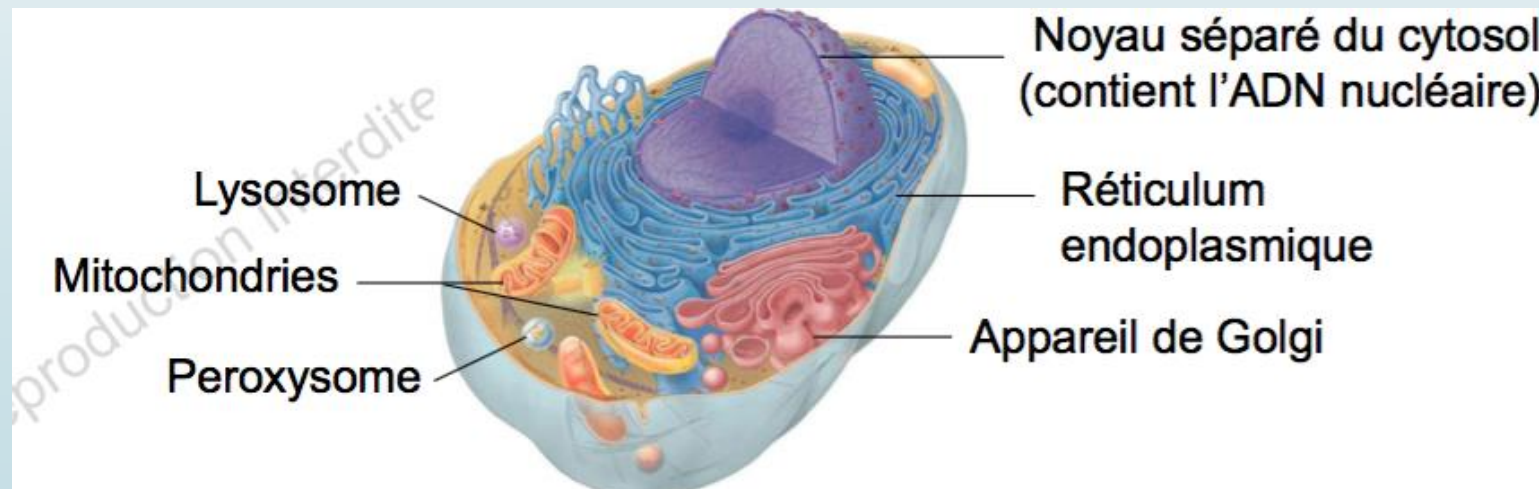
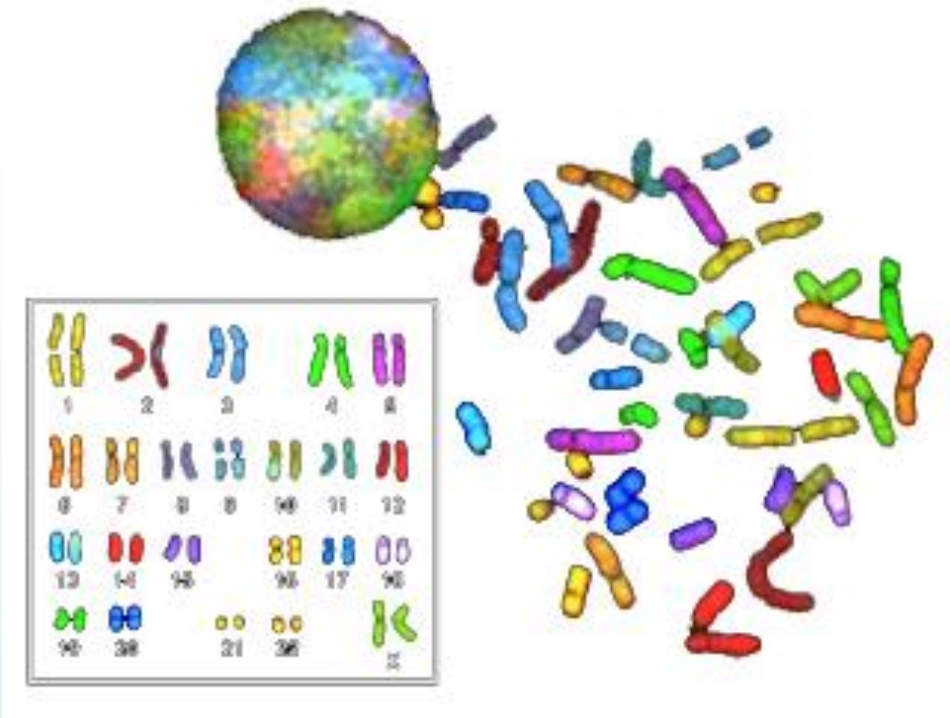
- **Unicellulaires** : 1 à 10  $\mu\text{m}$  de diamètre
- Noyau **dépourvu de membrane** délimitée : Nucléoïde
- Unique chromosome **circulaire**
- Peu d'organites





## ❑ Les eucaryotes :

- **Unicellulaires ou multicellulaires :**  
10 à 100  $\mu\text{m}$  de diamètre
- Noyau **délimité** par une **membrane**
- Plusieurs chromosomes **linéaires**
- Nombreux organites et compartiments



## ❑ Les cellules eucaryotes humaines

Il en existe **deux** types :

✓ **Somatiques**

✓ **Germinales** = cellules sexuelles = Gamètes

| Cellules somatiques   | Cellules germinales (gamète)   |
|---|--|
| <b>23 paires</b> de <u>chromosomes</u> <b>identiques</b> deux à deux → <u>Diploïdie</u>     | Générées au cours de la <b>Méïose</b><br><b>Un seul</b> chromosome de chaque pair<br>→ <u>Haploïdie</u>      |
| <u>22 paires</u> de <b>d'autosomes</b> et <u>une paire</u> de <b>gonosomes</b>              | <u>22 autosomes</u> et <u>1 gonosome</u>   |
| Les gonosomes sont :<br>- <b>XX</b> chez la <u>femme</u><br>- <b>XY</b> chez <u>l'homme</u> | Le gonosome est :<br>- <b>X</b> ou <b>Y</b> dans le <u>spermatozoïde</u><br>- <b>X</b> dans <u>l'ovocyte</u> |

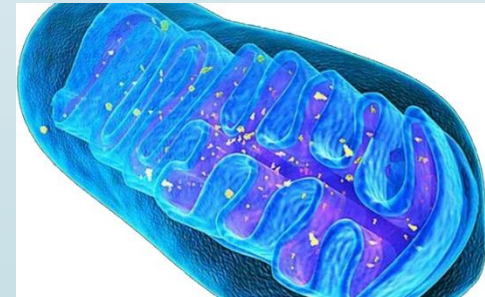
❑ Le génome eucaryote : possède une **double origine**

❖ Nucléaire :

**Linéaire**, contenu dans le noyau et transmis par **les deux parents**

❖ Mitochondriale : **Circulaire**, contenu dans la mitochondrie,  
Ce génome est transmis par **lignée maternelle uniquement**

Il n'existe pas dans les cellules **procaryotes** et les cellules eucaryotes  
dépourvues de mitochondries



# Les acides nucléiques



❑ **L'ADN** : acide désoxyribonucléique  
Matériel entreposé sous forme de **chromosomes**  
**Stocke** et **transmet** l'information génétique

❑ **L'ARN** : acide ribonucléique  
Existe sous diverses formes qui participent à la **synthèse** des protéines  
Participe **indirectement** à l'expression de l'information génétique

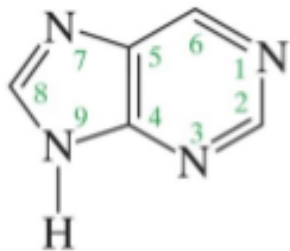
L'ADN et l'ARN sont constitués d'un enchaînement de **nucléotides**, formés par :

- ✓ Un **phosphate**
- ✓ Un **pentose** : un sucres à 5 carbones
- ✓ Une **base azotée** : qui code l'information génétique

## ❑ La structure primaire des acides nucléiques :

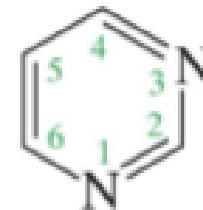
- ❖ L'enchaînement de phosphates permet aux nucléotides d'être reliés entre eux par des **liaisons phosphodiester**
- ❖ Le pentose est **différent** entre l'ADN et l'ARN :
  - Celui de l'ARN est un simple **ribose**
  - Celui de l'ADN est le **2' – désoxyribose** : un oxygène manque en position 2
- ❖ Les bases azotées sont divisées en deux catégories :
  - Les **purines** :
  - Les **pyrimidines** :

Noyau purique

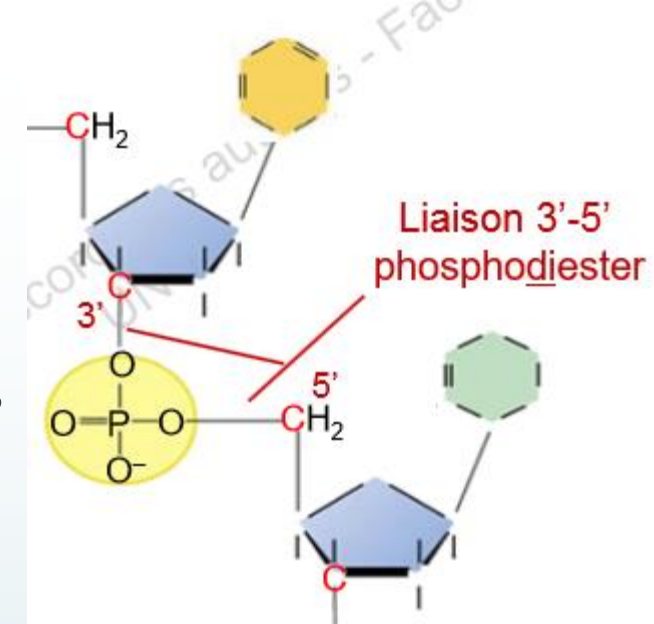


- L'adénine
- La guanine

Noyau pyrimidique



- La cytosine
- La thymine
- L'uracile (issue de la Thymine)





# Les acides nucléiques

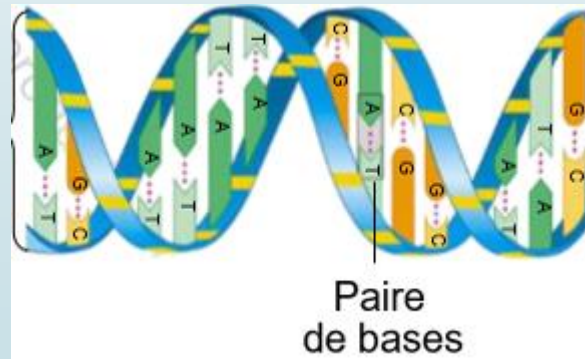
15

## L'ADN

L'ADN forme une **double hélice** composée de **deux brins** de nucléotides :

- ✓ **Complémentaires**
- ✓ **Antiparallèles**

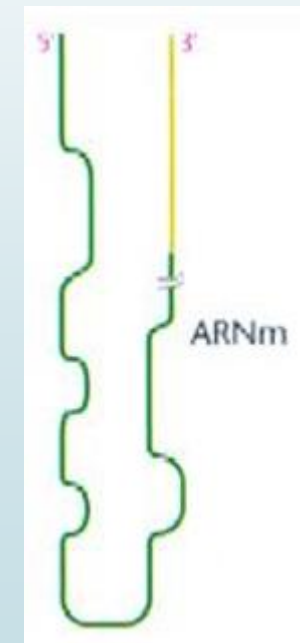
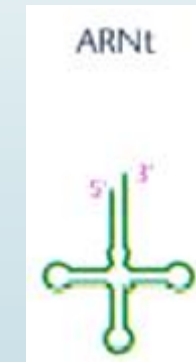
Ses nucléotides sont : **A / T / C / G**



## L'ARN

L'ARN n'est constitué que **d'un seul brin** de nucléotides

Ces derniers sont : **A / U / C / G**



# Les acides nucléiques

16

## ■ Principe de complémentarité des bases :

Au sein de l'ADN

Pour que le **diamètre** de l'hélice reste **stable**, une **purine doit s'apparier avec une pyrimidine**

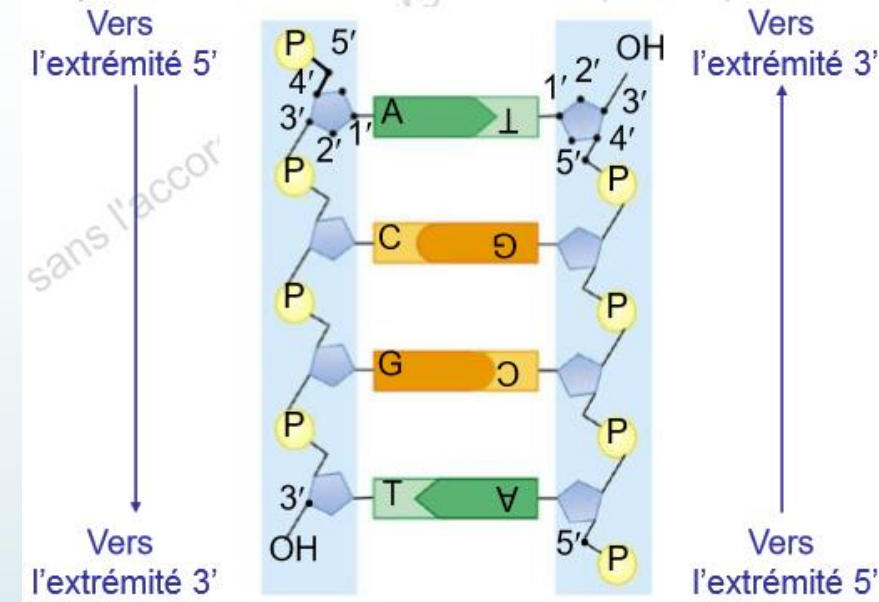
- ✓ **A** doit s'apparier avec **T** ou **U**
- ✓ **C** doit s'apparier avec **G**

Les bases azotées entre les 2 brins d'ADN sont liées par des **liaisons hydrogènes**

## ■ Sens de lecture :

Chaque brin d'ADN et d'ARN se lit dans le sens **5' – 3'**

Ainsi, dans la double hélice, les **brins se lisent en sens inverse**



❑ **Les différents types d'ARN** : Toutes les molécules d'ARN sont **simple brin**

❖ **L'ARN messenger** : fabriqué lors de la transcription  
Il **véhicule l'information génétique**

Le message sera transporté dans le cytosol pour être traduit en **protéine**

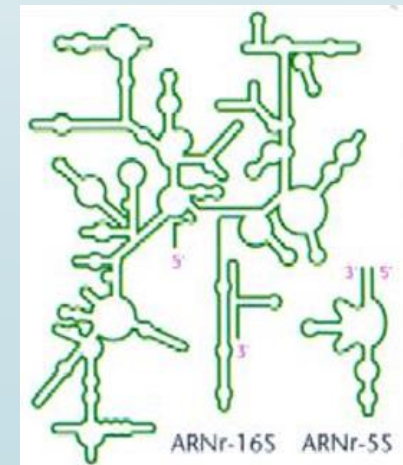


❖ **L'ARNt** : Structure en feuille de trèfle qui **transporte l'acide aminé**



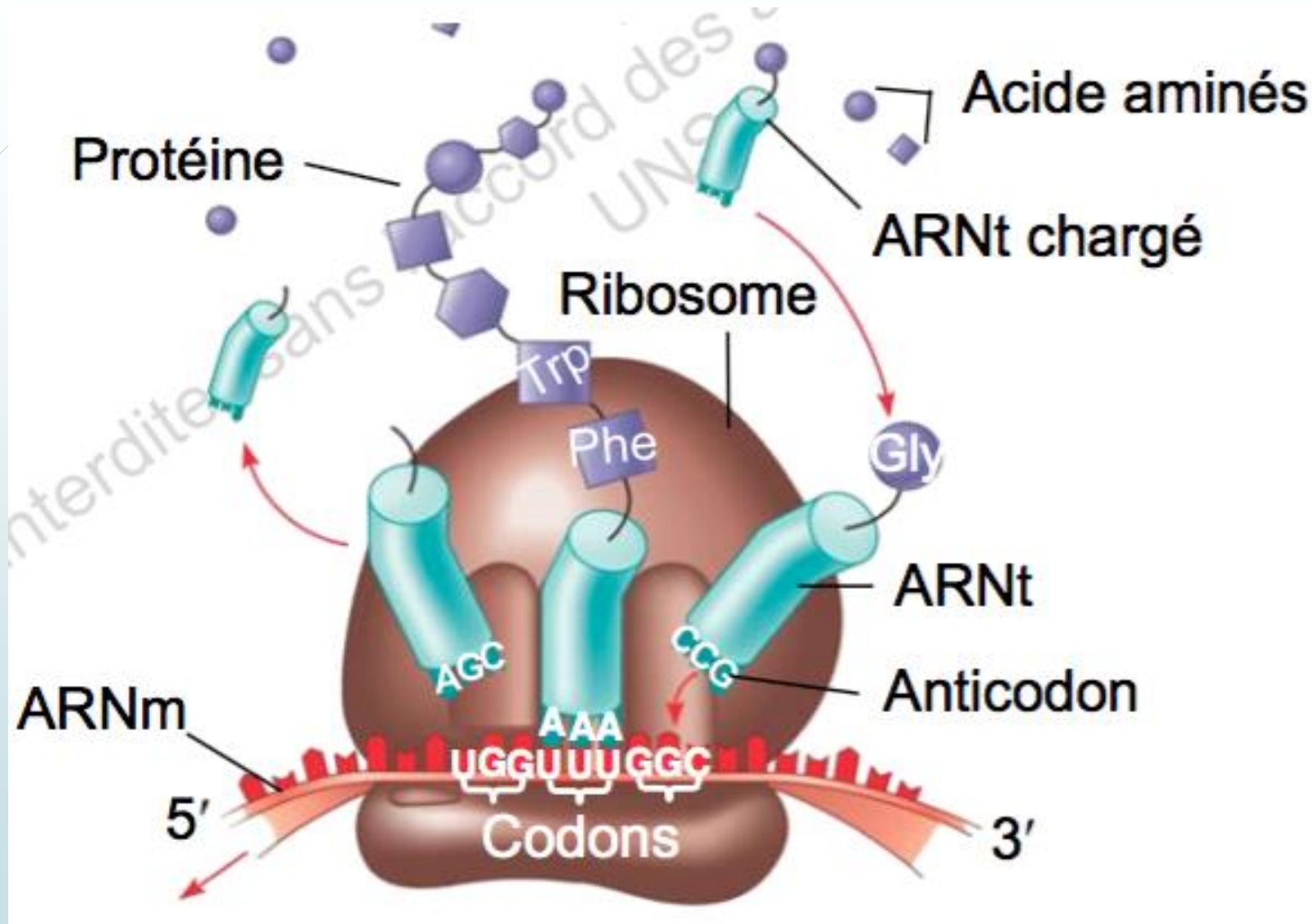
❖ **L'ARNr** : il se mêle à des protéines pour former l'unité de traduction, divisée en **deux** sous-unités :

- La **petite** sous-unité **se lie à l'ARNm**
- La **grosse** sous-unité **accroche les acides aminés** entre eux



# Les acides nucléiques

18




## ❑ La compaction de l'ADN :

L'ADN est lié à des protéines appelées **histones**

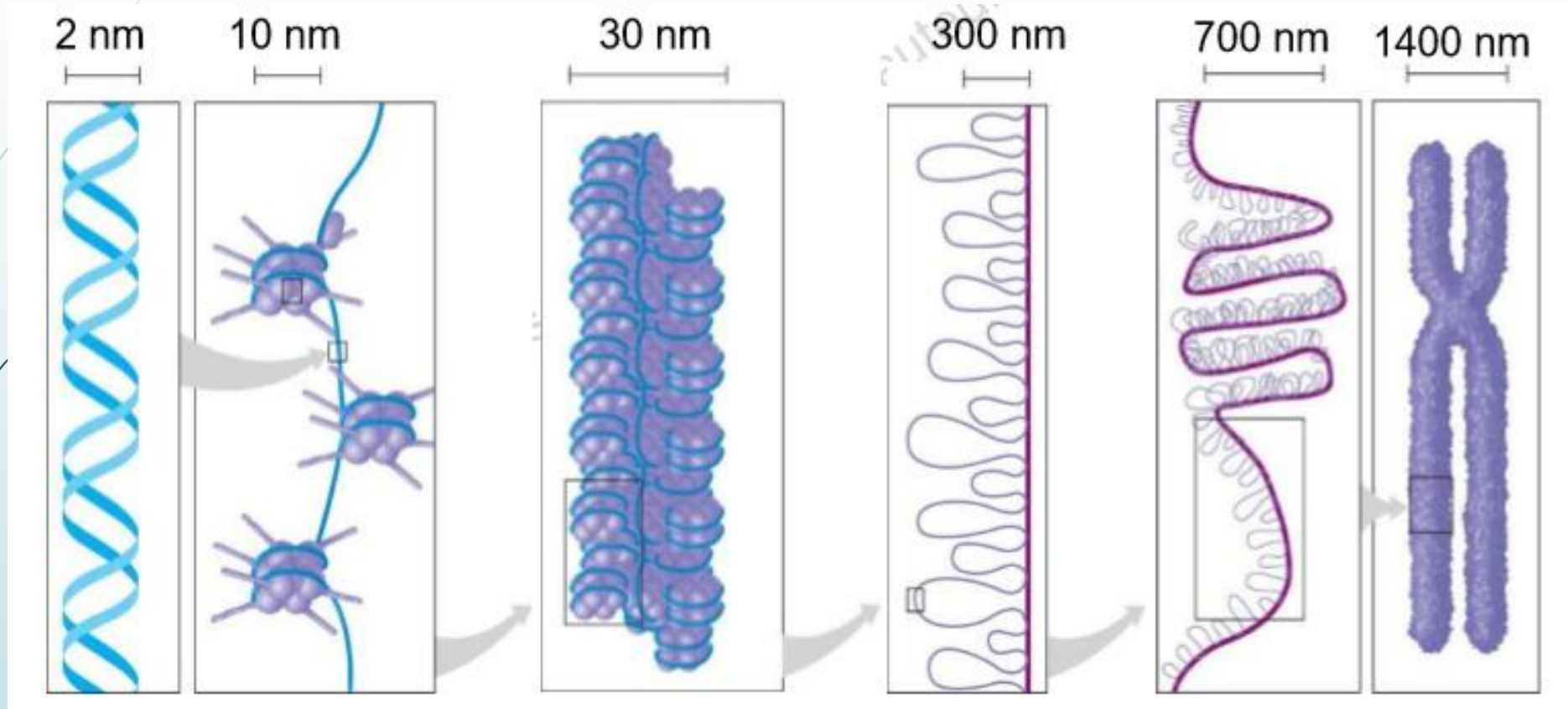
Un ensemble de 4 paires d'histones forme un **nucléosome**.

L'ADN s'enroule autour du nucléosome

Il existe **3 niveaux** de compaction selon les besoins de la cellule

- **ADN nu** 
- **Euchromatine** : accessible à la transcription
- **Hétérochromatine** : non accessible à la transcription, car trop compacté







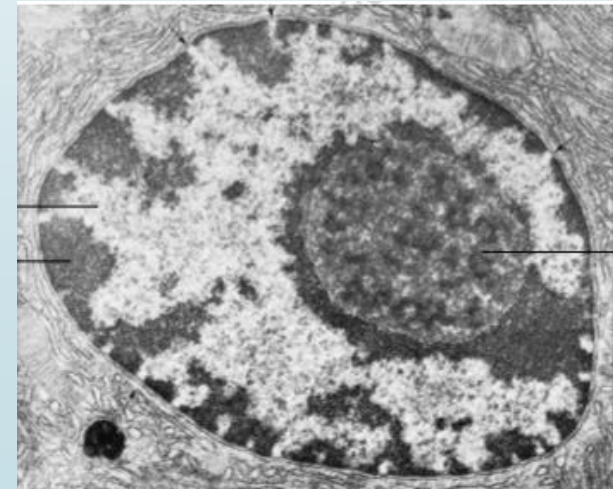
❑ La compaction de l'ADN : est **variable**,

❖ Dans le temps :

- Elle est majoritairement sous forme **d'euchromatine** durant l'interphase  
ADN **non compacté** : 2 à 10 nm
- Elle est majoritairement sous forme **d'hétérochromatine** durant la mitose

❖ Dans l'espace : en fonction de sa **localisation dans le noyau**

- **L'euchromatine** est au centre du noyau
- **L'hétérochromatine** est à la périphérie du noyau



# La réplication

## ❑ Rappel sur le cycle cellulaire :

- **L'interphase** : G1 – S – G2, prépare la mitose
- **La réplication** se déroule durant la phase **S** : dédoublement de l'ADN
- **La mitose** :  
Division à l'identique d'une cellule mère en deux cellules filles.  
Séparation des chromosomes aux pôles opposés de la cellule lors de la **Prophase / Métaphase / Anaphase / Télaphase**

## ❑ Le rôle de la réplication :

**Dupliquer le génome d'une cellule avant sa division (+++)**

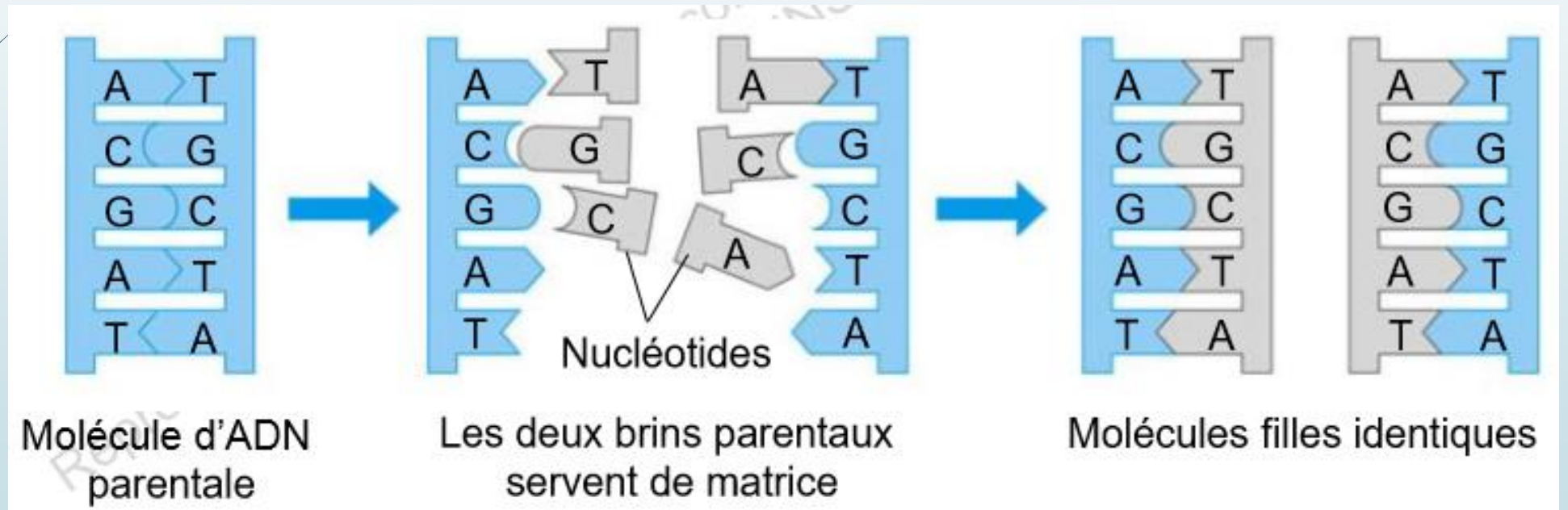
Les chromosomes de la cellule, simples = à **1 chromatide**, deviennent doubles = à **2 chromatides**

## ❑ Le modèle de la réplication :

- ✓ Elle est **semi-conservative**

Chaque brin de l'ADN parental sert de matrice pour synthétiser un brin fils

- ✓ Elle repose sur le principe de **complémentarité des bases**

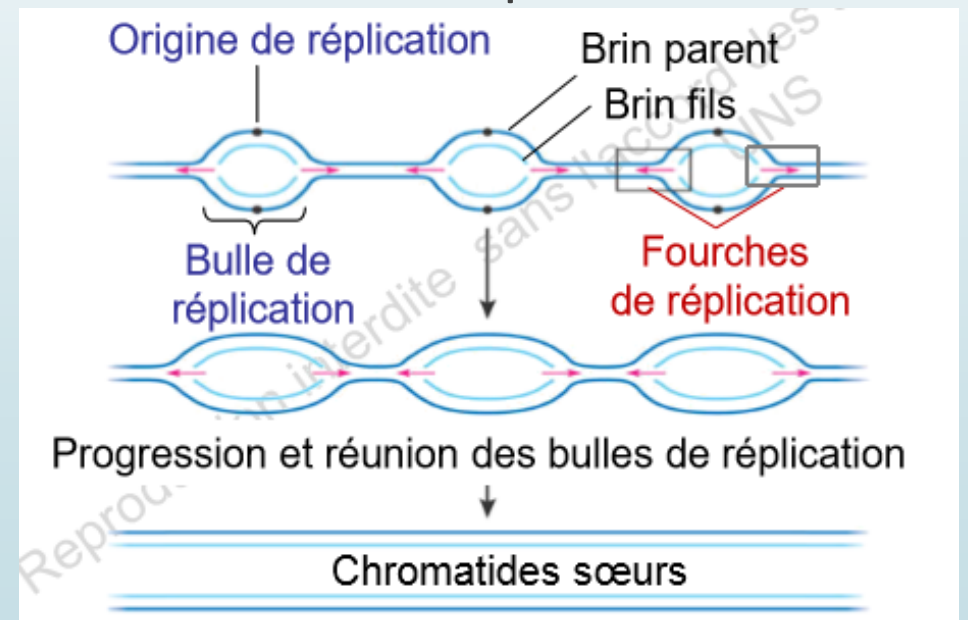


## ❑ L'initiation de la réplication :

L'ouverture de la double hélice se fait à plusieurs **origines de réplication**, en structures appelées **bulles de réplication**

Chaque bulle se constitue de **deux fourches de réplication**

La réplication se fait en **sens opposé** au niveau de chaque branche de chaque fourche



## ❑ Le mécanisme de synthèse :

La réplication se fait sur **les deux brins**, de façon **simultanée**

Mais comme les brins sont **antiparallèles**, elle se fait de façon dite **asymétrique**, car chaque brin ne peut être répliqué que dans le sens **5' – 3'**

Il existe donc :

- Un brin **direct** : où la réplication se fait en **continu**
- Un brin **tardif** : où la réplication se fait par **fragments**

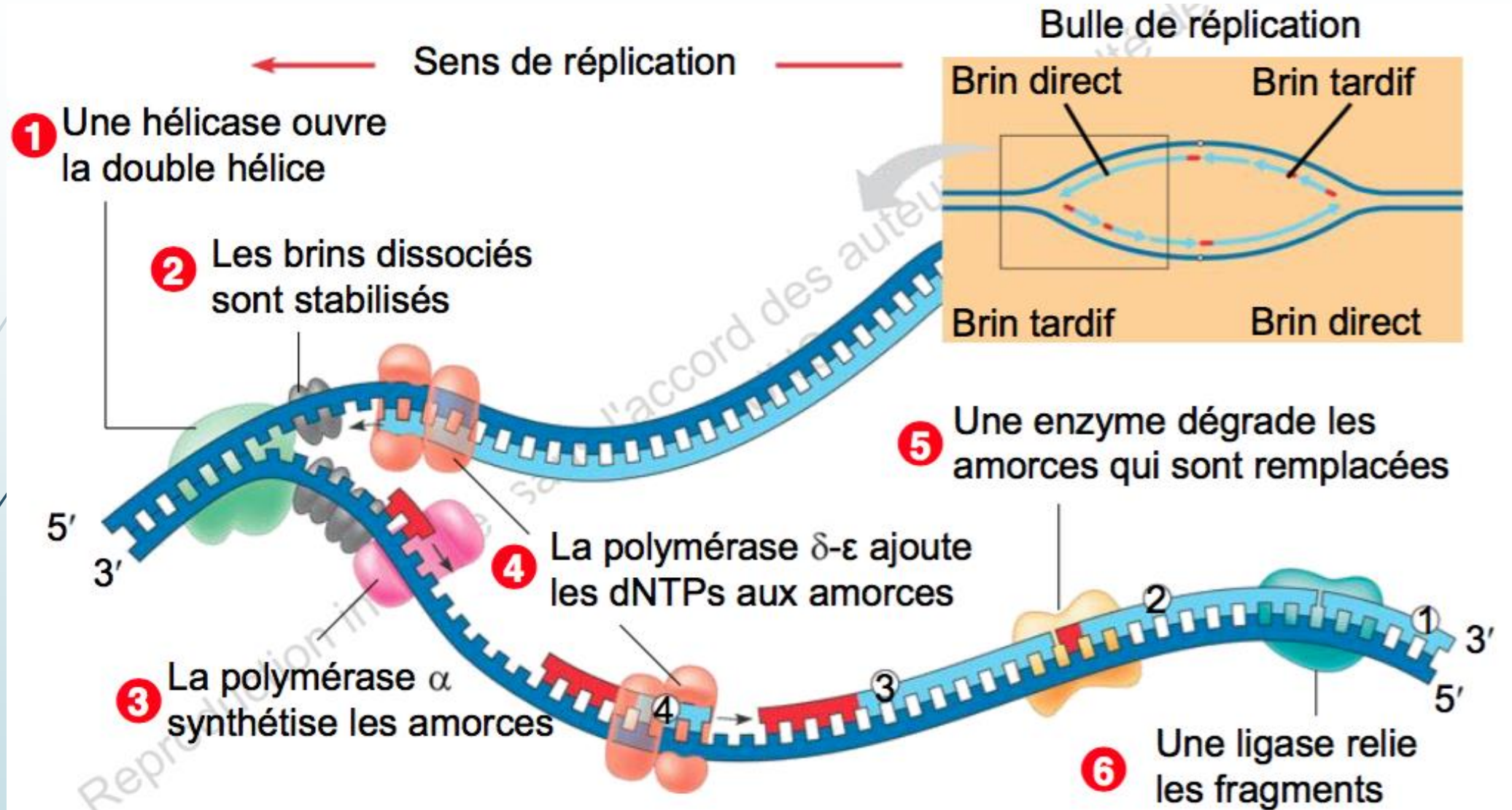


## ❑ Les acteurs de la réplication :

- La polymérase  $\delta/\epsilon$  : relie un par un les nucléotides entre eux  
Cette polymérase ne peut ajouter des nucléotides qu'à **une extrémité 3'-OH déjà présente**  
Elle ne peut créer le brin que dans le sens **5' P – 3' OH**, à partir d'un nucléotide **déjà sur place**
- Elle a donc besoin d'une amorce, une courte chaîne de nucléotides synthétisée par la polymérase  $\alpha$

# La réplication

28

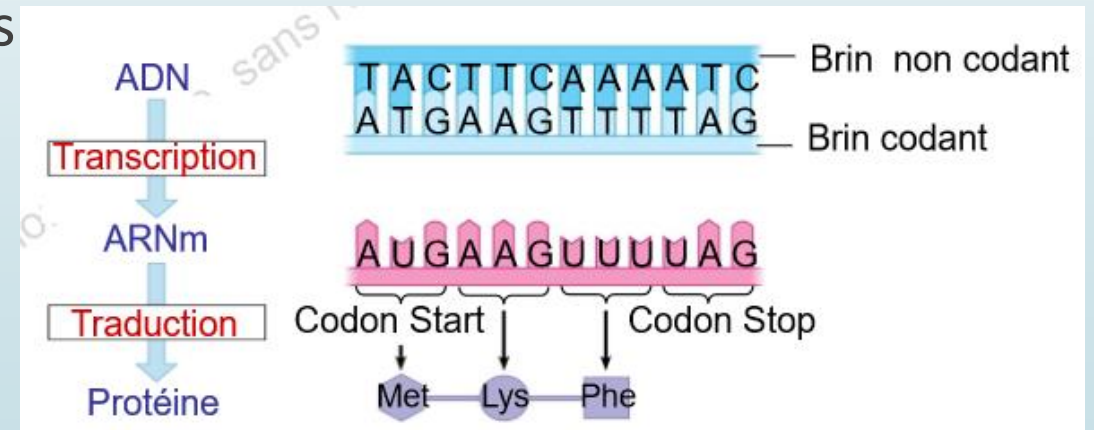


# La synthèse des protéines

## ❑ Gène codant et gène non codant :

L'information génétique est véhiculée sous forme de **gènes**, représentés par une suite de nucléotides. Un gène peut être :

- ✓ Codant : Il **contient l'information** et sert de support à la **transcription** des **ARN messagers**
- ✓ Non codant : il sert à la **synthèse** des **autres ARN** nécessaires à la **bonne expression** des gènes codants

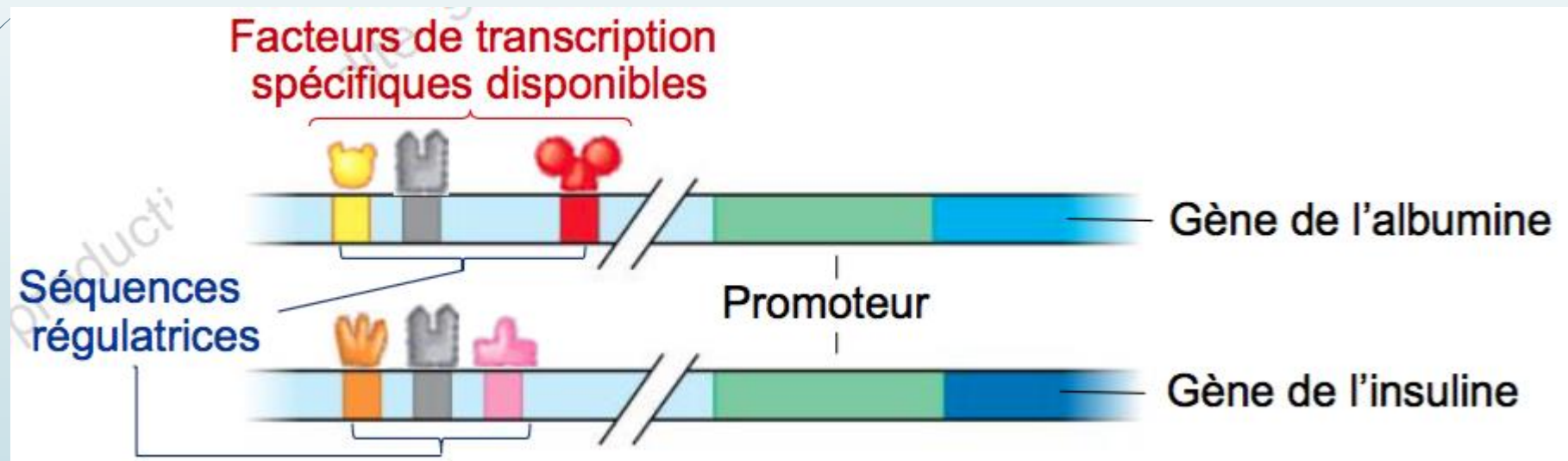
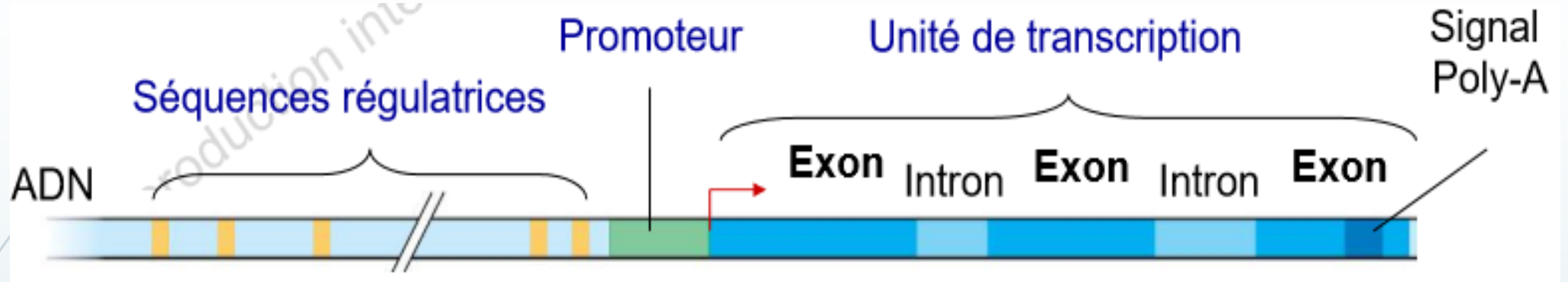


## ❑ Structure d'un gène codant eucaryote : deux régions

- ❖ Une région **destinée** à être **transcrite**, comprenant des **exons** et des **introns**  
Elle est appelée **l'unité de transcription**, et se termine par un **signal Poly-A**
- ❖ Une (ou plusieurs) région(s) située(s) en amont de l'unité de transcription  
Elles sont constituées du **promoteur**, nécessaire au lancement de la transcription, et des différentes **séquences régulatrices** du gène

## ❑ Les séquences régulatrices d'un gène codant eucaryote :

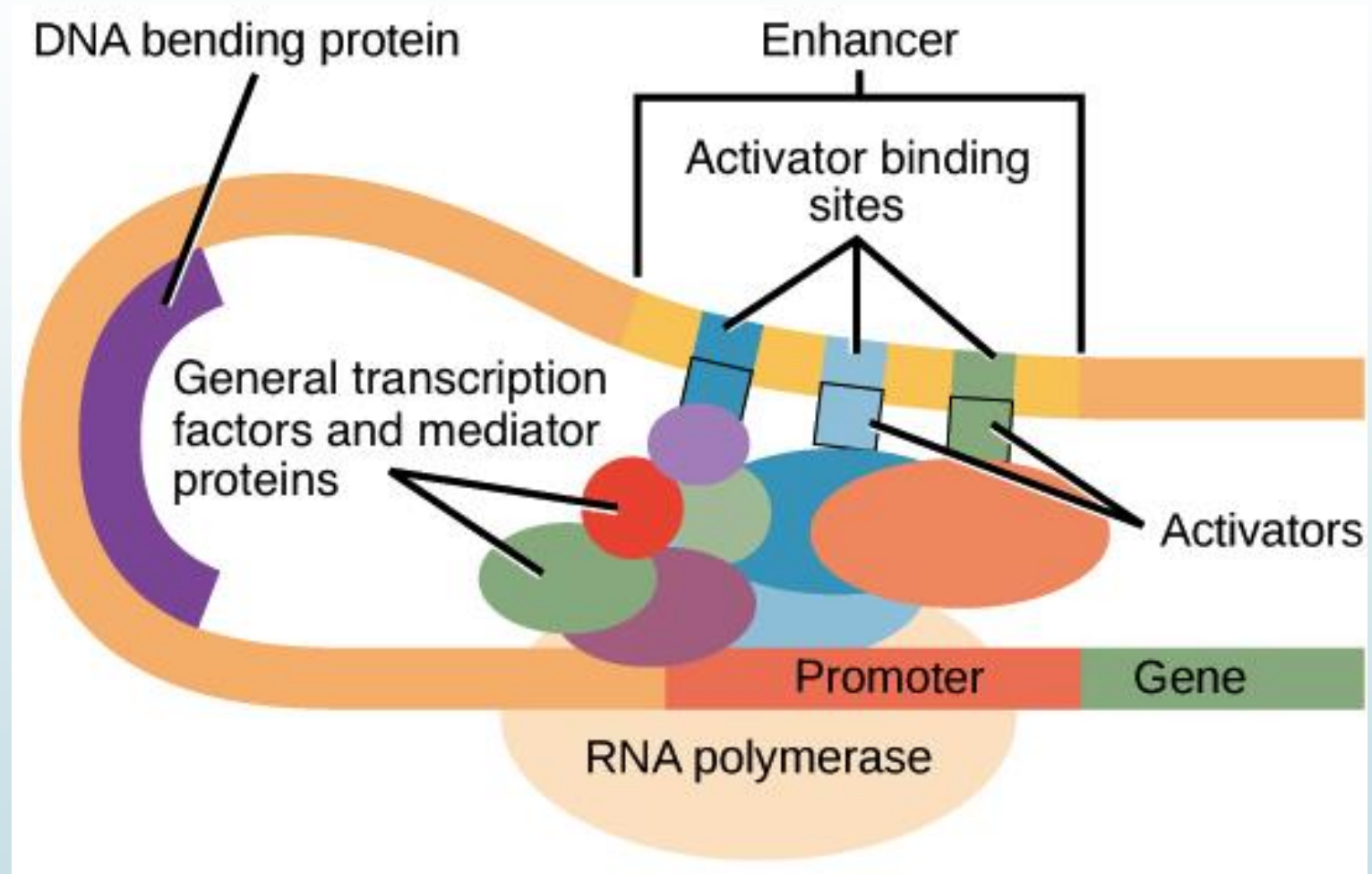
Elles sont **variables** d'un gène à l'autre (selon le type cellulaire, etc.) : chaque gène possède sa propre combinaison de séquences régulatrices, activés par certains facteurs de transcriptions **spécifiques**





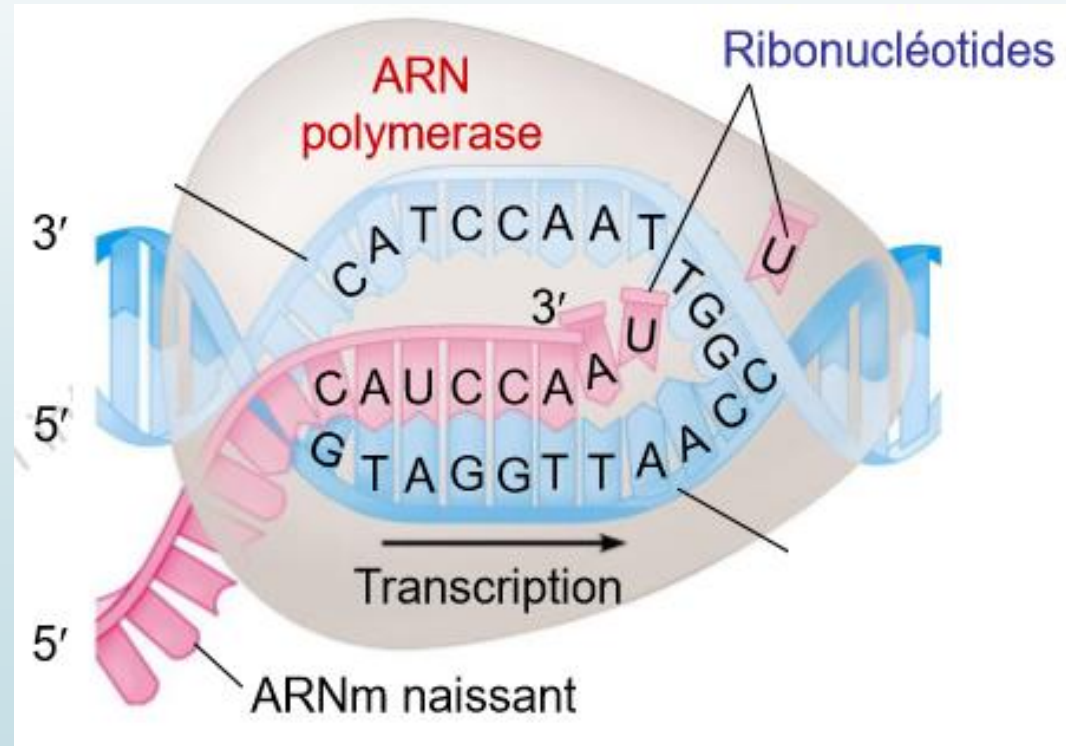
## ❑ Mécanisme de la transcription : réalisée par l'ARN polymérase II

- I. Des **facteurs de transcriptions** **spécifiques** se fixent aux séquences régulatrices du gène
- II. Des **facteurs de transcriptions** **généraux** se fixent sur la « **TATA box** » du promoteur : **TFIID** en premier, puis **TFIIA, B, F, E, H**
- III. L'ARN Polymérase II se fixe sur les facteurs de transcriptions généraux : l'ensemble forme la **machinerie basale de transcription**, inactive
- IV. Cette machinerie est **stabilisée** par les facteurs de transcriptions **spécifiques**
- V. **TFIIH** *ouvre la double hélice* d'ADN et phosphoryle l'extrémité de l'ARNp
- VI. La transcription débute au **signal d'initiation**, se déroule dans le sens **5' – 3'** et s'arrête au **signal Poly-A**



❑ Lors de la transcription : les deux brins participent à la transcription

- ✓ Un brin est dit **codant / sens** : c'est celui qui **contient l'information** génétique
- ✓ Un brin est dit **non codant / antisens** : il sert de **matrice** à l'ARN polymérase



## ❑ Lors de la transcription :

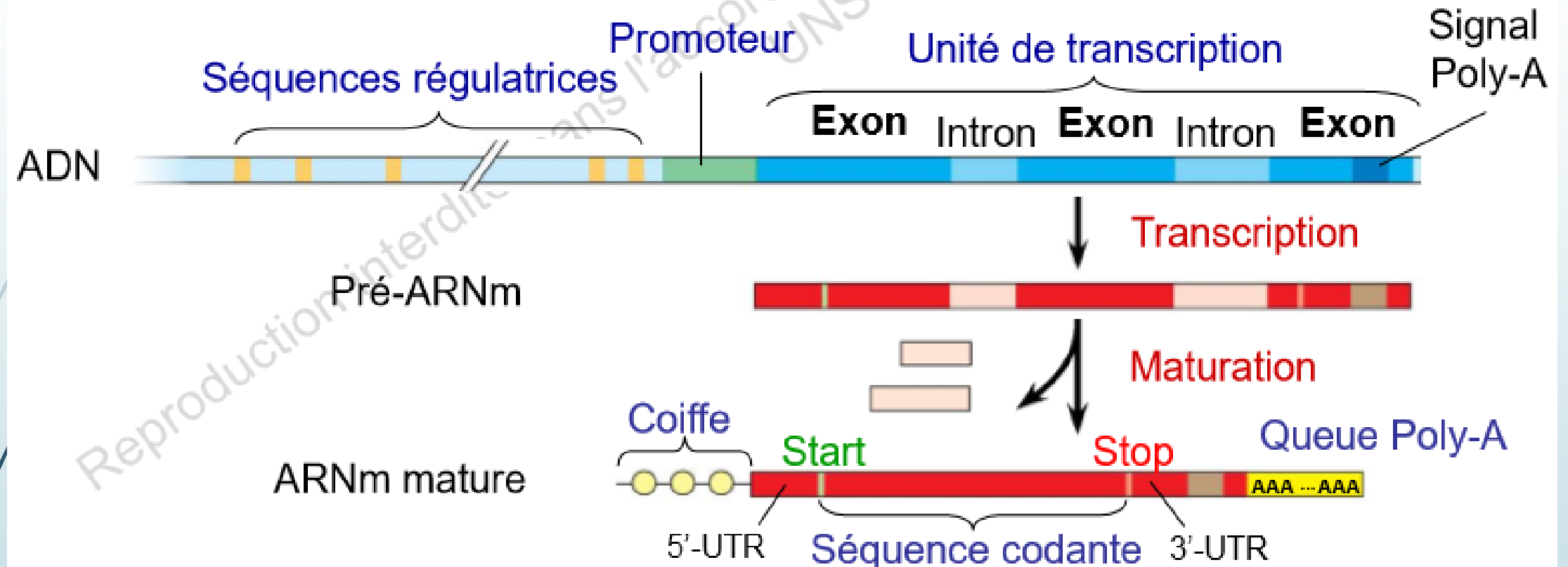
Elle donne un **pré-ARNm**, dit **transcrit primaire**, une suite d'exons et d'introns

Ce pré-ARNm subit des **modifications co-transcriptionnelles**

- ✓ Ajout d'une **coiffe** à l'extrémité **5' P** : prolonge la durée de vie de l'ARNm en le **protégeant de la dégradation**. Elle est également nécessaire à la reconnaissance de l'ARNm par la machinerie traductionnelle
- ✓ Ajout d'une **queue poly-A** : une suite de **250 nucléotides** à **adénine**, qui **contribuent à ralentir** la dégradation de l'ARNm
- ✓ Les **introns**, parties non codantes d'un gène, sont **excisés** et éliminés
- ✓ Les **exons**, parties **codantes** porteuses d'informations, sont **liés** entre eux : on dit qu'ils sont **épissés**

# La synthèse des protéines

37



## ❑ Différences avec la transcription des gènes procaryotes :

Les gènes eucaryotes sont **morcelés** (leurs exons sont séparés par des introns), et **chaque** gène est **régulé individuellement**

Le génome procaryote est **dépourvu d'histones**

Les gènes procaryotes sont **compacts**, car ils ne présentent pas d'introns

Plusieurs gènes peuvent être **regroupés**, et sont soumis à une même séquence régulatrice

L'ARNm obtenu lors de la transcription est **directement mature**, et ne nécessite pas de modifications co-transcriptionnelles

Chez les procaryotes : la transcription et la traduction sont **simultanés**

# QCMs





### 1) A propos des eucaryotes :

- A. Ils possèdent, dans leur noyau, plusieurs chromosomes de forme circulaire
- B. Chez l'homme, les cellules se différencient en cellules somatiques : haploïdes et germinales : diploïde
- C. Les mitochondries sont présentes uniquement chez les eucaryotes
- D. Les cellules germinales sont générées au cours de la méiose
- E. Les propositions A, B, C, D sont fausses

## 1) A propos des eucaryotes :

- A. Ils possèdent, dans leur noyau, plusieurs chromosomes de forme ~~circulaire~~ **linéaire**
- B. Chez l'homme, les cellules se différencient en cellules somatiques ~~haploïdes~~ **diploïdes** et germinales ~~diploïdes~~ **haploïdes**
- C. Les mitochondries sont présentes uniquement chez les eucaryotes
- D. Les cellules germinales sont générées au cours de la méiose
- E. Les propositions A, B, C, D sont fausses

## 2) A propos du mécanisme de la réplication :

- A. La réplication se fait de manière simultanée sur les 2 brins
- B. Le brin tardif est synthétisé en continu alors que le brin direct est synthétisé par fragment
- C. La double hélice s'ouvre et forme des fourches de réplifications, chacune est divisée en 2 bulles de réplifications
- D. La polymérase  $\alpha$  a pour rôle de synthétiser les amorces
- E. Les propositions A, B, C, D sont fausses

## 2) A propos du mécanisme de la réplication :

A. La réplication se fait de manière simultanée sur les 2 brins

B. Le brin tardif est synthétisé en continu alors que le brin direct est synthétisé par fragment

C'est le contraire, brin tardif = synthétisé par fragment, brin direct = synthétisé en continu

C. La double hélice s'ouvre et forme des ~~fourches de réplications~~, ~~chacune forme 2 bulles de réplications~~

Chaque bulle va s'ouvrir et former 2 fourches de réplications

D. La polymérase  $\alpha$  a pour rôle de synthétiser les amorces

E. Les propositions A, B, C, D sont fausses

### 3) A propos de la transcription :

- A. Le gène codant eucaryote comprend des unités de transcriptions constitués uniquement d'exons
- B. L'enzyme nécessaire à la transcription eucaryote est l'ADN Polymérase II
- C. Chez les procaryotes, la transcription débute par la décompaction des nucléosomes.
- D. Chez les procaryotes, la transcription et la traduction sont simultanés.
- E. Les propositions A, B, C, D sont fausses

### 3) A propos de la transcription :

- A. Le gène codant eucaryote comprend des unités de transcriptions constitués ~~uniquement~~ d'exons **et d'introns**
- B. L'enzyme nécessaire à la transcription eucaryote est l'AD **R** N Polymérase II
- C. Chez les procaryotes, la transcription débute par la ~~décompaction des nucléosomes~~ : **pas de nucléosomes chez les procaryotes**
- D. Chez les procaryotes, la transcription et la traduction sont simultanés.
- E. Les propositions A, B, C, D sont fausses

#### 4) A propos du mécanisme de la transcription :

- A. Les facteurs de transcription spécifiques se fixent aux séquences régulatrices du gène et les facteurs de transcription généraux se fixent au promoteur
- B. Pour que la transcription débute, l'ARN Polymérase II doit être phosphorylé par TFIIH
- C. L'ajout de la coiffe à l'extrémité 5'P diminue la durée de vie de l'ARNm
- D. Lors de la maturation de l'ARN en ARNm, les introns sont épissés et les exons éliminés.
- E. Les propositions A, B, C, D sont fausses



#### 4) A propos du mécanisme de la transcription :

- A. Les facteurs de transcription spécifiques se fixent aux séquences régulatrices du gène et les facteurs de transcription généraux se fixent au promoteur
- B. Pour que la transcription débute, l'ARN Polymérase II doit être phosphorylé par TFIIH
- C. L'ajout de la coiffe à l'extrémité 5'P ~~diminue~~ **augmente** la durée de vie de l'ARNm
- D. Lors de la maturation de l'ARN en ARNm, les introns sont ~~épissés~~ **excisés** et les exons ~~éliminés~~ **épissés**
- E. Les propositions A, B, C, D sont fausses



Merci pour votre attention 😊