

L3 bio. Mol. Fondts bio. Mol.

Traduction

- Synthèse d'un polypeptide à partir d'un ARN messenger.
- On passe du langage ARN au langage des protéines : les acides aminés.

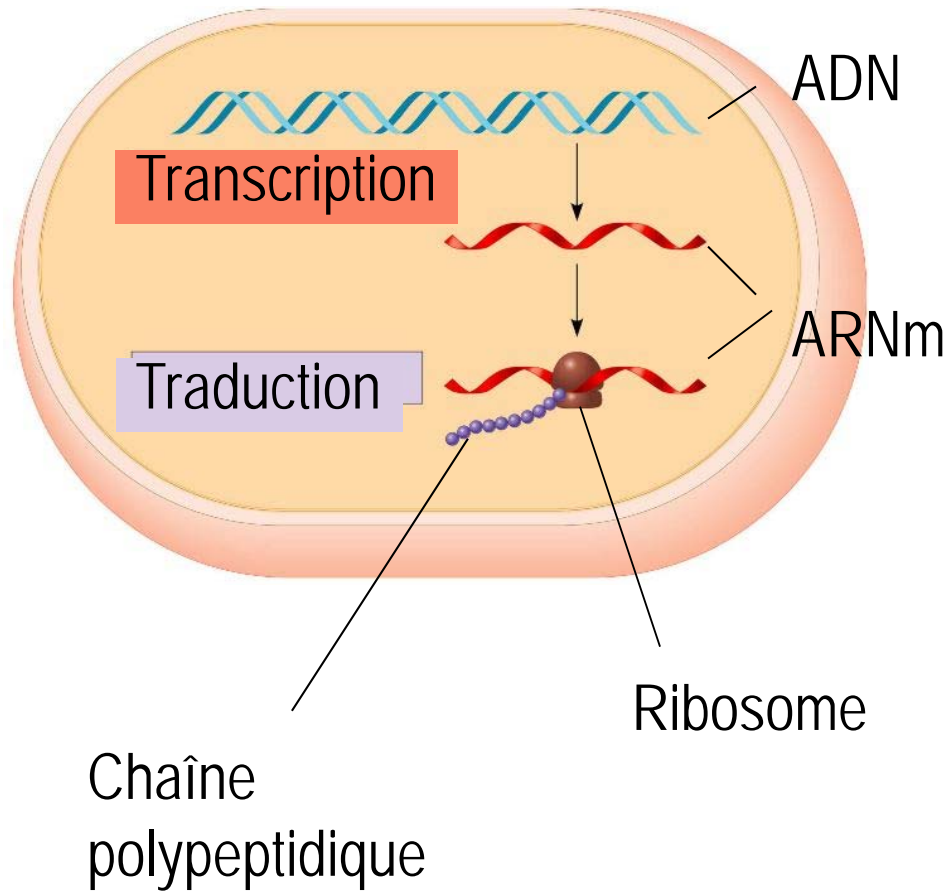
Bactérie (procaryote)

- La transcription et la traduction se produisent quasi simultanément dans le compartiment de la zone nucléoïde.
- La transcription produit un ARNm mature, traduit immédiatement en chaîne polypeptidique «dans les ribosomes de la zone nucléoïde».

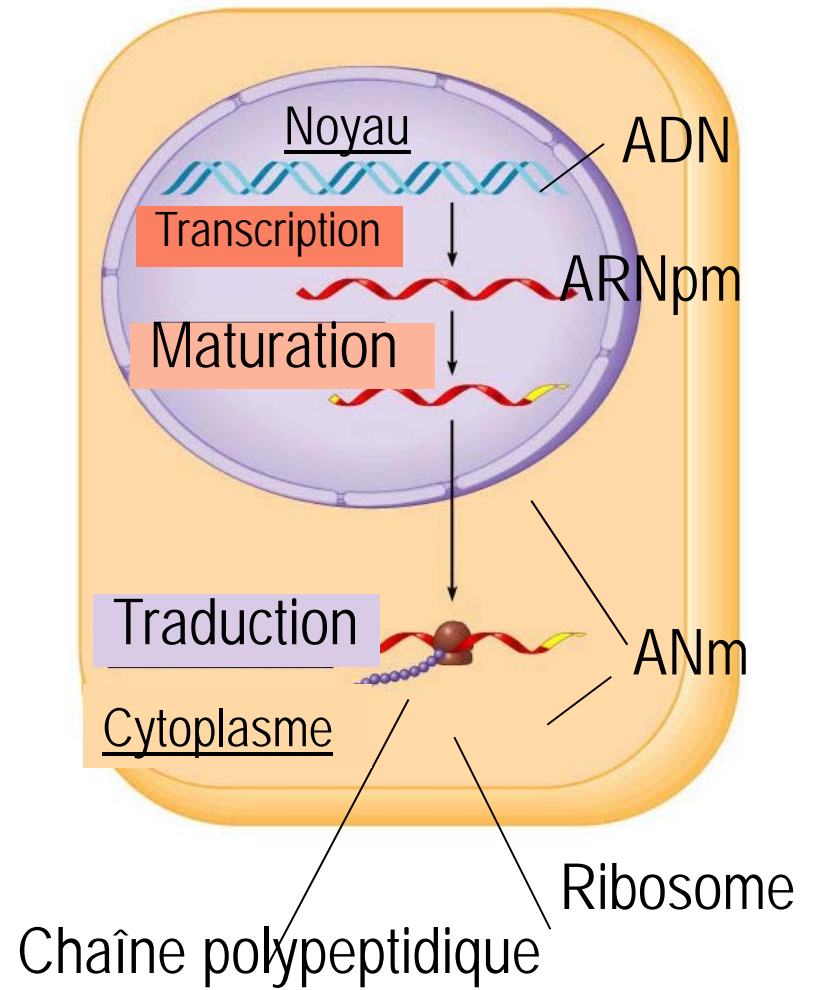
Cellule eucaryote

- L'ARNm passe ensuite du compartiment du **noyau** vers le compartiment du cytoplasme afin d'être traduit en **chaîne polypeptidique** «dans les ribosomes». *Tous les types d'ARN sont d'abord des «transcrits primaires».*

Bactérie



Cellule eucaryote



10. L'information génétique est codée dans le code dit «génétique»

A) Le code génétique, un code à triplets, est qualifié de **code** car il doit être décrypté en **acides aminés**

Le code

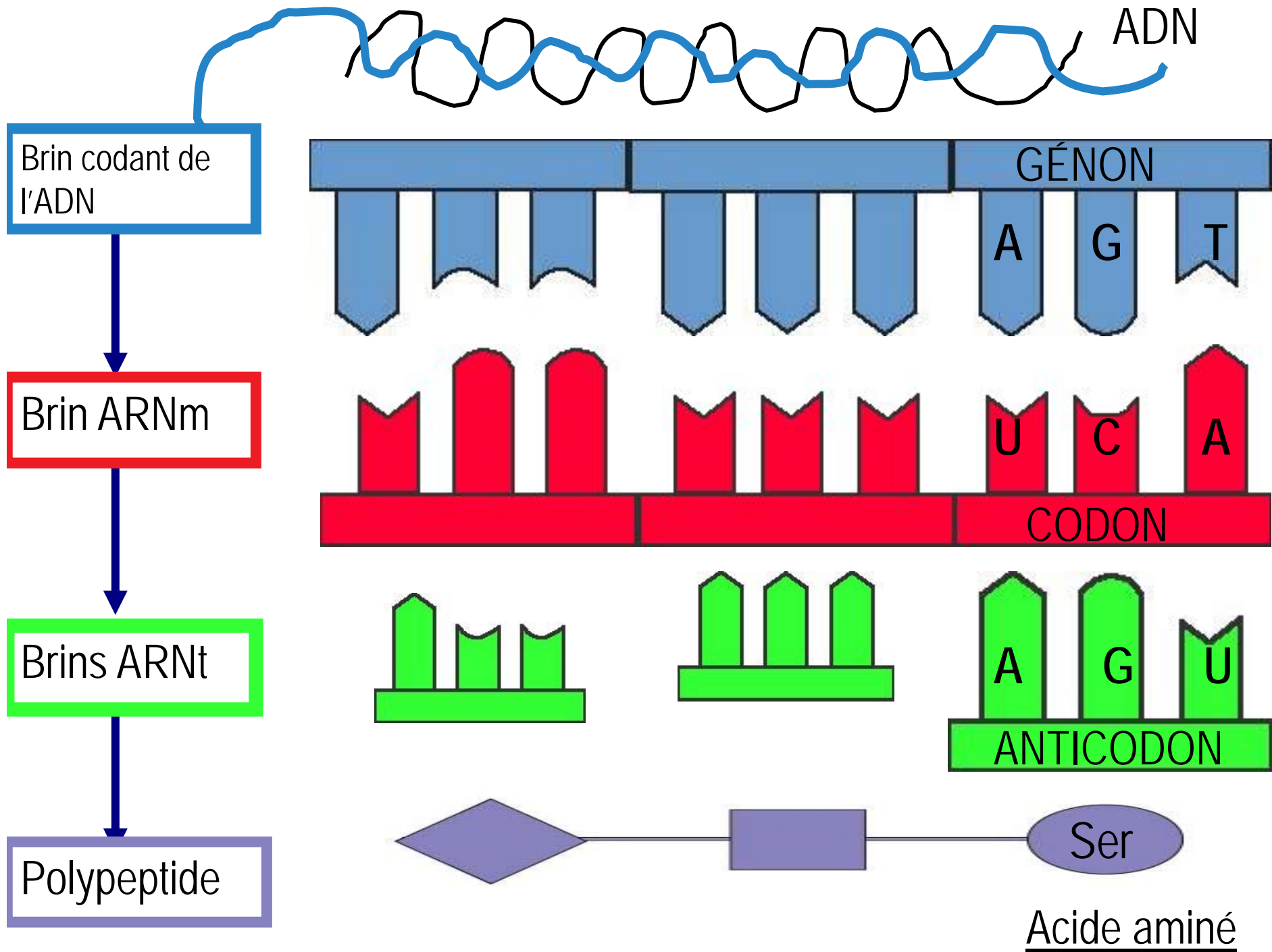
Est formé de **triplets de nucléotides ADN** : les **génons**.

Le décryptage

1. Les **génons** sont déchiffrés en triplets de nucléotides d'ARNm : les **codons**

2. Les codons sont déchiffrés en triplets de nucléotides d'ARNt (ARN de transfert) : **les anticodons**.

3. Les anticodons sont déchiffrés en «**acides aminés**»



B) le terme «code génétique» est restreint à la liste des codons et des acides aminés qu'ils déterminent.

C) Soixante quatre (64) codons d'ARNm ont été identifiés par les chercheurs (1961-1966)

- 61 codons codent un acide aminé
- un codon signale le début de la traduction (codon de départ) mais aussi code pour l'acide aminé «méthionine» — ainsi, toutes les chaînes polypeptidiques commencent par la méthionine
- trois codons indiquent la fin de la traduction (codons d'arrêt) — aucun acide aminé peut être ajouté lors de la lecture de ces codons

D) Le dictionnaire du code génétique (64 codons et leurs acides aminés)

61 codons codent un acide aminé

1 codon code la méthionine et sert de codon de départ

3 codons ne codent pas d'acides aminés et servent de codons d'arrêt

	U	C	A	G
U	UUU } Phe	UCU } Ser	UAU } Tyr	UGU } Cys
	UUC } Leu	UCC } Ser	UAC } Tyr	UGC } Cys
	UUA } Leu	UCA } Ser	UAA Stop	UGA Stop
	UUG } Leu	UCG } Ser	UAG Stop	
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 or 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

E) Le code génétique est redondant (code dégénéré)

Plusieurs codons codent le même acide aminé bien qu'un seul «à la fois» soit nécessaire pour la mise en place de l'acide aminé dans la protéine.

Rôle de la redondance

Minimise les effets néfastes des mutations ! Si un changement dans l'ADN (mutation) entraîne la mise en place d'un autre codon mais que ce dernier code pour le même acide aminé que le codon d'origine, alors, la mutation ne s'exprime pas «silencieuse».

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

F) Code ponctué et cadre de lecture

Ce code est parfois dit **ponctué** à cause de ses codons de départ et d'arrêt. (Lettre majuscule et point final de la phrase.)

Le codon de départ ou d'initiation (**AUG**) définit ce que l'on appelle le cadre de lecture ; en effet, il suffit d'un décalage d'une base pour que les mots soient différents.

G) Le code génétique est quasiment **universel**

Presque tous les vivants ont les mêmes codons codant pour les mêmes acides aminés à quelques exceptions près : certains unicellulaires (**paramécie**), les **mitochondries** et les **chloroplastes** ont quelques **codons** qui ne codent pas les mêmes **acides aminés**.

Cette quasi **universalité** du code génétique nous rappelle que nous avons une **origine commune**.

12. Étude de la traduction : synthèse d'un polypeptide à partir de l'ARNm (via les ARN du ribosome)

A) Les composants moléculaires de la traduction

1. Le brin d'ARN messenger. Contient les codons qui déterminent la liste des acides aminés de la chaîne polypeptidique.
2. Des acides aminés. De nombreux exemplaires des (20) types d'acides aminés sont présents dans le cytosol de la cellule. **La plupart proviennent des voies anaboliques de la cellule** mais, **huit d'entre eux doivent absolument être absorbés dans la nourriture car le corps ne peut les fabriquer**.
3. Des ARN de transfert (ARNt). **Acheminent** les acides aminés du **cytosol** jusqu'au **ribosome**
4. Un ribosome. Contient l'ARN ribosomique et les protéines nécessaires à la polymérisation des acides aminés en polypeptide.

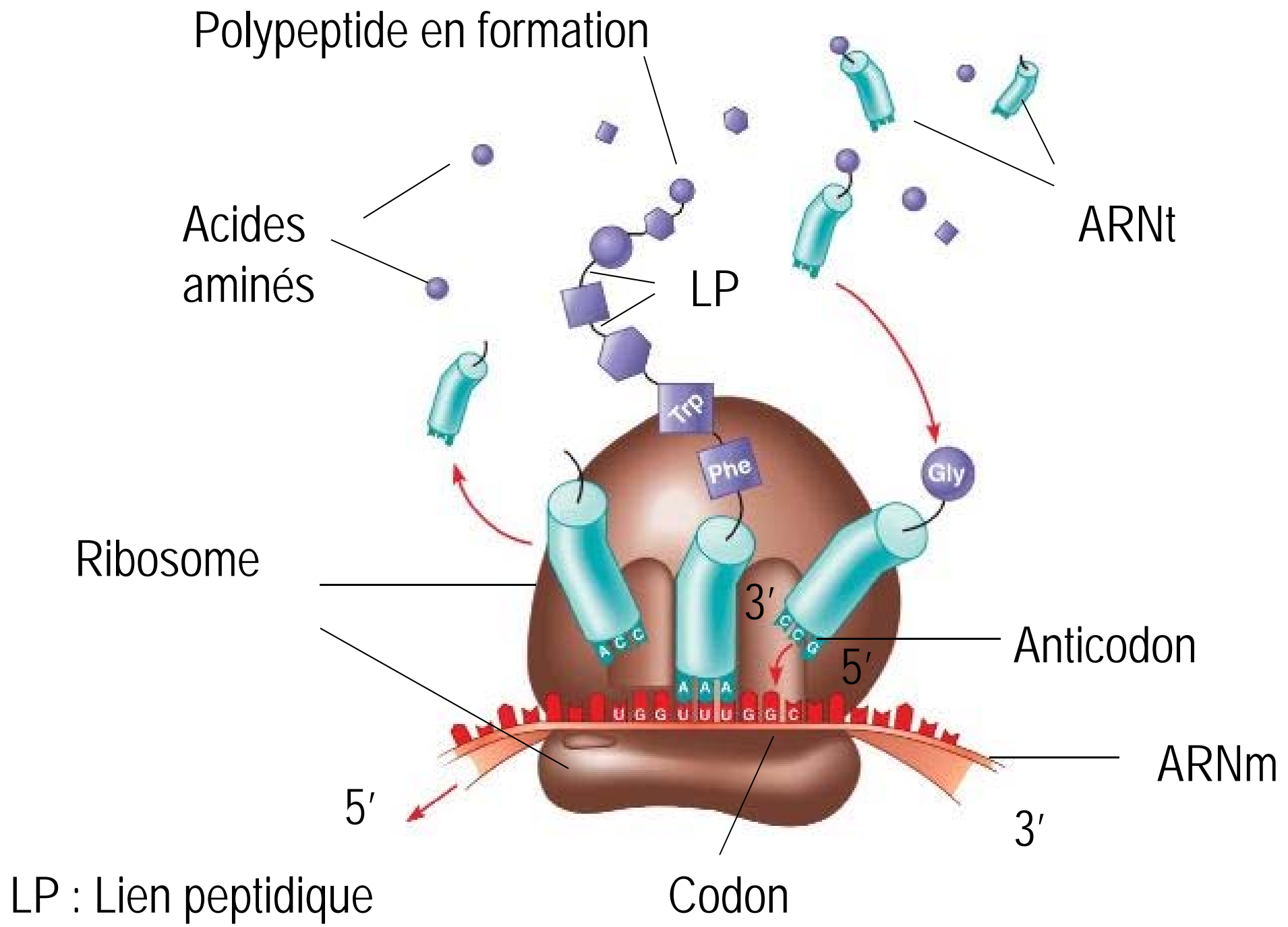
C) Résumé de la traduction (concept de base)

1. La molécule d'ARN messenger se fixe à un ribosome.
2. L'ARNm traverse le ribosome, codon par codon.
3. Chaque fois qu'un codon est lu par le ribosome, une molécule d'ARN de transfert spécifique (ARNt) apporte un acide aminé spécifique — via son anticodon⁽¹⁾ et via des liaisons H — en respectant les règles de complémentarité A/U et G/C

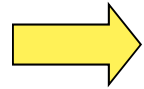
Pour déterminer l'acide aminé apporté par un ARNt, il faut utiliser le dictionnaire du code génétique. Ainsi, l'ARNt ayant l'anticodon AAA porte la phénylalanine car le dictionnaire nous dit que le codon appariable avec cet anticodon « UUU » code pour cet acide aminé.

4. Chaque dépôt d'acide aminé dans le ribosome est suivi de son union avec la chaîne polypeptidique en formation, via une liaison peptidique.
5. Quand tous les codons ARNm ont été lus, la chaîne est terminée.

(1) **Anticodon** : triplet de nucléotides ARNt complémentaire à un codon ARNm



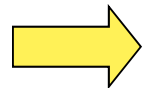
D) L'ARN de transfert, un des composants moléculaires de la traduction



Origine de l'ARN de transfert (ARNt)

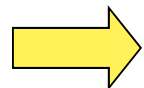
Produit par transcription de l'ADN.

Le brin d'ARN (environ 80 nucléotides de long) quitte le noyau et va dans le cytosol chez les cellules eucaryotes.



Une navette à acide aminé

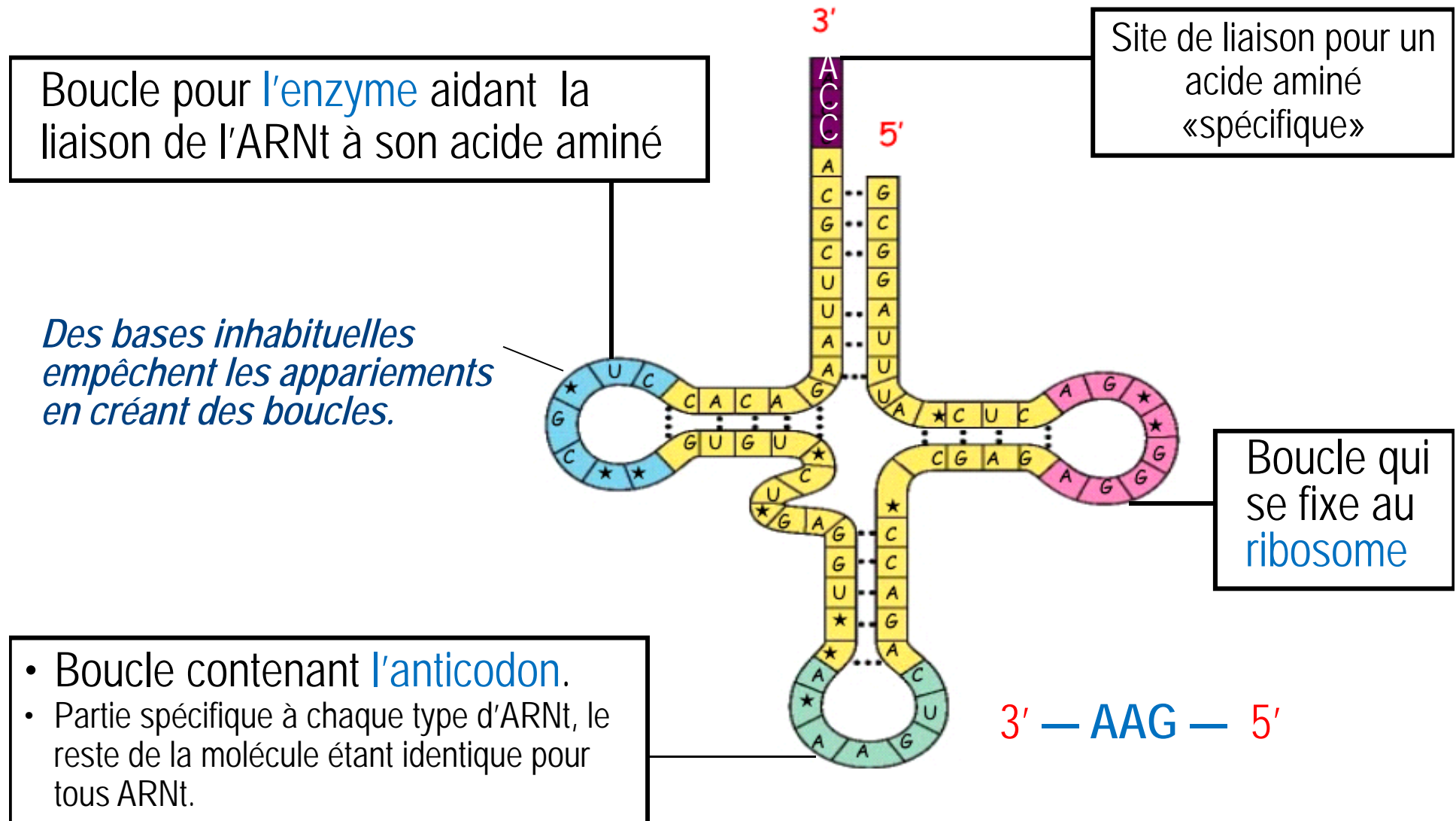
Se lie à l'acide aminé qui lui est spécifique puis l'apporte au ribosome. Redevenu libre, il retourne se lier à un autre acide aminé et le rapporte encore. Recommence plusieurs fois avant d'être dégradé.



Repliement de la molécule et forme

Le brin se replie à cause d'appariement entre certaines bases complémentaires via des liaisons hydrogène. Cela lui confère une forme tridimensionnelle : un «L» inversé.

→ La molécule possède trois boucles jouant chacune un rôle.
 En écrasant l'ARNt, la molécule prend la forme d'un trèfle. Les trois feuilles du trèfle (trois boucles) jouent des rôles importants.



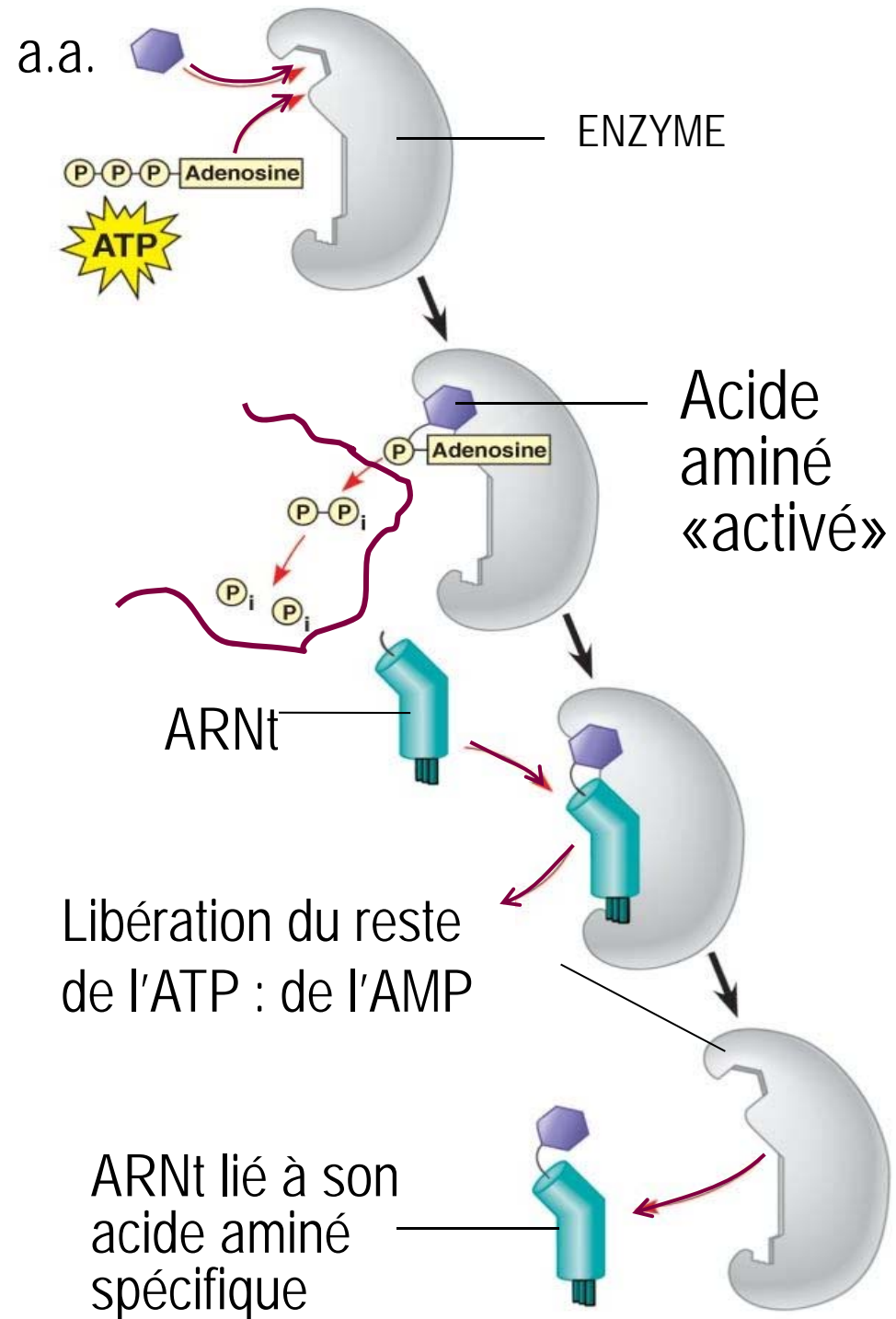
→ Deux rôles de l'ARNt

1. Se lier à son acide aminé spécifique (à son anticodon)

Avec l'aide de l'enzyme : aminoacyl-ARNt synthétase et l'énergie de l'ATP. Comme il existe 20 types d'acides aminés différents, il faut autant d'enzymes différents dans la cellule, soit un par acide aminé.

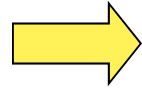
2. Porter cet acide aminé dans le ribosome

Via l'association de l'anticodon au codon approprié de l'ARN messager.



E) Les **ribosome**, l'organite où se produit la traduction

Structure du ribosome

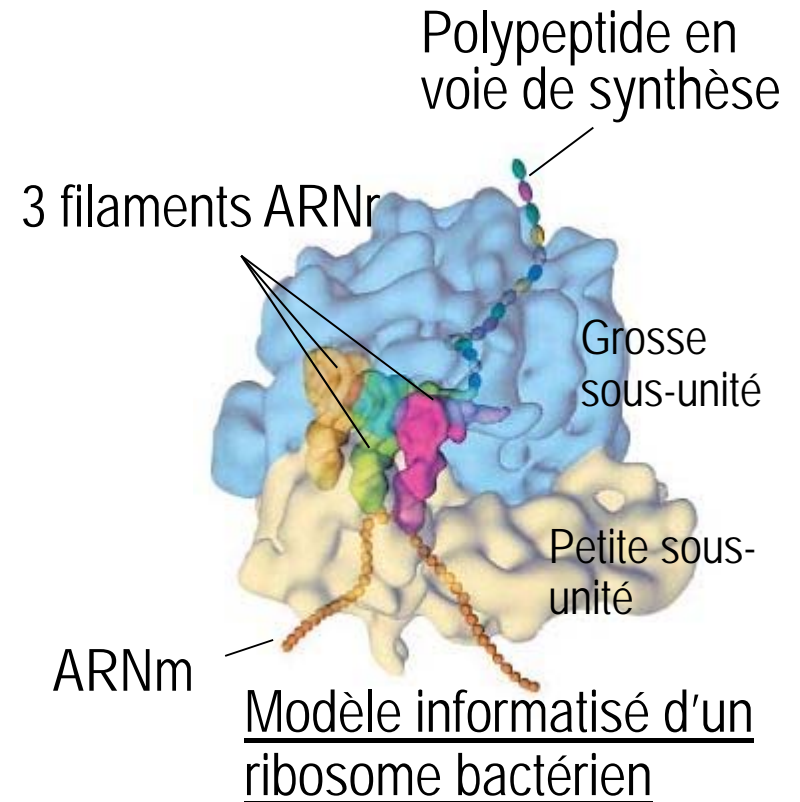


Formé de deux sous-unités — chacune contient des protéines et de l'ARN ribosomique (ARNr).

Le deux tiers du ribosome est constitué d'ARNr.

Ribosome procaryote 70S Plus petit	<u>Grosse sous-unité 50S</u> : 2 filaments ARNr et 31 protéines <u>Petite sous-unité 30S</u> : 1 filament ARNr et 21 protéines
Ribosome eucaryote 80S Plus gros	<u>Grosse sous-unité 60S</u> : 3 filaments ARNr et 50 protéines <u>Petite sous-unité 40S</u> : 1 filament ARNr et 33 protéines

S est une constante de sédimentation : elle reflète la masse des ARN r

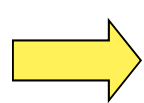


→ Origine des ARN ribosomiques (ARNr)

1. Produits par transcription de certains gènes de l'ADN (ADN de la chromatine mais aussi, ADN dans le nucléole).
2. Les transcrits subissent de la maturation.

→ Production des sous-unités des ribosomes et exportation vers le cytosol

1. L'assemblage des petits ARNr et des protéines (venues du cytosol) en sous-unités ribosomiques est fait par le nucléole.
2. Les sous-unités sont exportées, individuellement, vers le cytosol.
3. Se regroupent en ribosome fonctionnel lorsqu'ils se fixent à une molécule d'ARN messager.



La structure du ribosome reflète sa fonction qui est de rapprocher l'ARNm et les ARNt porteurs d'acides aminés

Le ribosome contient quatre sites de liaisons :

Grosse sous-unité

Site **P** (site peptidyl-ARNt) — retenue de l'ARNt lié au polypeptide

Site **A** (site aminoacyl-ARNt) — ajout de l'ARNt chargé d'un acide aminé

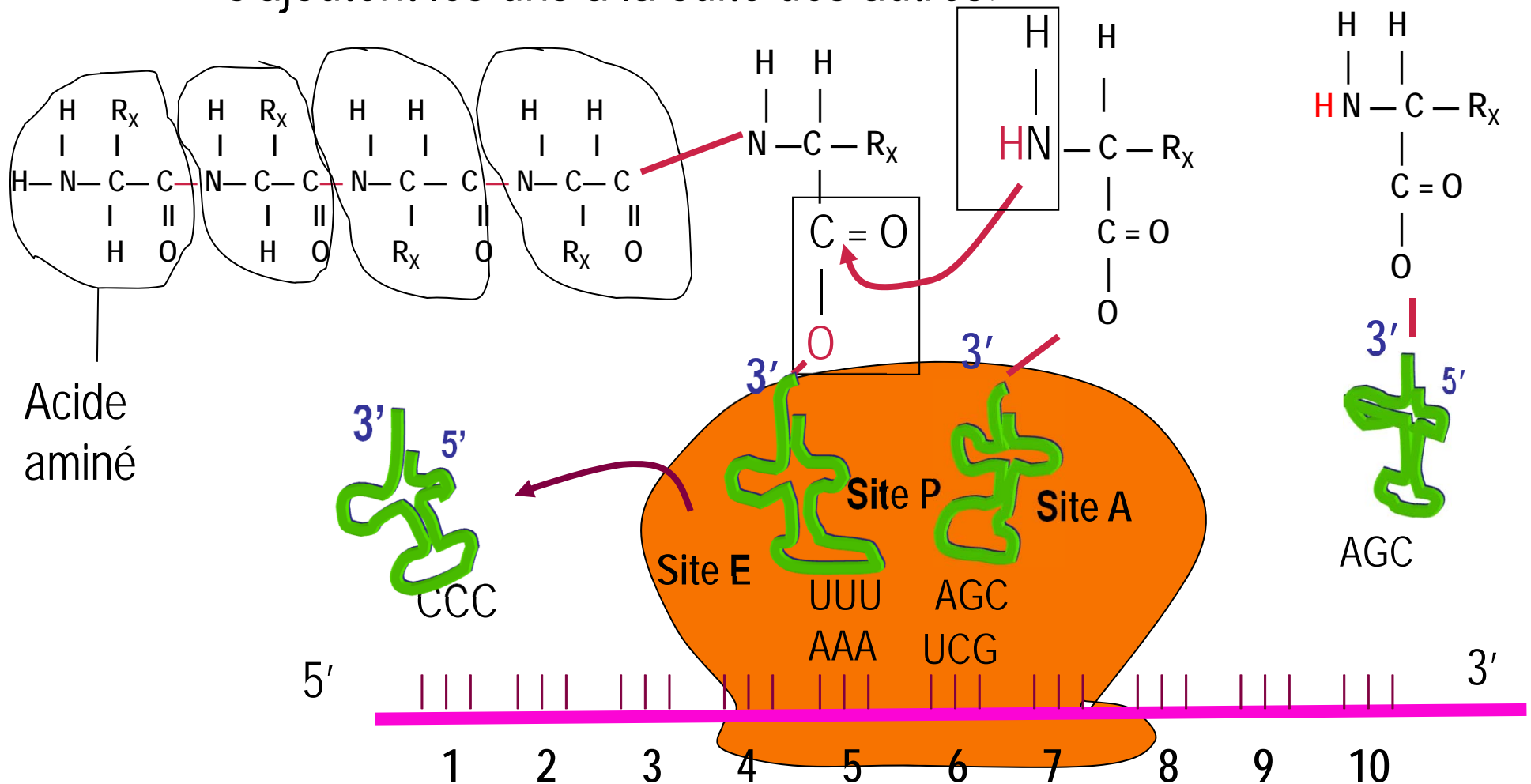
Site **E** (site de sortie) — sortie de l'ARNt « vidé » de sa charge

Petite sous-unité

Site pour l'ARNm ou « site **M** » — agrippe l'ARNm au tout début de la traduction

➔ Les rôles du ribosome

1. Rapproche l'ARNm et les ARNt.
2. Place le nouvel acide aminé «dans le bon sens» : le groupement amine près du carboxyle du polypeptide.
3. Catalyse la liaison peptidique entre les acides aminés qui s'ajoutent les uns à la suite des autres.



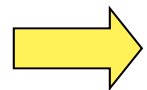
F) ___ Les trois étapes de la traduction

Transformation des codons de l'ARNm en une chaîne polypeptidique

Requiert de nombreux facteurs protéiques.

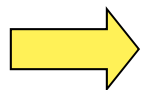
Consomme l'énergie de la GTP (guanosine triphosphate)

Requiert l'activité enzymatique des ARN ribosomiques.



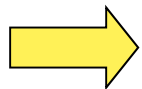
Initiation

Étape la plus longue et la plus **complexe**.



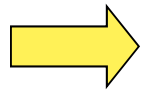
Élongation

Chaque cycle d'élongation **lit un codon et ajoute un acide aminé** à la chaîne polypeptidique.



Terminaison

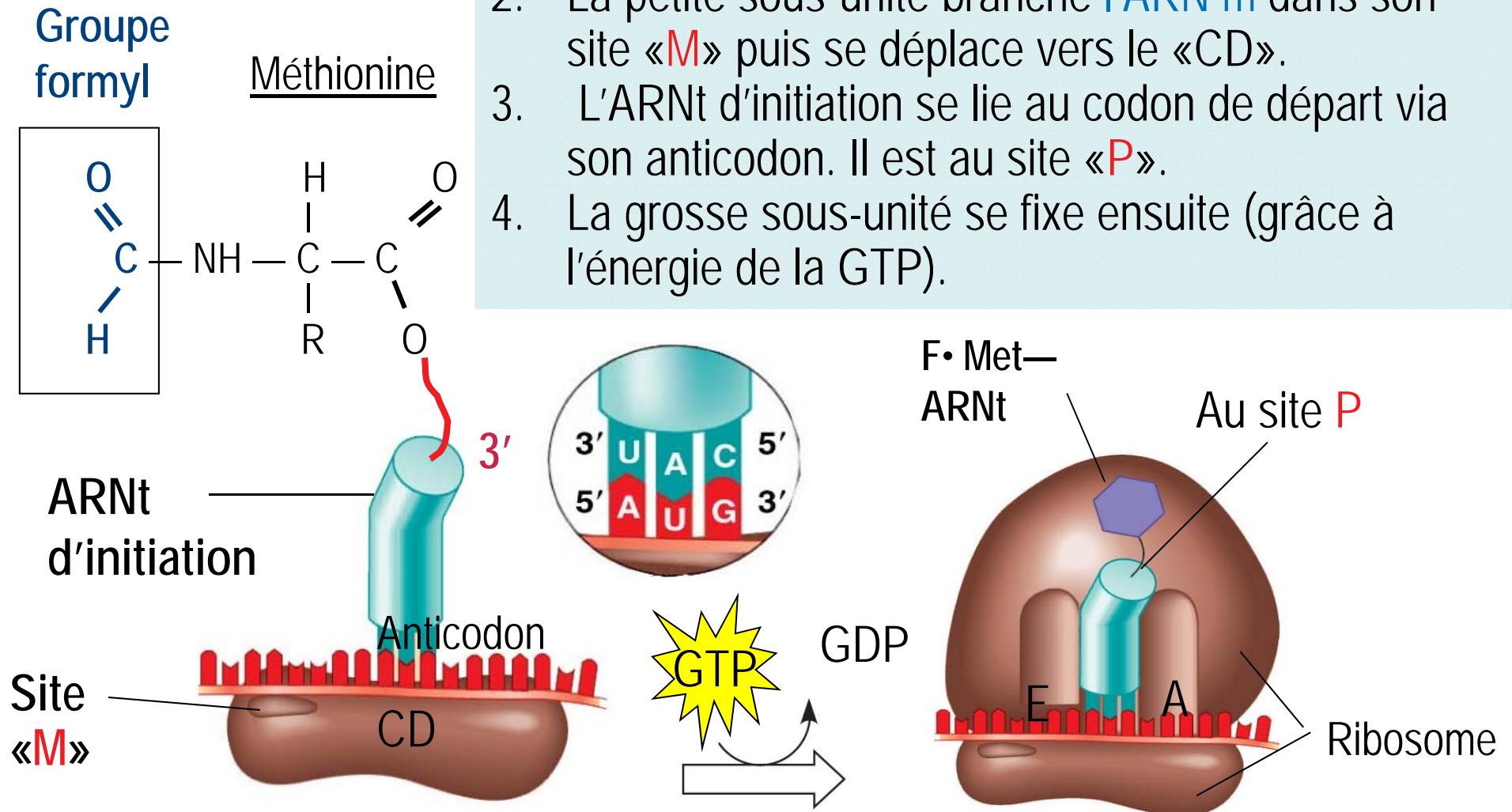
Libère tous les «**acteurs moléculaires de la traduction** ainsi que le **produit final** «le polypeptide».



INITIATION

Grosso modo :

1. L'ARNt d'initiation porteur de la méthionine «modifié par un groupement formyl» s'installe dans la petite sous-unité.
2. La petite sous-unité branche l'ARN m dans son site «**M**» puis se déplace vers le «CD».
3. L'ARNt d'initiation se lie au codon de départ via son anticodon. Il est au site «**P**».
4. La grosse sous-unité se fixe ensuite (grâce à l'énergie de la GTP).



ÉLONGATION

Durée : $\pm 0,1$ sec
Le ribosome et l'ARNm bougent dans le sens contraire.

Translocation

La chaîne•ARNt du site A passe au site P. Le site A est maintenant libre.

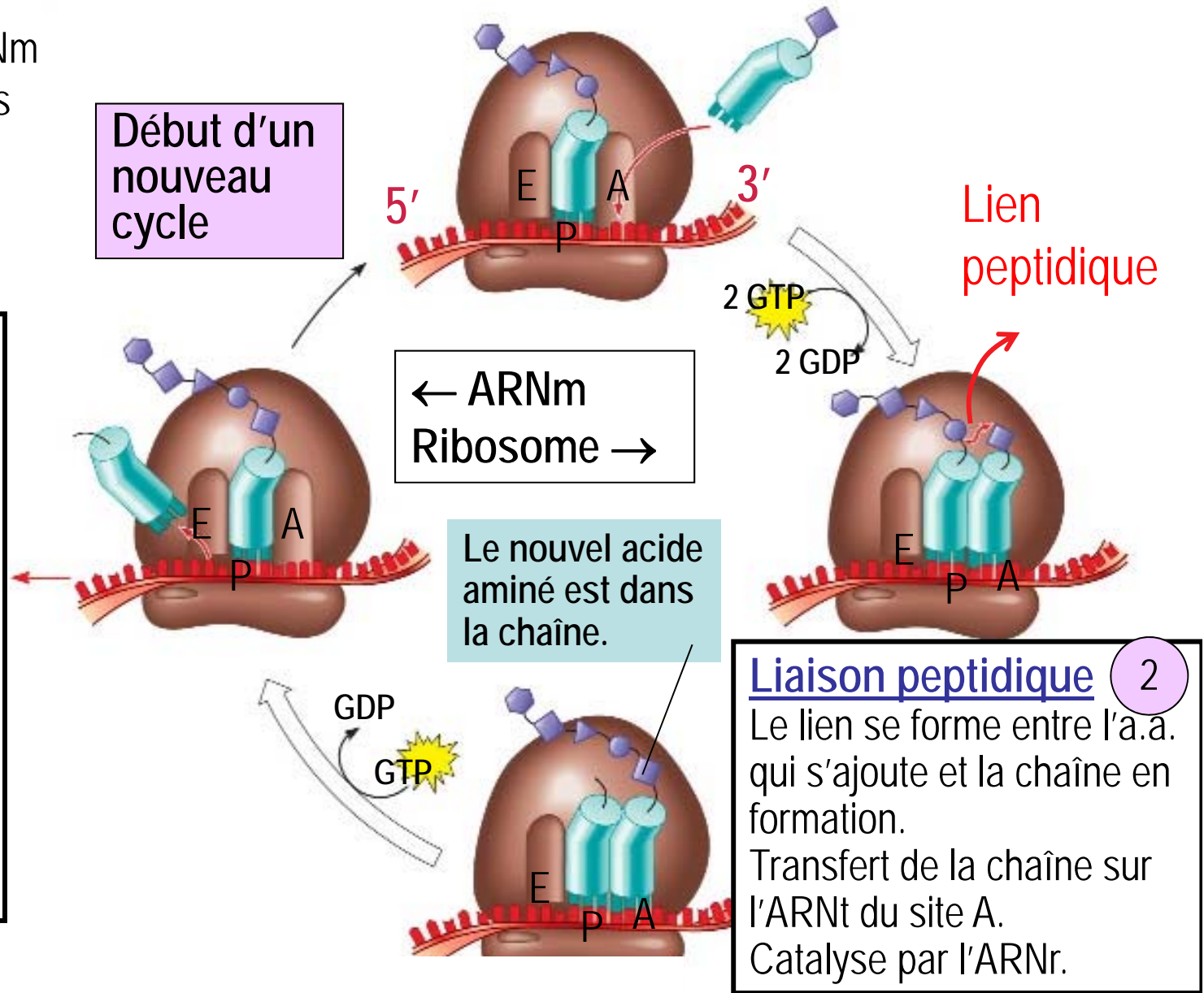
3

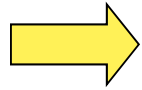
L'ARNt du site P, ayant fini son action, passe au site E puis se libère.

1

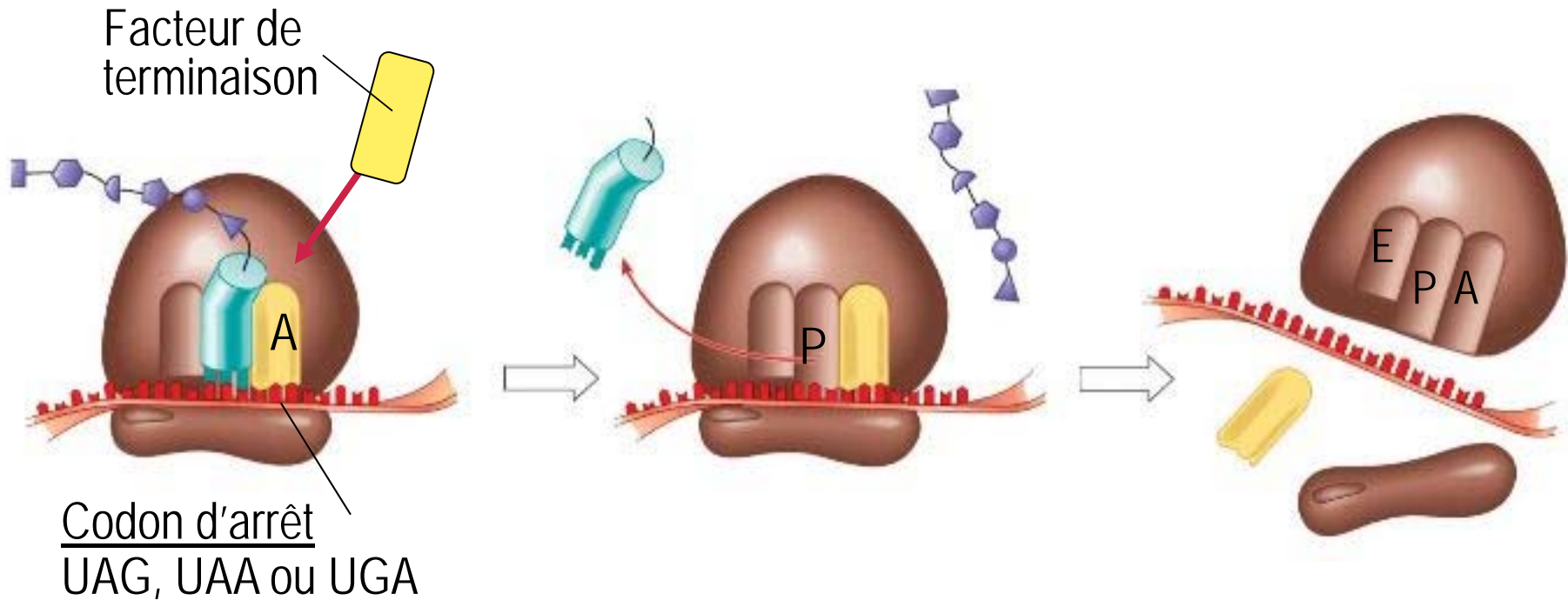
Reconnaissance d'un codon

Un aa•ARNt s'ajoute au site A.





TERMINAISON



Le ribosome lit le codon d'arrêt. ①
Une **protéine** de terminaison se lie au site A.

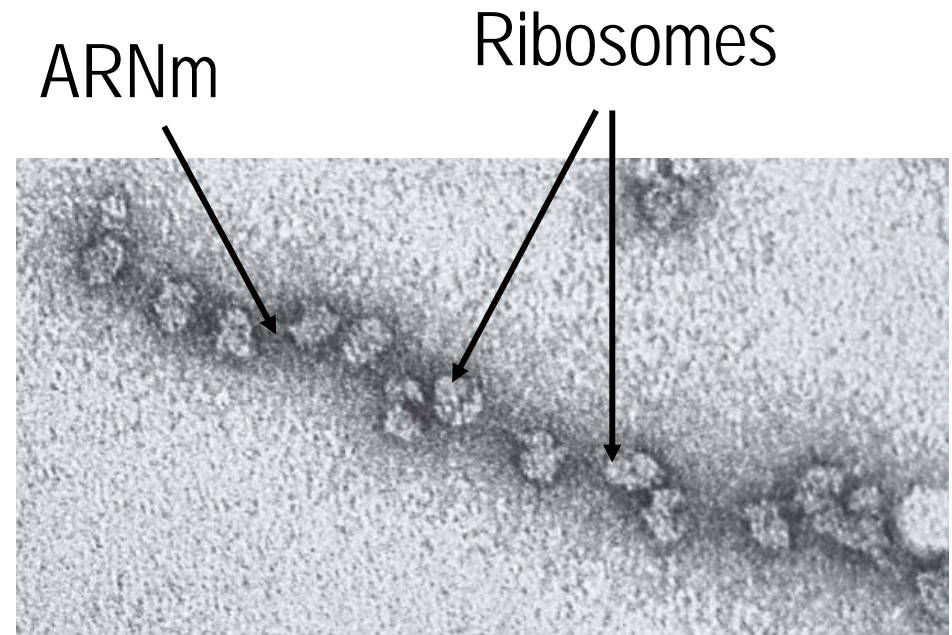
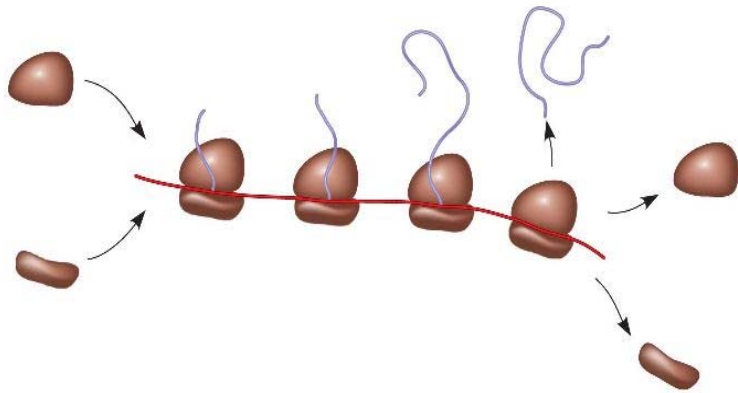
Le facteur de terminaison **hydrolyse** le lien qui relie le **polypeptide** à l'**ARNt**. ②
Le polypeptide se détache ainsi que le dernier **ARNt**.

Les sous-unités du ribosome et l'**ARNm** sont libérés. ③

13. Précisions quant à la synthèse protéique

- ➔ Les 3 types d'ARN sont des outils qui servent plusieurs fois avant d'être dégradés.
- ➔ Les ARNt et les ribosomes sont semblables chez tous les eucaryotes.
- ➔ Les ARNm diffèrent entre les espèces car ils sont issus de gènes différents. Ils permettent la production des protéines spécifiques à chaque espèce.
- ➔ Une molécule d'ARNm se fait généralement traduire par plusieurs ribosomes simultanément. Le brin d'ARNm lu par plusieurs ribosomes prend le nom de «polyribosome» ou «polysome».

Un polyribosome

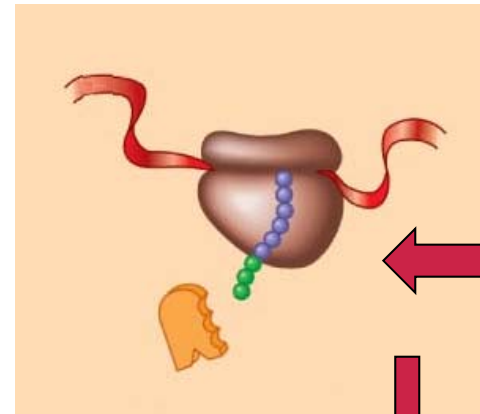
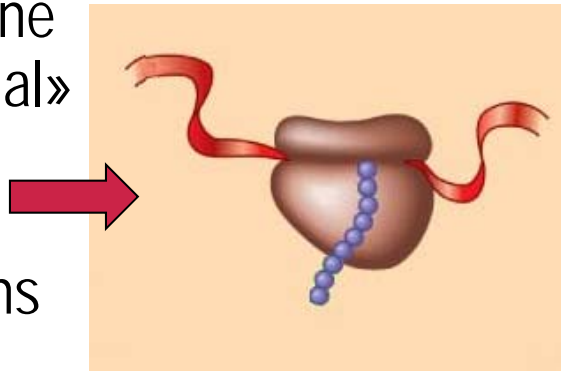


MET d'un polyribosome

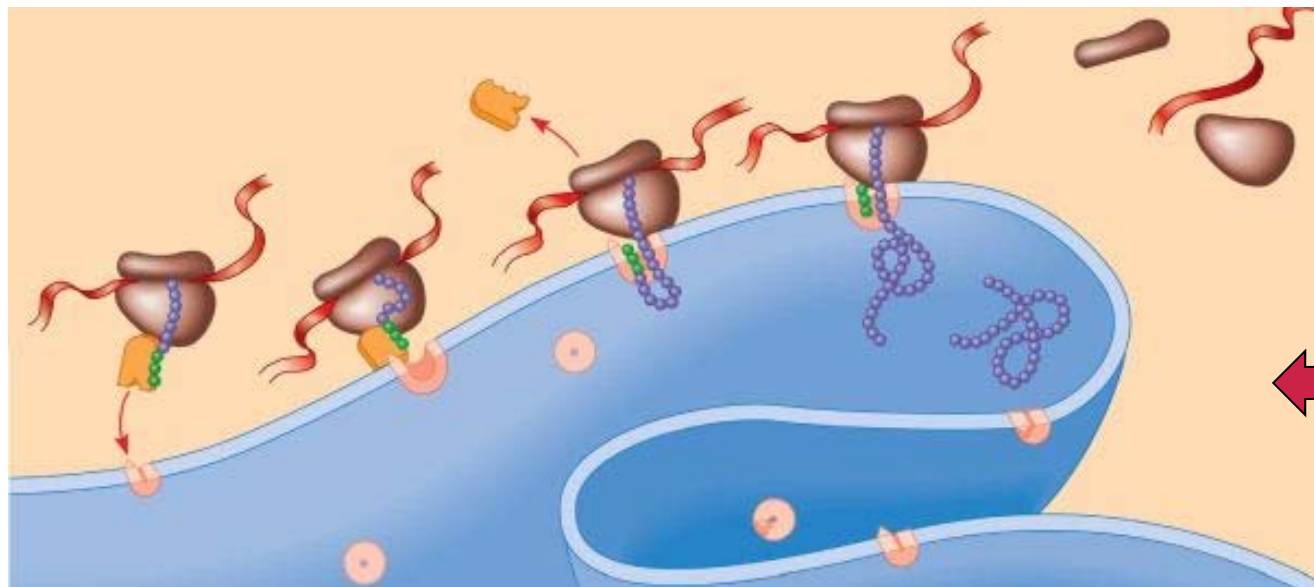
La présence de polysomes dans une cellule signe une intense activité. De nombreuses copies d'un même type de polypeptide apparaît rapidement.

→ La synthèse de tout polypeptide débute dans un ribosome libre du cytosol mais la fin du processus dépend de la présence ou de l'absence d'une séquence «signal».

En absence d'une séquence «signal» la synthèse se produit entièrement dans le cytosol.



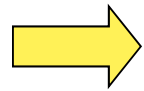
En présence d'une séquence «signal»



1. La synthèse s'interrompt.
2. Le ribosome va se lier aux membranes externes du REG ou du noyau.
3. La synthèse reprend.

➔ Les protéines sécrétées par les deux populations de **ribosomes** ont une destinée différente.

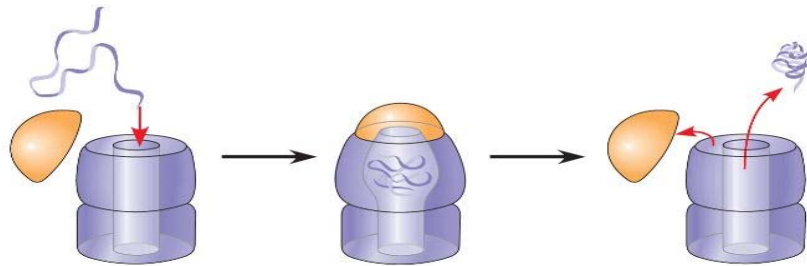
Protéines fabriquées par les ribosomes libres	Fabriquent des protéines qui se dissolvent dans le cytosol où elles remplissent leurs fonctions ou se dirigent vers les organites qui ne font pas partie du réseau intracellulaire de membranes : peroxysomes, chloroplastes et mitochondries.
Protéines fabriquées par les ribosomes «liés»	Synthétisent les protéines du réseau intracellulaire de membranes : enveloppe nucléaire, RE, AG, lysosomes, vacuoles et membrane plasmique ainsi que celles qui doivent être sécrétées en dehors de la cellule.



Les modifications post-traductionnelles

Les polypeptides «frais» doivent subir des transformations pour devenir véritablement fonctionnels.

- 1) **Les polypeptides se replient «spontanément» et adoptent leur conformation native.** Ils ont tout de même besoin d'un chaperon moléculaire pour bien prendre forme.



Entrée du polypeptide
dans la chaperonine.

Sortie du polypeptide
avec la forme convenable