



# BIOLOGIE

# MOLECULAIRE

Génome, information, génétique et hérédité

**TUT'RENTREE 2014**

# Présentation de la matière

- Compose une des matières de l'UE1
- Enseignée par le Professeur Naimi
- 3 cours de 2heures
- 3 polys de 85-90 diapos

# Présentation de la matière

- Attention : **PAS** de ronéo
- Mais → les polys sont archi complet et mis à disposition sur JALON !!!
- BIOMOL' = **5 QCMs** sur 40 en **UE1** (coeff 10) → ☠ **Donc à ne pas négliger !! ^^**

# Déroulement de la tut' rentrée

- 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> polys abordés
- **PAS DE PANIQUE** : 1 fiche « courte » pour chaque poly
- Fiches tut' rentrée quasi complètes
- 5 qcms au CCB comme au concours
- 2 qcms: 1<sup>er</sup> poly / 3 qcms: 2<sup>ème</sup> poly
- 1<sup>er</sup> poly = **Azula** / 2<sup>ème</sup> poly = **Gollum**

# POLY 1

## PLAN

- **A. INTRODUCTION**
  - 1) Différences entre cellule procaryote et eucaryote
- **B. LES ACIDES NUCLEIQUES**
  - 1) Historique
  - 2) Structure de l'ADN et compaction en chromosomes
  - 3) Structure de l'ARN et fonctions des différents ARNs
- **C. LA REPLICATION DE L'ADN**
  - 1) Rappel sur la mitose
  - 2) Rôle et propriétés de la réplication
- **D. LA SYNTHÈSE DES PROTEINES**
  - 1) Structure d'un gène codant
  - 2) Transcription de l'ARN messager
  - 3) Maturation de l'ARN messager

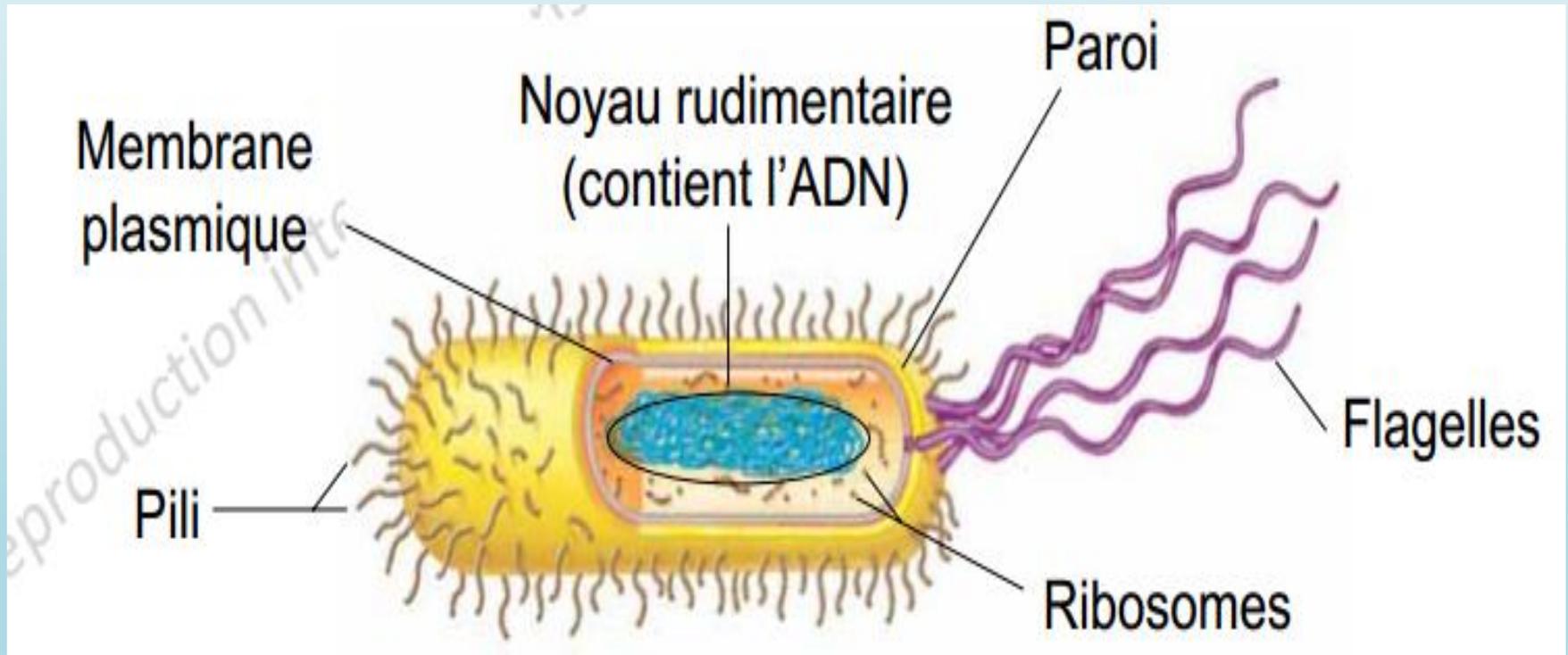
# A. INTRODUCTION

## 1) Différences entre cellule procaryote et eucaryote

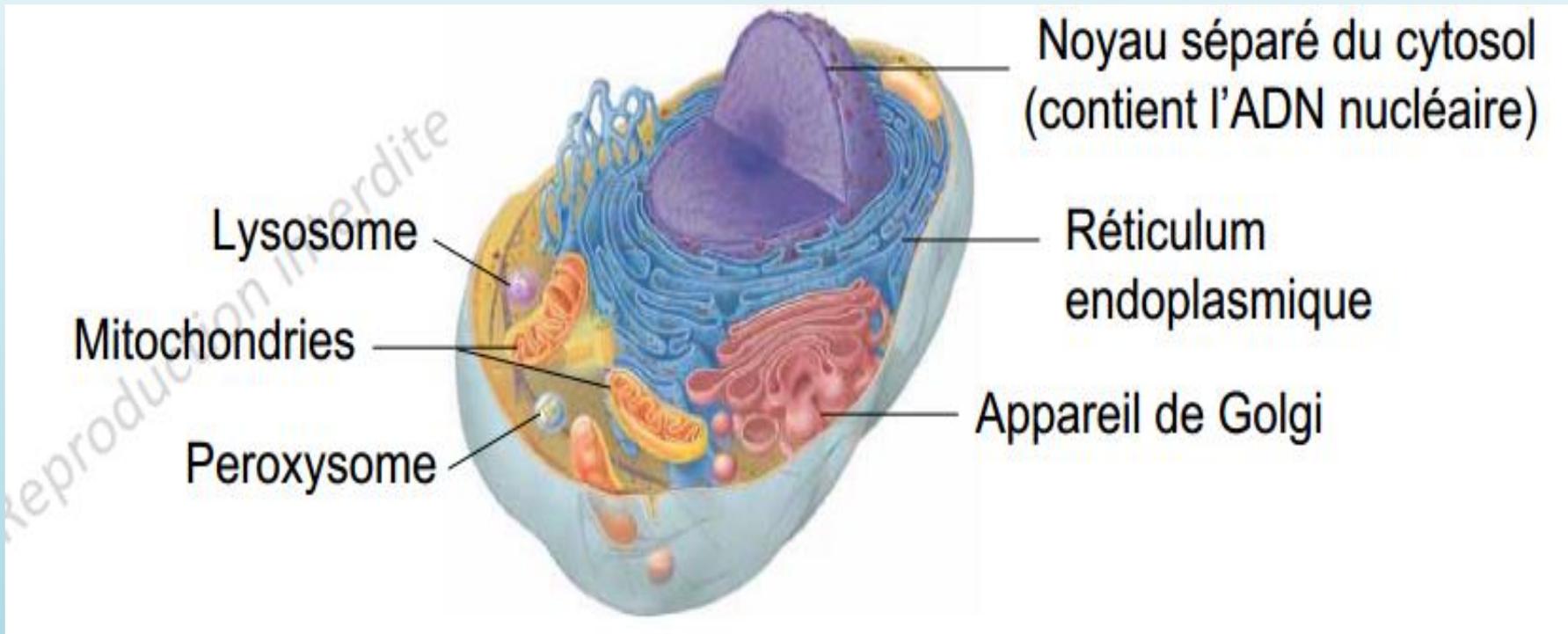
- CELLULE = unité de base des êtres vivants composée :
  - d'une membrane lipidique ( sépare int et ext de la cellule )
  - d'un noyau (contenant l'ADN = matériel génétique)
  - du cytosol (entre la membrane et le noyau + lieu des réactions chimiques)
  - et des organites (peu présents chez les procaryotes) .

Les cellules sont divisés en 2 grands groupes, ayant chacun leurs caractéristiques spécifiques.

## ➔ LES PROCARYOTES :



## ➔ LES EUCARYOTES :



On remarque la présence d'organites divers et variés chez les eucaryotes, à la différence des procaryotes ( que quelques ribosomes...).

# 1) Différences entre cellule procaryote et eucaryote

## PROCARYOTES

**Uni**cellulaire (~1-10 $\mu$ m)

ex : **bactéries**

Noyau rudimentaire sans délimitation = nucléoïde

Unique chromosome **CIRCULAIRES**

☞ Membrane doublée par une paroi plus ou moins épaisse

☞ **Pas de sous-compartiments** délimités par une membrane

Peu d'organites ( ex : ribosomes)

## EUCARYOTES

**Uni- ou Multi**cellulaire (~10-100 $\mu$ m)

ex : **Homme ou levure**

Noyau délimité par une membrane

Plusieurs chromosomes **LINEAIRES**

☞ Possèdent d'autres sous-compartiments délimités par des membranes (réticulum, Golgi, lysosomes, peroxysomes, mitochondries ...)

Beaucoup d'organites diversifiées ( cités ci-dessus )

# → Les Cellules EUCARYOTES HUMAINES sont de 2 types :

## ☞ SOMATIQUES

23 paires de Krs « identiques » deux à deux

2n=46 avec n = 23 chez l'Homme

♥ **DIPLOÏDE**

22 paires d'autosomes (=44) +  
1 paire de gonosome(=2)

Paire de gonosome = XX chez la  
femme et XY chez l'homme

## ☞ SEXUELLES (gamètes)

1 seul Krs de chaque paire 1n=23

♥ **HAPLOÏDE**

Formées à partir de  $\phi$ s diploïdes grâce  
à la **MEÏOSE**

22 autosomes +  
1 gonosome = 23

Spermatozoïdes : X ou Y  
Ovocytes : X ou X



Le génome eucaryote a une double origine !

⇒ Nucléaire (ADN dans le noyau sous forme de Krs linéaires)

⇒ Mitochondriale (ADNmt sous forme d'un Krs circulaire unique )

\*ressemble au génome des bactéries

\*Présent que dans les cellules possédant des mitochondries.

\*donc absent des Çs PROCARYOTES !

# ♥ Points Clés

- **Il existe des cellules eucaryotes et procaryotes**

- Dans les cellules procaryotes, le noyau n'est pas séparé du cytosol

- Dans les cellules eucaryotes, le noyau est délimité par une membrane

- **Dans les deux cas, le noyau contient le matériel génétique**

- Ce matériel est constitué par l'ADN

- Les cellules eucaryotes contiennent en plus des mitochondries

- Les mitochondries possèdent leur propre matériel génétique

- Ce matériel est constitué par de l'ADN, l'ADN mitochondrial (ADNmt)

## B. LES ACIDES NUCLEIQUES

### ♥ À retenir

• Une cellule contient 2 types d'acides nucléiques :

↳ **ADN (acide désoxyribonucléique)** = ⚡ forme de **STOCKAGE** et de **TRANSMISSION** de l'information génétique = polymère de **désoxyribonucléotides** ( A/T/G/C)

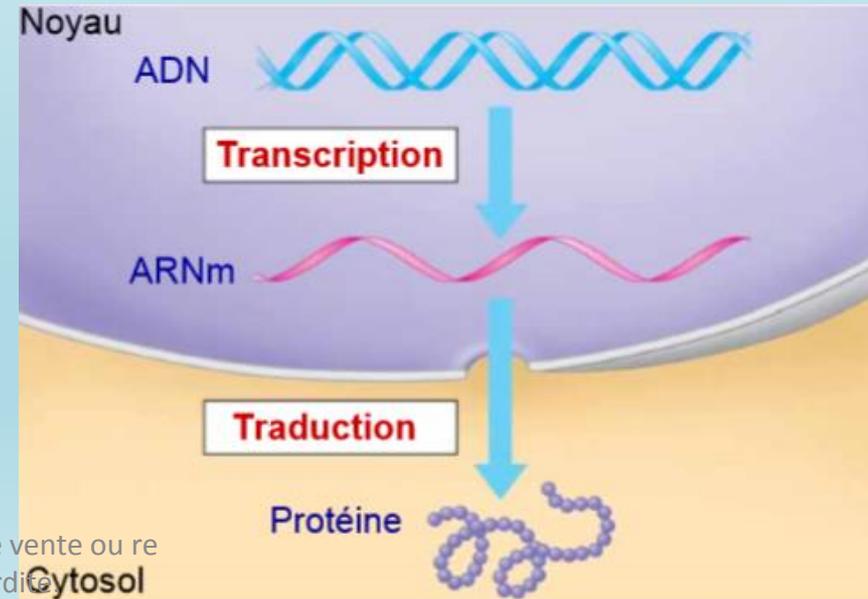
↳ **ARN (acide ribonucléique)** = participe (in)directement à l'expression de l'information génétique = polymère de **ribonucléotides** ( A/U/G/C)

• Un gène code pour une protéine.

Lorsqu'il est exprimé :

➔ il est d'abord **TRANSCRIT** en ARN, dans le **NOYAU**.

➔ puis l'ARN est **TRADUIT** en protéine dans le **CYTOSOL**.



## B. LES ACIDES NUCLEIQUES

### ♥ À retenir

- Une molécule d'ADN est une hélice constituée **2 brins complémentaires**.

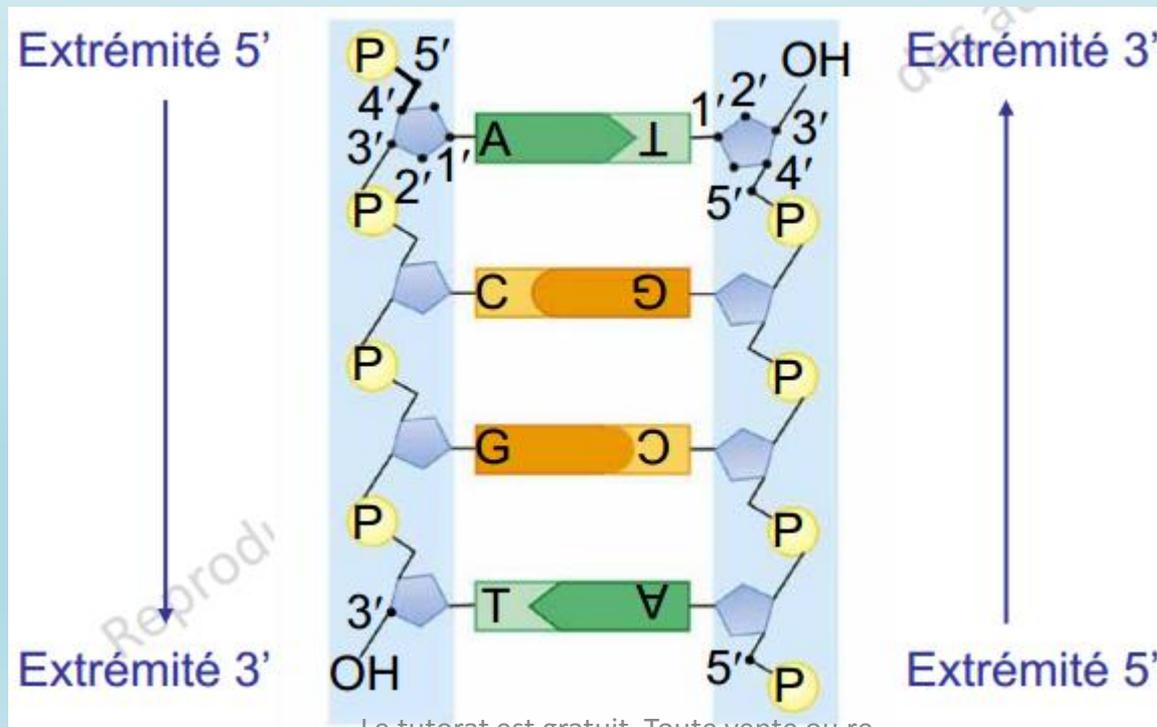
➔ L'adénine s'apparie à la thymine (AT) et la guanine s'apparie à la cytosine (GC) = principe de la complémentarité des bases.

➔ Chaque brin possède une extrémité 5'(-P) et une extrémité 3'(-OH).

≠ une molécule d'ARN est constitué que **d'un seul brin**.

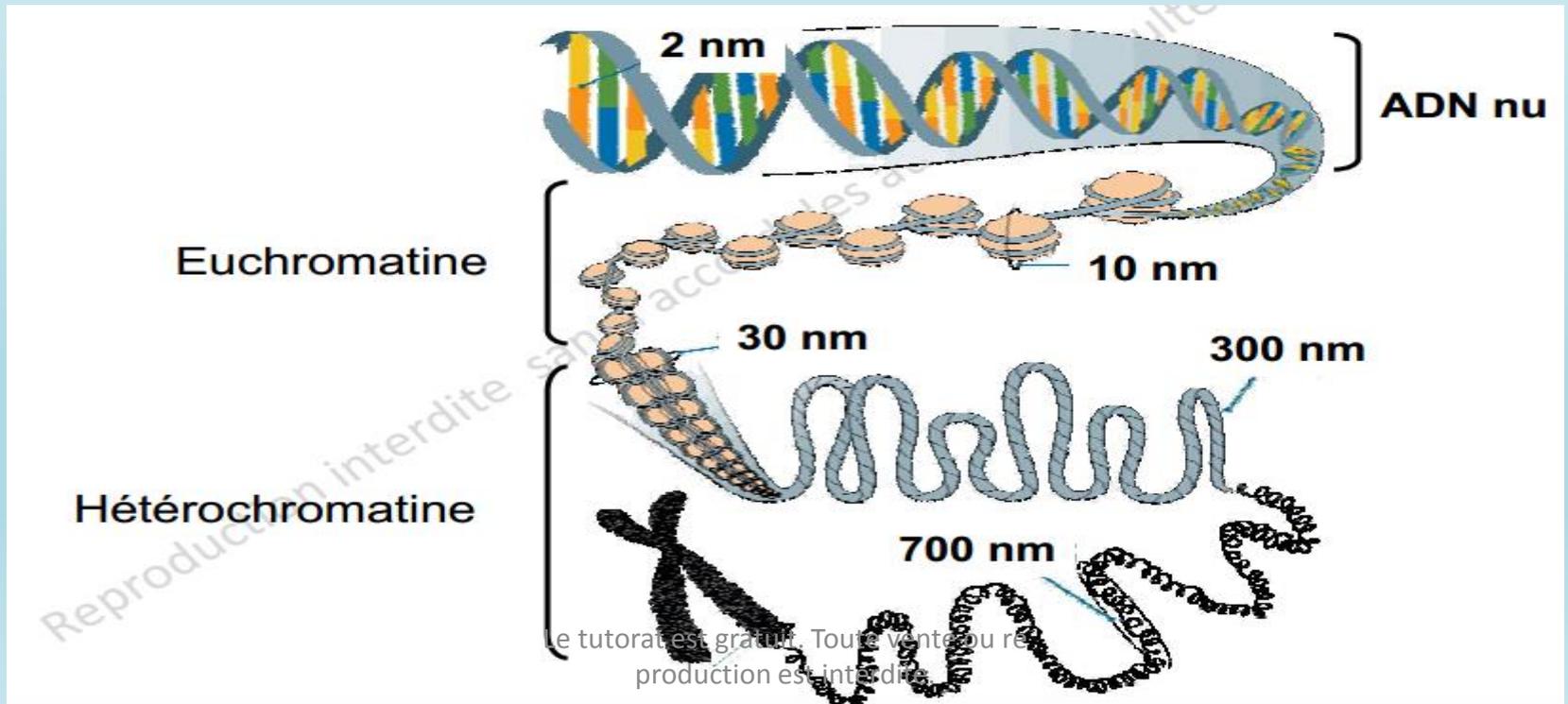
☠ Les deux brins d'ADN sont orientés en sens inverse  
➔ **ANTIPARALLÈLES**

☠ La séquence d'un brin est lue dans le sens **5' → 3'**.



Le tutorat est gratuit. Toute vente ou re production est interdite.

- L'ADN eucaryote est compacté grâce à des protéines.
- ➔ Il s'associe aux **histones** pour former **la fibre de chromatine**.
- Euchromatine** = niveau de compact° faible = conformation « ouverte » de la chromatine = gènes accessibles à la transcript°
- Hétérochromatine** = niveau de compaction supérieur = conformation « fermée » de la chromatine = gènes non accessibles à la transcript°
- ☠ **CHROMATINE = ADN + PROTEINE**

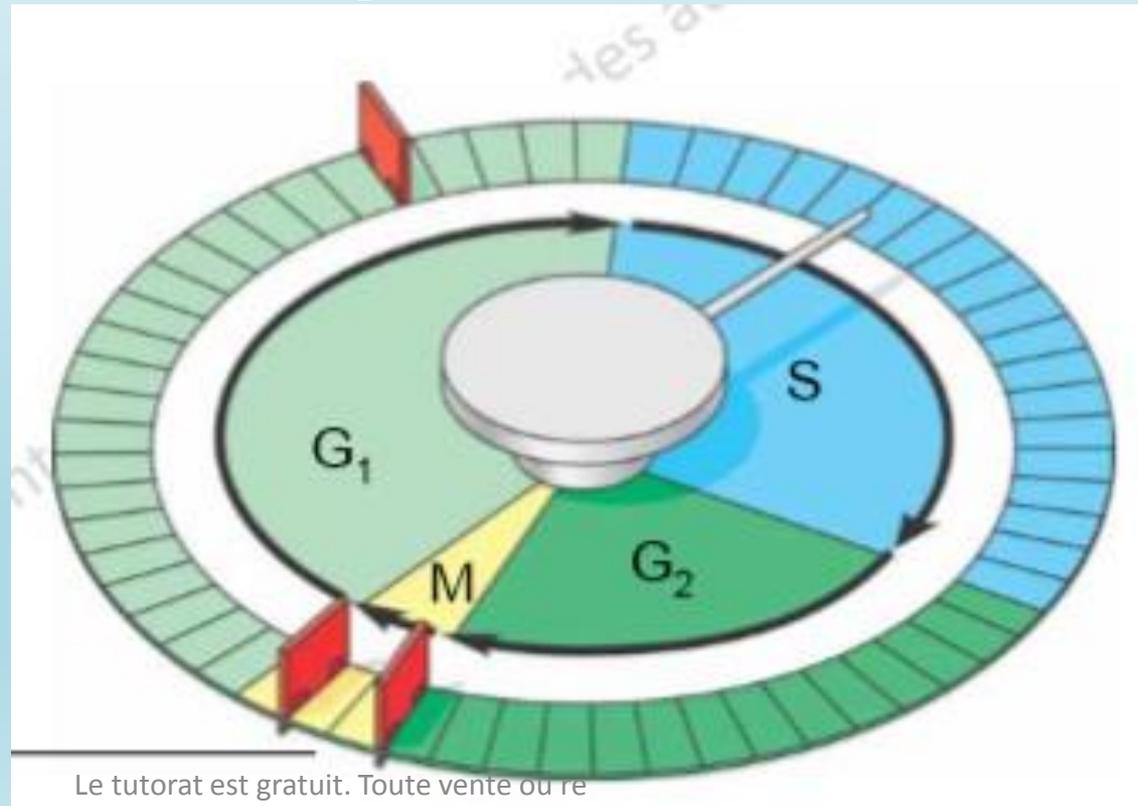


# C. LA REPLICATION DE L'ADN

## Rappels

- Le cycle cellulaire comprend deux principales phases.
  - **L'interphase** (=phases G<sub>1</sub>+ S+ G<sub>2</sub>) qui prépare la mitose.
  - ☛ La réplication se fait durant la phase S !

→ **La mitose**



# C. LA REPLICATION DE L'ADN

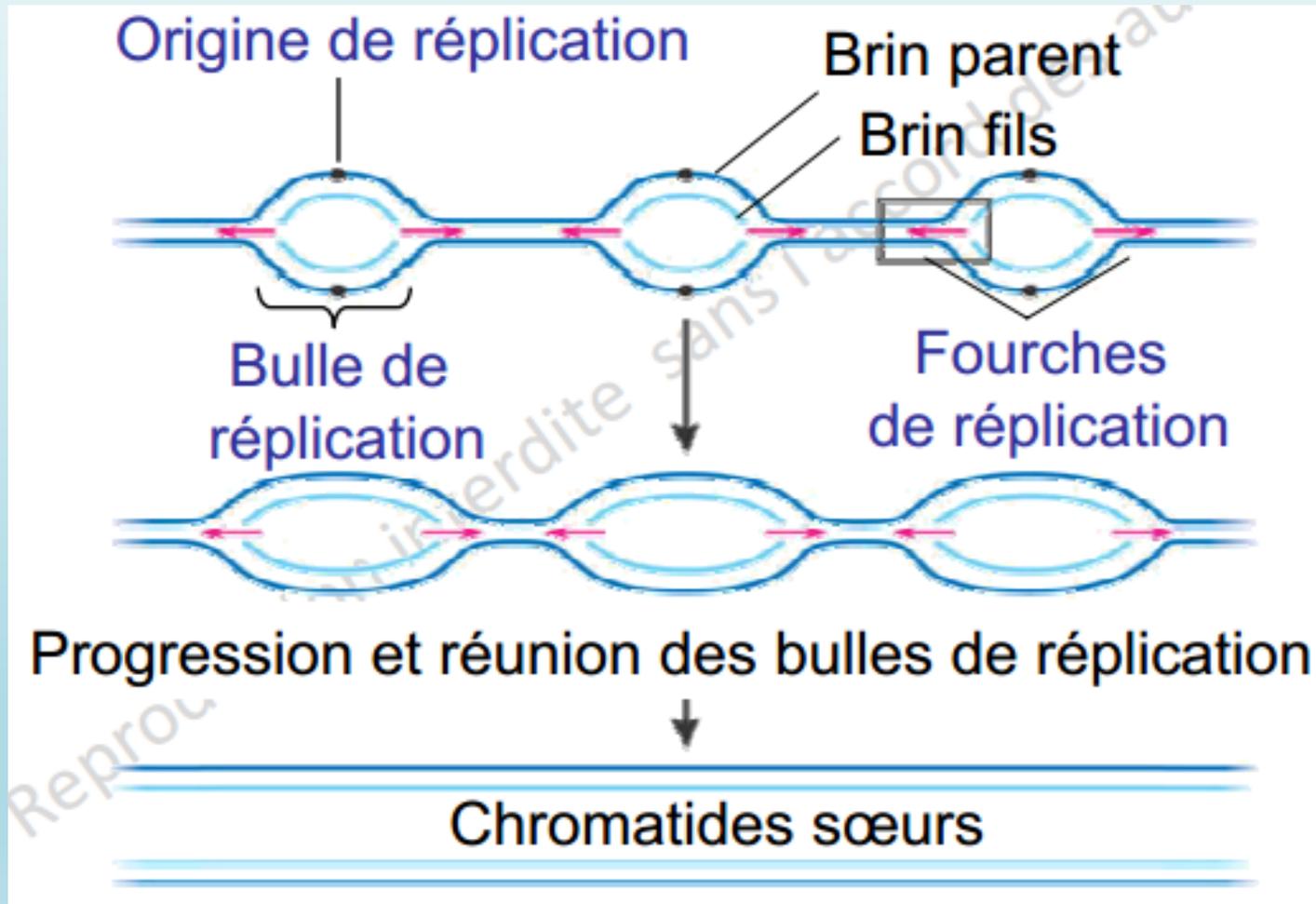
## 1) Rôles de la réplication

⇒ **Permet de dupliquer le génome d'une cellule avant la division.**

- Chaque brin parent sert de modèle pour la synthèse d'un brin fils.
- Elle se fait en de nombreux points (ou origines) sur un chromosome.
- La double hélice est ouverte et forme une **bulle de réplication qui comprend deux fourches de réplication.**
- La réplication est **BIDIRECTIONNELLE** à partir de chaque point d'initiation

# C. LA REPLICATION DE L'ADN

## 1) Rôles de la réplication



# C. LA REPLICATION DE L'ADN

## 1) Rôles de la réplication

⇒ **Avant la réplication**, la cellule possède  $2n$  chromosomes à **une chromatide**.

⇒ **Après**, elle possède  $2n$  chromosomes à **deux chromatides sœurs**.

♥ Chaque cellule fille va hériter d'une copie du génome de la cellule mère.



**Chromosome à 2 chromatides →**

## → Modèles théoriques possibles de la réplication

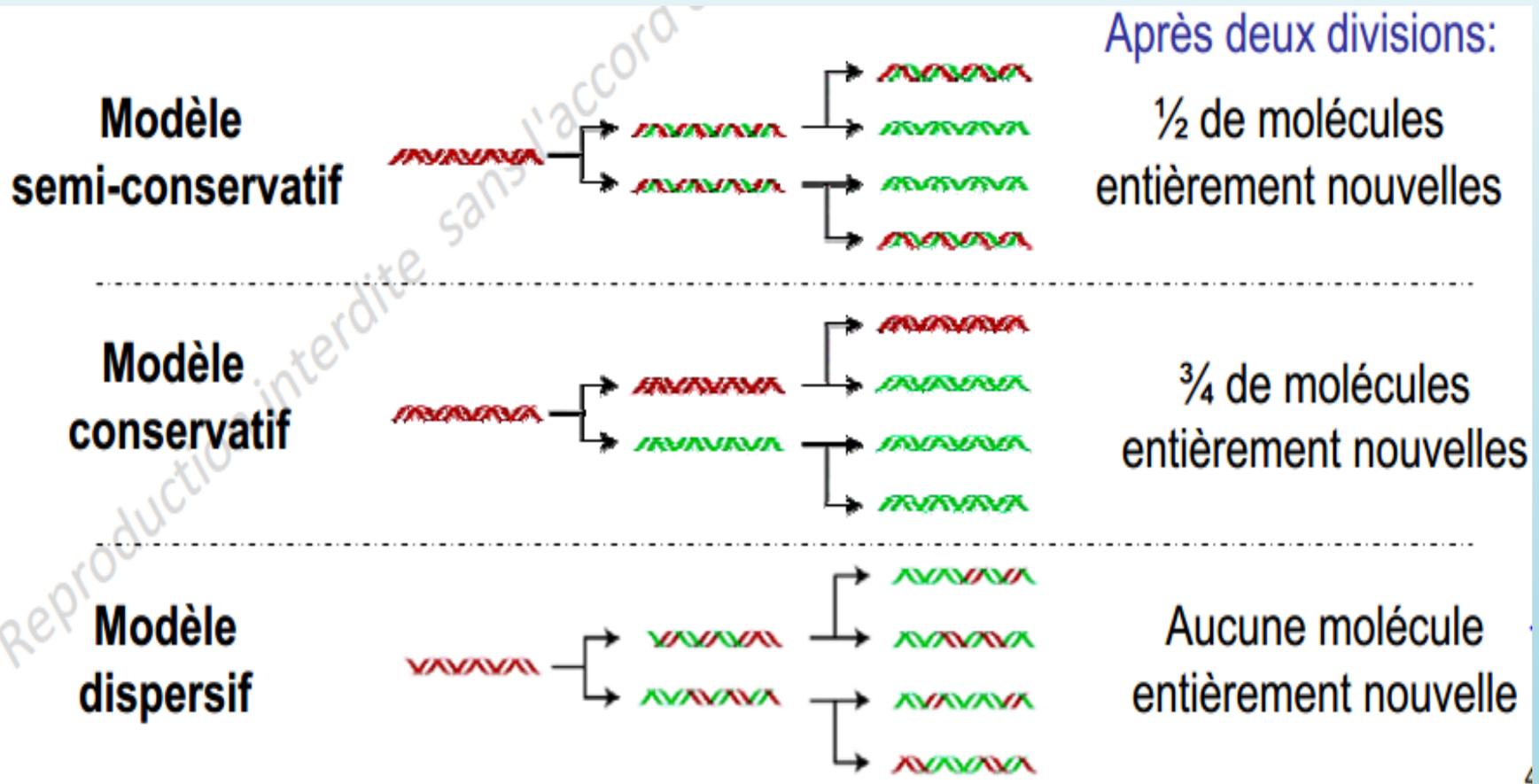
⇒ **Modèle semi-conservatif (Watson, Crick)**

: Chaque molécule contient un brin parent et un nouveau brin.

⇒ **Modèle conservatif** : Une molécule intacte, une molécule contenant deux nouveaux brins

⇒ **Modèle dispersif** : Chaque molécule = mélange de fragments originaux et néosynthétisés.

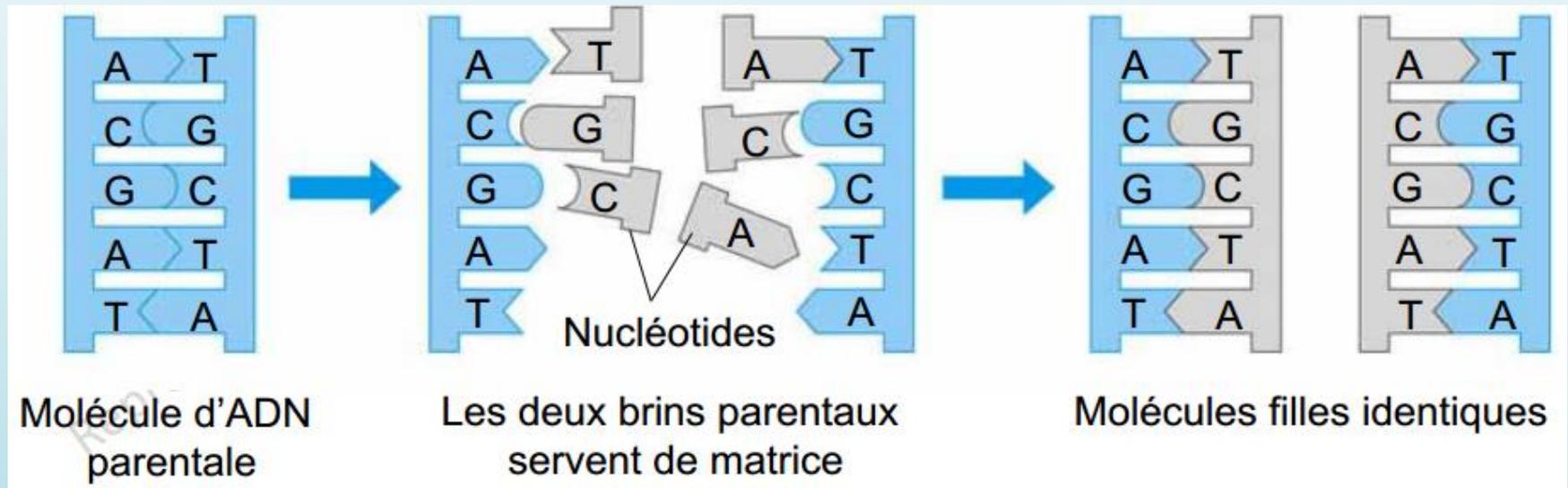
# → Modèles théoriques possibles de la réplication



**Le modèle utilisé par la cellule est le SEMI-CONSERVATIF !**

# C. LA REPLICATION DE L'ADN

## 2) Propriété de la réplication



♥ SEMI-CONSERVATIF

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

♥ **Chaque nouvelle molécule comprend un brin parental et un brin fils**

♥ Elle repose sur le principe de complémentarité des bases

## → Etape de la réplication

☞ **L'ADN polymérase  $\delta/\epsilon$  nécessite pour initier la réplication :**

- un brin d'ADN matrice ( = brin parent )
- des désoxyribonucléotides triphosphate (dNTPs)
- UNE AMORCE

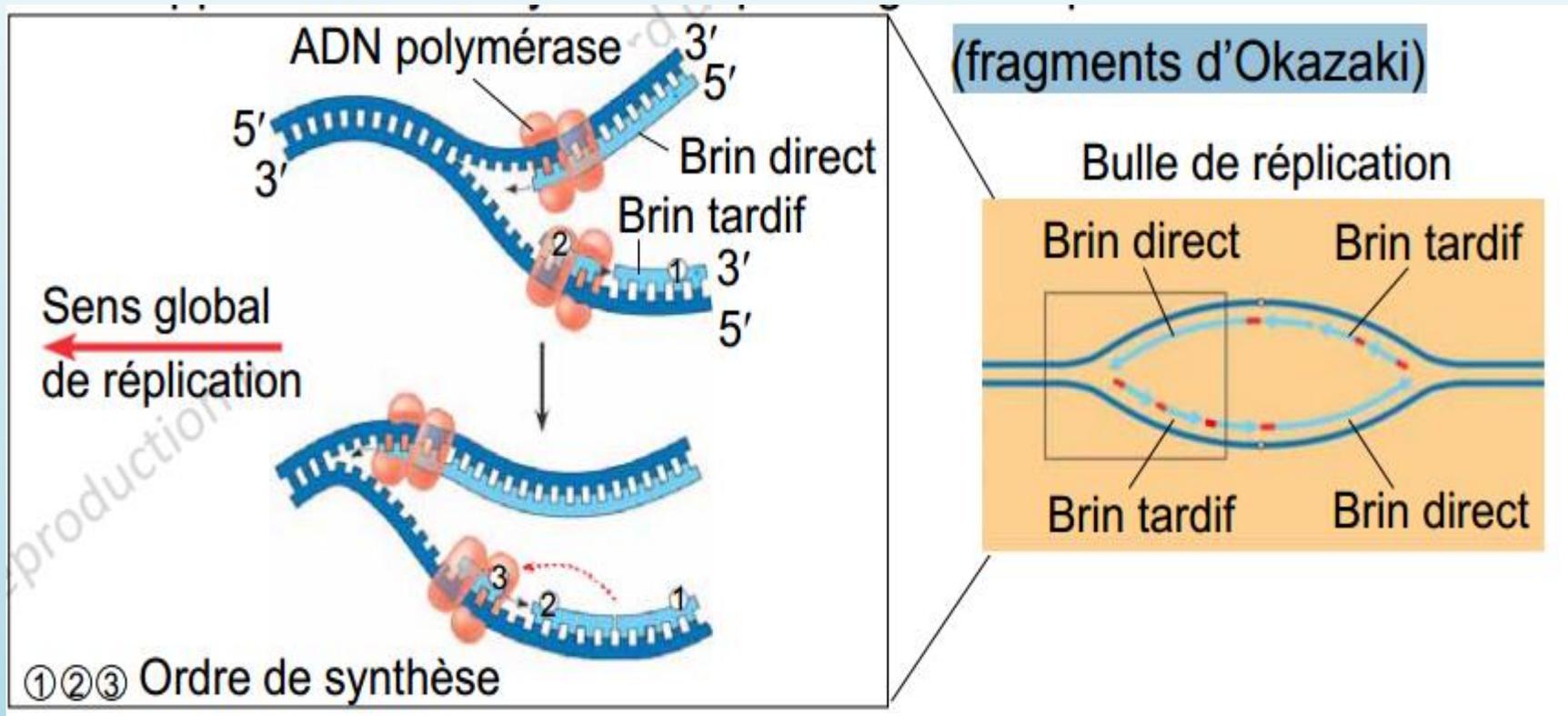
☞ La polymérase relie un à un les dNTPs à l'extrémité 3'-OH de l'amorce.

☞ Elle ne synthétise donc les brins fils **que dans le sens 5' - 3'**.

☞ Elle est **simultanée** sur les deux brins mais **asymétrique** ( les brins parents = antiparallèles )

☞ Au niveau de chaque fourche, **leur réplication se fait en sens opposé.**

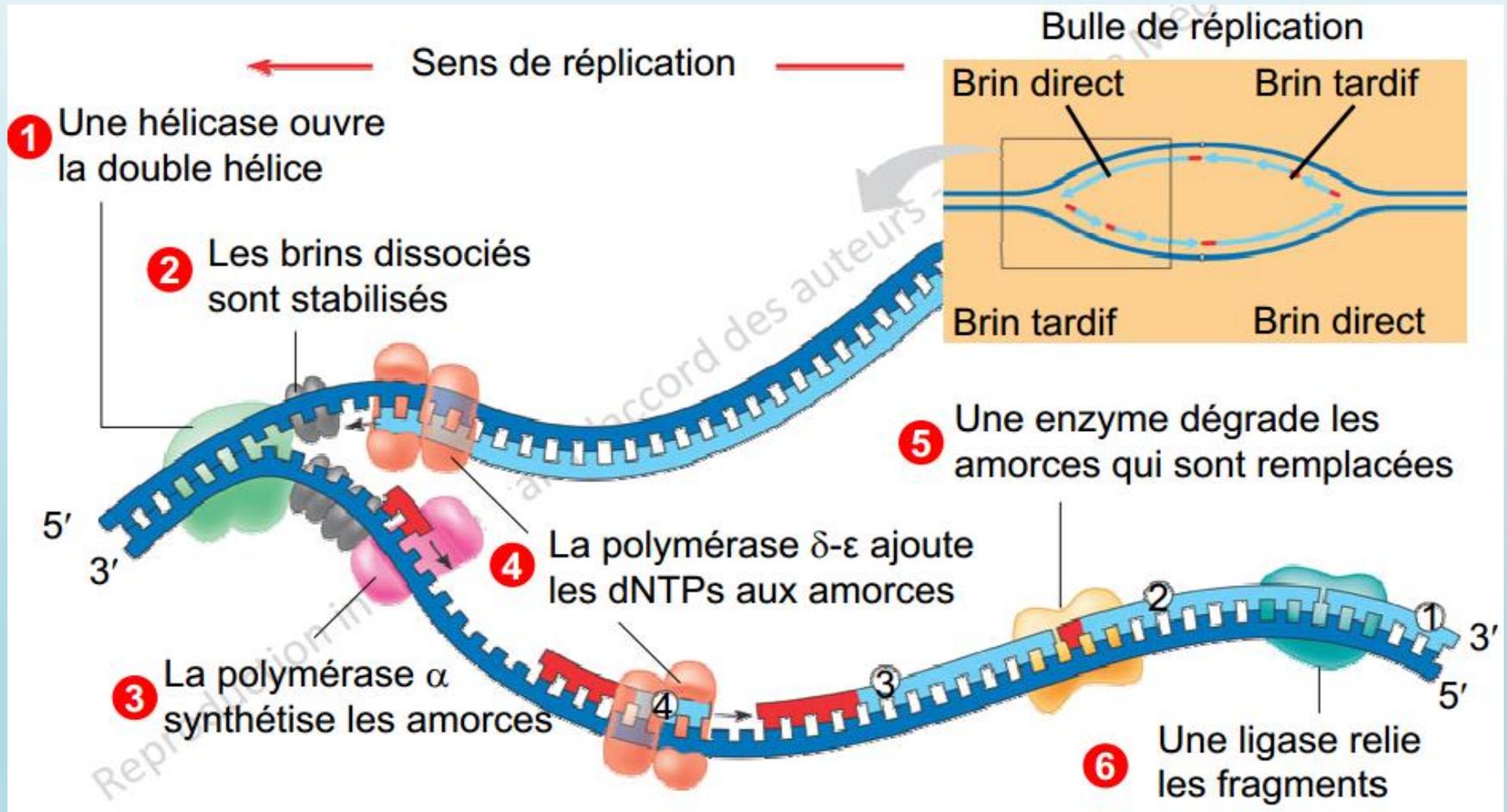
## → Brin direct / Brin tardif ?



♥ Le brin appelé direct est synthétisé en continu à partir d'une seule amorce.

♥ Le brin appelé tardif est synthétisé par fragments qui seront ensuite réunis (fragments d'okazaki).

# → Etape de la réplication



# D. SYNTHÈSE DES PROTÉINES

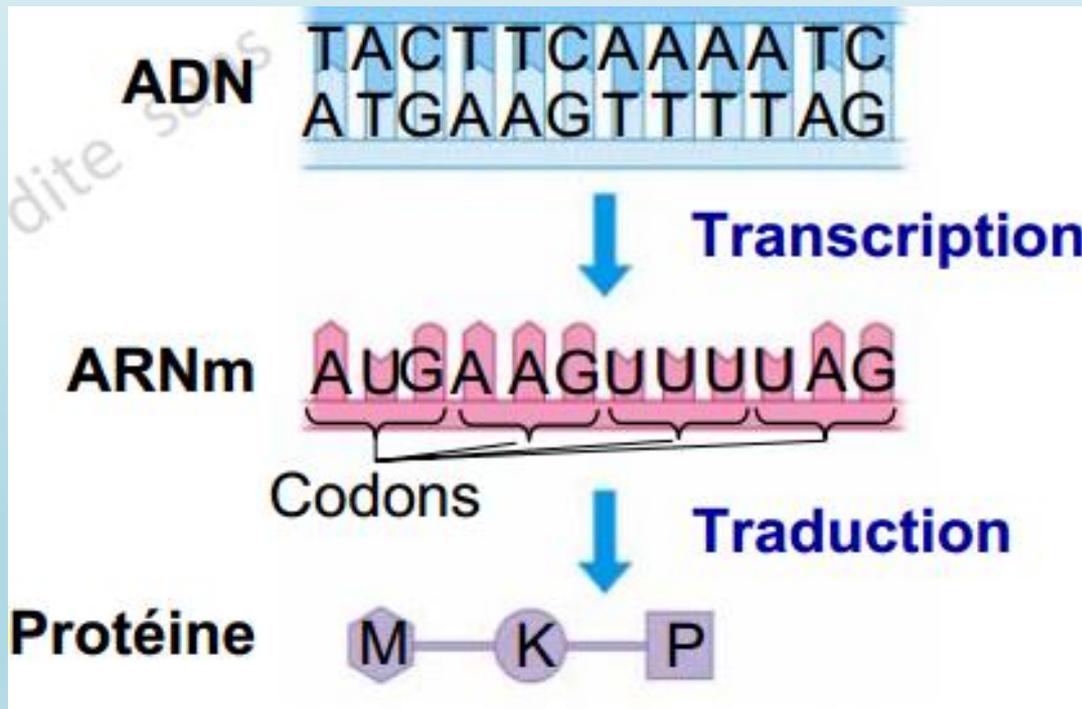
## 1) Généralités

- ☞ Certains gènes sont dits **CODANTS** :
  - leur information sert à la synthèse d'un ARNm puis d'une protéine,
  - transcrits par **l'ARN polymérase II** chez les eucaryotes.
  
- ☞ D'autres sont dits **NON CODANTS** :
  - leur information ne sert qu'à la synthèse des autres types d'ARN (*ARN ribosomiaux, de transfert...*)
  - transcrits par **l'ARN polymérase I ou III** chez les eucaryotes.

👉 Au cours de la transcription d'un gène codant, la séquence d'ADN du brin codant est recopiée en séquence d'ARN.

💣 **Le brin codant** contient l'information

💣 **le brin non codant** sert de modèle



## → Structure d'un gène codant eucaryote

Un gène codant comprend :

→ des **régions NON TRANSCRITES** en amont  
(*séquences régulatrices, promoteur*) :

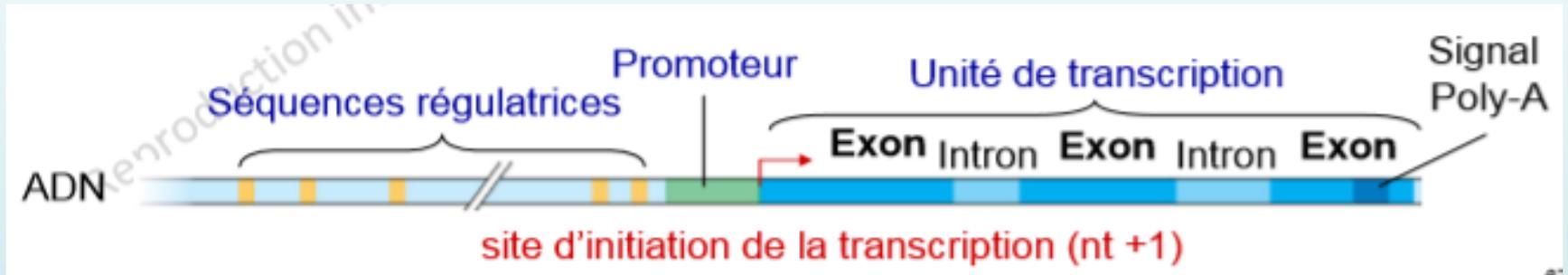
- Le promoteur proche du site d'initiation de la transcription, qui comprend notamment la TATA box (TATAA) qui fixe l'ARN polymérase.

- Les séquences régulatrices proximales et distales, plus éloignées

→ une **région TRANSCRITE (Unité de transcription)**

= Succession de séquences codantes (**Exons**)  
et non codantes (**Introns**) + un signal de  
terminaison de la transcription (**signal Poly-A**)

# → Structure d'un gène codant eucaryote



☞ Chaque gène possède **une combinaison  $\neq$ te de séquences régulatrices**. Chaque séquence peut recruter un facteur de transcription (FT) spécifique : **ENHANCER** (active la transcript<sup>o</sup>) ou **SILENCER** (l'inhibe).

☞ Chaque gène recrute **une combinaison VARIABLE de FT spécifiques**. Ils facilitent/réduisent l'assemblage de la machinerie basale de transcription. Le gène ne s'exprime qu'en leur présence, variable selon le type cellulaire

## → Machinerie basale de transcription

La machinerie basale de transcription comprend :

→ **l'ARN polymérase II**, ne peut se fixer seule au niveau de la séquence du promoteur (TATAbox), elle a besoin :

→ **des facteurs généraux de transcription (TFII A, B, D, E, F, H)**

• interagissent avec les **FT spécifiques** et **l'ARN polymérase II**

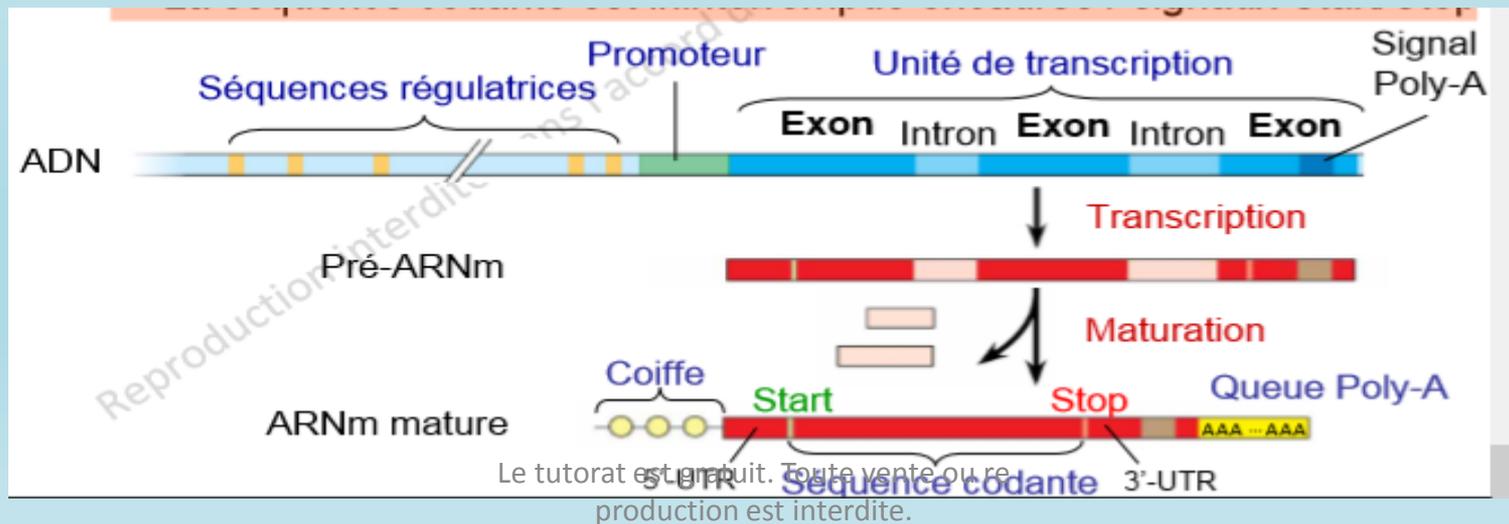
→ **Médiator**=un complexe multiprotéique

• lien entre les **facteurs généraux** et **l'ARN polymérase II**



## → L'élongation de la transcription est couplée à la maturation

- Les enzymes de maturation (= enzymes de la coiffe + de l'épissage + de terminaison) de la de l'ARNm sont recrutées par l'ARN Pol II.
- ☠ La transcript<sup>o</sup> aboutit d'abord à **un transcrit primaire ou pré-ARN messenger**.
  - Il doit subir une étape de maturation en **ARNm mature**.
  - Des modifications sont faites à **l'extrémité 5' (coiffe)** et **3' (queue Poly-A)**.
  - Les introns sont éliminés (**excision**), les exons mis bout à bout (**épissage**).
  - On obtient une séquence codante est ininterrompue encadrée par des signaux Start/Stop.



# POLY 2

## PLAN

- **LA SYNTHÈSE DES PROTÉINE (suite)**
  - 1) Généralités
  - 2) Le code génétique
  - 3) Les mutations du code génétique
  - 4) La traduction de l'ARNm en protéine
  - 5) La protéine
- **LA REGULATION DE L'EXPRESSION DES GENES**
  - 1) Généralités
  - 2) La régulation de l'expression des gènes
- **LA MEIOSE PAS ABORDE A LA TUT RENTREE => PAS DE QCMs au ccb**
  - ⇒ Le caryotype

# D. LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

## 1) GENERALITES

- Au cours de la transcription d'un gène :
- → La séquence d'**ADN** d'un BRIN dit CODANT est **recopiée** en séquence **d'ARN**
- Le brin CODANT contient l'information
- Le brin NON CODANT sert de modèle
- La transcription utilise le **principe de complémentarité**
- Au cours de l'étape de traduction de l'ARNm  
→ La suite de codons de l'ARNm est **convertie** en une suite **d'acides aminés**

# D. LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

## 2) LE CODE GÉNÉTIQUE

Ses caractéristiques:

Quasi-universel

Non-ambigu

Non-chevauchant

Dégénéré

Son rôle: assure la correspondance codon-AA

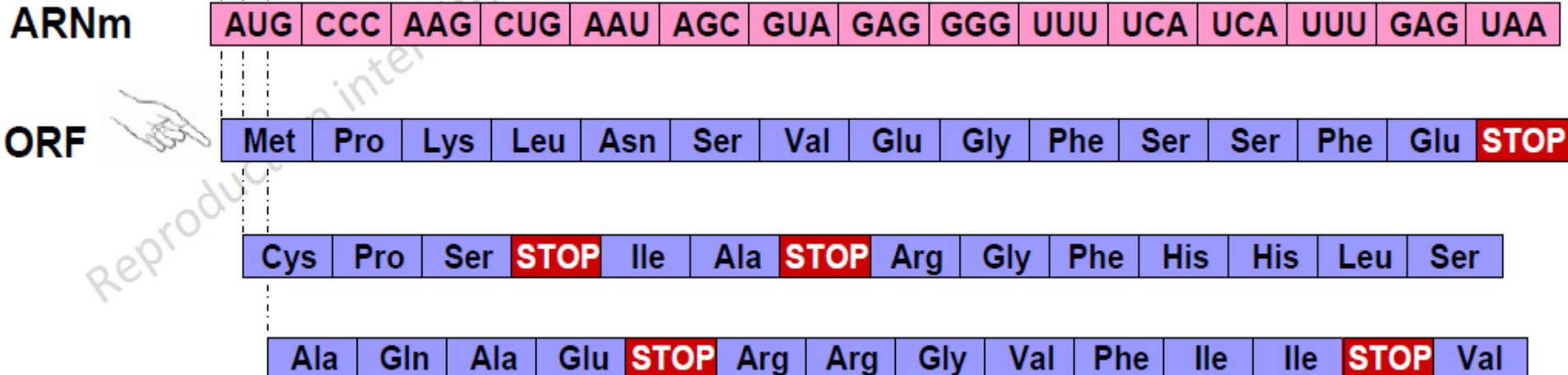
- 64 codons
- Codon *start* **AUG**-> MET
- 3 codons STOP : **UAA**, **UGA** et **UAG**

2ème nucléotide du codon

		2ème nucléotide du codon			
		U	C	A	G
1er nucléotide du codon	U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys
	UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys	
	UUA Leu	UCA Ser	UAA Stop	UGA Stop	
	UUG Leu	UCG Ser	UAG Stop	UGG Trp	
C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg	
	CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg	
	CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg	
	CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg	
A	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser	
	AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser	
	AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg	
	AUG Met ou Start	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg	
G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly	
	GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly	
	GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly	
	GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly	
		3ème nucléotide du codon			

# D. LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

- 3 cadres de lecture théoriques de l'ARNm :
- **Cadre ouvert de lecture** ou **ORF** (Open Reading Frame)
  - ↳ le **SEUL** qui aboutit à la synthèse de la protéine
  - ↳ codon initiateur AUG
- **2 autres cadres bloqués** :
  - ↳ cadre décalé et code modifié => protéines différentes
  - ↳ sont généralement *interrompus* par un **codon « stop »** prématuré



# D. LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

## 3) LES MUTATIONS DU CODE GENETIQUE

- **Les substitutions** (une base par une autre)
  - ⇒ Mutation silencieuse: GGC → Gly / GGU → Gly
  - ⇒ Mutation faux-sens: GGU → Gly / AGU → Ser
  - ⇒ Mutation non-sens: AAG → Lys / UAG → STOP
- **Les insertions/délétions** (ajout/retrait de base)
  - ⇒ Multiple de 3 : pas de modification
  - ⇒ PAS multiple de 3: cadre de lecture **modifié**

 **La dégénérescence atténue l'effet des mutations**

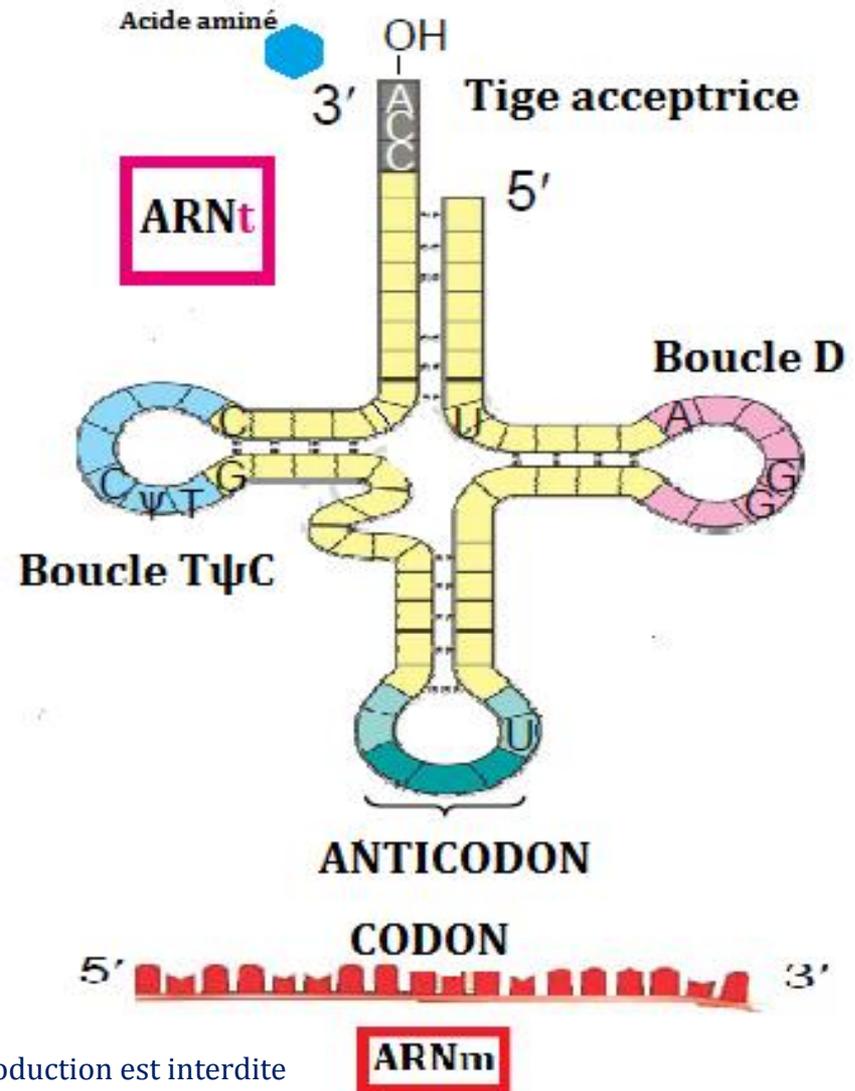


# D. LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

- Structure secondaire de l'ARNt: *en feuille de trèfle*

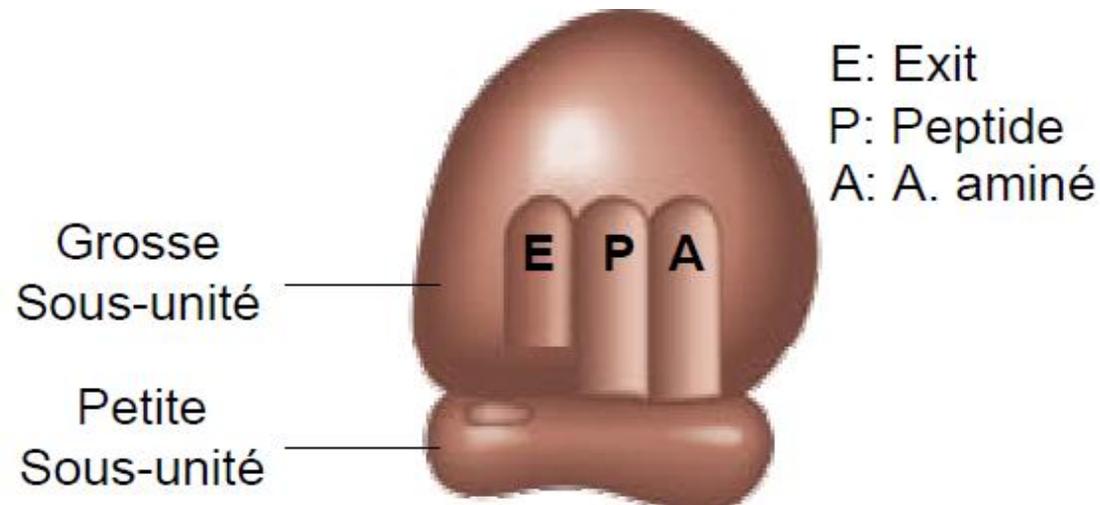
⇒ Tige acceptrice

⇒ 3 boucles : **D**, **T $\psi$ C** & l'**anticodon**



# D. LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

- LE RIBOSOME: se déplace sur l'ARN $m$ 
  - ⇒ ARNr + protéines
  - ⇒ petite sous-unité: se fixe à l'ARN $m$  + sélectionne les ARN $t$
  - ⇒ grosse sous-unité: se fixe à la psu + **activité peptidyl-transférase**



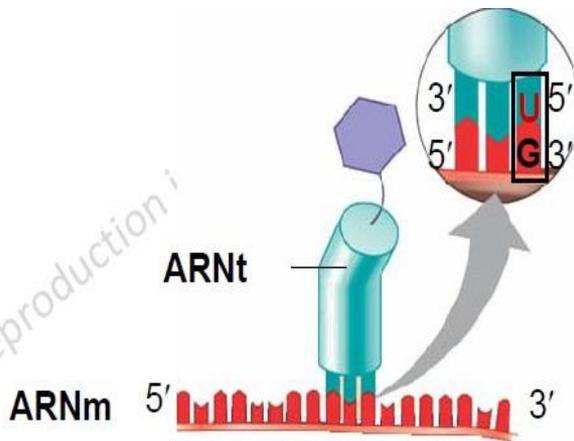
# D. LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

## LES CODES CACHÉS DU CODE GÉNÉTIQUE

- Spécificité de l'appariement codon/anticodon

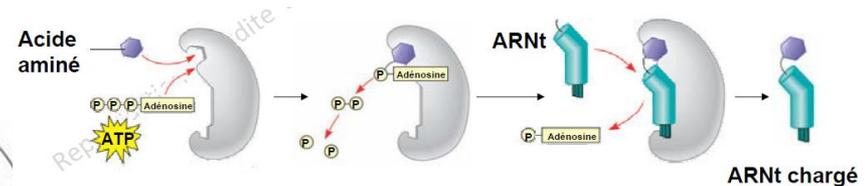
⇒ WOOBLE : diminuer le nombre d'ARNt

- U s'apparie avec A, mais aussi avec G
- G s'apparie avec C, mais aussi avec U
- I s'apparie avec toutes sauf G



- Spécificité de l'association ARNt – acide aminé

⇒ assurée par les aminoacyls  
ARNt -synthétases : 21



A s'apparie avec U et C avec G  
selon les règles classiques

# D. LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

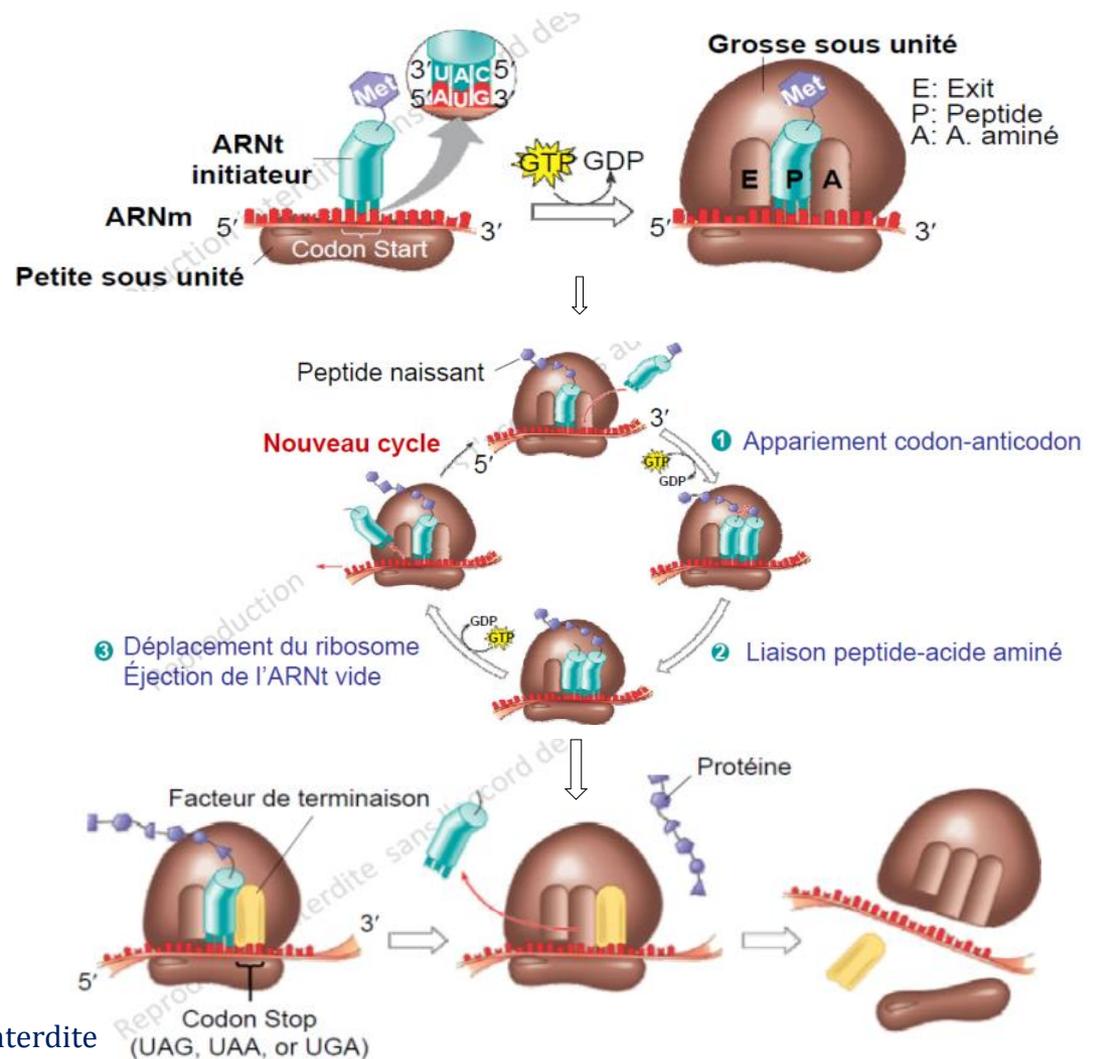
## ❖ Les 3 étapes successives

### • Initiation

1. Formation du complexe de préinitiation sur l'ARNm
2. Déplacement

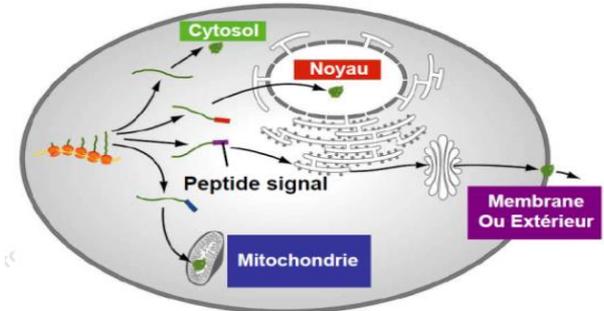
### • Elongation

### • Terminaison



# D. LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

## 5) LA PROTEINE



### ● Son voyage

Repose sur un **signal d'adressage spécifique**

2 voies: cytosol (ribosomes libres) ou REG (ribosomes associés au REG)

Rappel : La traduction débute toujours par le Cytosol

✓ PEPTIDE SIGNAL : ➔ REG

→ ✗ REG

→ ✓ Appareil de Golgi

↳ ✓ Lysosome

↳ ✗ membrane ou ext de la

cellule

✗ PEPTIDE SIGNAL ➔ Cytosol

→ ✗ cytosol (par défaut) ou

→ ✓ noyau, mitochondries, peroxysomes...

# D. LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

## 5) LA PROTEINE

- Ses modifications

- Modifications co-traductionnelles
- Modifications post-traductionnelles

-réversibles → contrôle de l'activité (ex: protéine phosphorylées)

-permanentes → acquisition des propriétés

⇒ acquisition de sa **conformation spatiale**

⇒ **voir EXEMPLE DE L'INSULINE**

# E. LA REGULATION DE L'EXPRESSION DES GENES

## 1) GENERALITES

- Cellule unique = **le zygote**
- **Différents types** cellulaires
- Chaque cellule → fonctions spécialisées  
↳ reposent sur **l'expression sélective des gènes nécessaires**

⇒ l'expression des gènes est régulée au cours du développement

- Une cellule analyse son environnement → **HOMEOSTASIE**

⇒ l'expression des gènes est régulée en réponse aux signaux extérieurs

🌸 **Dès lors qu'un ARNm est transcrit il sera traduit**

# E. LA REGULATION DE L'EXPRESSION DES GENES

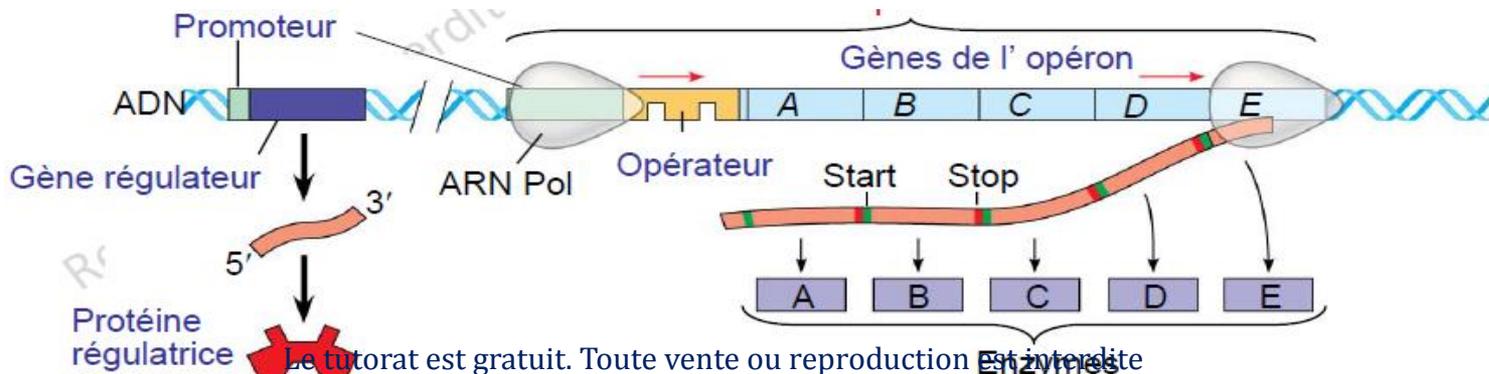
## • CHEZ LES PROCARYOTES

⇒ La régulation est **TRANSCRIPTIONNELLE** (gène → ARNm)

### ☛ Un **OPERON** ou **UNITE D'EXPRESSION COORDONNEE**

comprend typiquement:

- Les gènes codant les enzymes
- Une **séquence régulatrice** appelée opérateur
- Un promoteur
- Un gène régulateur: transcrit pour la **protéine de reg**



# E. LA REGULATION DE L'EXPRESSION DES GENES

## ♥ Les mécanismes de régulation

- une bactérie ne **produit les enzymes** nécessaires au **catabolisme de la molécule** que si **celle-ci est présente** ⇨ opéron ***inductible*** par la molécule

- une bactérie ne **produit les enzymes** nécessaires à l'**anabolisme de la molécule** que si **celle-ci est absente** ⇨ opéron ***répressible*** par la molécule

# E. LA REGULATION DE L'EXPRESSION DES GENES

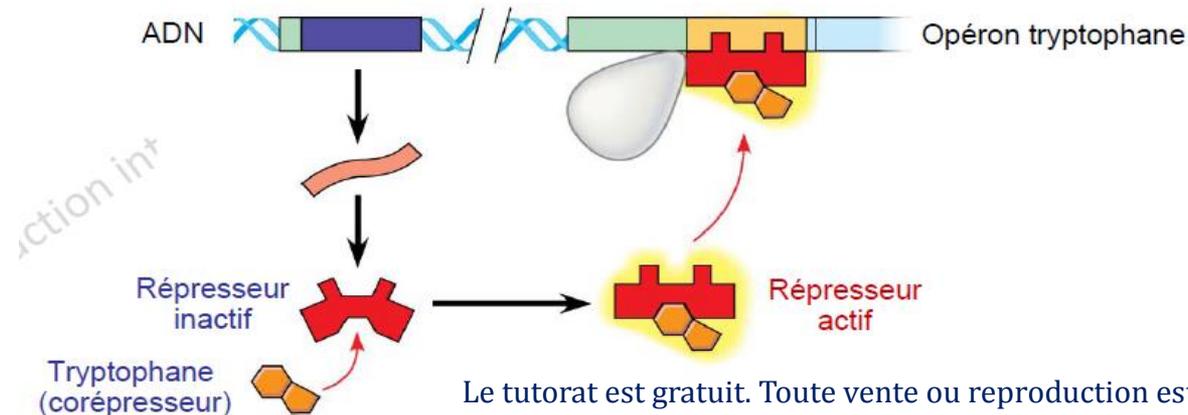
💣 L'initiation de la transcription est contrôlée par la protéine de régulation codée par le gène régulateur

- **OPERON REPRESSIBLE :**

→ la protéine de régulation peut être :

- un activateur spontanément **actif** car **lié à l'ADN**: sera **inactivé** par le **ligand co-répresseur**

- un répresseur spontanément **inactif** car **non lié à l'ADN** : sera **activé** par le **ligand co-répresseur** : **ex opéron Tryptophane**



# E. LA REGULATION DE L'EXPRESSION DES GENES

- **OPERON INDUCTIBLE**

→ la protéine de régulation peut être :

- un répresseur spontanément **actif** car **lié** à l'ADN: sera **inactivé** par le **ligand co-inducteur** (opéron lactose et lactose)

- un activateur spontanément **inactif** car **non** lié à l'ADN : sera **activé** par le ligand co-inducteur: opéron lac et amp-cyclique

# E. LA REGULATION DE L'EXPRESSION DES GENES

## ♥ L'Opéron LACTOSE chez la bactérie E.Coli

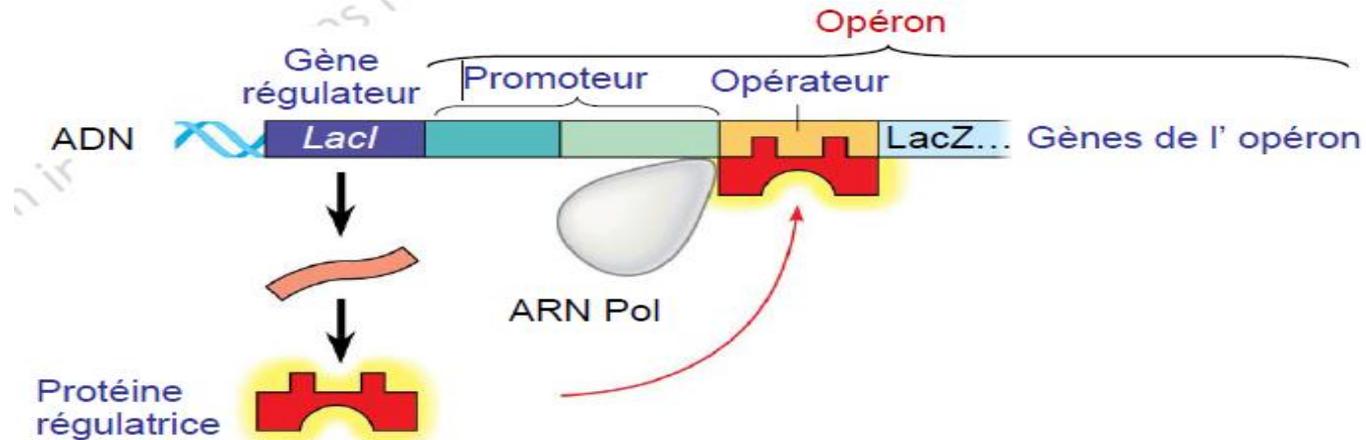
- 1<sup>er</sup> modèle de régulation de la transcription des gènes
  - Cette bactérie est capable de **croître** en **présence de glucose** (de préférence) ou de **lactose**

*(rappel: lactose = glucose+galactose)*

### • Les différents acteurs

- Le polycistron
- La région opératrice/séquence régulatrice/opérateur
- le promoteur : fixe l'ARN polymérase et la protéine CAP en présence d'AMPc
- le gène régulateur qui code pour la protéine de régulation LacI : en se fixant à l'ADN, joue le rôle de répresseur en bloquant le passage de l'ARN polymérase

# E. LA REGULATION DE L'EXPRESSION DES GENES



EN ABSENCE DE LACTOSE  
(absence de la molécule X  
= spontanément)

En PRÉSENCE de lactose  
& de glucose

En présence de lactose  
SEUL

⇒ **PAS** de transcription :  
La protéine de régulation se  
lie à l'ADN et bloque le  
passage de l'ARN  
polymérase : elle joue le  
**rôle de répresseur.**

⇒ le lactose = rôle  
**PERMISSIF** (*co-inducteur*)  
⇒ le glucose joue un rôle  
**REPRESSEUR** => empêche  
la production d'AMPc :  
ligand coactivateur de la  
protéine CAP

⇒ la transcription est **MAXIMALE**  
⇒ le lactose se fixe au répresseur et l'empêche  
de se lier à l'opérateur  
⇒ l'AMPc active la protéine CAP qui lie le  
promoteur et stabilise l'ARN polymérase  
⇒ **le lactose et l'AMPc**  
**exercent leur rôle de CO-**  
**INDUCTEURS**

# E. LA REGULATION DE L'EXPRESSION DES GENES

- **Mode d'action de la région CAP = au niveau du promoteur**

💣 **L'absence du **répresseur** **Lacl** ne suffit **PAS** pour initier la transcription !!**

↳ la séquence du promoteur (dont la TATA box) est ***imparfaite*** : l'affinité de la polymérase seule est faible

⇒ **la REGION CAP en aval est essentielle !**

**la protéine CAP stabilise l'ARN polymérase et permet ainsi la transcription**

# E. LA REGULATION DE L'EXPRESSION DES GENES

## • CHEZ LES EUCARYOTES

↳ La régulation des gènes se fait à différents niveaux

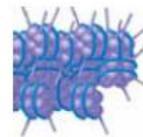
### • Niveaux principaux :

- Au niveau de la **chromatine**
- Au niveau **TRAN**scriptionnel

### • Niveaux secondaires :

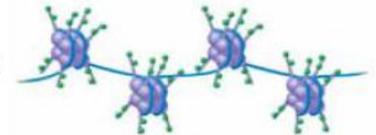
- Au niveau **POST-TRAN**scriptionnel
- Au niveau **Trad**uctionnel
- Au niveau **POST -TRAD**uctionnel

Chromatine fermée



- Déacétylation H3/H4
- Méthylation Lysines (Ex: H3K9)...

Chromatine ouverte



- Acétylation H3/H4
- Déméthylation Lysines (sauf H3K4)...

# E. LA REGULATION DE L'EXPRESSION DES GENES

- POINT CLES DE LA REGULATION DE L'EXPRESSION DES GENES :
- - Elle est à la **base de la différentiation et de l'adaptation des cellules.**
  - ↳ Elle se fait ***exclusivement*** au niveau de la **transcription** chez les procaryotes : fait intervenir des protéines régulatrices et leur ligand corégulateur ⇒ modèle de l'opéron lactose\*
- ↳ Elle se fait à ***différent niveaux*** chez les eucaryotes :

 **LES QCMs DU CCB NE  
PORTERONT QUE SUR LES  
DIAPOS !**

**♥ Les fiches sont « complètes » et  
porte sur l'intégralité du poly 1 et 2  
du professeur Naïmi ;)**

Merci pour votre attention!

**FIN**