

COURS N°10 : LE RIBOSOME ET LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

1/- Définition

Les ribosomes sont des petits organites cytoplasmiques présents dans toutes les cellules. Les ribosomes sont situés dans le cytosol des procaryotes et des eucaryotes, les mitochondries et les chloroplastes en renferment dans leur matrice.

Les ribosomes présents dans le cytosol peuvent être subdivisés en deux classes : ceux qui sont libres et ceux qui sont attaché du coté cytosolique aux membranes du REG. Ces 2 classes de ribosomes ont des rôles différents dans la cellule ; les premiers synthétisent toutes les protéines qui restent dans la cellule (celles du cytosquelette, du noyau, des mitochondries et des chloroplastes), les seconds synthétisent les protéines qui seront finalement sécrétées par la cellule ou rassemblées dans les lysosomes et celles qui seront insérées dans les membranes du RE ;

Chaque ribosome comporte 2 sous unités de taille inégale, une grosse et une petite (figure 1).

L'association en chapelet de 5 à 20 ribosomes se nomme polysome ou polyribosome.

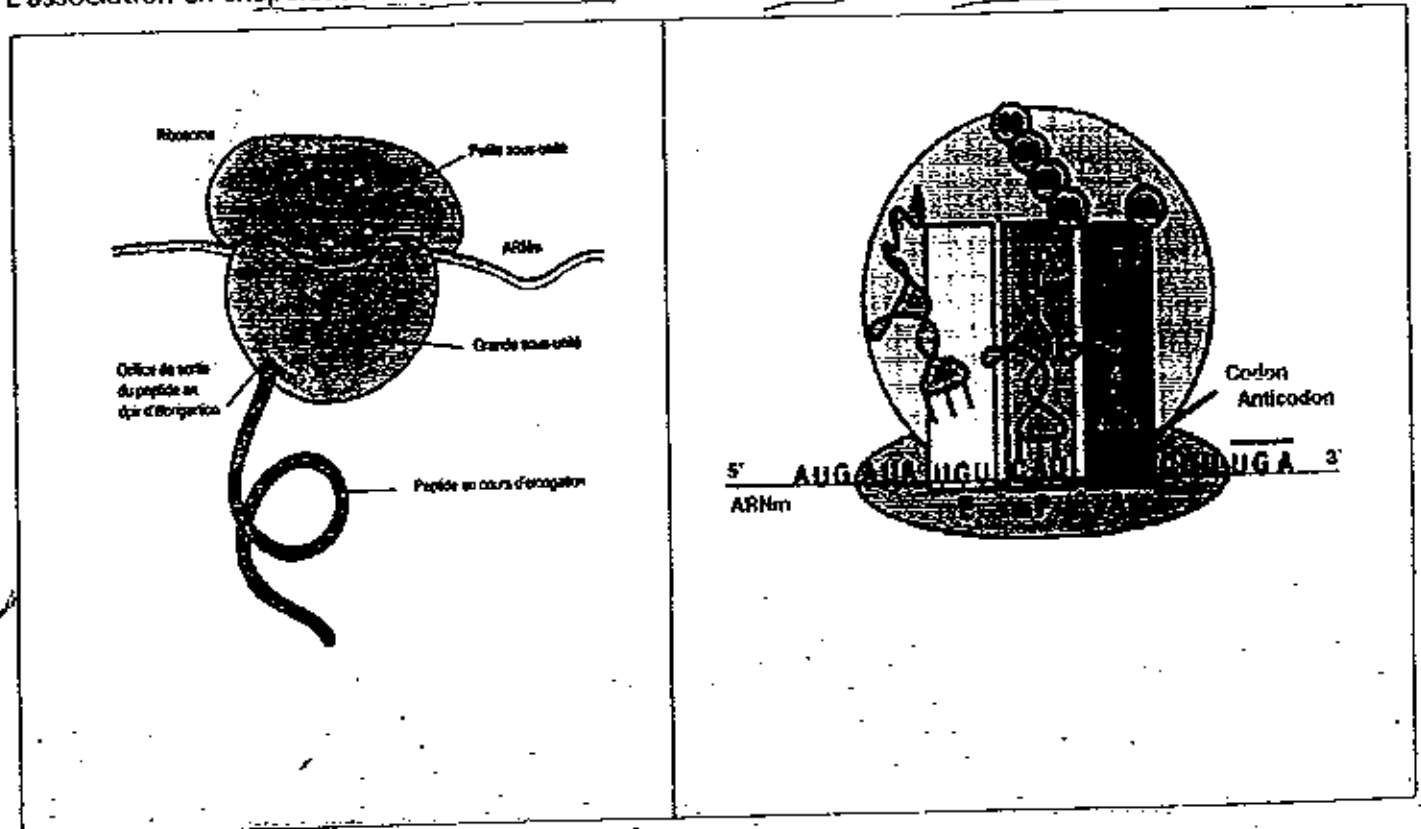


Figure 1 : représentation schématique d'un ribosome et son rôle dans la synthèse des protéines

2/- Composition chimique

Les ribosomes sont caractérisés par leur coefficient de sédimentation. Les ribosomes des procaryotes ont un coefficient de sédimentation de 70 S, ceux des eucaryotes ont un coefficient de sédimentation d'environ 80 S.

Les 2 sous unités diffèrent par leur taille, leur densité, leur coefficient de sédimentation et la nature de leurs constituants.

Ribosome des procaryotes 70 S		Ribosomes des eucaryotes 80 S	
Grosse s/unité 50 S	Petite s/unité 30 S	Grosse s/unité 60 S	Petite s/unité 40 S
ARNr 23 S et ARNr 5 S	ARNr 16 S	ARNr 28 S, 5,8 S et 5S	ARNr 18 S
34 protéines	21 protéines	100 protéines	

Remarque: La lettre S signifie unité Svedberg. Les unités Svedberg ne sont pas additives. L'addition de deux sous unités ne donne pas la valeur du ribosome entier.

3/- Biogenèse des ribosomes eucaryotes

La production de nouveaux ribosomes est une activité importante du métabolisme cellulaire d'une part pour renouveler les ribosomes qui se dégradent et d'autre part pour augmenter le nombre des ribosomes lors de la croissance et de la différenciation.

La figure 2 illustre la maturation des ARNr. Les ARNr 28 S, 5,8 S et 18 S proviennent du clivage et de la maturation d'un ARN 45 S transcrit par les gènes portés par l'organisateur nucléolaire. Les ARN 45 S contiennent les séquences 28 S, 5,8 S et 18 S séparées par des séquences intercalaires. Ils subissent des réactions de fragmentation et de méthylation. Les ARNr s'associent au sein même du nucléole à des protéines ribosomales qui, synthétisées dans le cytoplasme, migrent vers le noyau et s'assemblent par étapes successives aux ARNr, constituant ainsi des ribonucléoprotéines (RNP). L'assemblage commence au voisinage de l'organisateur nucléolaire

Les ARNr 5 S sont synthétisés par transcription d'autres gènes dispersés sur divers chromosomes, extérieurs à l'organisateur nucléolaire. Ils viennent constituer avec les ARNr 28 S et 5,8 S la grosse sous unité.

La synthèse des constituants ribosomiaux s'effectue au cours de l'interphase, il existe une corrélation entre la synthèse des protéines et la transcription des ARNr : lorsque la synthèse est inhibée, la transcription des ARNr décroît fortement.

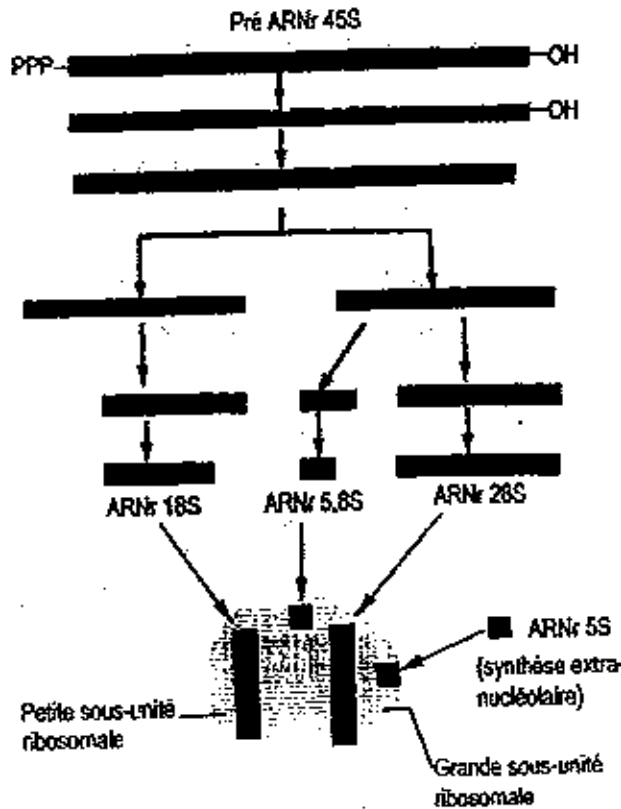


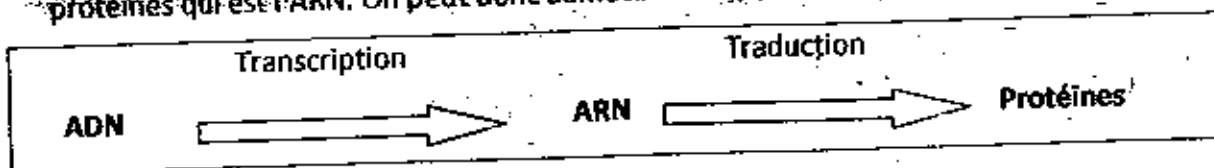
Figure 2 : Maturation des ARNr

4/- Rôle physiologique : la synthèse des protéines

De l'ADN aux protéines : le flux de l'information génétique

4.1/- Existence d'un intermédiaire entre ADN et protéine

- Dans la cellule, il existe une grande variété de protéines dans la composition desquelles entrent 20 acides aminés fondamentaux.
- Chaque protéine peut être considérée comme une phrase composée de 20 mots écrits avec un alphabet constitué de 20 symboles correspondant aux 20 types d'acides aminés ;
- La structure primaire de toutes les protéines est inscrite sous forme codée dans la molécule d'ADN. Or la synthèse des protéines se déroule dans le cytoplasme, il existe donc un intermédiaire entre ADN et protéines qui est l'ARN. On peut donc admettre le schéma suivant :



4.2/- Différentes classes d'acides nucléiques

Les molécules d'ARN sont des séquences polynucléotidiques monocaténares qui présentent une grande variété : elles se répartissent en 3 classes qui jouent un rôle défini dans la synthèse des protéines.

4.2.1/- Les ARN ribosomiaux (ARNr): ils constituent environ 80% de l'ARN cellulaire et entrent dans la constitution des ribosomes. La synthèse des protéines se déroule au niveau des ribosomes qui ne jouent aucun rôle dans la spécificité des protéines.

4.2.2/- Les ARN messagers (ARNm) : ils représentent environ 1% de l'ARN cellulaire. Ils correspondent à l'ensemble des informations exprimées portées par l'ADN. Ils constituent les filaments reliant entre les ribosomes formant des polysomes qui traduisent le message en protéines. Les ARNm sont caractérisés par :

- Leur constante de sédimentation variable traduisant l'hétérogénéité de leur taille ;
- Leur composition en nucléotides variable ;
- Une durée de vie courte ;
- Leur capacité à former des hybrides avec l'ADN homologue dénaturé.

4.2.3/- Les ARN de transfert (ARNt) : ils représentent environ 10 à 20% des ARN cellulaires. Ils sont caractérisés par :

- Leur petite taille homogène
- Leur coefficient de sédimentation faible de 4 S ;
- Leur pouvoir de s'associer aux acides aminés ;
- Leur forme caractéristique en trèfle ;
- Ils jouent le rôle de véhicules permettant le passage des acides aminés libres à l'état de chaînes protéique assemblée ;
- Ils assurent une double reconnaissance : celle de l'acide aminé et celle du site spécifique de l'ARNm par leur anticodon.

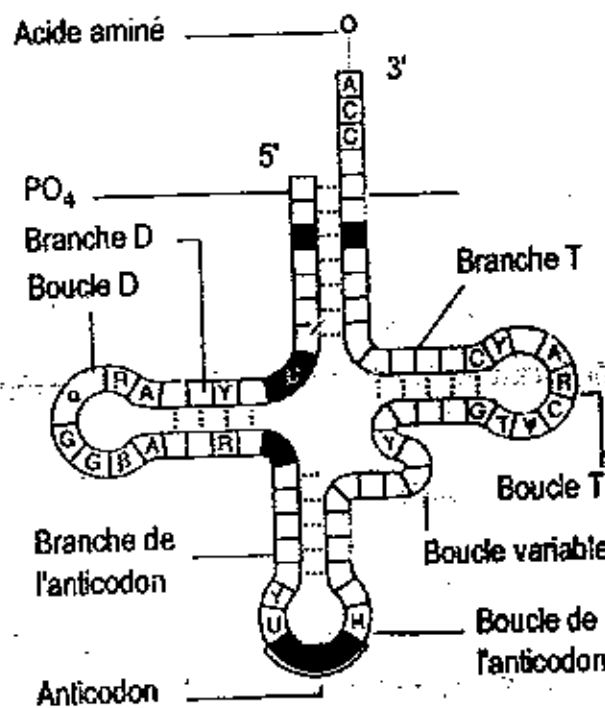


Figure 3 : Structure repliée de l'ARNt

4.3/- Constituants des protéines : les acides aminés sont les éléments de base des protéines, ils possèdent une structure commune et se lient entre eux grâce à des liaisons peptidiques pour former des chaînes linéaires. Chaque polypeptide ou protéine présente 2 extrémités N (groupement amine) et C (groupement carboxyl) terminales (voir cours de Biochimie).

4.4/- Le code génétique : (voir cours génétique)

C'est le dictionnaire utilisé par la cellule pour transformer le langage nucléaire (écrit en 3 lettres d'ADN) en langage protéique (écrit en 20 acides aminés).

Il est constitué de 64 triplets ou codons de l'ADN et présente les propriétés suivantes :

- 1. Le code est à triplets appelés codons
- 2. Le code est non chevauchant
- 3. Le code est non ponctué : pas d'intervalles entre 2 codons successifs
- 4. Le code est dégénéré ou redondant : un acide aminé peut être codé par un ou plusieurs codons
- 5. Il existe 61 codons qui ont un sens et 3 codons non sens (UAA, UAG et UGA) appelés codons stop qui ne codent pour aucun acide aminé
- 6. Le code est universel car il est commun aux virus, procaryotes et eucaryotes

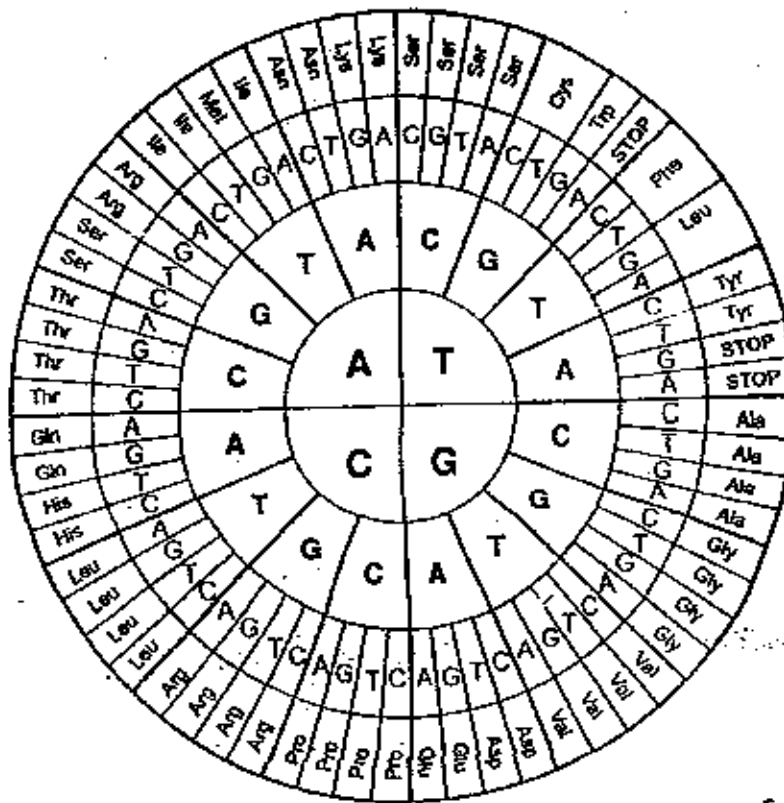


Figure 4 : Le code génétique universel

Il est exprimé en bases ARN (A U C G). La lecture s'effectue du centre vers la périphérie : les 4 bases centrales correspondent aux bases du 1^{er} nucléotide, le second cercle correspond aux bases du 2^{ème} nucléotide et le 3^{ème} cercle les bases du 3^{ème} nucléotide ; en face est indiqué l'acide aminé.

Cependant certains génomés possèdent quelques codons particuliers comme les mitochondries, protozoaires ciliés, archéobactéries,...

Codon	Protéobactéries	Archéobactéries	Mitochondries	Eucaryotes
UGA	Stop	Tryptophane	Tryptophane	Stop
AGG et AGA	Arginine	Stop	Arginine	Arginine
AUA	Iso-leucine	Méthionine	Méthionine	Iso-leucine
CUA	Leucine	Leucine	Thréonine	Leucine

4.4/- Biosynthèse des protéines chez les eucaryotes

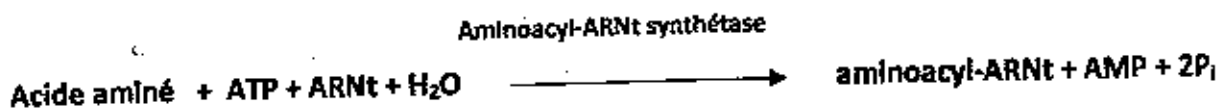
La protéogenèse est la synthèse des protéines qui implique :

- 1. L'activation des acides aminés ;
- 2. La transcription d'un gène sous la forme d'un ARN messager ;
- 3. L'épissage de l'ARNm qui élimine les introns ;
- 4. Le passage des ARNm par les pores nucléaires ;
- 5. La traduction par les ribosomes.

4.4.1/- Activation des acides aminés : il existe 20 enzymes d'activation appelées aminoacyl-ARNt synthétases qui assurent la fonction de charger l'acide aminé sur son ARNt. Chaque enzyme est spécifique de la liaison entre un acide aminé et son ARNt.

L'activation des acides aminés comporte 2 étapes :

- Formation de l' aminoacyl-AMP ou formation de la liaison aa-AMP (activation des aa) ;
- Formation des aminoacyl-ARNt ou formation de la liaison aa-ARNt.



4.4.2/- Transcription de l'information (synthèse de l'ARNm)

Il s'agit de la phase nucléaire de la protéogenèse. Cette phase représente la synthèse d'un polynudéotide complémentaire de l'un des 2 brins de l'ADN. Elle nécessite la présence

- d'ADN bicaténaire (même si un seul brin est copié) ;
- des 4 nucléotides triphosphates (ATP, CTP, UTP, GTP) ;
- des ions magnésium ;
- de molécules d'ARN polymérase.

La transcription s'effectue en 3 étapes :

a- Initiation : il s'agit de reconnaissance et attachement au site promoteur de l'ARN polymérase qui va provoquer un désenroulement localisé de la double hélice d'ADN.

b- Elongation : catalysée par l'ARN polymérase et s'effectue séquentiellement dans le sens 5' vers 3'.

c- **Terminaison** : une séquence de terminaison de la transcription portée sur l'ADN (ou codon stop) et un facteur protéique interagissant avec l'enzyme déterminent l'arrêt de la synthèse de l'ARNm qui se détache de la chaîne informative.

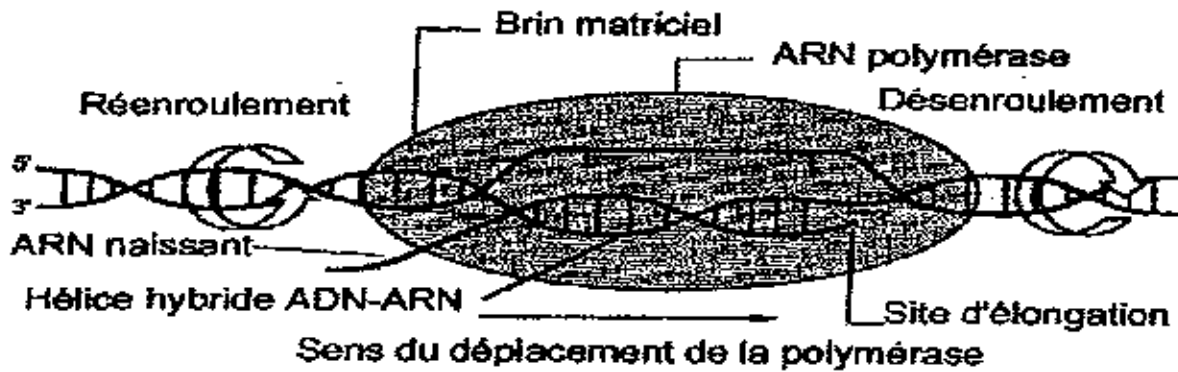


Figure 5 : Représentation schématique de la transcription de l'ARN à partir de l'ADN en double hélice

❖ **La maturation post transcriptionnelle de l'ARN pré-messager** : les gènes des eucaryotes sont constitués de séquences non codantes appelées introns et de séquences codantes appelées exons. La maturation des ARN pré-messagers comporte l'excision des séquences introns par des endonucléases suivie par la réunion des exons ou épissage réalisé par des ligases. La maturation se déroule dans le noyau et elle est indispensable au transfert de l'ARNm mature dans le cytoplasme.

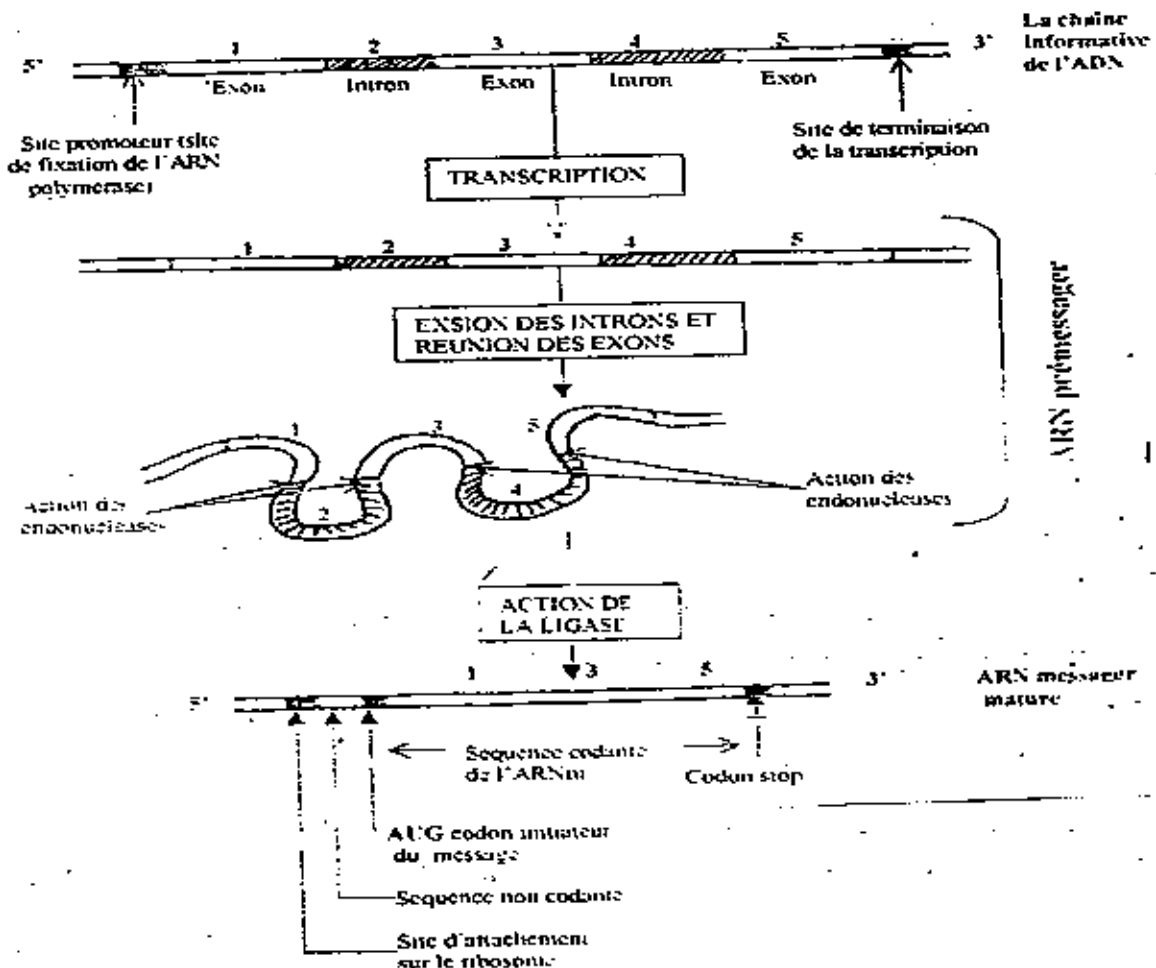


Figure 6 : maturation de l'ARN pré-messager chez les eucaryotes

4.4.3/- Traduction de l'information :

Il s'agit de la phase cytosolique de la biosynthèse des protéines et nécessite la présence :

- De l'ARNm (le modèle de l'information) ;
- Des ribosomes (le système de lecture) ;
- Des ARNt porteurs d'acides aminés;
- L'énergie intracellulaire .

La traduction se déroule en 3 étapes successives (voir cours génétique et biochimie): Figures 7, 8 et 9.

- A. Initiation
- B. Elongation
- C. Terminaison.

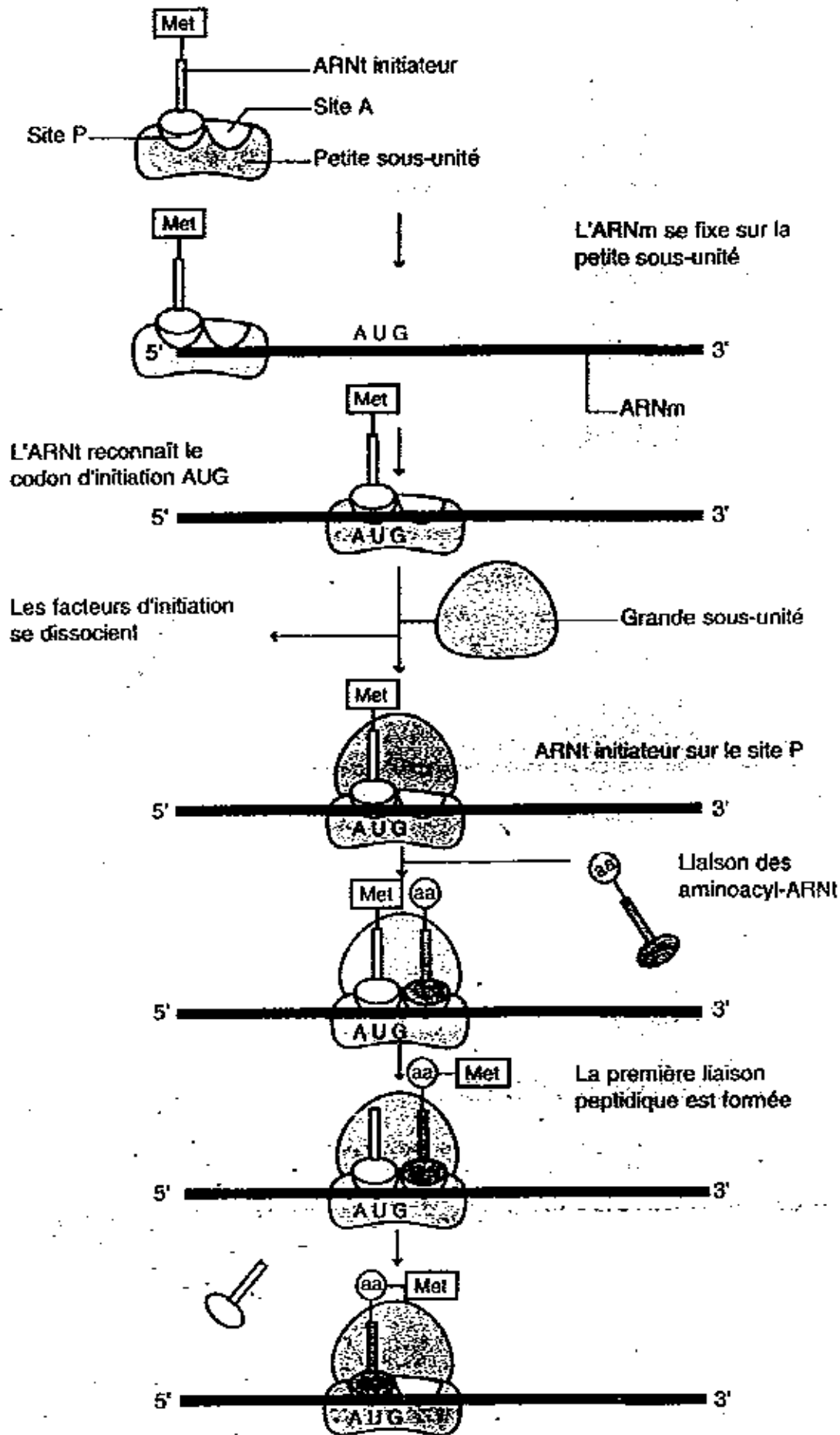


Figure 7 : phase d'initiation de la protéogenèse chez les eucaryotes

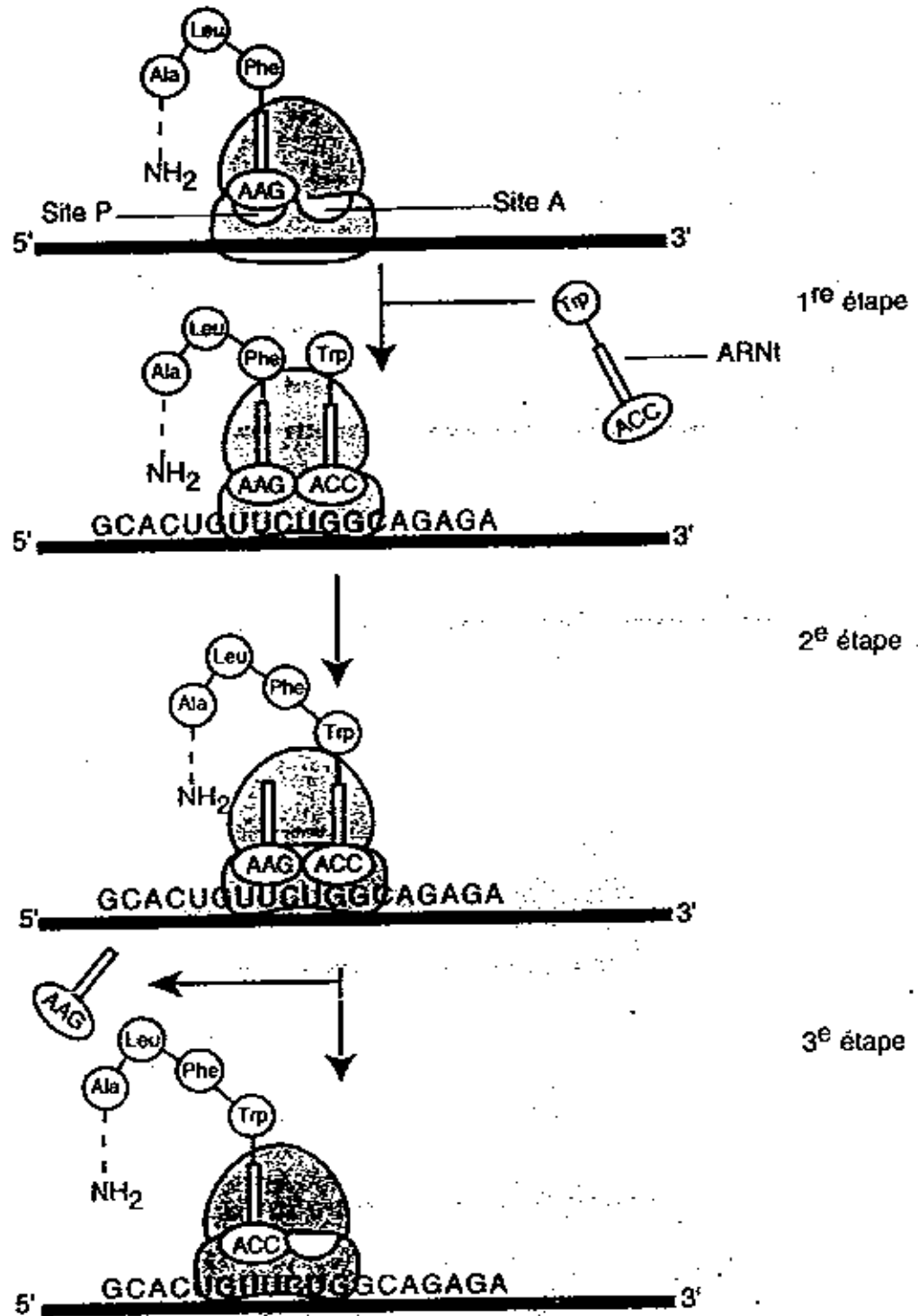


Figure 8 : Phase d'élongation de la protéogenèse chez les eucaryotes

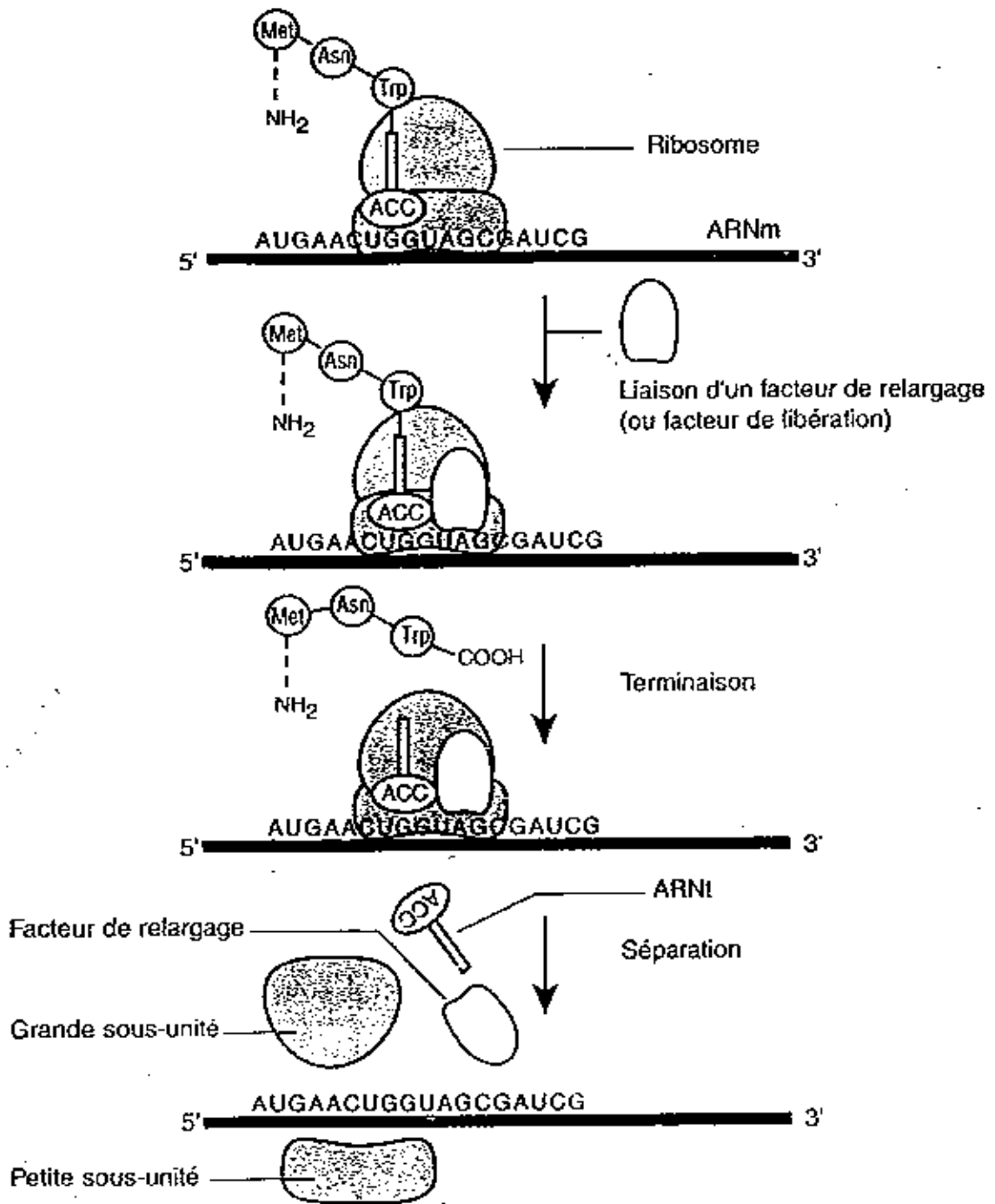


Figure 9 : Phase de terminaison de la protéogenèse chez les eucaryotes