



# BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Génome, Information,  
Génétique et Hérité

TUT' RENTRÉE 2015

Cours 1

1

# PRÉSENTATION DE LA MATIÈRE

- Une des matières de l'UE1
- Enseignée par le Pr. Naïmi
- 3 cours de 2 heures
- 3 polys de 80/85 diapos
- PAS DE RONÉO ⓘ
- Mais polys très complets mis à disposition sur JALON
- 5 QCMs au Concours = 25 points!! ⓘ

# DÉROULEMENT DE LA TUT' RENTRÉE

- 2/3 du programme abordé
- 2 **cours** de 1 heure
- 1 fiche quasi complète pour chaque cours postée sur le forum
- 5 **QCMs** au Concours Blanc

# PLAN DU COURS

## ● INTRODUCTION

- Différence entre cellule procaryote et cellule eucaryote

## ● LES ACIDES NUCLÉIQUES

- Structures de l'ADN
- Structures de l'ARN

## ● LA RÉPLICATION DE L'ADN

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

## ● LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

- Structure d'un gène codant
- Transcription et maturation de l'ARN messager
- Code génétique
- Traduction et adressage des protéines
- Modifications des protéines

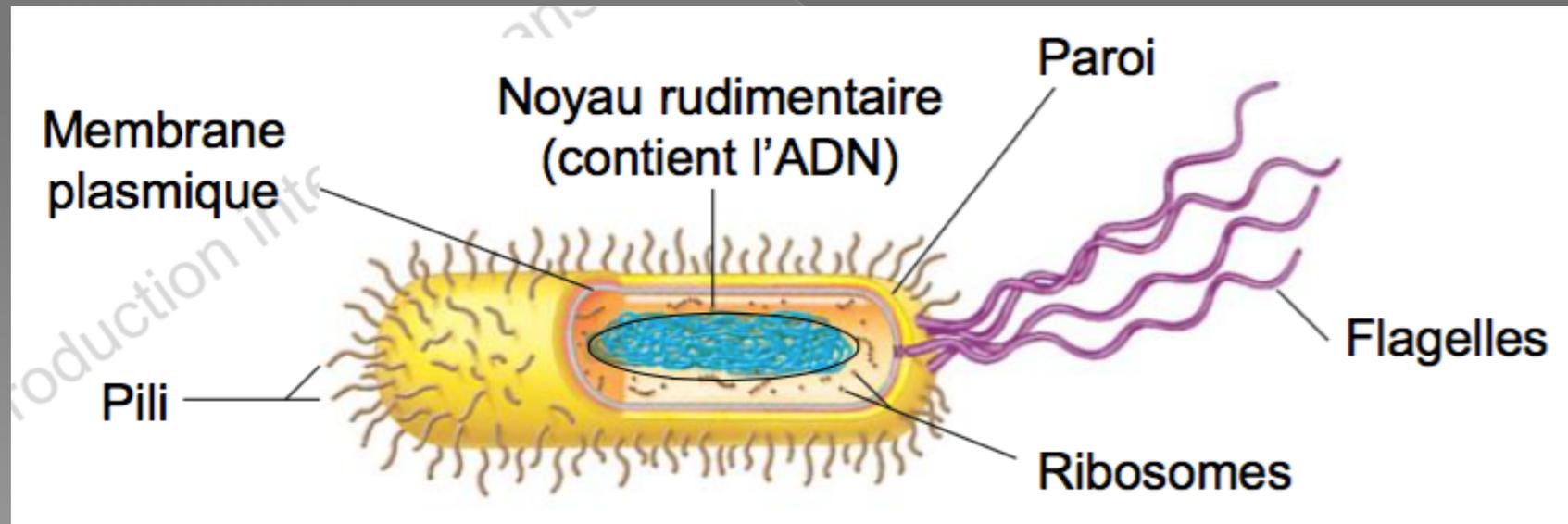
# INTRODUCTION

## ● LA CELLULE

- Unité de base des êtres vivants
- Comprend au minimum :
  - Une **membrane lipidique**
  - Un **noyau** (contenant l'ADN)
  - Un **cytosol** (phase liquide entre la membrane et le noyau)
  - Des **organites**
- 2 grands groupes : PROCARYOTES et EUCARYOTES

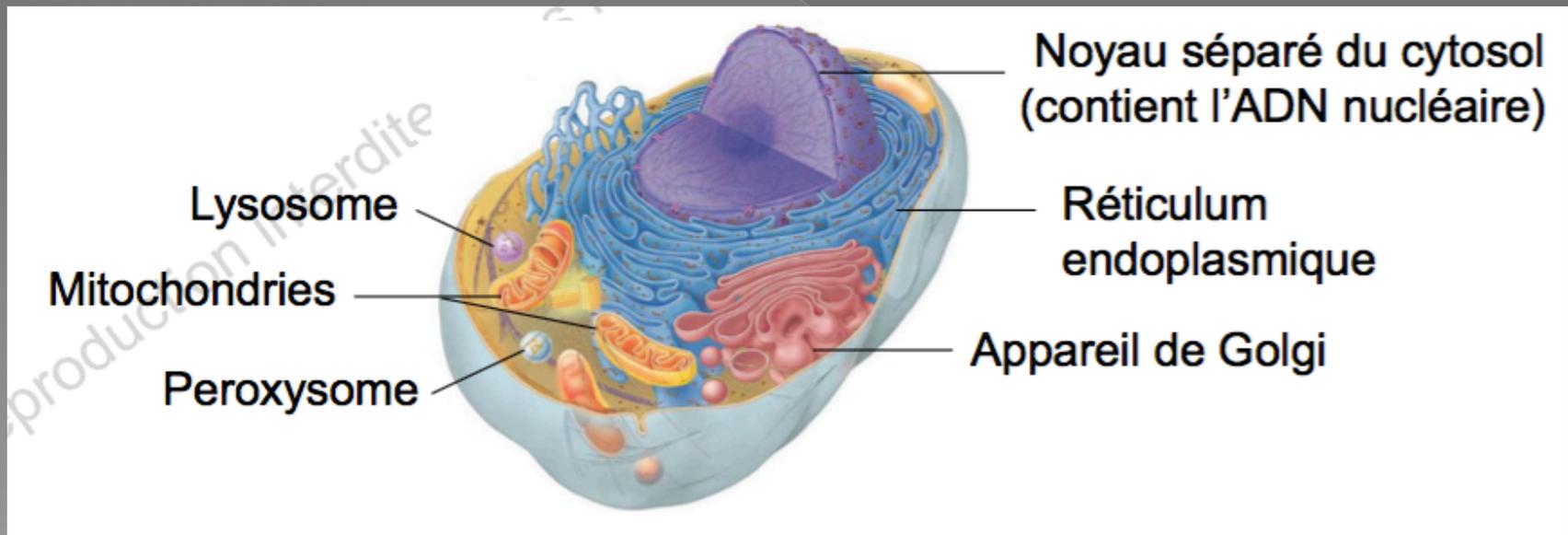
## ○ LA CELLULE PROCARYOTE

- Unicellulaire (1 – 10  $\mu\text{m}$ )
- Noyau sans délimitation (**nucléoïde**)
- Unique chromosome **circulaire**
- Pas de sous-compartiment
- Peu d'organites



## ○ LA CELLULE EUCARYOTE

- Unicellulaire ou Multicellulaire (10 – 100  $\mu\text{m}$ )
- Noyau délimité par une membrane
- Plusieurs chromosomes **linéaires**
- Plusieurs sous-compartiments délimités par une membrane
- Beaucoup d'organites diversifiés



## ○ LES CELLULES EUCARYOTES HUMAINES

- 2 types : SOMATIQUES et GERMINALES\*

CELLULES SOMATIQUES	CELLULES GERMINALES
<p><b>23 paires</b> de chromosomes identiques deux à deux → <b>DIPLOÏDIE</b></p>	<p><b>1 seul</b> chromosome de chaque paire → <b>HAPLOÏDIE</b> Formées à partir de cellules diploïdes grâce à la <b>MÉIOSE</b></p>
<p><b>22 paires</b> d'autosomes + <b>1 paire</b> de gonosomes</p>	<p><b>22</b> autosomes + <b>1</b> gonosome</p>
<p><b>XX</b> chez la femme <b>XY</b> chez l'homme</p>	<p><b>X</b> ou <b>Y</b> pour le spermatozoïde <b>X</b> pour l'ovocyte</p>

\* Cellule **germinale** = Cellule **sexuelle** = **Gamète**

## ○ LE GÉNOME EUCARYOTE

- Double origine :
  - NUCLEAIRE :
    - Transmis par les 2 parents
    - ADN linéaire
  - MITOCHONDRIALE :
    - Transmis uniquement par la lignée maternelle
    - ADN circulaire
    - Présent uniquement dans les cellules possédant des mitochondries
    - **Absent** des cellules procaryotes ⓘ

# LES ACIDES NUCLÉIQUES

- Deux types : ADN et ARN

- ◉ L'ADN

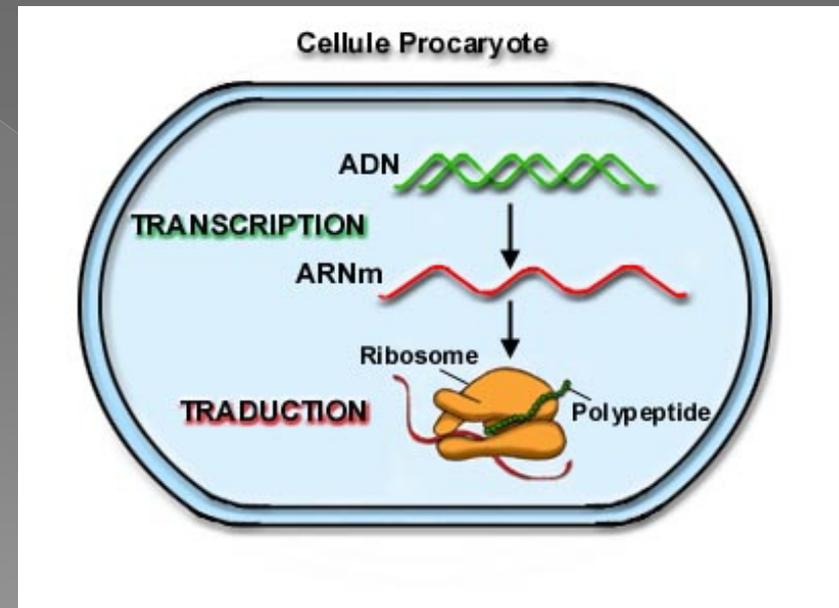
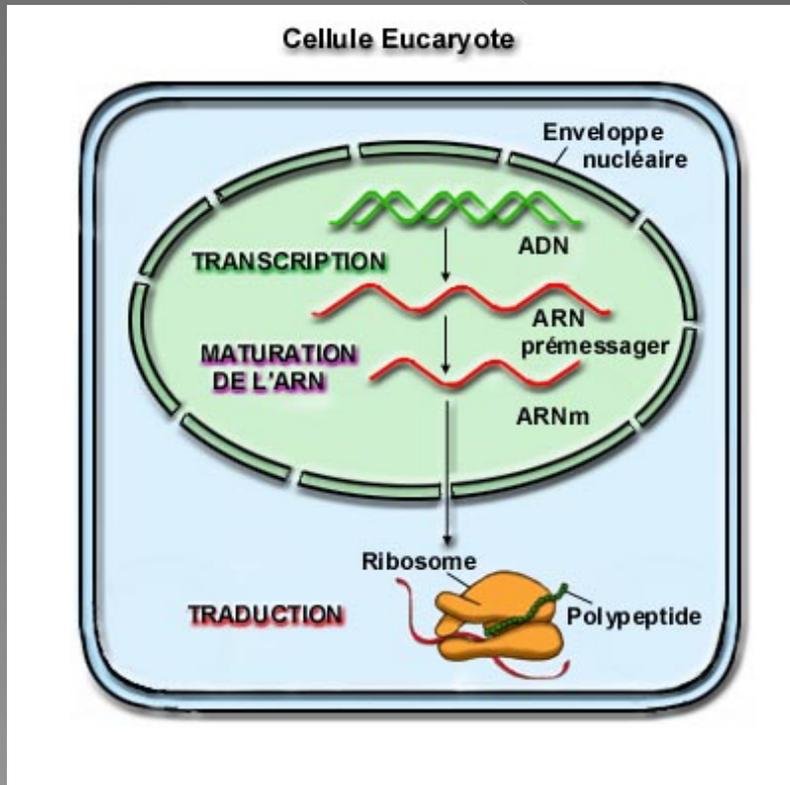
- Acide DésoxyriboNucléique
- Forme de **stockage** et de **transmission** de l'information génétique

- ◉ L'ARN

- Acide RiboNucléique
- Participe (in)directement à l'**expression** de l'information génétique  
→ *Synthèse des protéines*

## ○ LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

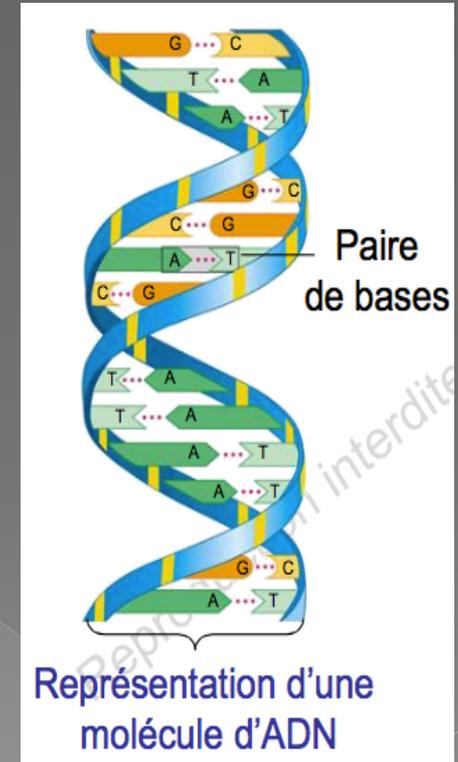
- ADN → TRANSCRIPTION → ARN → TRADUCTION → PROTÉINE



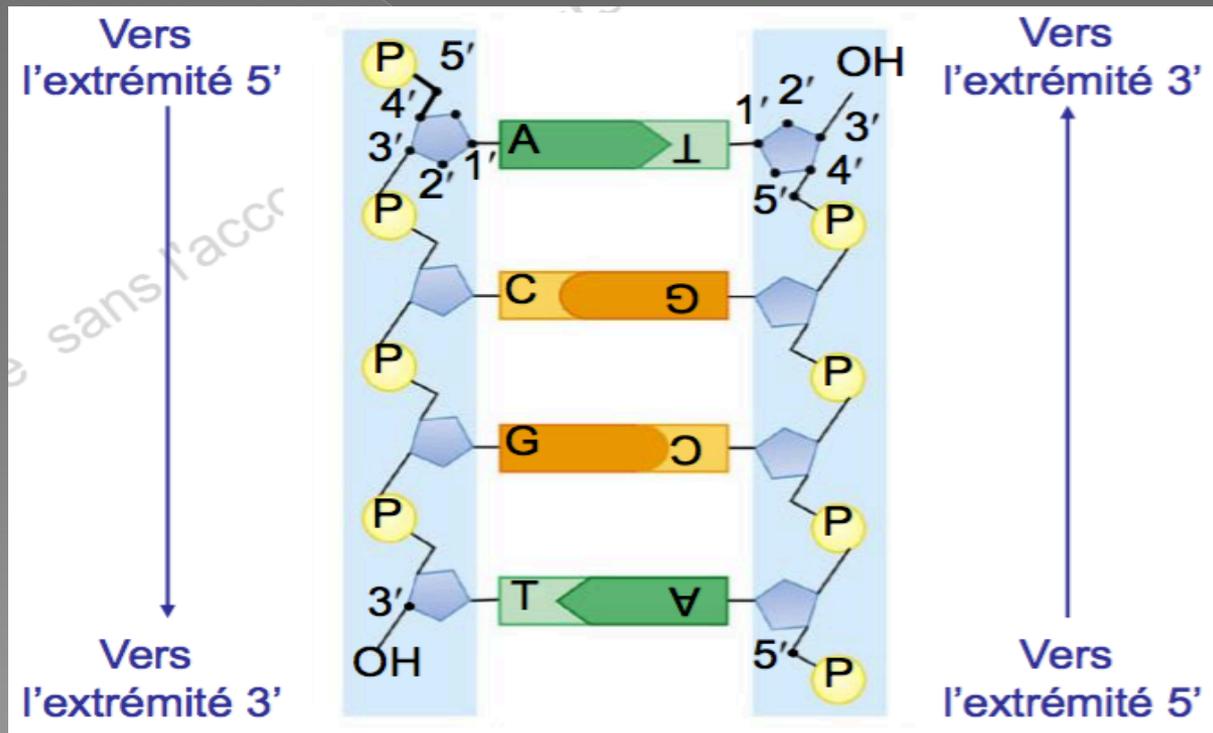
## ○ LA COMPARAISON ADN / ARN

ADN	ARN
<b>Hélice</b> constituée de <b>2 brins complémentaires</b> et orientés en <b>sens inverse</b> (→ <b>ANTIPARALLÈLES</b> )	<b>1 seul</b> brin de nucléotides
Nucléotides = <b>A / T / G / C</b>	Nucléotides = <b>A / U / G / C</b>

- Principe de **complémentarité des bases** :
  - Appariement de **A** avec **T** ou **U**
  - Appariement de **G** avec **C**

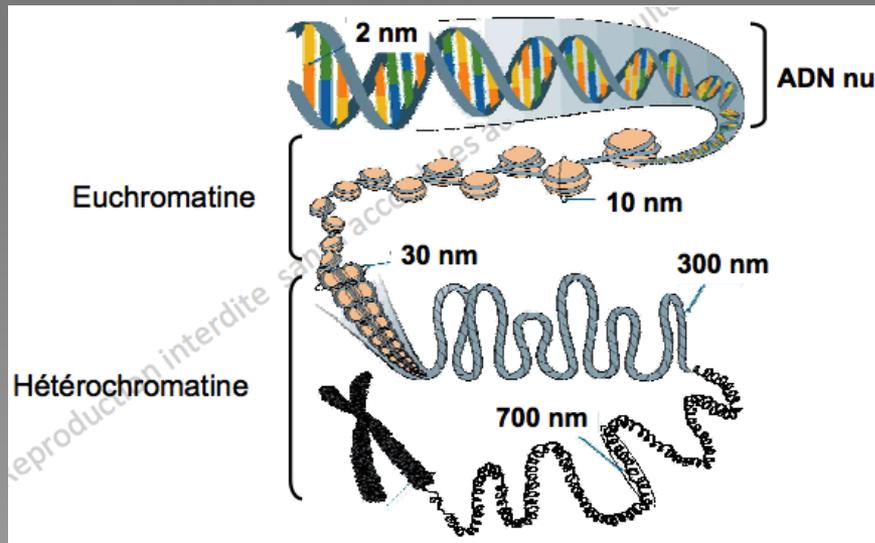


- ADN et ARN ont un sens :
  - Extrémité **5' (-P)**
  - Extrémité **3' (-OH)**
- Lecture dans le **sens 5' → 3'**



## ○ L'ADN EUCARYOTE

- Compacté en fibre de chromatine\* grâce aux **histones** (protéines)
- Niveaux de compaction **variables** :
  - ADN **nu**
  - **Euchromatine** (accessible à la transcription)
  - **Hétérochromatine** (non accessible à la transcription)
- Conditionnent les fonctions de la cellule

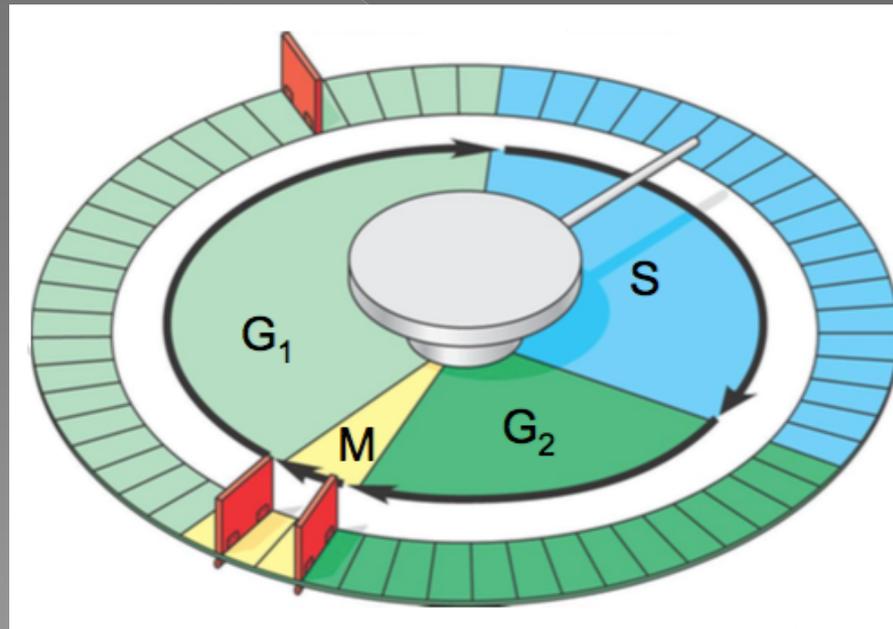


\* CHROMATINE = ADN + PROTÉINE

# LA RÉPLICATION DE L'ADN

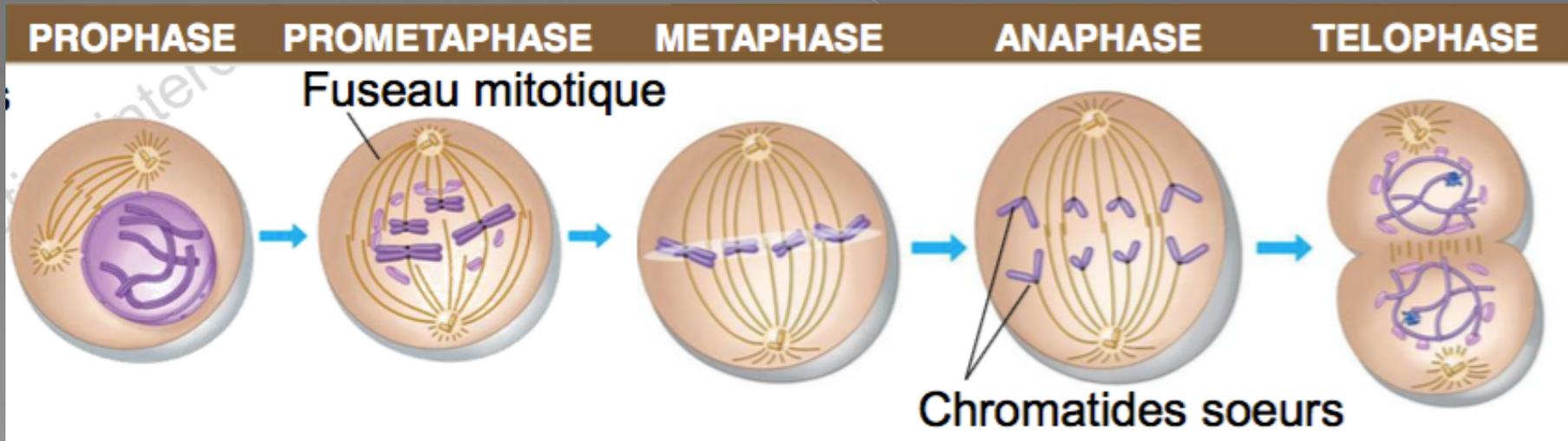
## ● LE CYCLE CELLULAIRE

- INTERPHASE : Prépare la mitose (G<sub>1</sub> + S + G<sub>2</sub>)
- MITOSE (M)



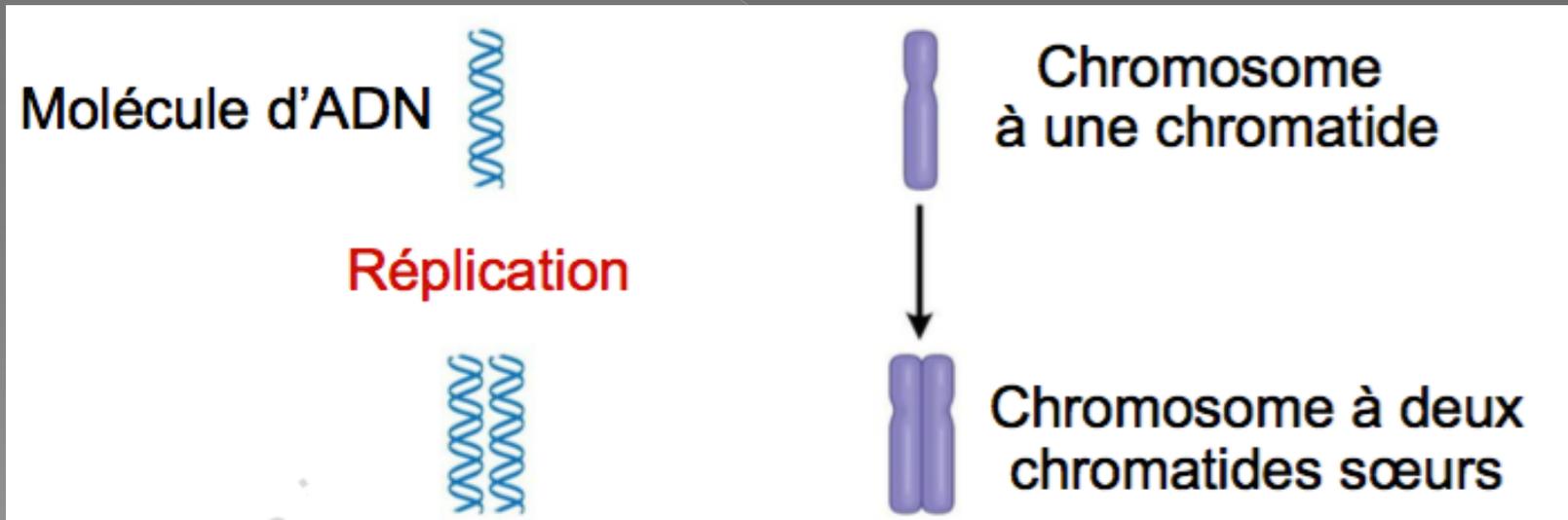
## ● LA MITOSE

- Division de la cellule mère en 2 cellules filles
- 4 étapes caractéristiques :
  - **Prophase**
  - **Métaphase**
  - **Anaphase**
  - **Télophase**

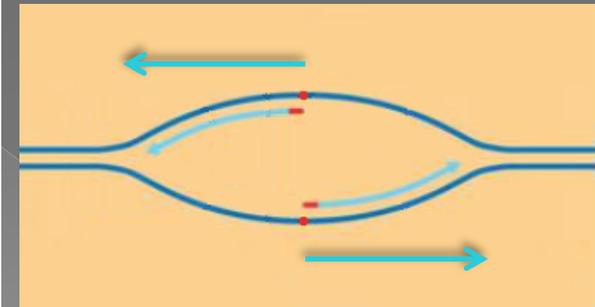
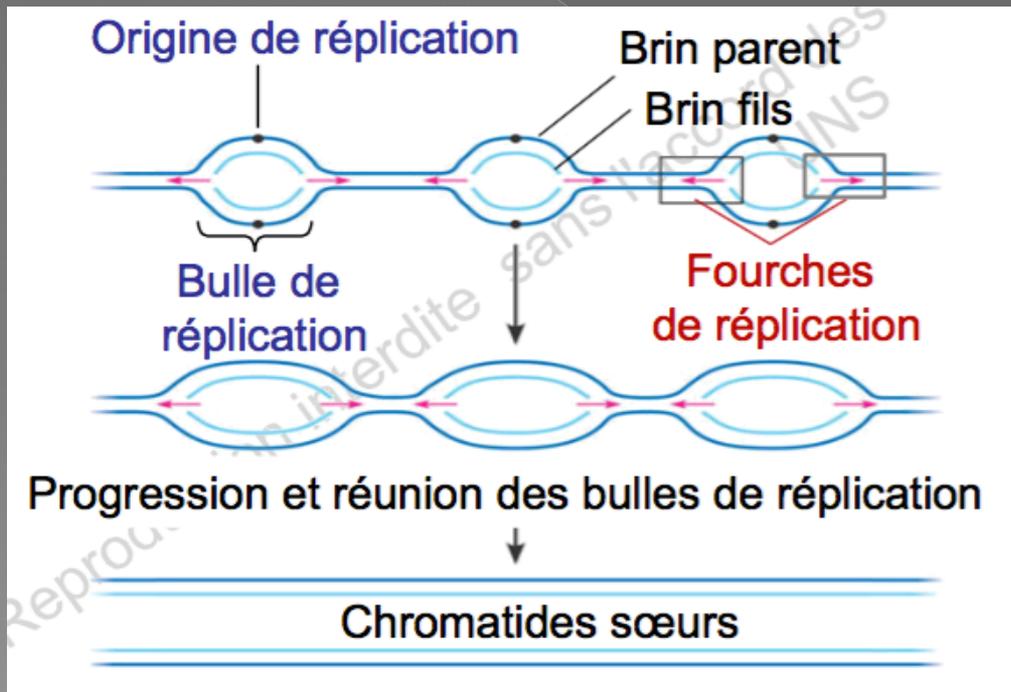


## ○ LE RÔLE DE LA RÉPLICATION

- A lieu pendant la **phase S** du cycle cellulaire
- Permet la **DUPLICATION** du génome avant la division :
  - Avant = 1 chromosome **simple**
  - Après = 1 chromosome **double**



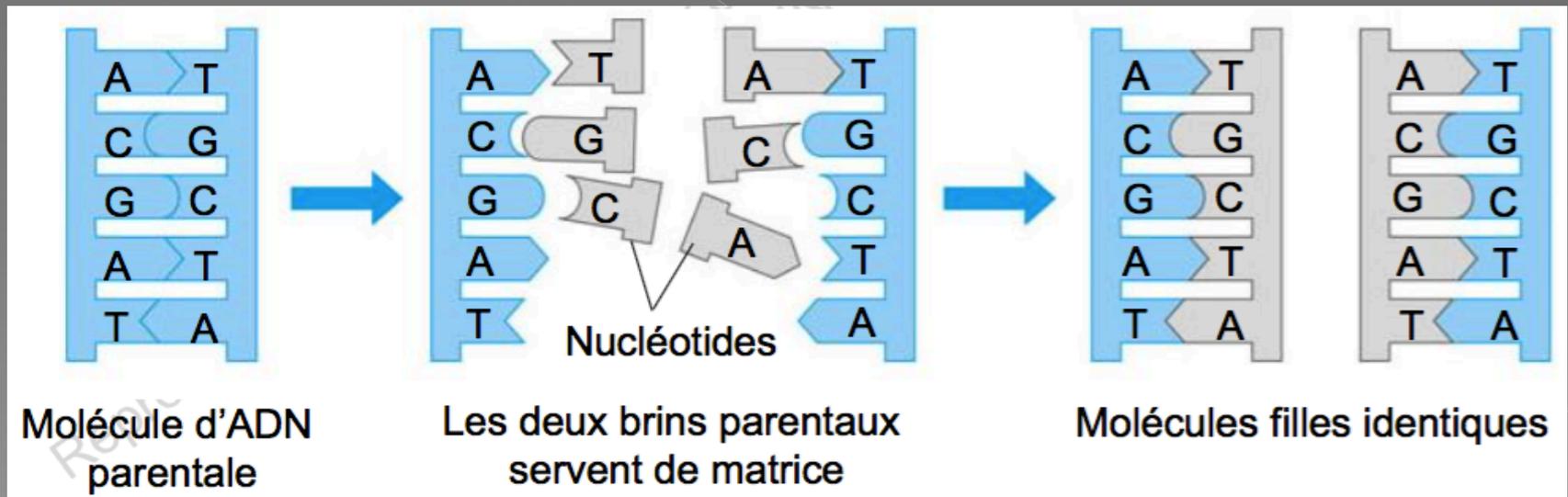
- Brin parent = **Modèle** pour la synthèse
- Plusieurs origines de réplication → Plusieurs bulles de réplication
- Synthèse en sens opposé au niveau de chaque **fourche**
- Réplication **BIDIRECTIONNELLE** ⓘ à partir de chaque **origine**



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

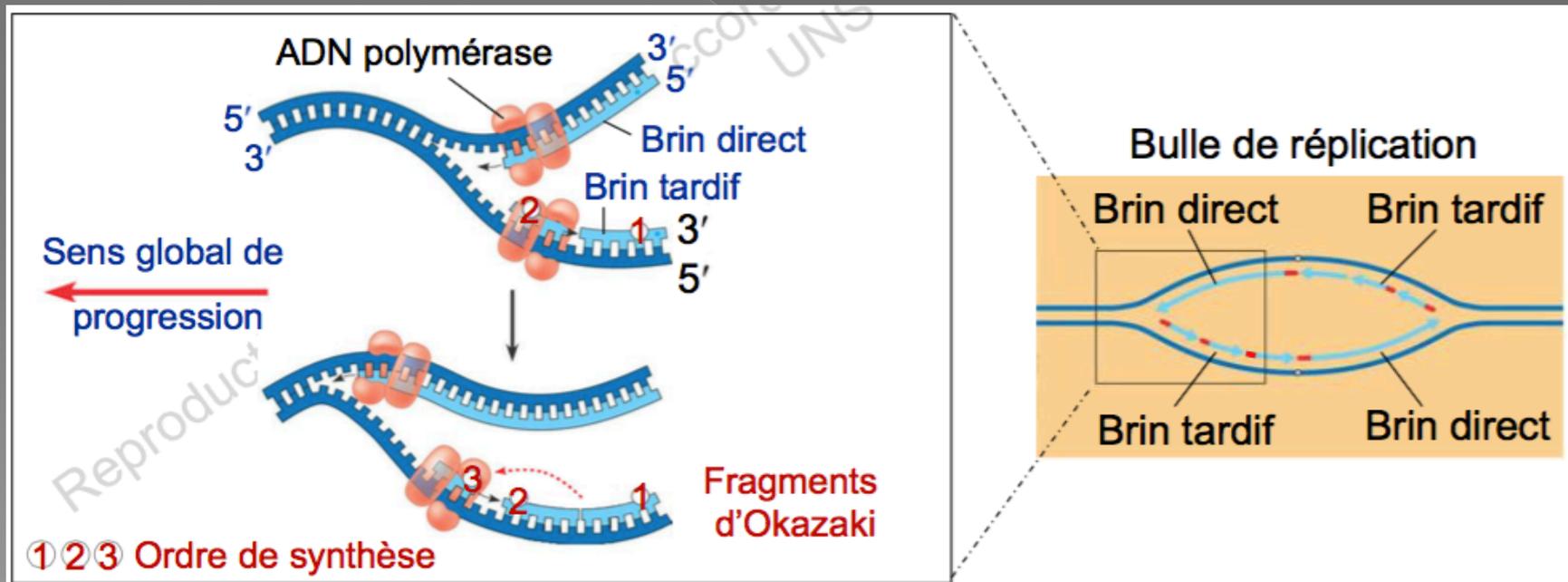
## ○ LE MODÈLE SEMI-CONSERVATIF DE LA RÉPLICATION

- Découvert par **Watson** et **Crick**, 1953
- Brin père = **Matrice** pour la synthèse du brin fils
- Repose sur le principe de complémentarité des bases
- Nouvelle molécule = Brin **père** + Brin **fils** → **SEMI-CONSERVATIF** ⓘ

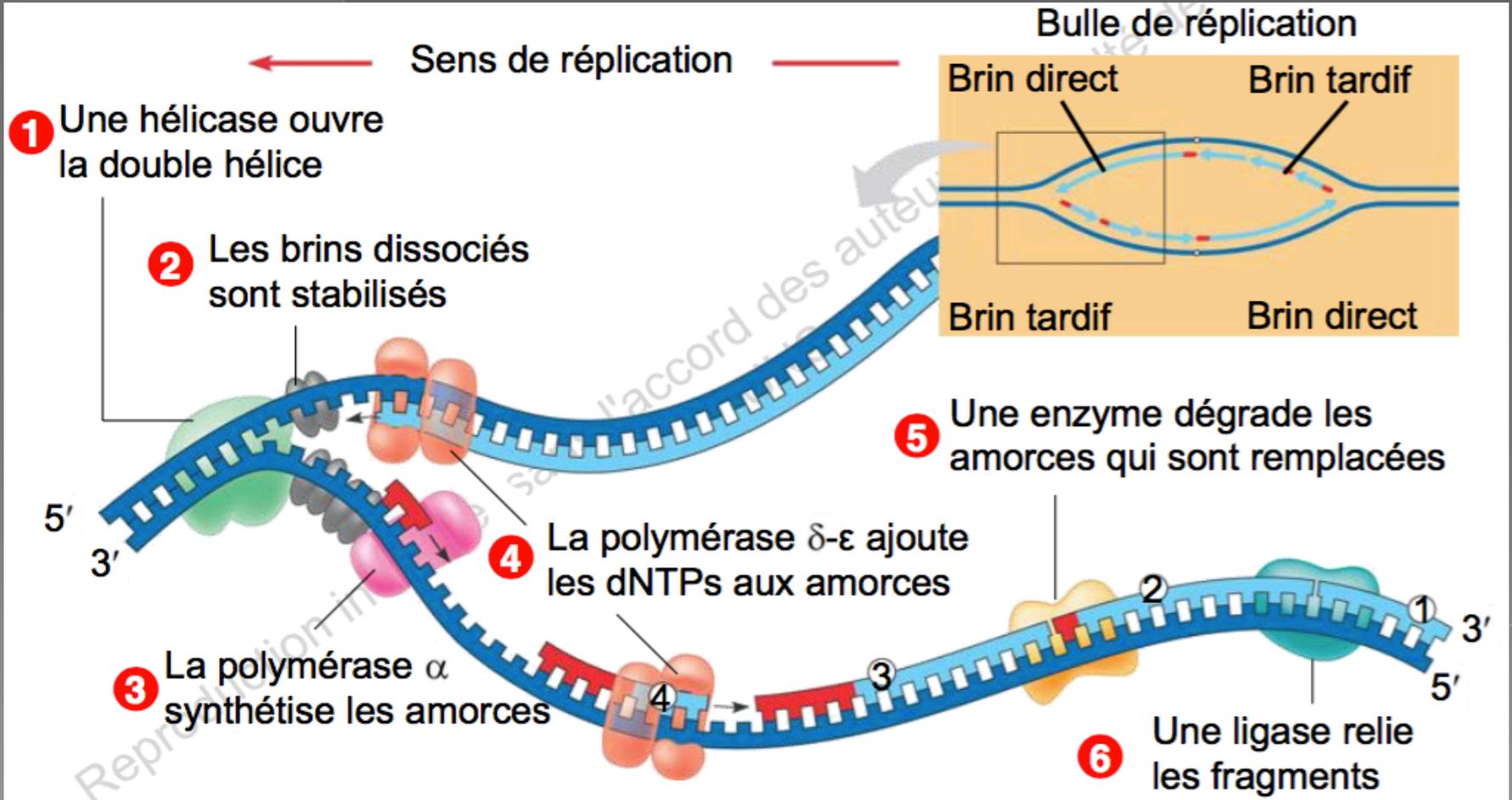


## ● LA SYNTHÈSE DES BRINS

- SIMULTANÉE sur les 2 brins mais ASYMÉTRIQUE
  - Brin direct = Synthétisé en **continu** à partir d'une seule amorce
  - Brin tardif = Synthétisé par **fragments**
- Réplication dans le **sens 5' → 3'**



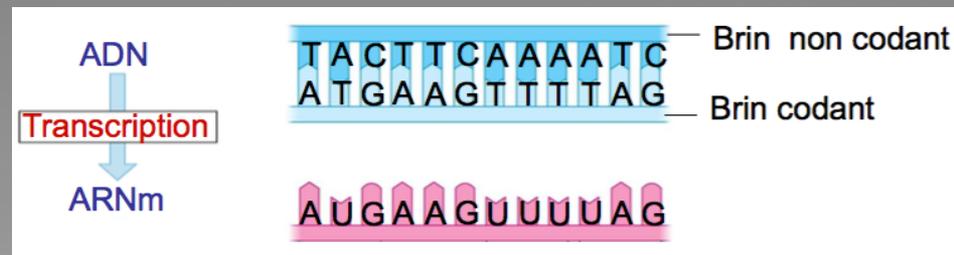
## LES ÉTAPES DE LA RÉPLICATION



# LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

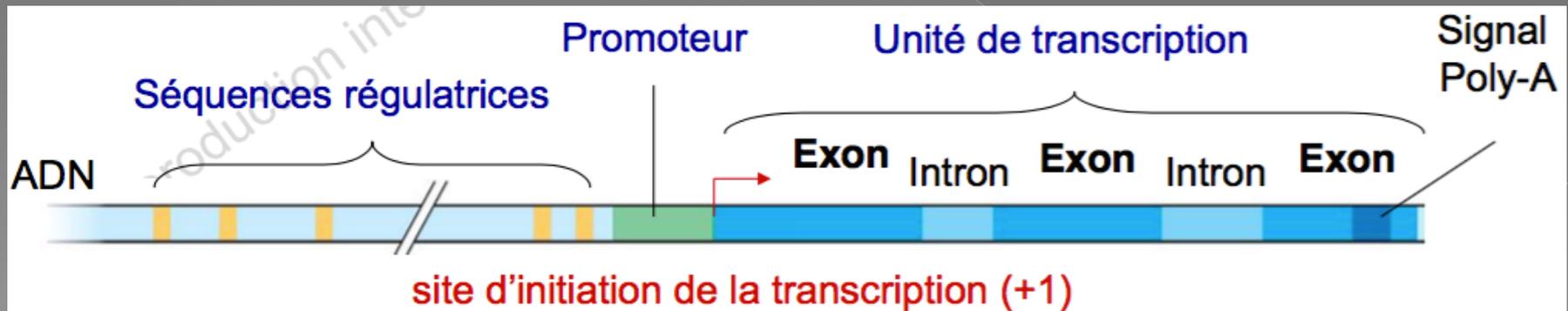
## ○ LA COMPARAISON GÈNE CODANT / NON CODANT

GÈNE CODANT	GÈNE NON CODANT
Sert à la synthèse d'un <b>ARN messenger</b> , puis d'une <b>protéine</b>	Sert uniquement à la synthèse d' <b>autres ARNs</b>
Transcrit par l' <b>ARN Polymérase II</b> chez les eucaryotes	Transcrit par l' <b>ARN Polymérase I</b> ou <b>III</b> chez les eucaryotes
Contient l' <b>information génétique</b>	Sert de <b>modèle</b> lors de la réplication



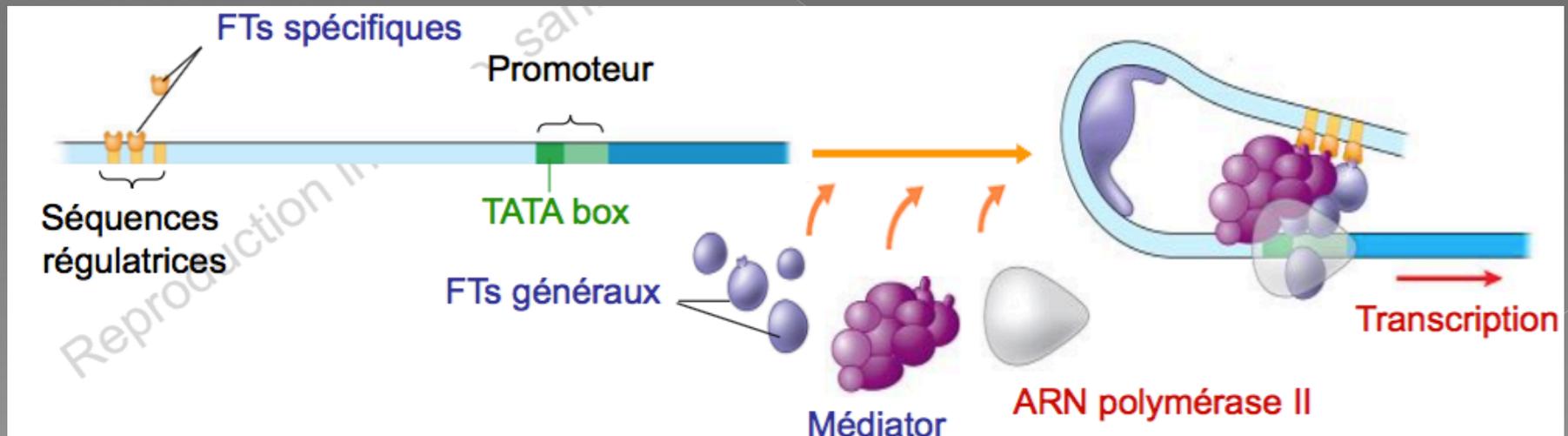
## ○ LA STRUCTURE D'UN GÈNE CODANT EUCARYOTE

- Régions **non transcrites** : *en amont*
  - **Promoteur** (avec la **TATA Box**)
  - **Séquences régulatrices** (*proximales & distales*)
- Régions **transcrites** : **Unité de transcription**
  - **Exons** (codants)
  - **Introns** (non codants)
  - **Signal Poly-A**



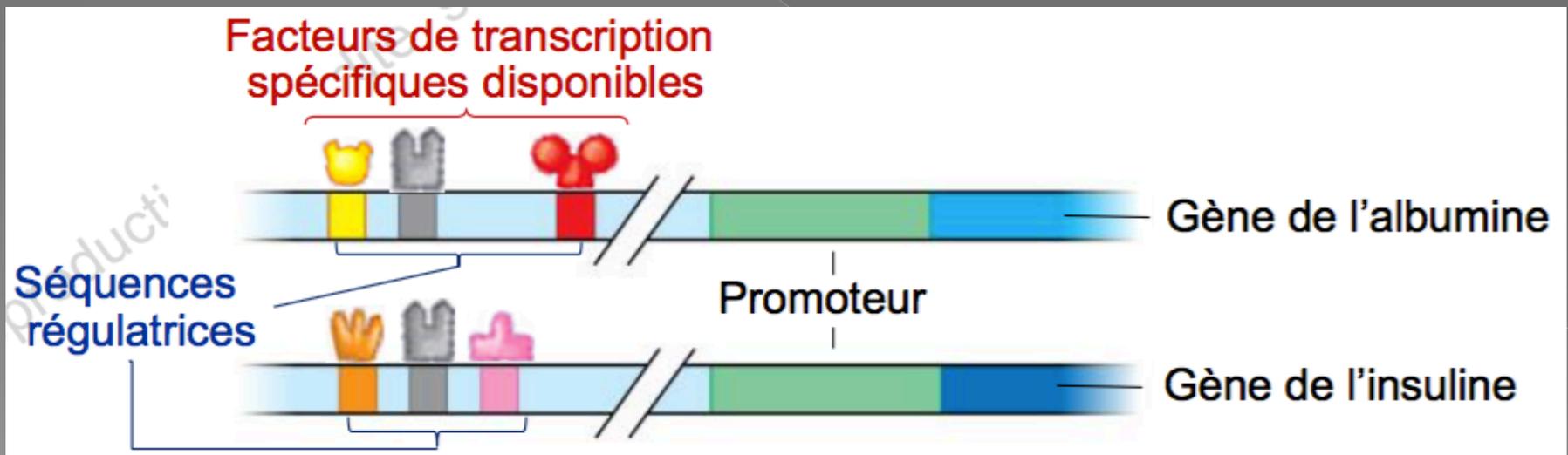
## ● LA MACHINERIE BASALE DE TRANSCRIPTION

- **ARN Polymérase II**
- **Facteurs généraux de transcription** (TFII A, B, D, E, F et H)  
→ Interaction avec les **FT spécifiques** et l'**ARN PoI II**
- **Complexe Médiateur** → Lien entre les **FT généraux** et l'**ARN PoI II**



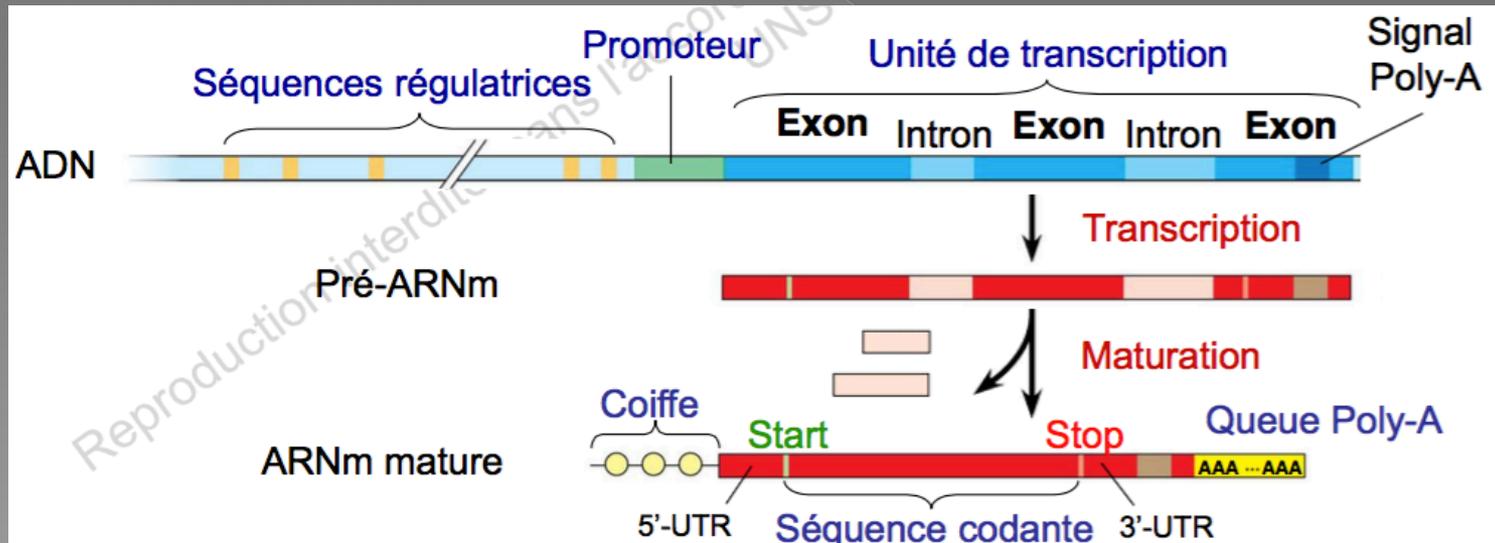
## ○ LES SÉQUENCES RÉGULATRICES

- Combinaison différente pour chaque gène
- Recrutement d'une combinaison variable de **FT spécifiques** :
  - **ENHANCER** = **Facilite** la transcription
  - **SILENCER** = **S'oppose** à la transcription



## ○ LA TRANSCRIPTION D'UN GÈNE CODANT EUCARYOTE

- Présence d'un **transcrit primaire** ou **pré-ARN messager**
  - **Maturation en ARNm mature** par des modifications co-transcriptionnelles :
    - Ajout de la **coiffe** en **5'** et de la **queue Poly-A** en **3'**
    - **Excision** des introns = *Élimination*
    - **Épissage** des exons = *Ligation*
- Séquence codante **ininterrompue** encadrée par des **signaux Start / Stop**



## ○ LE CODE GÉNÉTIQUE

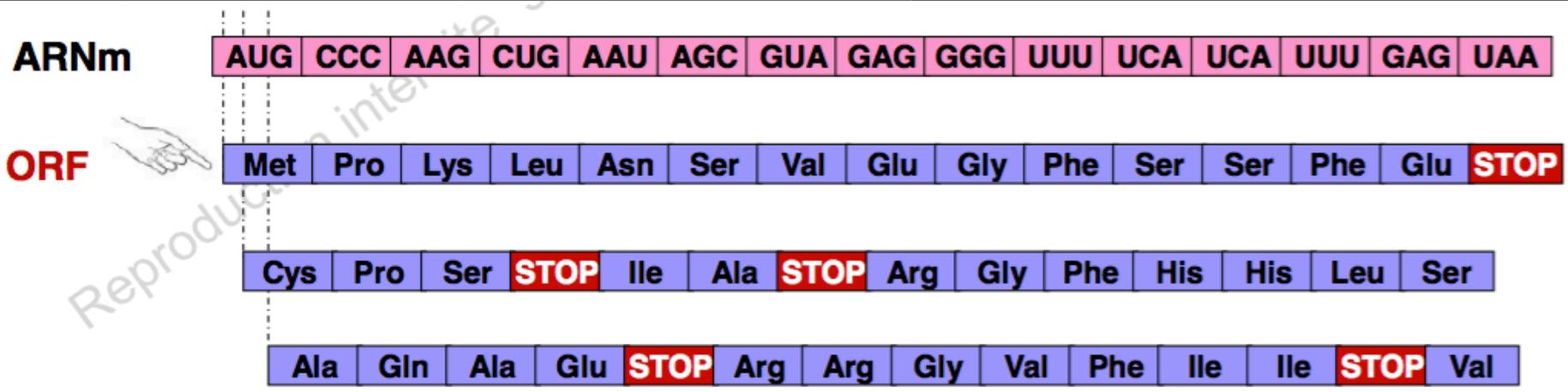
- Rôle = Assure la **correspondance Codon / Acide Aminé**
- Caractéristiques :
  - **Quasi-universel**
  - **Non ambigu**
  - **Non chevauchant**
  - **Dégénéré**
- **64** codons  
(= combinaisons de 3 nucléotides)
- **20** acides aminés
- **3** codons **STOP**
- Codon **AUG** = **START**  
→ **Initiation** de la traduction

2<sup>ème</sup> nucléotide du codon

		2 <sup>ème</sup> nucléotide du codon					
		U	C	A	G		
1 <sup>er</sup> nucléotide du codon	U	UUU } Phe	UCU } Ser	UAU } Tyr	UGU } Cys	U C A G U C A G U C A G U C A G	3 <sup>ème</sup> nucléotide du codon
	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			

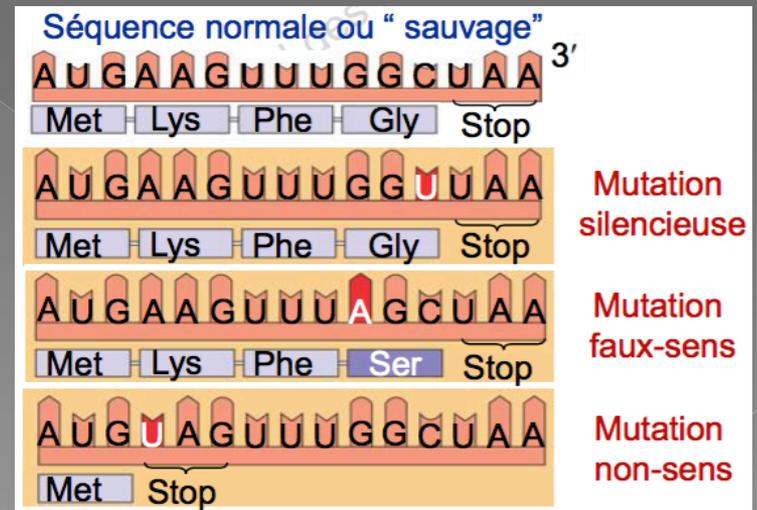
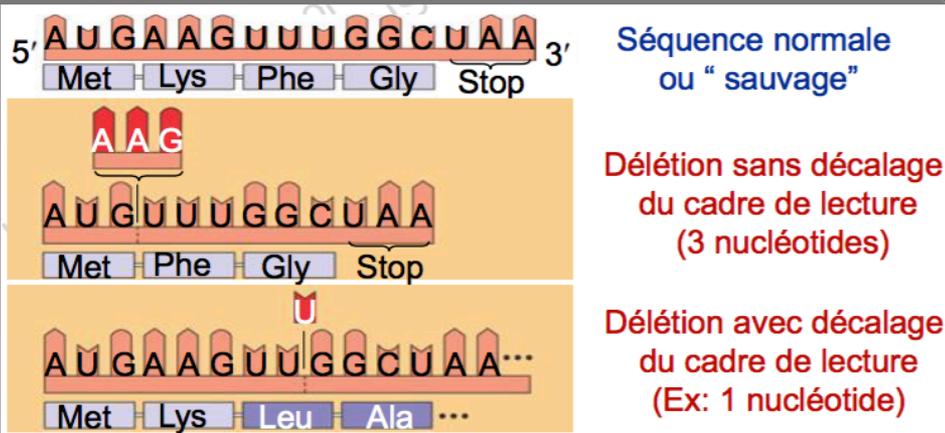
## ○ LE CADRE DE LECTURE DE L'ARN MESSAGER

- 3 cadres de lecture théoriques :
  - 1 **cadre ouvert de lecture** ou **ORF** (*Open Reading Frame*)
    - Le **SEUL** aboutissant à la **synthèse** de la protéine
    - Codon initiateur **AUG**
  - 2 **cadres bloqués**
    - Cadre décalé et code modifié = *Protéines différentes*
    - Généralement interrompus par un **codon STOP prématuré**



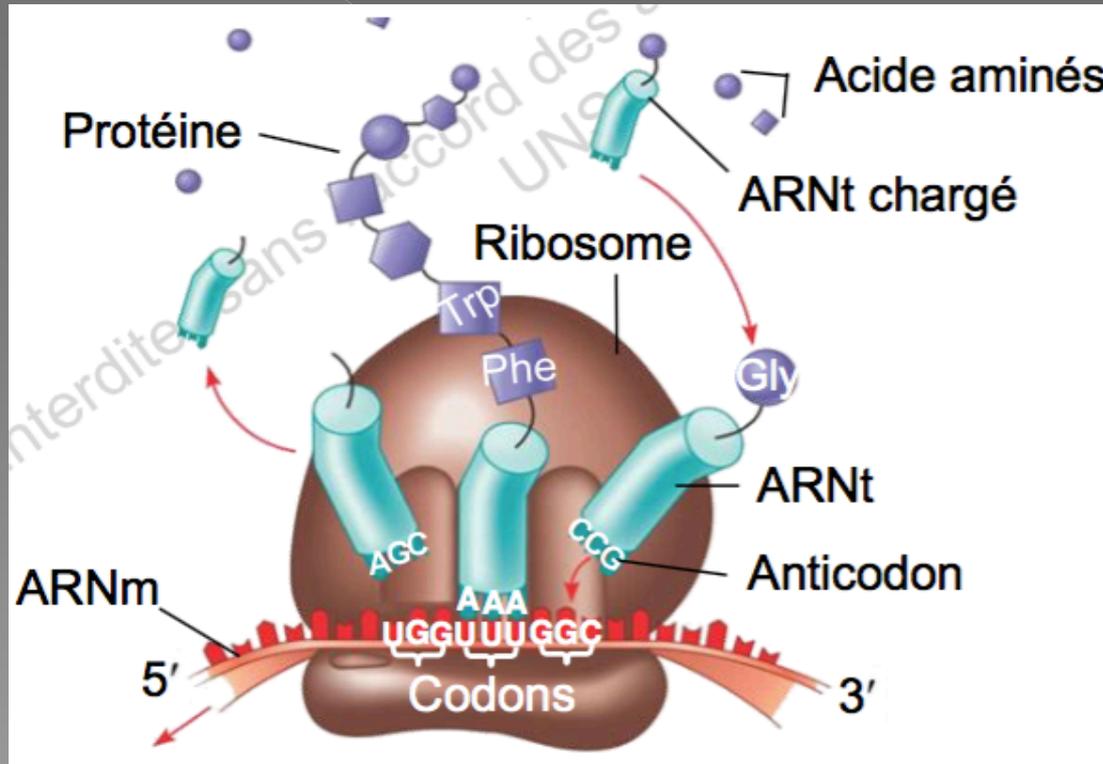
## LES MUTATIONS DU CODE GÉNÉTIQUE

- **Substitutions** :
  - Mutation **silencieuse**
  - Mutation **faux-sens**
  - Mutation **non-sens**
- **Insertions / Délétions**



## ● LES ACTEURS DE LA TRADUCTION EN PROTÉINE

- **ARN<sub>m</sub>** = **Instructions** pour la synthèse de la protéine
- **ARN<sub>r</sub>** = Forme les **ribosomes**
- **ARN<sub>t</sub>** = Apporte les **AA** et se fixe au **codon** de l'ARN<sub>m</sub>



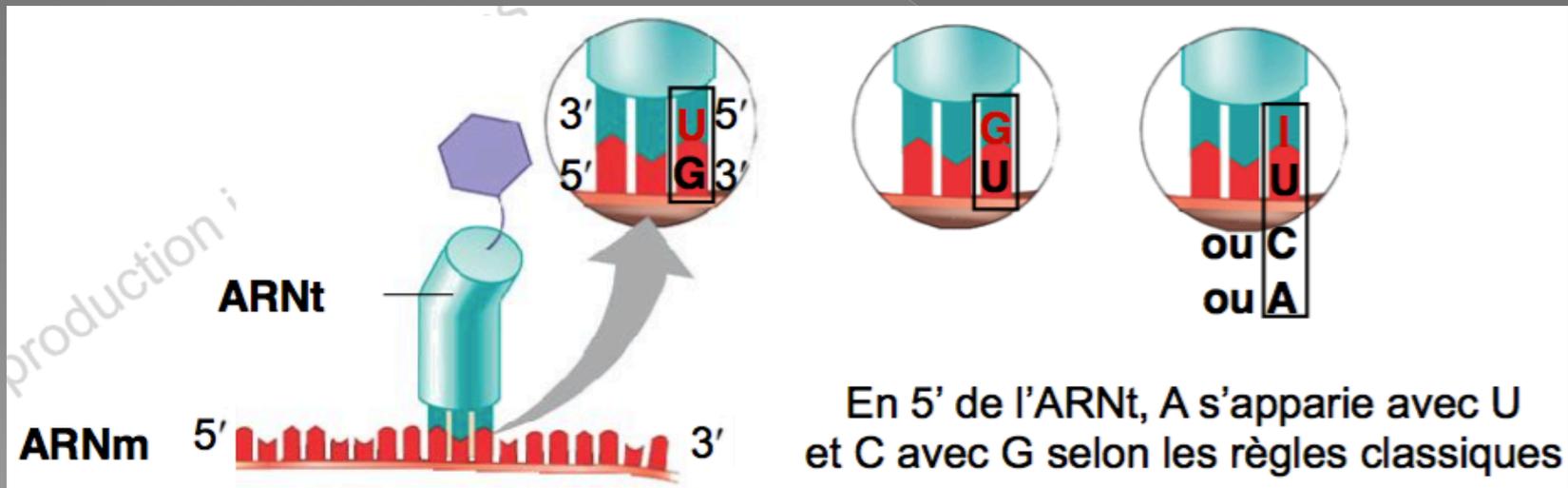
## ◉ LES CODES « CACHÉS » DU CODE GÉNÉTIQUE

### ◉ Spécificité de l'appariement Codon / Anticodon = WOOBLE

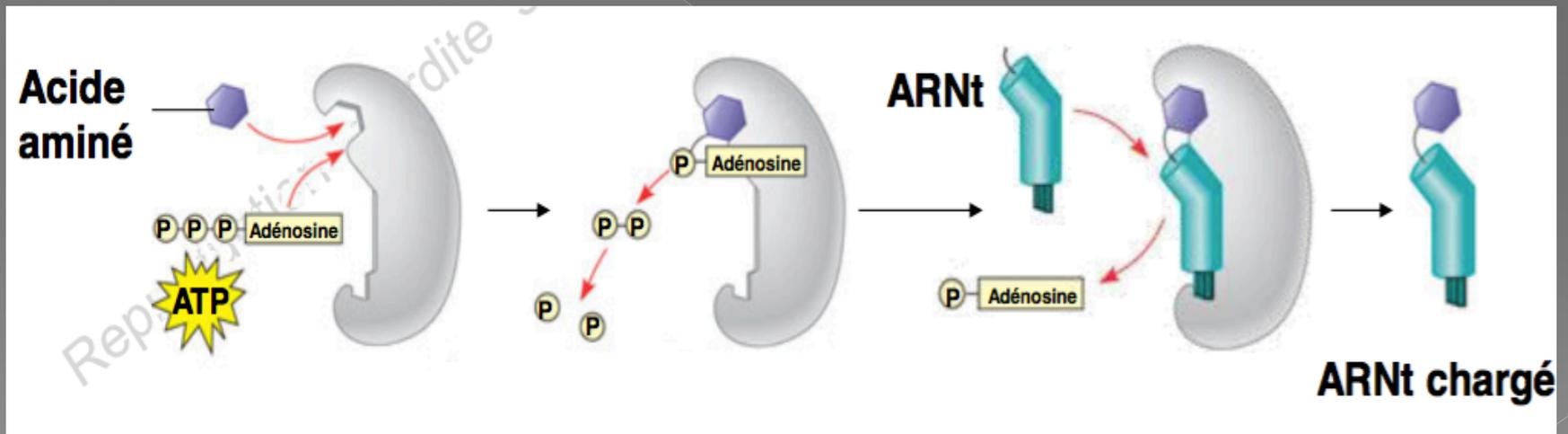
#### • Diminution du nombre d'ARNt

#### • Plusieurs appariements :

- U avec A ou G
- G avec C ou U
- I (Inosine, base modifiée) avec U, C ou A



- Spécificité de l'appariement ARNt / Acide Aminé
  - Assuré par les **amino-acyls ARNt synthétases** (aaRs) :
    - **Spécifiques** d'un des AA codés génétiquement
    - Possèdent une **activité de correction** (*proofreading*)
    - Reconnassent plusieurs ARNt isoaccepteurs

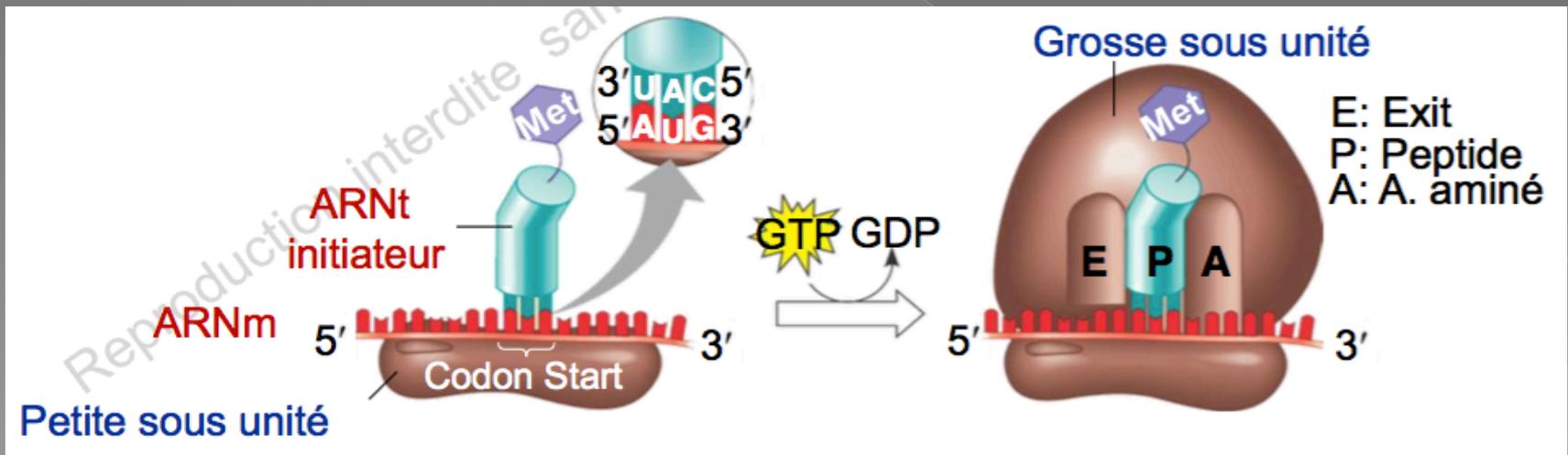


## ○ LA TRADUCTION DES PROTÉINES

### • INITIATION → ÉLONGATION → TERMINAISON

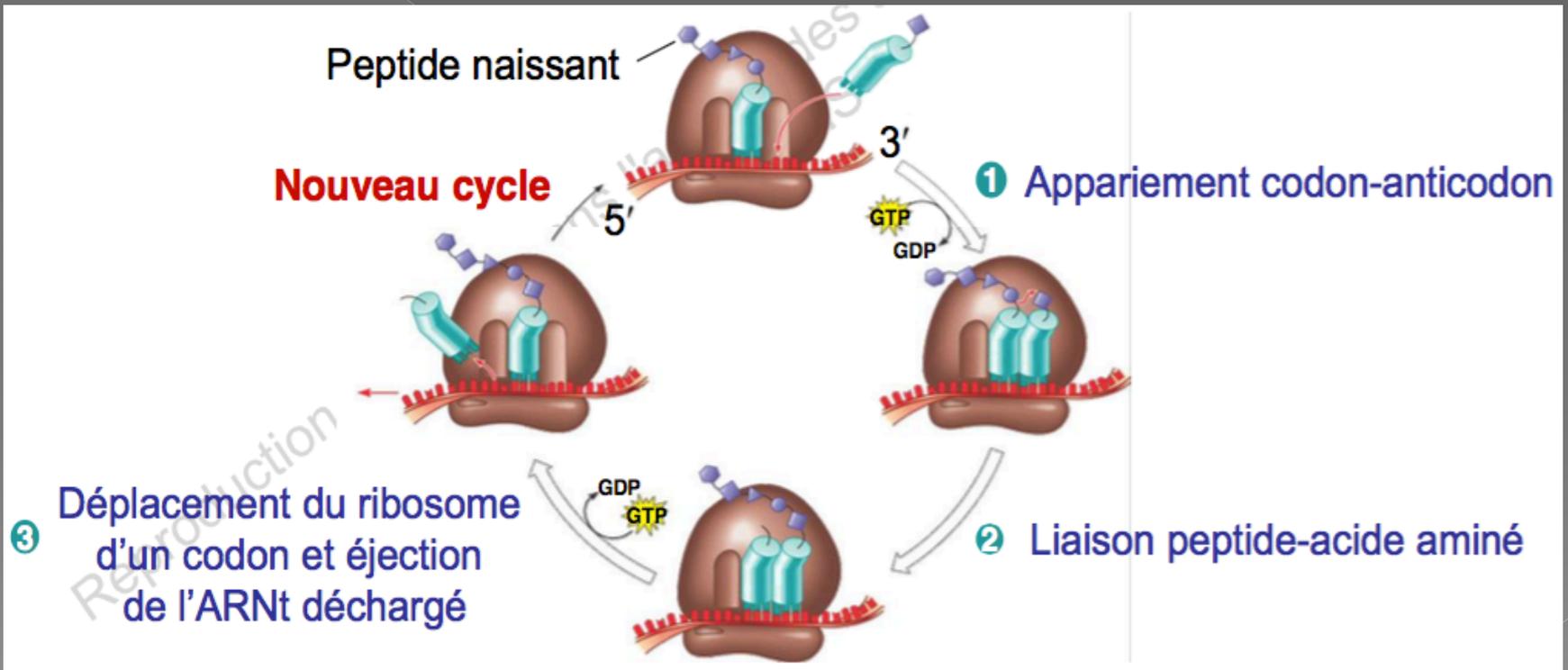
#### ○ L'initiation

- **Formation** du complexe de pré-initiation sur l'ARNm
- **Déplacement** jusqu'au **codon START**
- **Formation** du ribosome complet
- **Activation** du complexe



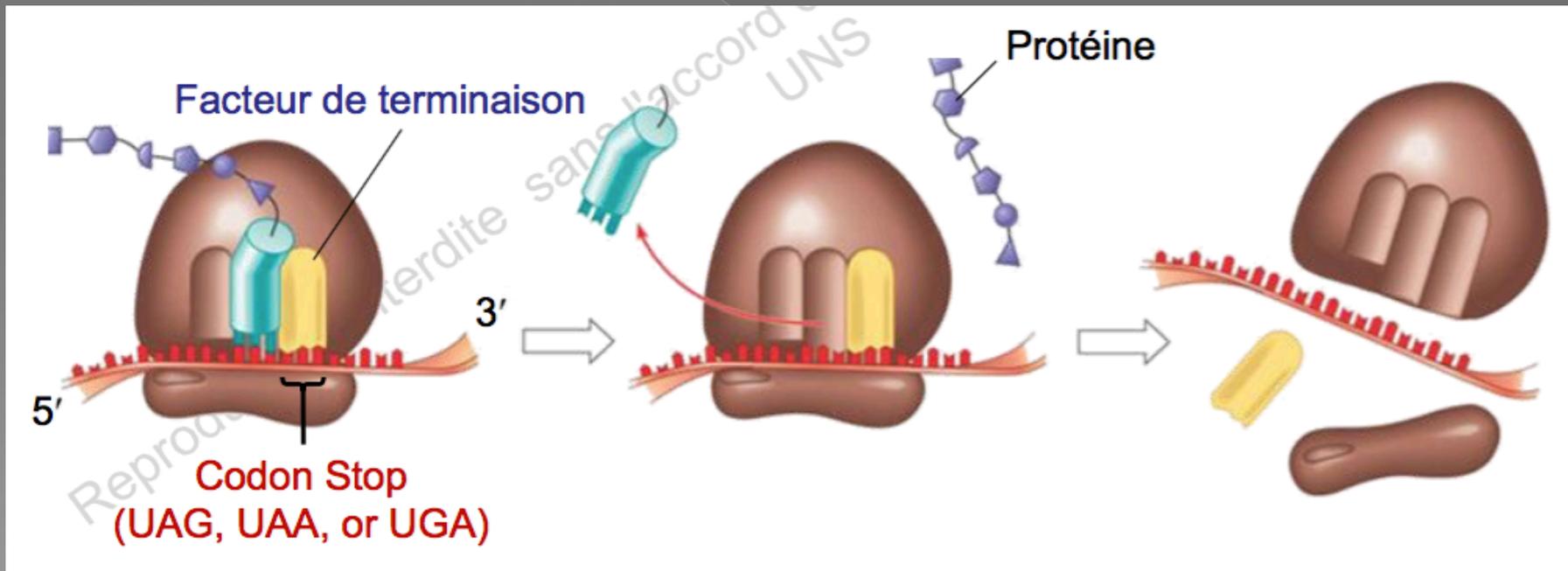
- L'élongation

- **Déplacement** du ribosome activé sur l'ARNm de codon en codon



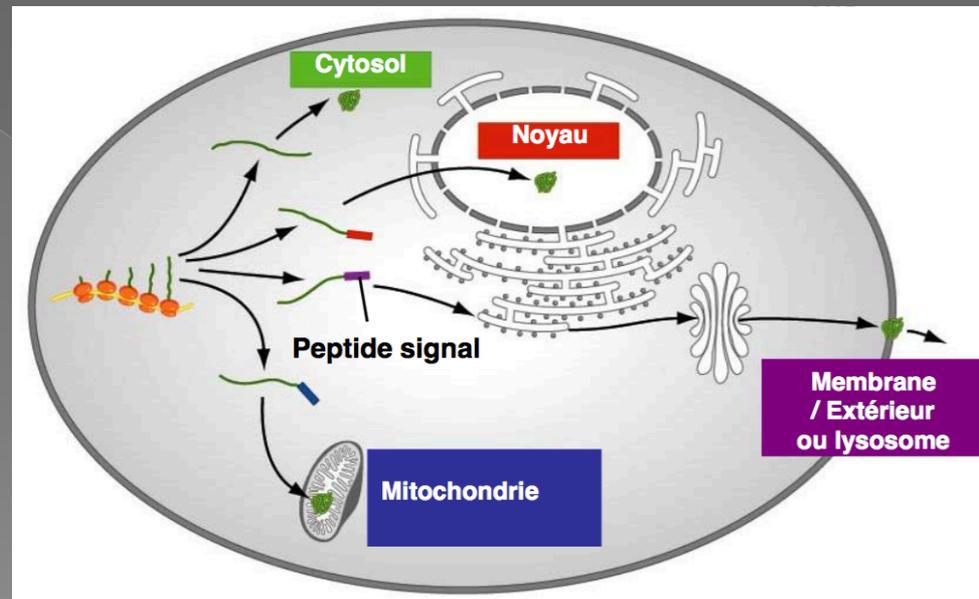
### ○ La terminaison

- **Rencontre** du ribosome avec un **codon STOP**  
→ *Pas d'ARNt correspondant aux codons STOP* ⓘ
- **Fixation** d'un **facteur de terminaison**
- **Libération** de la protéine
- **Dissociation** du ribosome



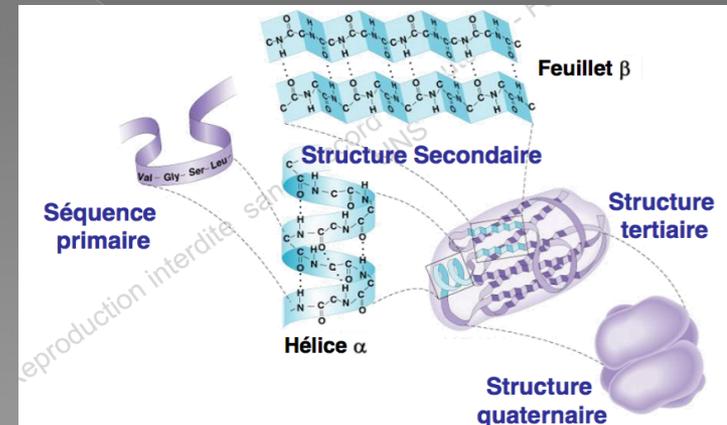
## ○ L'ADRESSAGE DES PROTÉINES

- Présence d'un **signal d'adressage spécifique**
- 2 voies principales :
  - **Cytosol** (aucun signal)
  - **REG** (peptide signal)
- Autres sites d'action :  
appareil de Golgi,  
lysosome, membrane,  
noyau, mitochondries,  
peroxysomes...



## ○ LES MODIFICATIONS DES PROTÉINES

- **Co-traductionnelles** : *Durant* la traduction
- **Post-traductionnelles** : *Après* la traduction
- **Permanent**es : Acquisition des **fonctions** de la protéine
  - Étape de **clivage**
  - Ajout de **molécules**
- **Réversibles** : Contrôle réversible de l'**activité** de la protéine
  - Addition de **groupes fonctionnels**
- **Acquisition de la conformation spatiale** :
  - Secondaire
  - Tertiaire
  - Quaternaire



# QCM 1

- À propos de la cellule eucaryote

- A) Elle ne possède pas de noyau
- B) Elle possède plusieurs organites délimités par des membranes
- C) Elle peut être unicellulaire ou multicellulaire
- D) Son ADN forme un unique chromosome de forme circulaire
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

# QCM 1

- À propos de la cellule eucaryote

- A) Elle ne possède pas de noyau
- B) Elle possède plusieurs organites délimités par des membranes
- C) Elle peut être unicellulaire ou multicellulaire
- D) Son ADN forme un unique chromosome de forme circulaire
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

Réponse : BC

# QCM 2

## ● À propos des chromosomes

- A) Deux chromosomes homologues appartiennent à la même paire
- B) Les autosomes désignent les chromosomes sexuels (X ou Y)
- C) L'haploïdie se définit par des chromosomes simples (à une chromatide)
- D) La diploïdie se définit par des chromosomes doubles (à deux chromatides)
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

# QCM 2

## ● À propos des chromosomes

- A) Deux chromosomes homologues appartiennent à la même paire
- B) Les autosomes désignent les chromosomes sexuels (X ou Y)
- C) L'haploïdie se définit par des chromosomes simples (à une chromatide)
- D) La diploïdie se définit par des chromosomes doubles (à deux chromatides)
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

Réponse : A

# THE END



Merci pour votre  
attention !