



UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA  
TECHNOLOGIE HOUARI BOUMEDIENE  
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES



*Cours de génétique:*  
**Biosynthèse des protéines et le code génétique**

*2<sup>ème</sup> année licence SNV*

**Radia CHEMLAL, Khadidja KHORSI, Assia GALLEZE, Farida LAMRANI, Farida TEBTOUB, Fethia BOUCHELILT, Ilham SAHKI, Saida BOUDERBA, Majda LOUNICI, Nadia HADJALI.**

**Année universitaire 2020-2021**

# Introduction

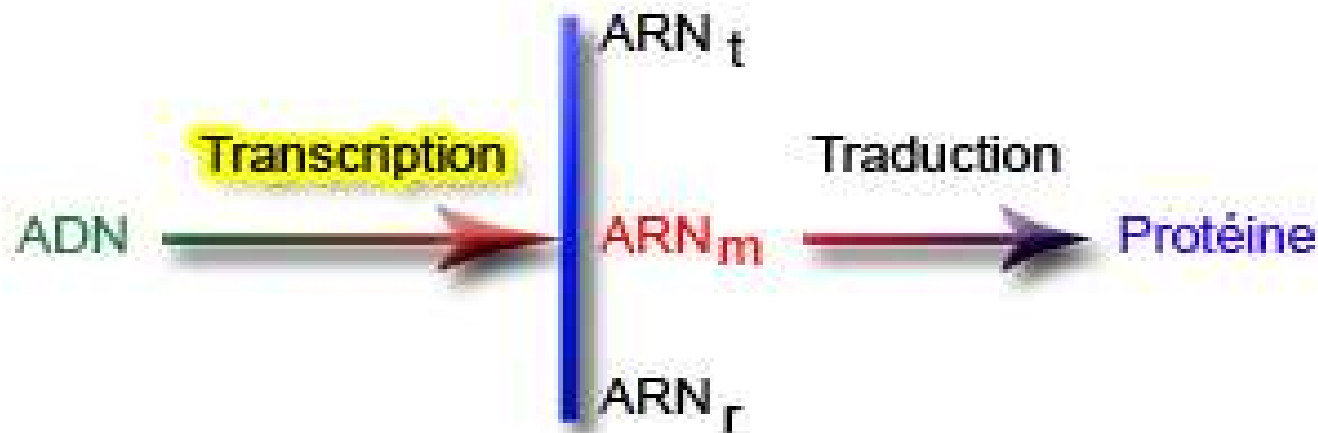


*Un des principes importants de la génétique moléculaire est que les gènes exercent leurs effets sur les organismes indirectement. Pour la plupart des gènes, l'information génétique contenue dans les séquences nucléotidiques code un type particulier de protéines.*

*Les protéines sont les molécules responsables de la catalyse de la plupart des réactions chimiques de la cellule (enzymes), de la régulation de l'expression des gènes (protéines de régulation) et de la détermination de nombreux caractères de la structure cellulaire, tissulaire ou virale (protéines de structure). Un lien fondamental existant entre les gènes et les protéines (**Hartl et Jones, 2003**).*

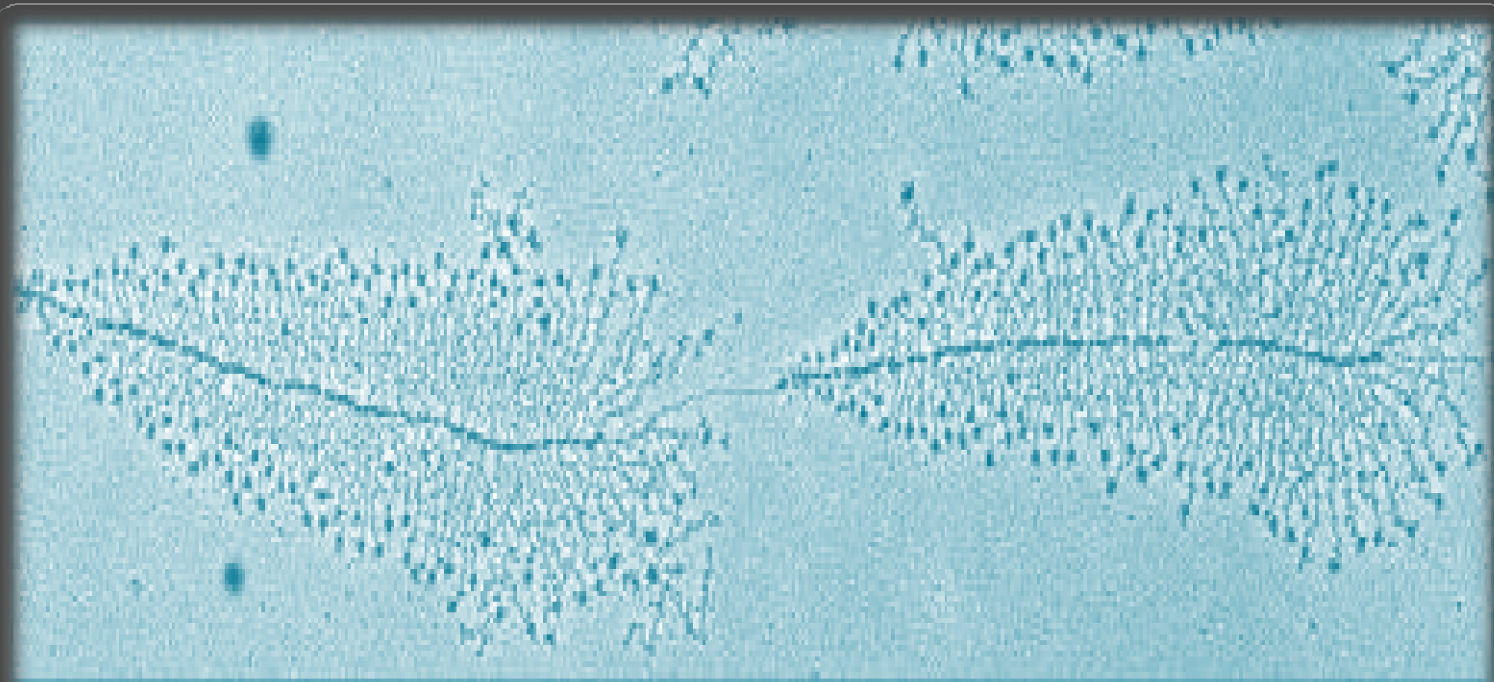
# Les étapes principales de l'expression des gènes

De l'ADN jusqu'aux protéines, une voie indirecte du transfert de l'information génétique à travers les processus de transcription et de traduction, est connue sous le nom de **dogme central** de la génétique moléculaire.



## Rappel:

Un gène est un **segment d'ADN** qui constitue **l'unité d'expression** menant à la formation **d'un produit fonctionnel** qui peut être sous la forme **d'un ARN ou de polypeptide**.



Transcription of two genes as observed under the electron microscope (Miller and Beatty, 1969).

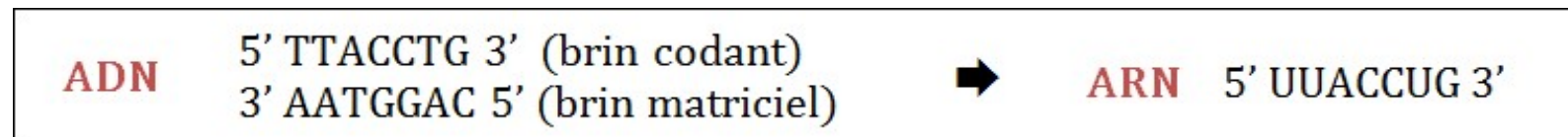
1 μm

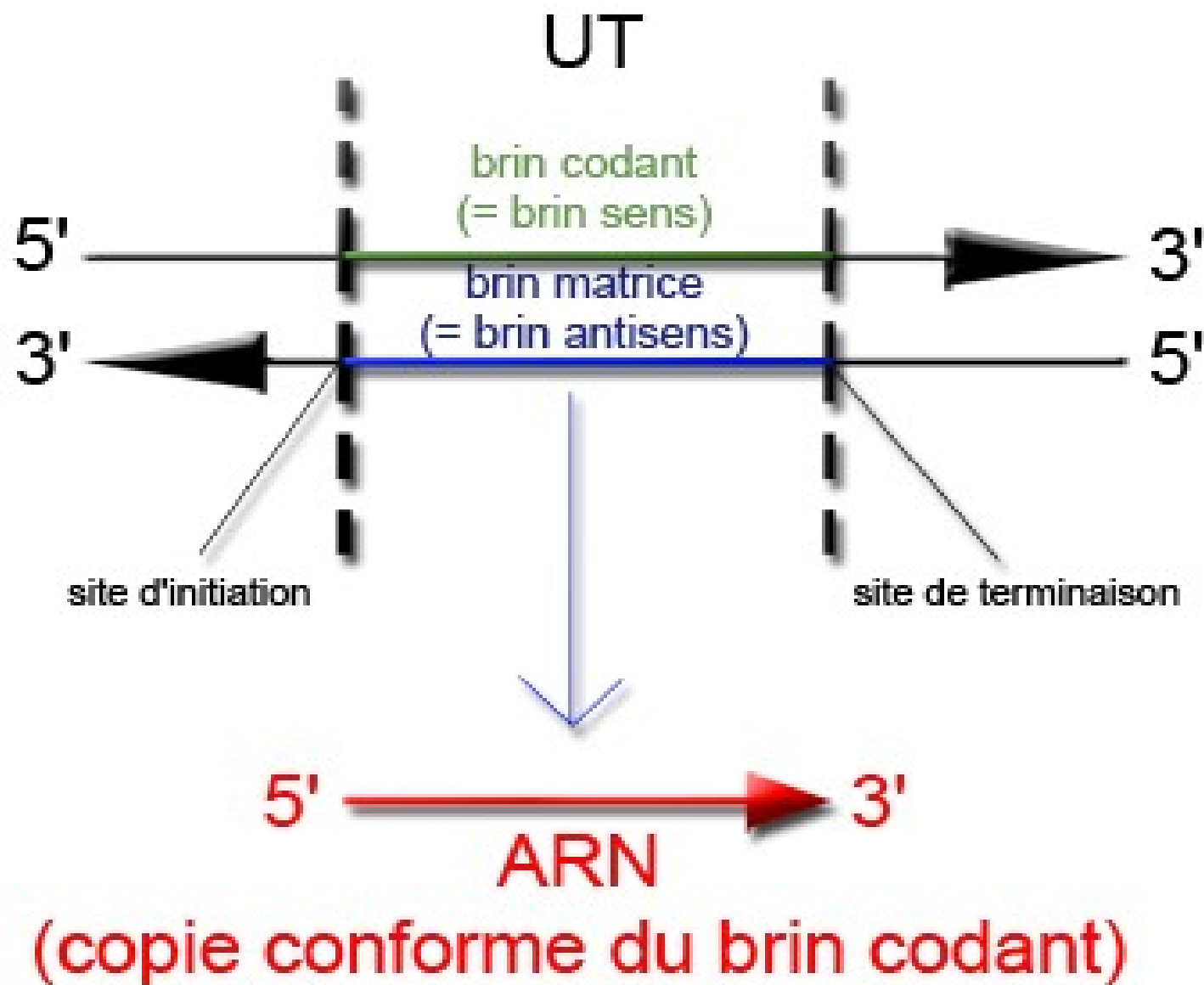
# LA TRANSCRIPTION

# Transcription

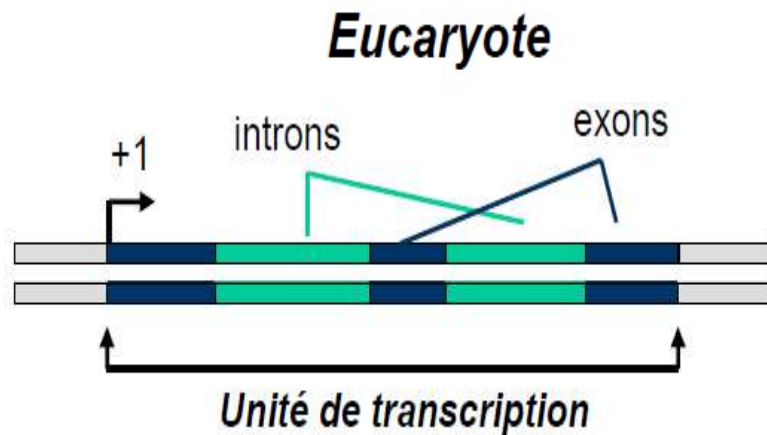
La molécule d'ARN est synthétisée par une ARN polymérase, qui utilise un segment simple brin d'**ADN (3' vers 5')**, servant comme matrice afin de produire des molécules **monocaténaïres d'ARN**. La séquence en bases de ces molécules d'ARN est complémentaire au brin matrice et copie conforme au brin codant (à la place de T, on a U).

L'**ARNm** est dirigé de **5' vers 3'**.

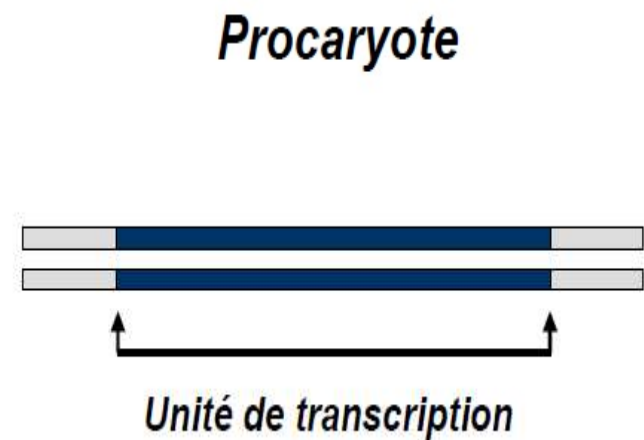




# Structure du gène



ADN



On appelle **unité de transcription** la séquence allant du promoteur au terminateur. Une unité de transcription peut contenir plusieurs gènes.

# Les différences existant entre les procaryotes et les eucaryotes.

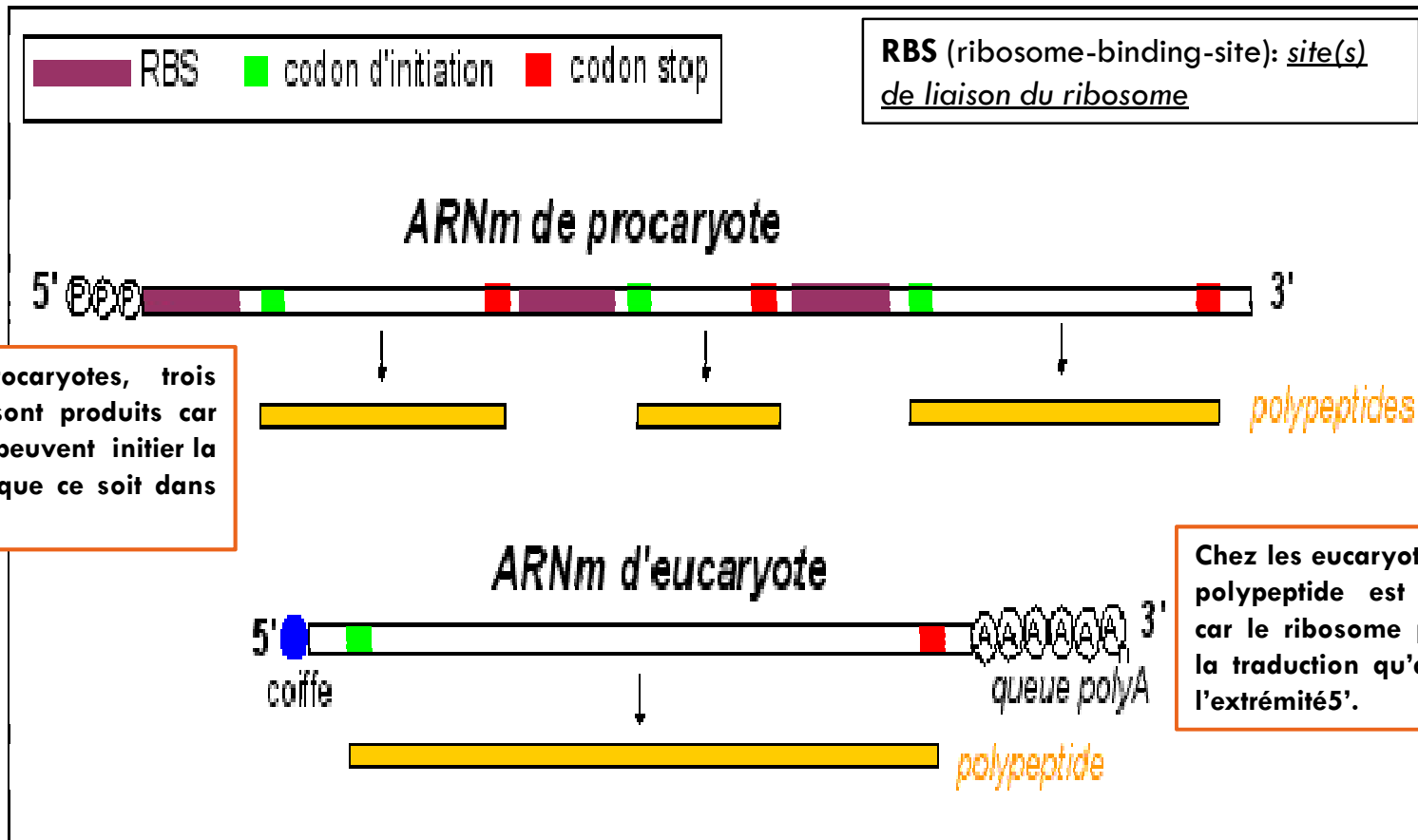
## Procaryotes

- Absence d'enveloppe nucléaire, on parle d'unité lieu;
- l'ARNm peut porter d'autres codons AUG qui serviront de codon signal, ils peuvent servir d'initiateurs à la synthèse protéique.
- ARNm peut conduire à plusieurs polypeptides: l'ARNm des procaryotes est dit **polycistronique**;
- Une seule ARN polymérase.

## Eucaryotes

- La transcription a lieu dans le noyau;
- la traduction a lieu dans le cytoplasme;
- seul le codon AUG sert d'initiateur à la synthèse protéique;
- L'ARNm des eucaryotes est **monocistronique**.
- présence de 3 ARN polymérases (I,II et III).

# Des variations au sein des ARNm



Chez les procaryotes, trois polypeptides sont produits car les ribosomes peuvent initier la traduction où que ce soit dans l'ARNm .

Chez les eucaryotes, un seul polypeptide est synthétisé car le ribosome peut initier la traduction qu'a partir de l'extrémité 5'.

# Les ARN



- On distingue 3 types d'ARN aussi bien chez les procaryotes que chez les eucaryotes, selon son rôle joué dans la synthèse des protéines:
  - 1-ARNm (ARN codant);
  - 2-ARNt (ARN non codant);
  - 3-ARNr (ARN non codant).
- Il existe une quatrième classe d'ARN chez les eucaryotes, les ARNsn (sn: small nuclear) ou ARN nucléaire.

# Le mécanisme de la transcription



La transcription comporte trois étapes:

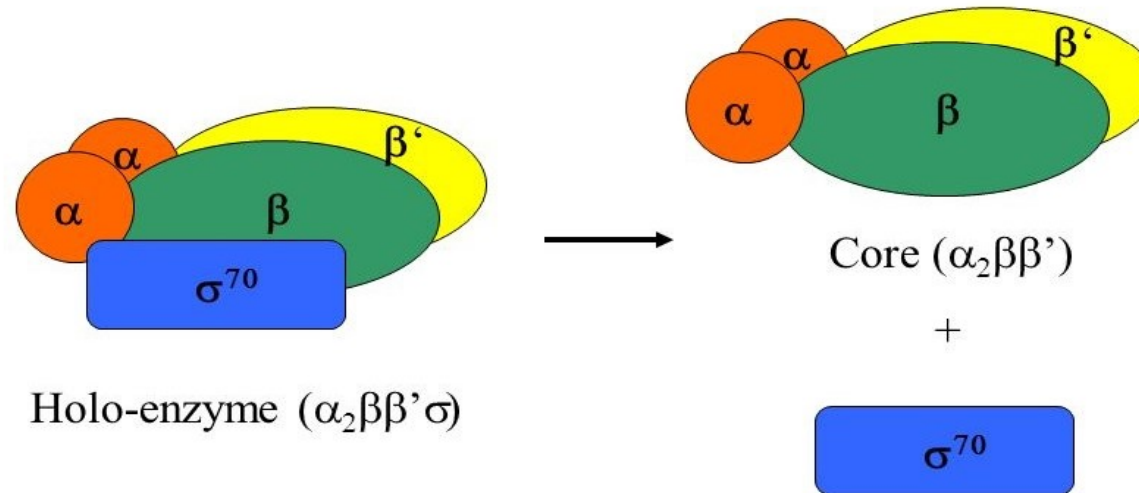
- **L'initiation:** reconnaissance du début de l'unité de transcription.
- **L'élongation:** polymérisation de la chaîne d'ARN.
- **La terminaison:** reconnaissance de la région de terminaison.

# La transcription chez les procaryotes

## ARN polymérase chez *Escherichia coli*

L'enzyme est composée de plusieurs sous-unités (deux sous-unité  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$  et  $\sigma$ )

On nomme holoenzyme, la forme complète de l'ARN polymérase d'*E.coli*.



# Initiation



- La reconnaissance spécifique du promoteur par la **sous-unité sigma  $\sigma$**  de l'ARN-polymérase va permettre l'initiation de la transcription dans le sens 5'-3';
- L'initiation au sens propre correspond à la synthèse de la première liaison phosphodiester réalisé par la sous-unité  $\beta$  de l'ARN-polymérase;
- Allongement de 4 à 5 nucléotides;
- Détachement du facteur sigma, après la transcription des 4-5 premiers nucléotides.

# Elongation



- L'élongation correspond aux réactions de polymérisation des ribonucléotides complémentaires par l'ARN polymérase le long de la molécule d'ADN.
- L'élongation s'arrête lorsque l'enzyme rencontre une séquence spécifique appelée **terminateur**.

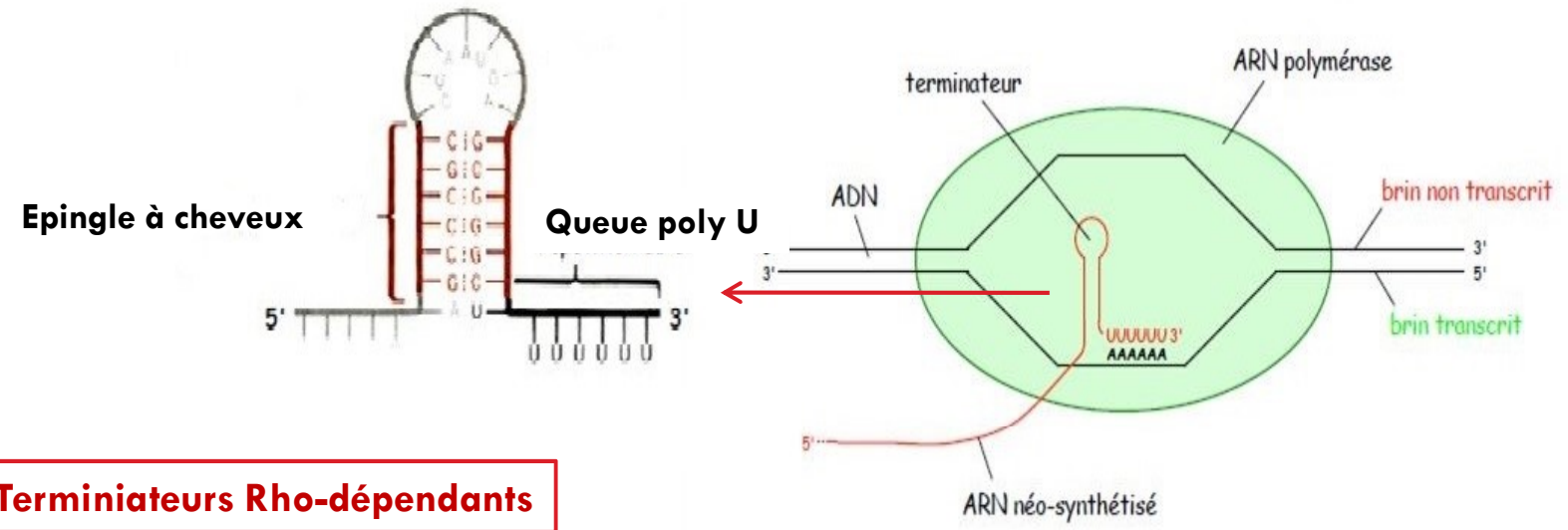
# Terminaison



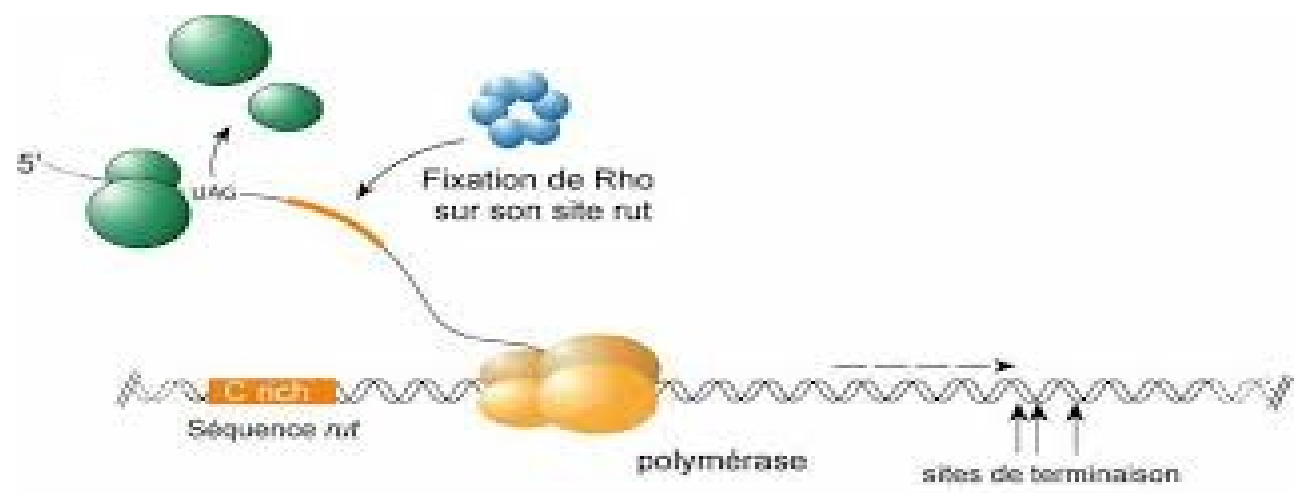
Le terminateur se présente sous la forme d'un **palindrome**. Ce dernier entraîne une complémentarité de séquences au niveau de l'ARNm qui permet la mise en place d'une structure en épingle à cheveux suivie d'une série d'uridine (U). Cette structure déstabilise l'ARN-polymérase jusqu'à dissociation de l'ADN.

**A connaître: Chez les procaryotes, il existe deux sites de terminaison:**  
**-les terminateurs intrinsèques;**  
**-les terminateurs Rho-dépendants.**

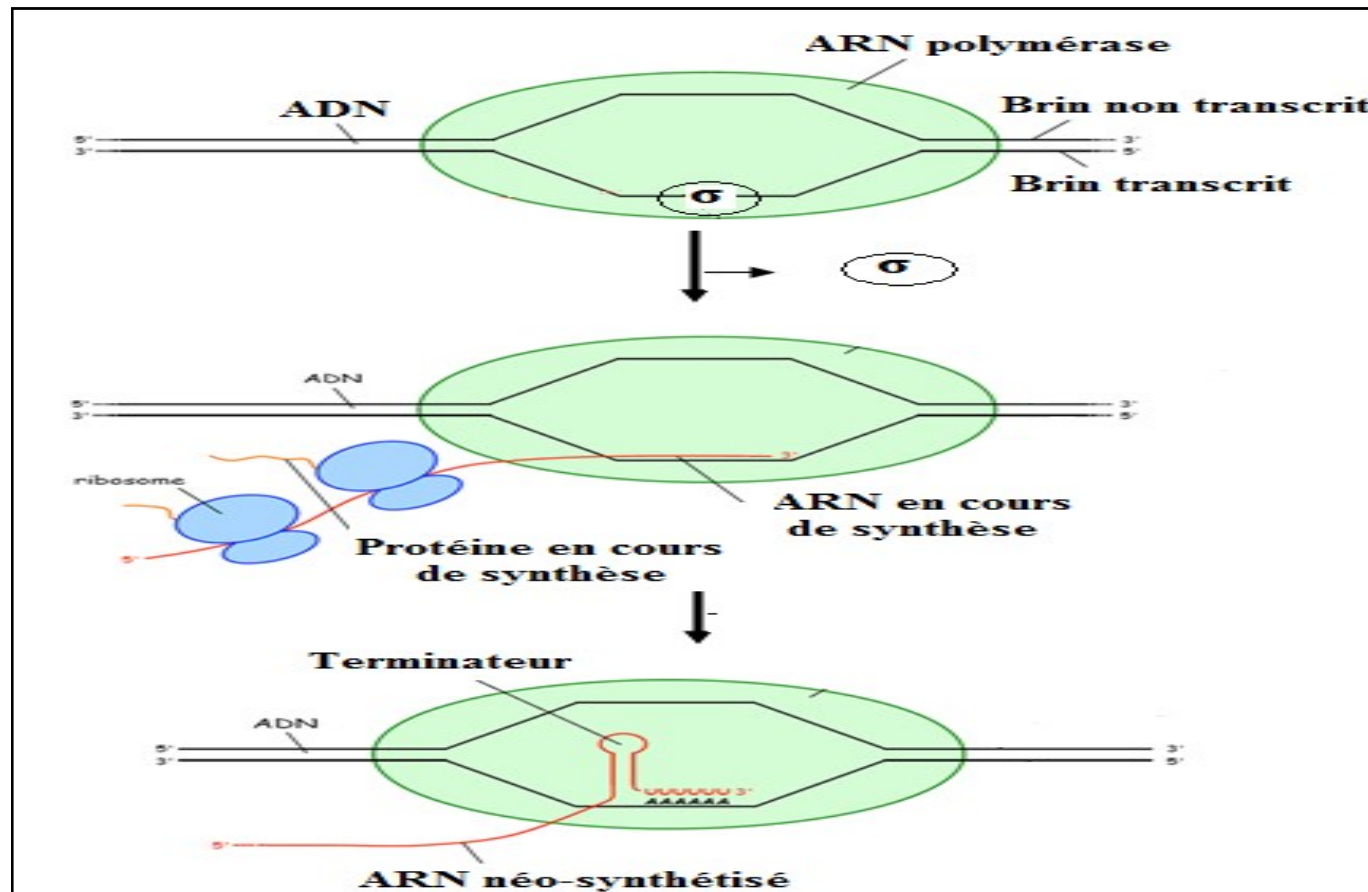
**Termineurs intrinsèques**



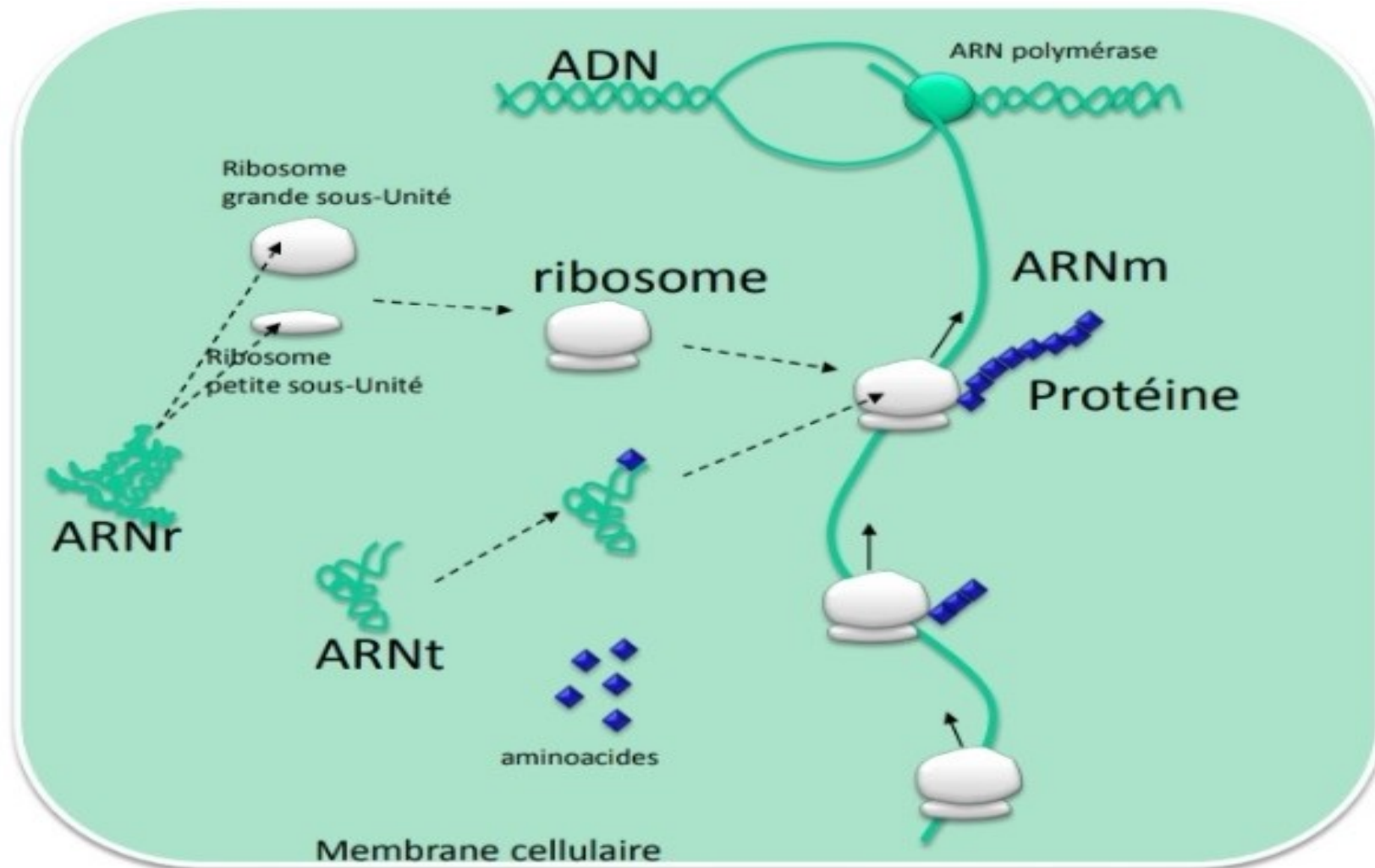
**Termineurs Rho-dépendants**



# La transcription chez les procaryotes



# Expression des gènes chez les procaryotes



# Transcription chez les eucaryotes



- **Chez les eucaryotes le mécanisme de base de la transcription est identique à ce qui a été décrit pour les procaryotes. Cependant, la structure des promoteurs est différente et les transcrits primaires obtenus sont toujours monocistroniques. Enfin, une des différences majeures concerne les modifications post-transcriptionnelles des ARN eucaryotes.**
- **Dans la transcription, les introns et les exons d'un gène sont transcrits. Ceci conduit à la production d'une grande molécule d'ARN précurseur appelée aussi ARN nucléaire hétérogène (ARNhn).**
- **L'ARN immature doit subir des transformations (maturation) pour devenir un ARNm**

# Maturation des ARNm immatures

- **a) Addition de la coiffe en 5' (ou capping):**

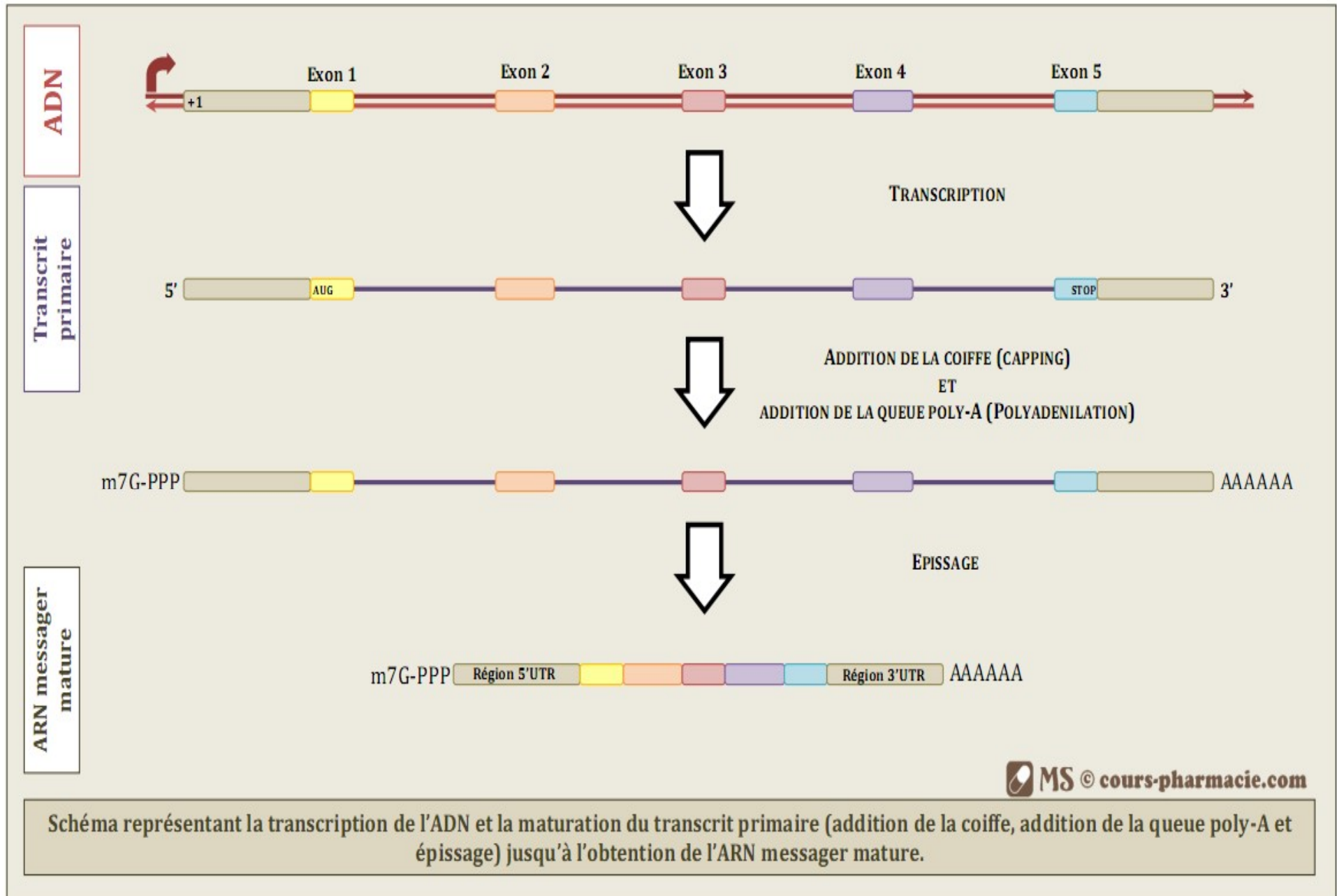
**Au cours de la transcription, lorsque les ARNs atteignent 20 à 30 nucléotides de longueur, une 7 méthyl-guanosine est ajoutée sur le premier nucléotide en 5', par une liaison phosphodiester 5' à 5'.**

- **b) Polyadénylation**

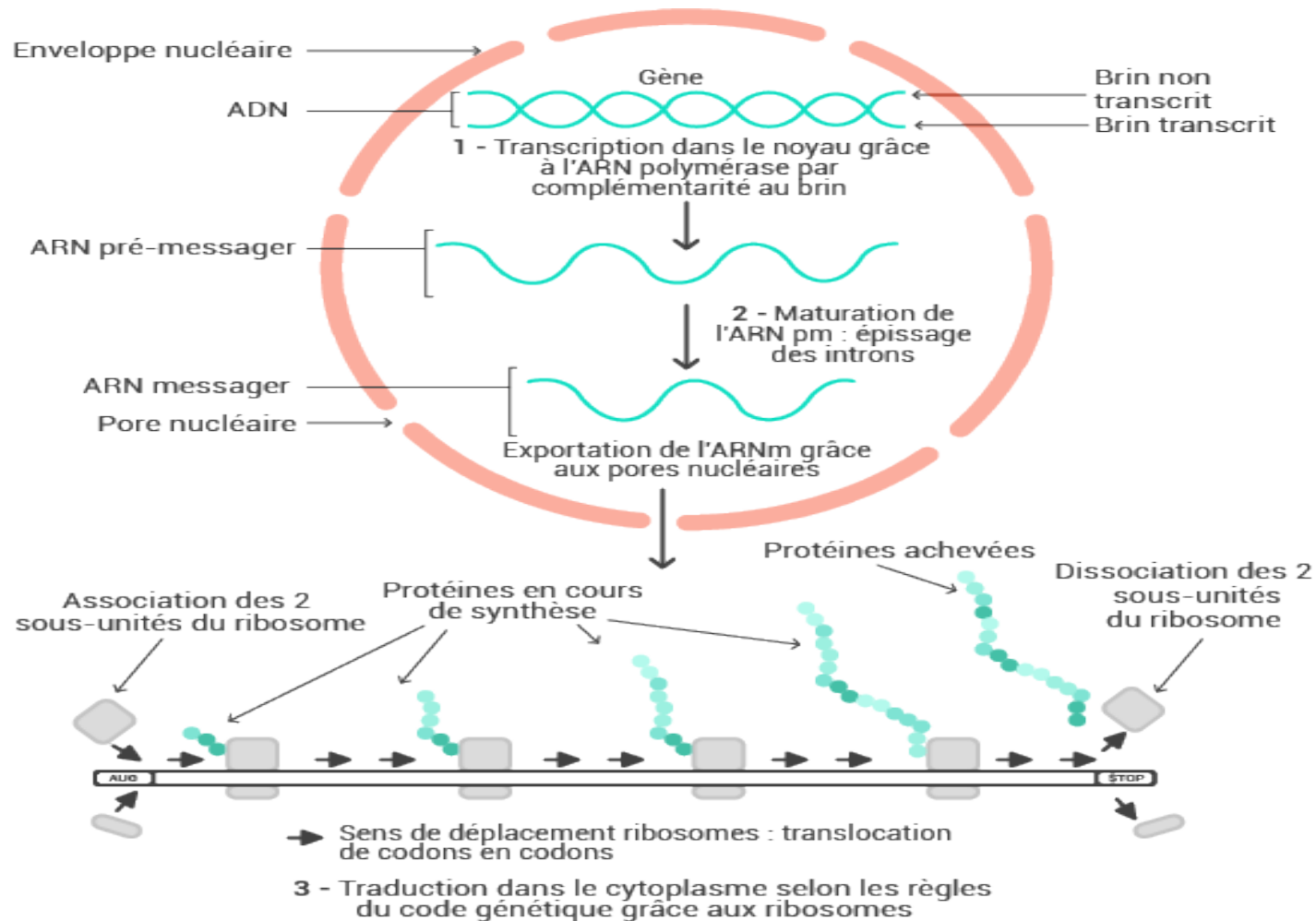
**L'extrémité 3' de l'ARNm est clivée au niveau d'une séquence conservée hexamérique (AAUAAA) puis une extrémité poly A est rajoutée. Par la suite cette queue polyA sera raccourcie dans le cytoplasme.**

- **c) Epissage**

**Alors que le polyA vient d'être rajouté, les introns vont être éliminés. Les introns font donc partie du transcrit primaire et sont absents de l'ARN mature. Le mécanisme d'épissage se fait grâce à l'intervention de particules ribonucléo-protéiques.**



# Expression des gènes chez les eucaryotes



# La traduction



Tout comme la réplication et la transcription, la synthèse protéique est polarisée. Les ribosomes se déplacent dans le sens 5' vers 3' sur l'ARNm, et synthétisent le polypeptide correspondant de l'extrémité NH<sub>2</sub> terminale vers l'extrémité COOH terminale. La traduction se déroule dans le cytoplasme et nécessite:

- l'ARN messager;
- les ribosomes;
- les ARN de transfert;
- les aminoacyl-ARNt synthétases.

# Le code génétique

La séquence de l'ARNm est décodée par groupe de trois nucléotides (codon) qui correspondent à un acide aminé particulier ou aux signaux d'initiation et de terminaison. L'ensemble de cette codification constitue le code génétique dont la correspondance entre les ribonucléotides et les acides aminés, est représentée dans le tableau suivant :

le code génétique										
		Deuxième lettre								
		U		C		A		G		
Première lettre (côté 5')	U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
		UUC	Phe	UCC	Ser	UAC	Tyr	UGC	Cys	U
		UUA	Leu	UCA	Ser	UAA	Stop	UGA	Stop	A
		UUG	Leu	UCG	Ser	UAG	Stop	UGG	Trp	G
	C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U
		CUC	Leu	CCC	Pro	CAC	His	CGC	Arg	U
		CUA	Leu	CCA	Pro	CAA	Gln	CGA	Arg	U
		CUG	Leu	CCG	Pro	CAG	Gln	CGG	Arg	U
	A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
		AUC	Ile	ACC	Thr	AAC	Asn	AGC	Ser	U
		AUA	Ile	ACA	Thr	AAA	Lys	AGA	Arg	U
		AUG	Met	ACG	Thr	AAG	Lys	AGG	Arg	U
	G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
		GUC	Val	GCC	Ala	GAC	Asp	GGC	Gly	U
		GUA	Val	GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly	U
		GUG	Val	GCG	Ala	GAG	Glu	GGG	Gly	U
		codon d'initiation				codon de terminaison				Troisième lettre (côté 3')

IL existe 64 codons dont 61 désignent un acide aminé et 3 qui ne codent pour aucun acide aminé, ce sont des codons stop ou non sens qui sont: **UAA-UAG** et **UGA**. Mise à part la méthionine et le tryptophane, tous les autres acides aminés sont représentés par plusieurs codons synonymes. La traduction peut être divisée en 3 phases principales: initiation, élongation et terminaison. La traduction est l'une des réactions enzymatiques qui consomme le plus d'énergie.

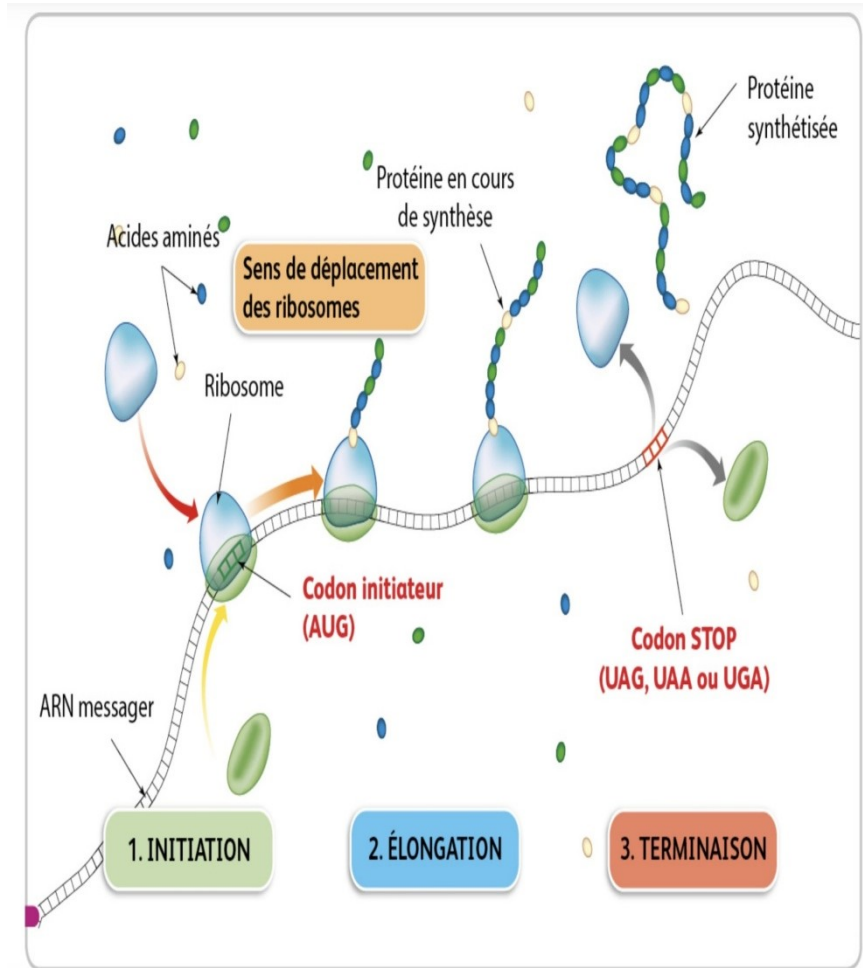
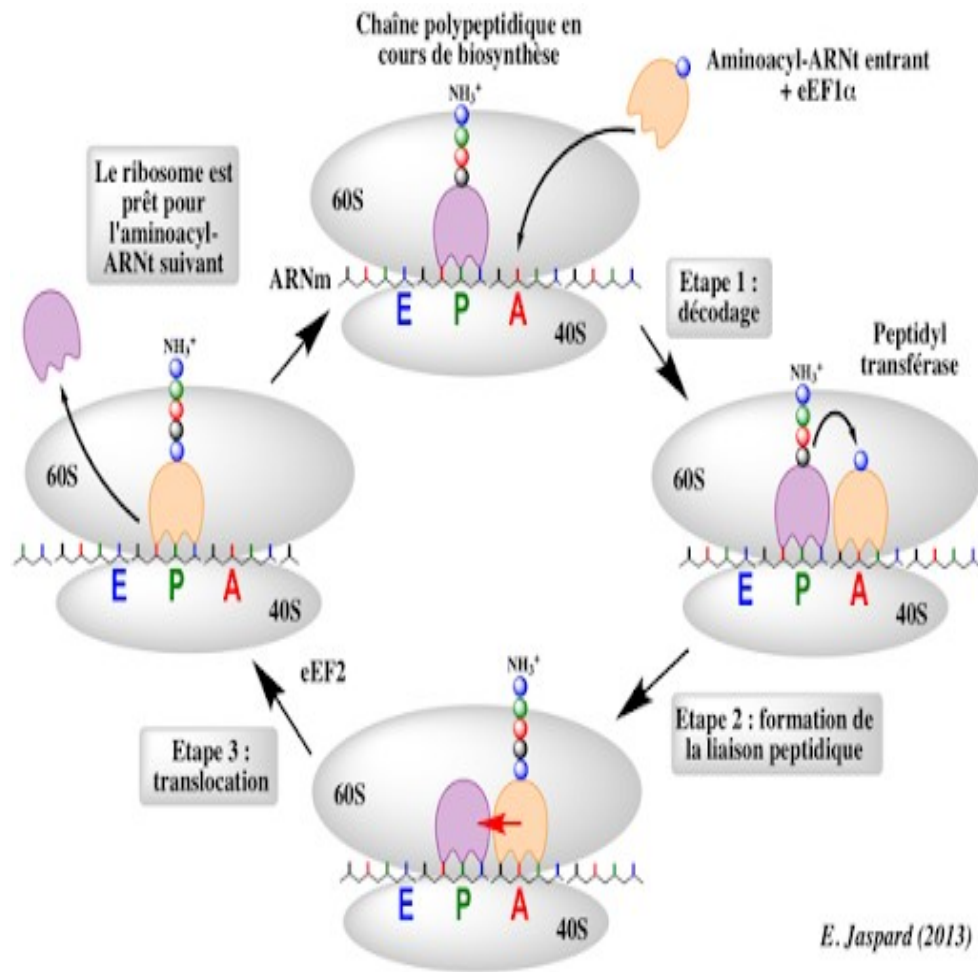
# Les étapes de la traduction

**L'initiation:** au cours de cette étape, il n'y a pas de formation de liaison peptidique. Un seul codon sert d'initiateur dans 99% des traductions : **AUG**.

**L'élongation:** le ribosome parcourt le brin d'ARNm codon par codon (translocation) et ajoute, par l'intermédiaire d'un ARNt, un acide aminé au polypeptide en cours de synthèse.

**Terminaison:** Une fois un codon-stop atteint (**UAA, UGA** ou **UAG**), la synthèse de la protéine est terminée et le ribosome se détache de la protéine et du brin d'ARN messenger.

# Les étapes de la traduction



# Les différences dans la traduction entre les procaryotes et les eucaryotes

	Eucaryote	Procaryote
Ribosomes	28S, 18S, 5.8S et 5S	23S, 16S et 5S
ARNm	<ul style="list-style-type: none"><li>-Coiffe en 5'.</li><li>-Monocistronique.</li><li>-AUG comme codon initiateur.</li><li>-Queue poly A.</li><li>-Introns.</li><li>-La transcription et la maturation de l'ARNm dans le noyau et la traduction dans le cytoplasme.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Pas de coiffe</li><li>-Polycistronique</li><li>-AUG, plusieurs codons initiateurs.</li><li>-Pas de poly A en 3'.</li><li>-Pas d'introns.</li><li>-La traduction et la transcription se déroulent simultanément dans le cytoplasme.</li></ul>
ARNt d'initiation	Méthionine non formylé.	Méthionine formylé.

# Références

- 1-<https://www.cours-pharmacie.com/biologie-moleculaire/transcription-de-ladn.html>
- 2-<http://pst.chez-alice.fr/image7/arnm.gif>
- 3-Miller, O. L. and Beatty, B. R. (1969). Visualization of nucleolar genes. *Science*, 164(882):955– 957. In: In silico analysis of regulatory motifs in gene promoters, Nicolas Bellora Pereyra ´ PhD thesis Barcelona, November 2009.
- 4-M-Harry (2002), Génétique moléculaire et évolutive, 2<sup>ème</sup> édition MALOINE.
- 5- Daniel L. Hartl et Elisabeth W. Jones (2003), Génétique les grandes principes, 3<sup>ème</sup> édition DUNOD.  
[https://www.researchgate.net/publication/43245222\\_In\\_silico\\_analysis\\_of\\_regulatory\\_motifs\\_in\\_gene\\_promoters?enrichId=rgreq-c8c660ac46f4e276b6ef7aaf5b102041-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdIOzQzMjQ1MjlyO0FTOjEwMDAxODA4NjlxOTc3N0AxNDAwODU3NTc5NDU4&el=1\\_x\\_2&\\_esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/43245222_In_silico_analysis_of_regulatory_motifs_in_gene_promoters?enrichId=rgreq-c8c660ac46f4e276b6ef7aaf5b102041-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdIOzQzMjQ1MjlyO0FTOjEwMDAxODA4NjlxOTc3N0AxNDAwODU3NTc5NDU4&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf).
- 7-<http://univ.ency-education.com/uploads/1/3/1/0/13102001/genetique1an16-eucaryotes procaryotes transcription.pdf>.
- 8-<http://biochimej.univ-angers.fr/Page2/COURS/7RelStructFonction/2Biochimie/1SyntheseProteines/1SyntheseProt.htm>.
- 9-<https://lewebpedagogique.com/biotechjm/files/2015/12/Chapitre-3.pdf>.
- 10-<http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/IMG/expressgeneV2.gif>.
- 11-<http://www.innoverensvt.com/archives/2018/09/27/36738808.html>.
- 12-<https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/afterclasse/default/0001/17/86bcfe3d66ebcda9f68d5afdada59842299abc9c1.png>.
- 13-<https://www.ebiologie.fr/cours/s/36/la-transcription-de-l-adn>.