

A microscopic image of a cell, likely a yeast or similar microorganism, showing internal structures. The cell is illuminated with a blue light, and several bright, glowing blue spots are visible, possibly representing specific organelles or protein synthesis sites. The background is dark, making the glowing structures stand out.

# LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

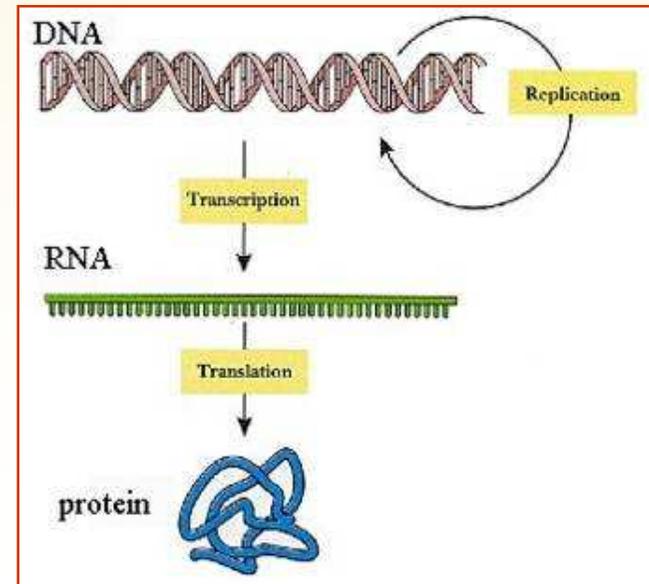
# La transcription

**Information** : dans le noyau (sous forme d'ADN)

**Synthèse des protéines** : dans le cytoplasme (au niveau des ribosomes du reticulum endoplasmique)

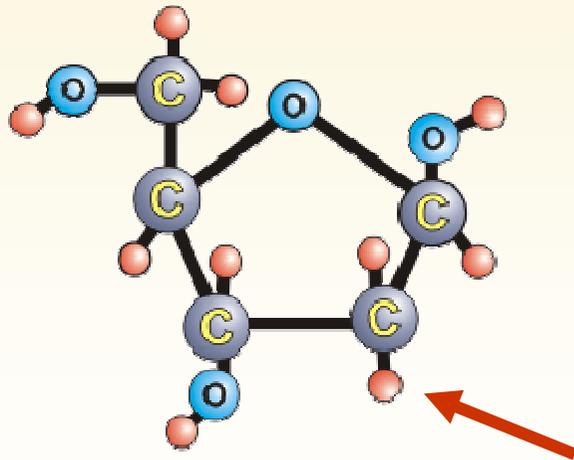
L'ADN ne sort pas du noyau. L'information passe au cytoplasme sous forme d'une copie : **l'ARN**.

**ARN** = **A**cide **R**ibo**N**ucléique

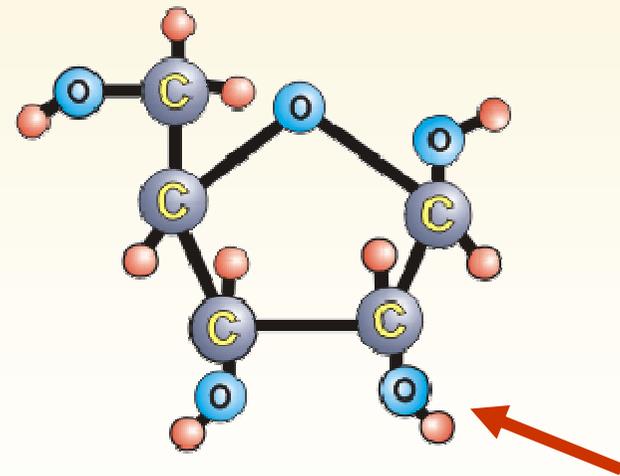


## ARN diffère de l'ADN:

Sucre des nucléotides = **ribose** et non désoxyribose comme dans l'ADN d'où le nom ARN, acide **ribonucléique**.

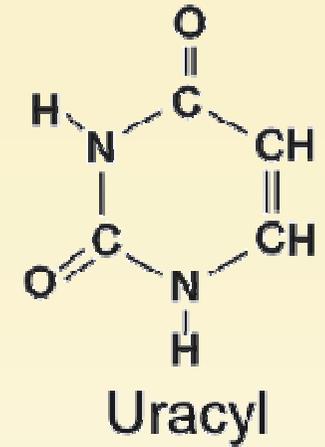
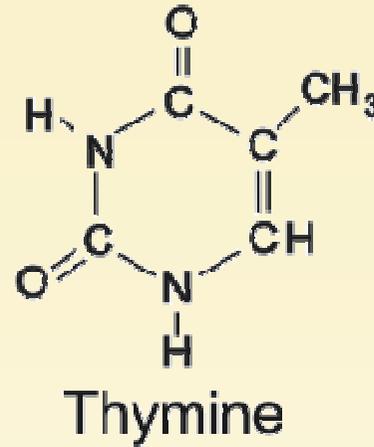


Désoxyribose

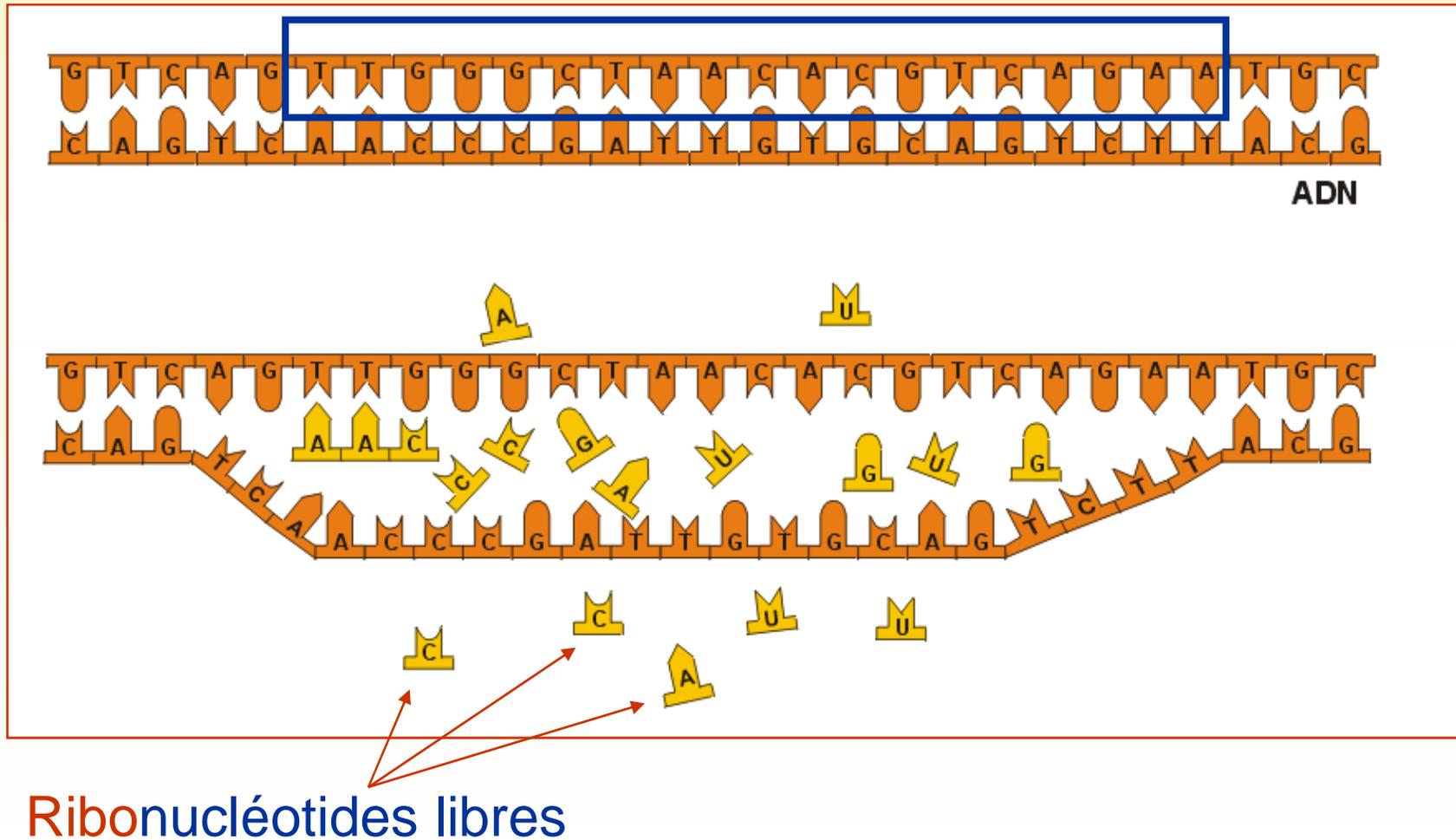


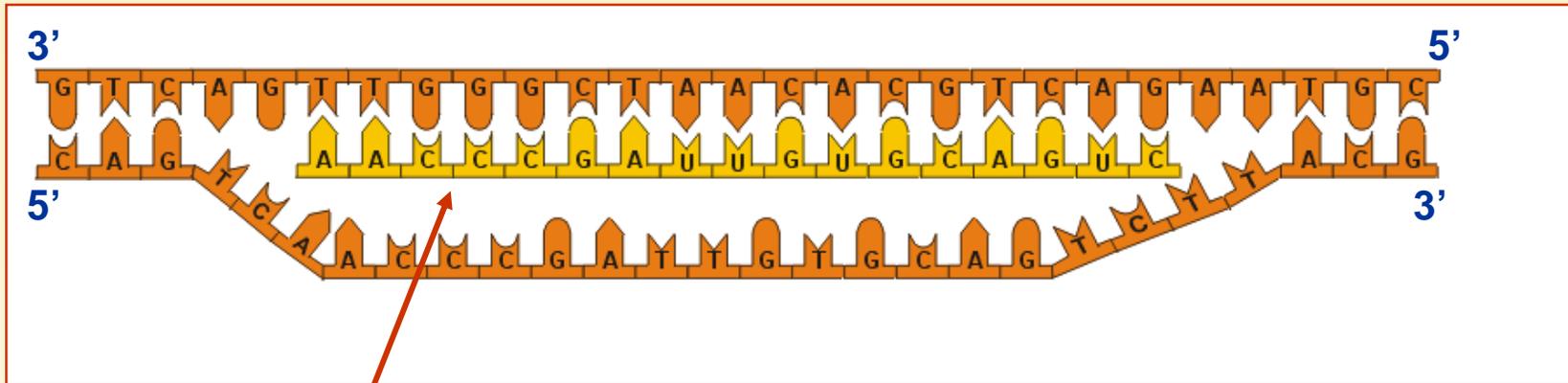
Ribose

- La base azotée thymine (T) remplacée par **Uracyl** (U) (U peut s'apparier à A)
- Une seule chaîne de nucléotides
- Molécules plus courtes et plus instables que l'ADN

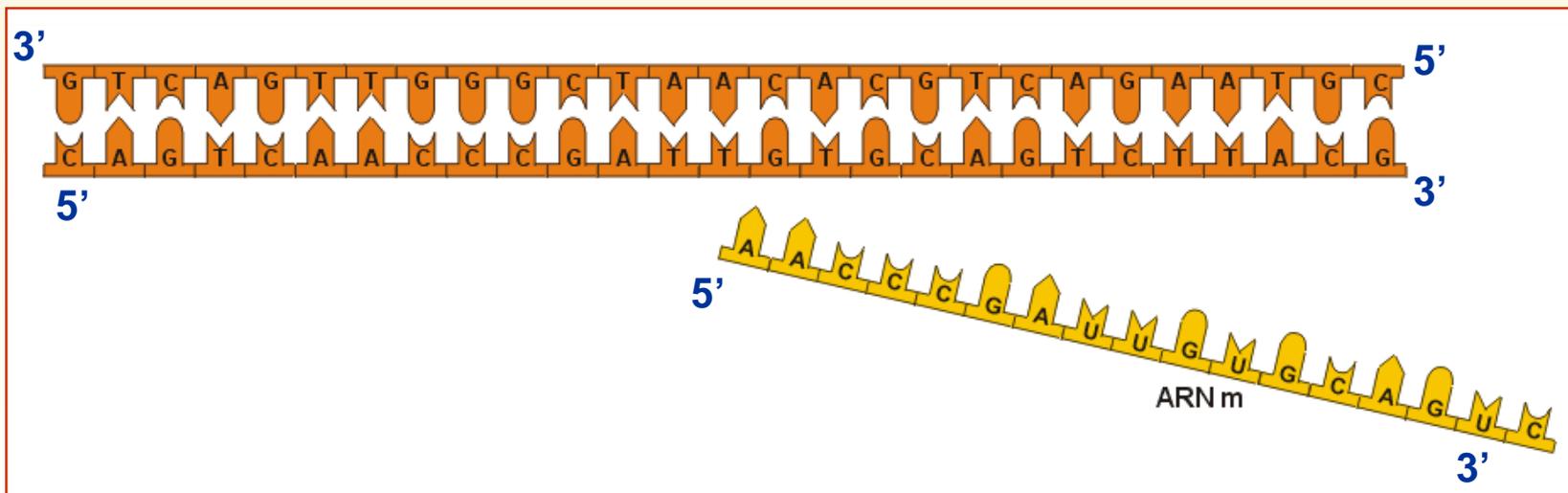


Première étape de la synthèse d'une protéine = copie du gène (ADN) en une molécule d'ARN = **transcription**



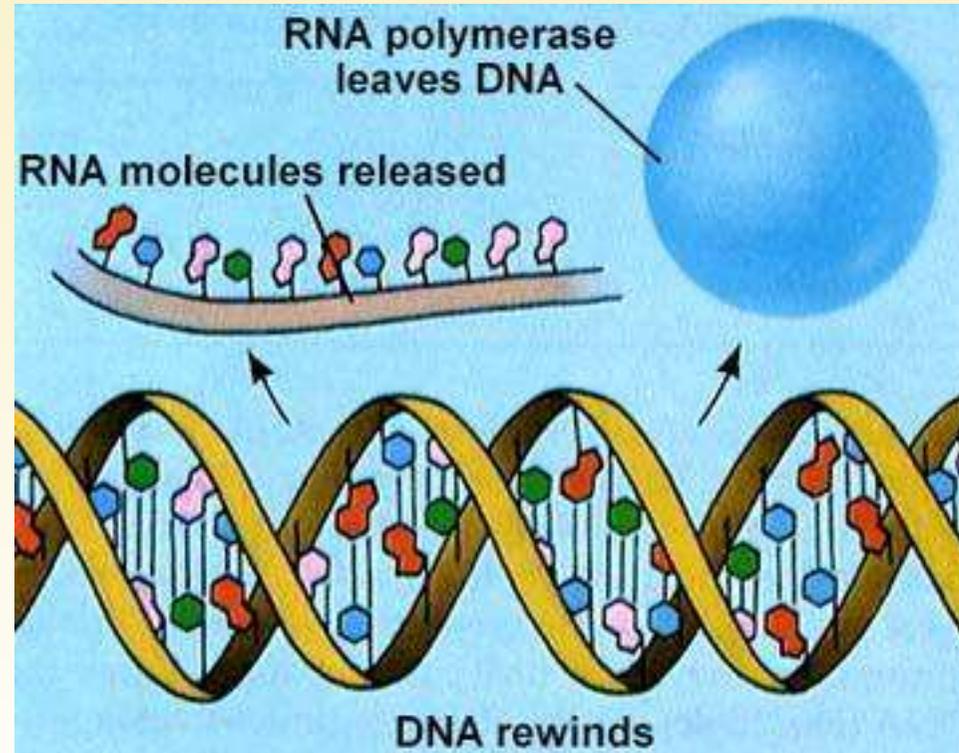
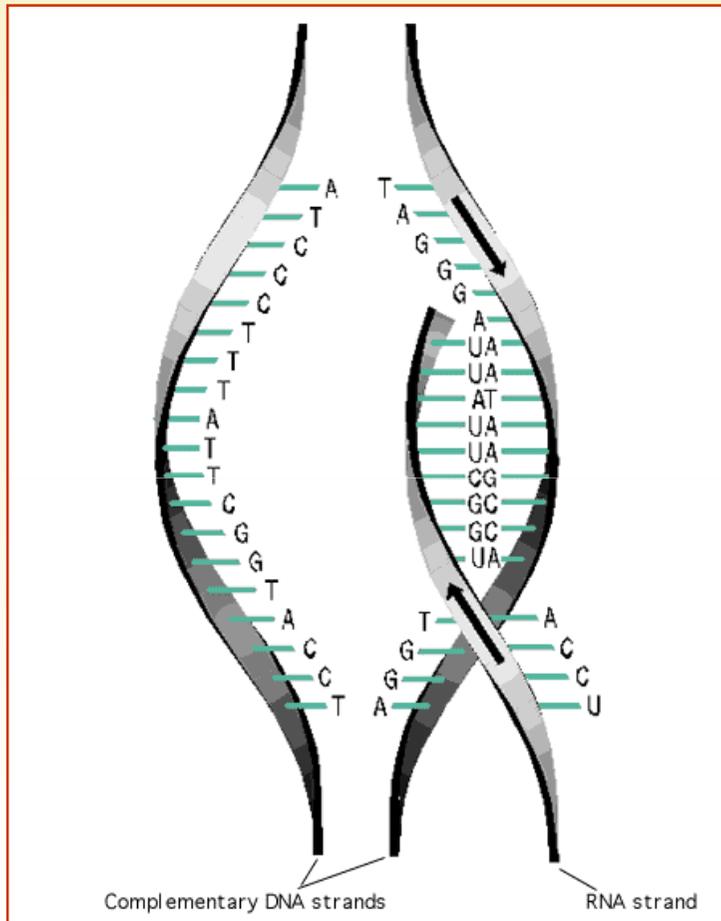


Copie du gène en ARN = **ARNm** (*ARN messenger*)



L'ARNm se détache et la molécule d'ADN se referme

# Synthèse de l'ARNm se fait par l'enzyme **ARN polymérase**

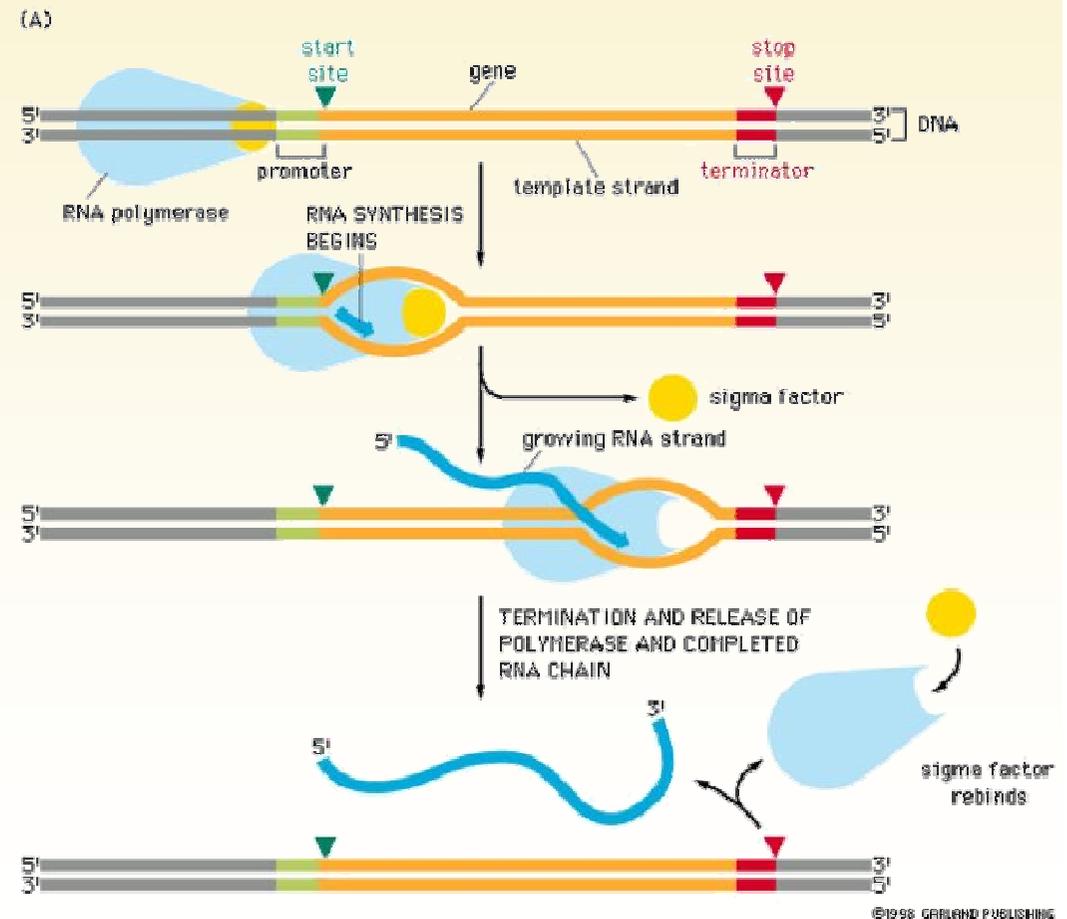


ARN polymérase se fixe à l'ADN au niveau d'une courte séquence d'ADN placée juste avant le début du gène

= **promoteur**

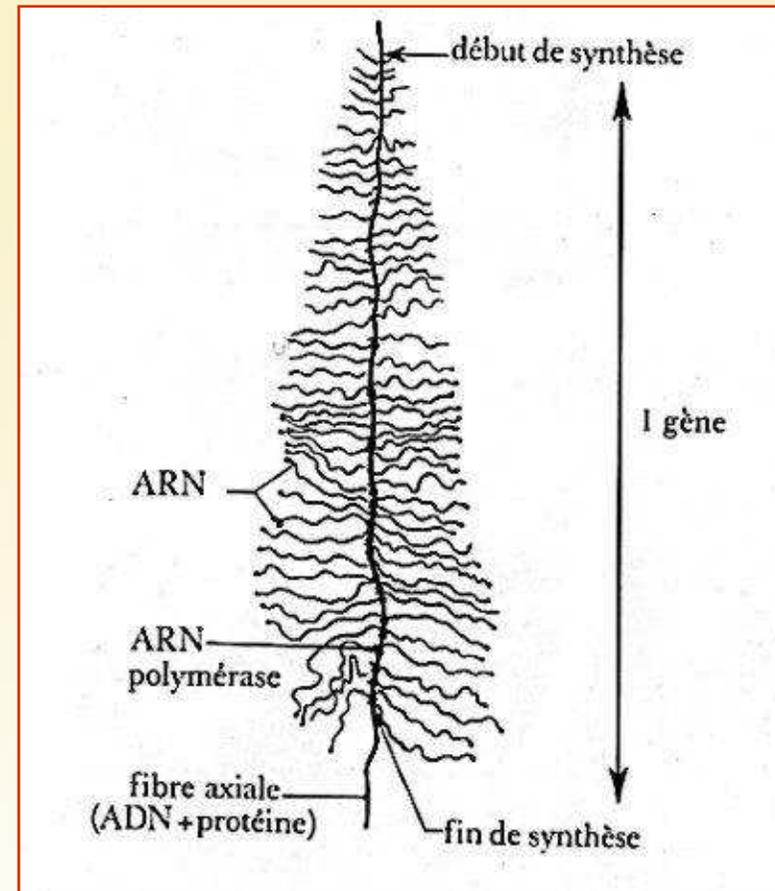
Le promoteur indique:

- Le début du gène à transcrire en ARNm (où l'ARN polymérase doit se fixer sur l'ADN)
- Quel brin d'ADN doit être transcrit



Plusieurs ARN polymérases peuvent « *travailler* » en même temps, les unes derrière les autres, sur le même brin d'ADN.

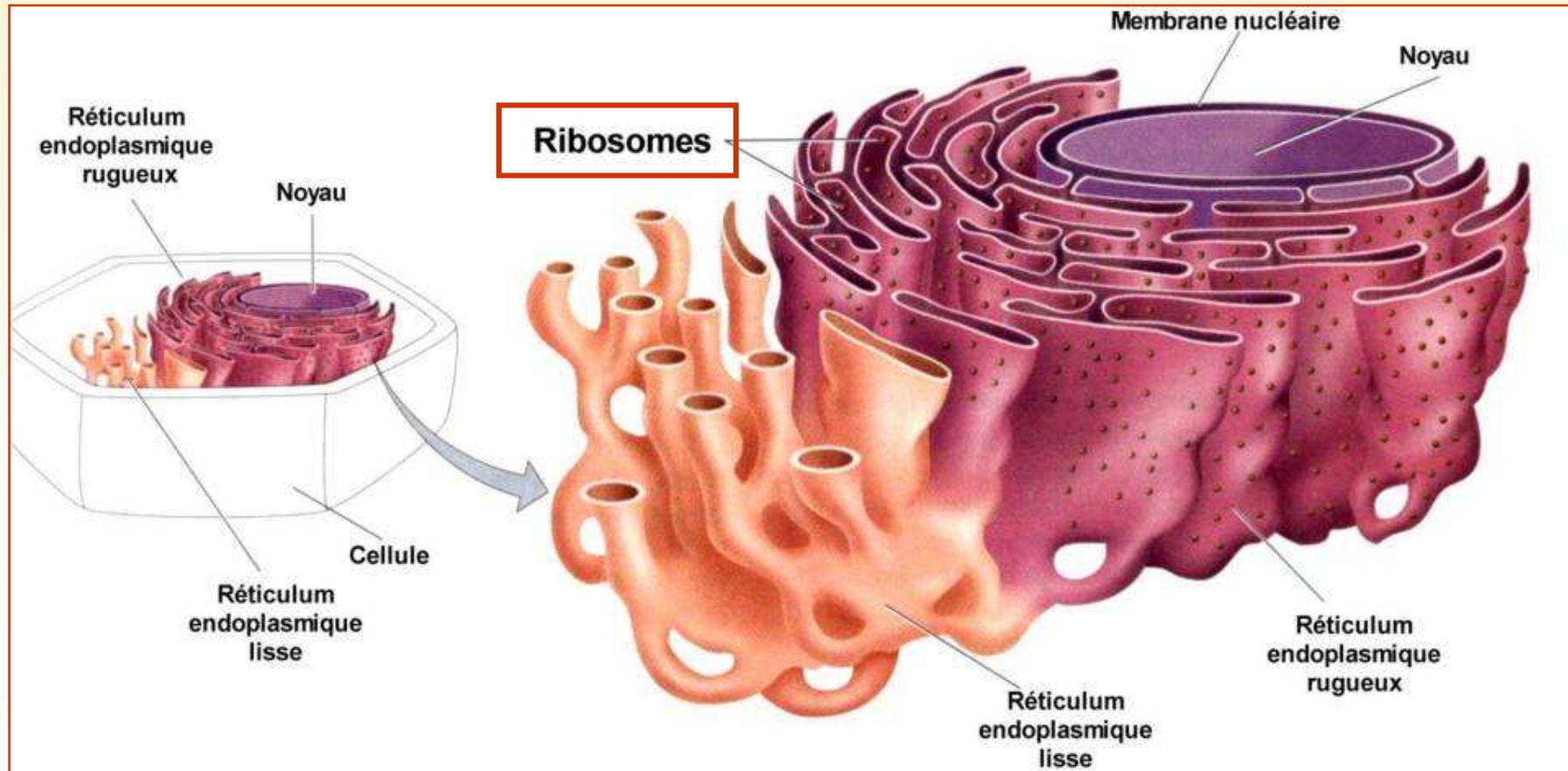
Il peut donc se former plusieurs copies d'ARN en même temps



Pouvez-vous expliquer ce qu'on voit sur cette illustration?

## La traduction

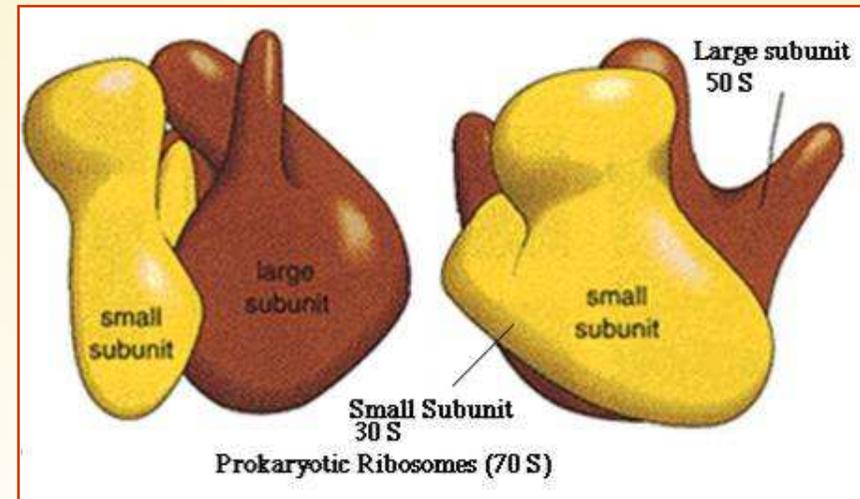
La synthèse de la protéine (assemblage des acides aminés) se fait au niveau des **ribosomes**



## Les ribosomes

Plus petites structures cellulaires : visibles au microscope électronique seulement.

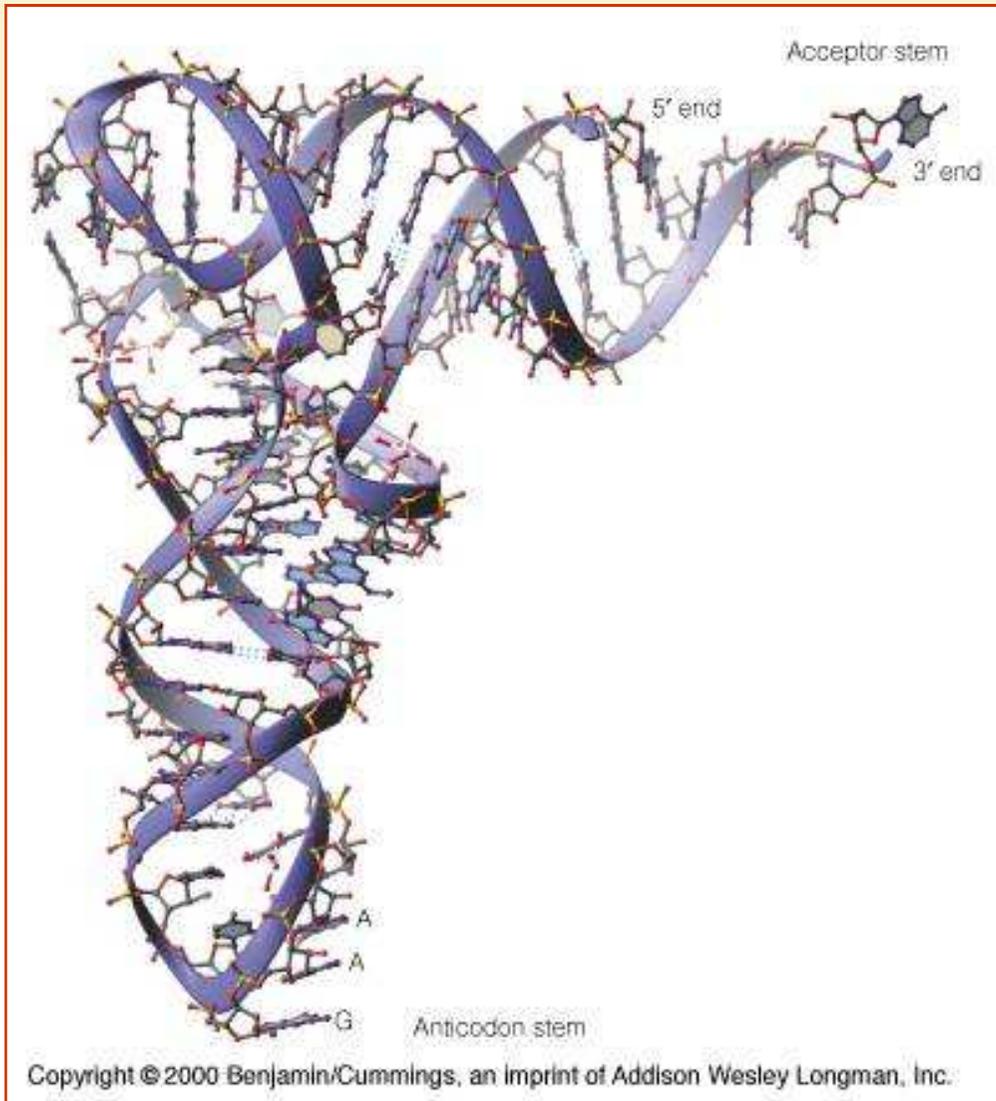
Formés de deux sous-unités: une petite et une grande



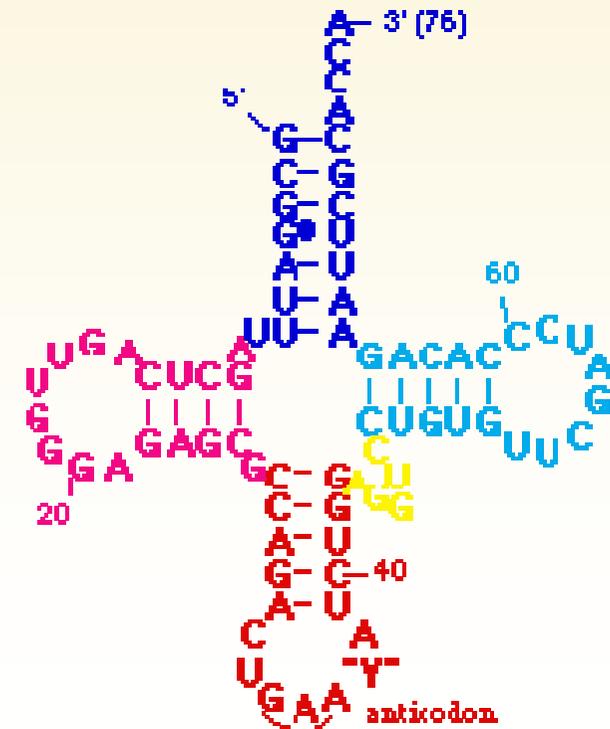
Pour synthétiser la protéine, il faut:

- ARNm = information (la recette)
- Ribosome = machine à assembler les acides aminés
- Acides aminés = pièces de construction
- **ARNt (ARN de transfert)** = molécules qui transportent les acides aminés du cytoplasme au ribosome où ils sont assemblés en protéine.

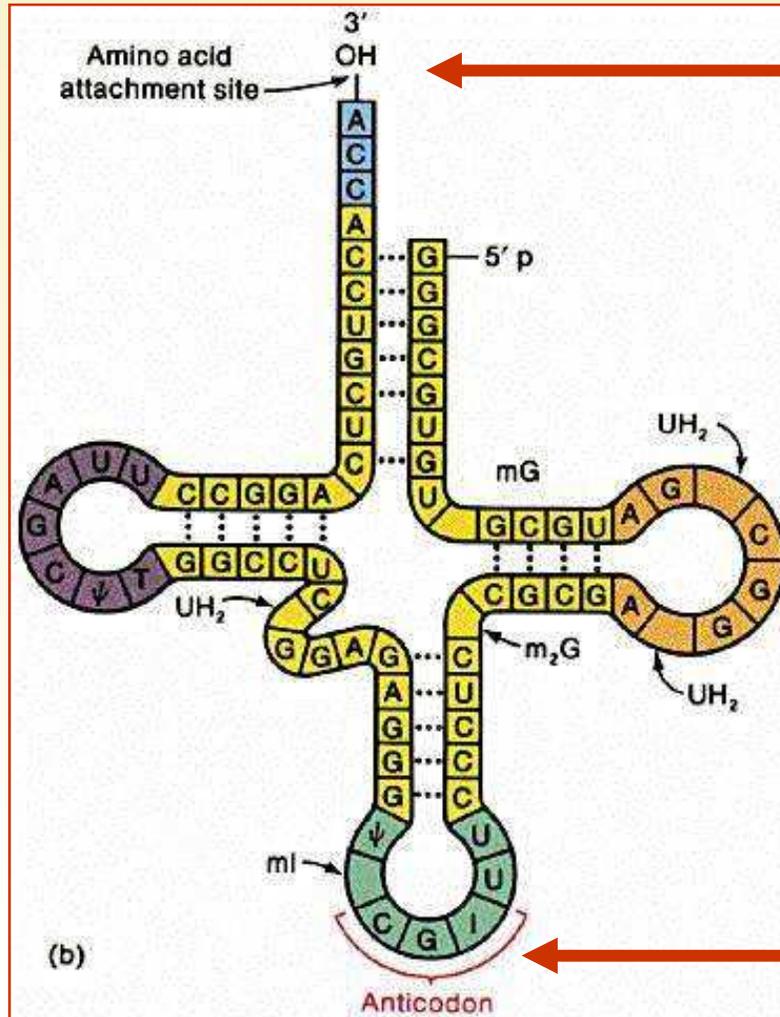
# L'ARN de transfert (ARNt)



ARNt = brin d'ARN qui se replie sur lui-même pour former une structure en 3D



## Deux zones importantes sur l'ARNt :



Extrémité 3' (se termine par CCA) : peut se lier à un acide aminé

Anticodon = zone formée de trois nucléotides pouvant se lier à l'ARNm

Chaque ARNt est caractérisé par son anticodon.

Un ARNt ne transporte pas n'importe quel acide aminé: ça dépend de l'anticodon

Ex.

ARNt AAA transporte toujours l'acide aminé PHE

ARNt GAU transporte toujours l'acide aminé LEU

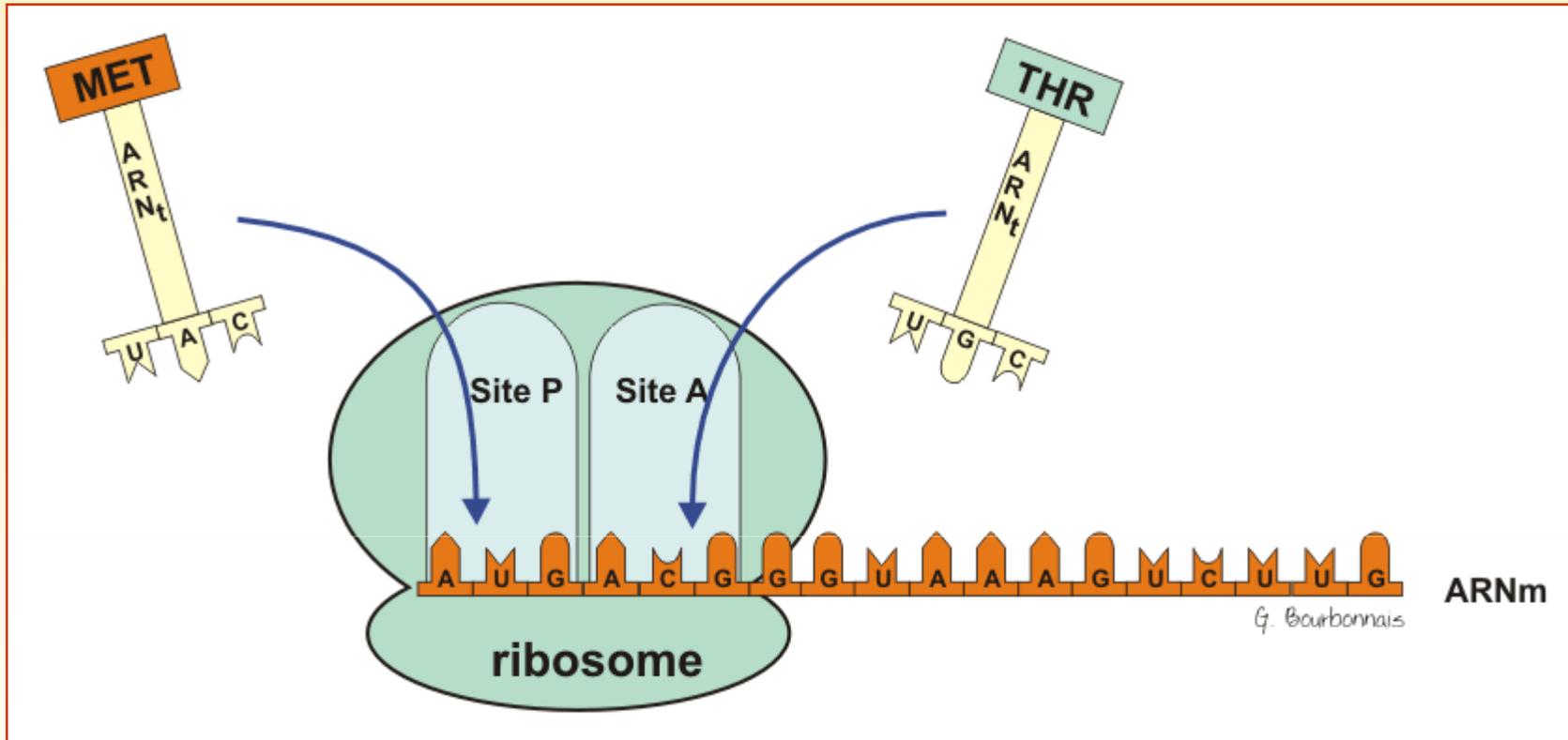
L'acide aminé est attaché au bon ARNt par l'enzyme *aminoacyl-ARNt synthétase*

N.B.

- Un gène peut coder pour la synthèse d'une **protéine**
- Un gène peut coder pour la synthèse d'un **ARNt** (ces gènes existent en des milliers de copies dans le génome)

DONC, gène = brin d'ADN qui est copié en ARN

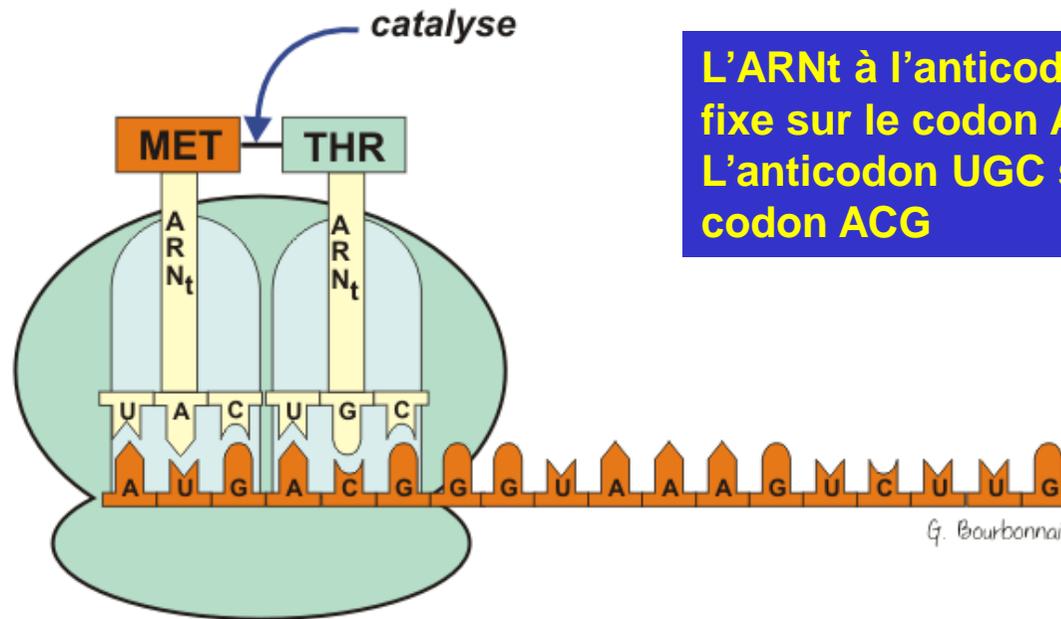
# Mécanisme de la traduction



Le brin d'ARNm s'attache au ribosome.  
En fait, il s'attache d'abord à la petite unité. C'est à ce moment que la grosse unité vient se fixer. Donc, les deux unités ne s'assemblent que lorsque l'ARNm se fixe à la petite unité.

Deux ARNt peuvent se fixer par leur anticodon sur l'ARNm au niveau du ribosome (un sur la zone appelée site P et l'autre sur la zone appelée site A).

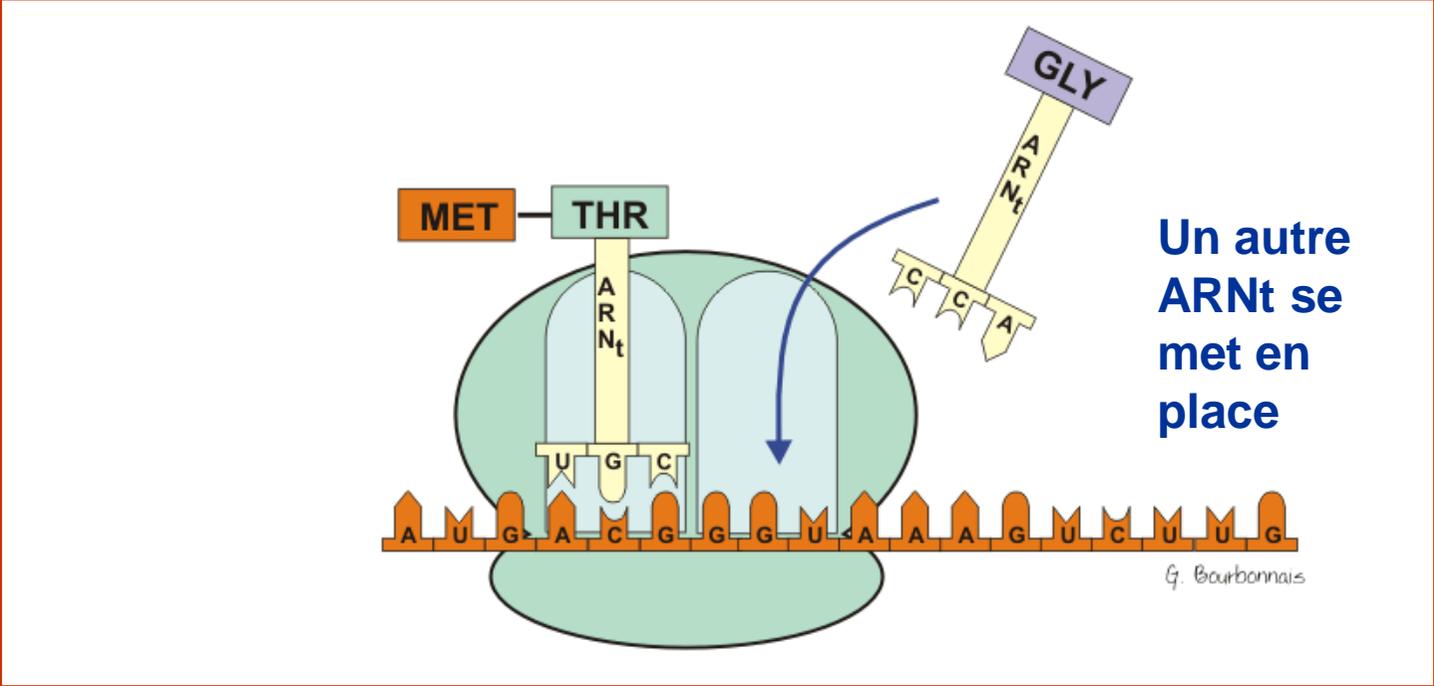
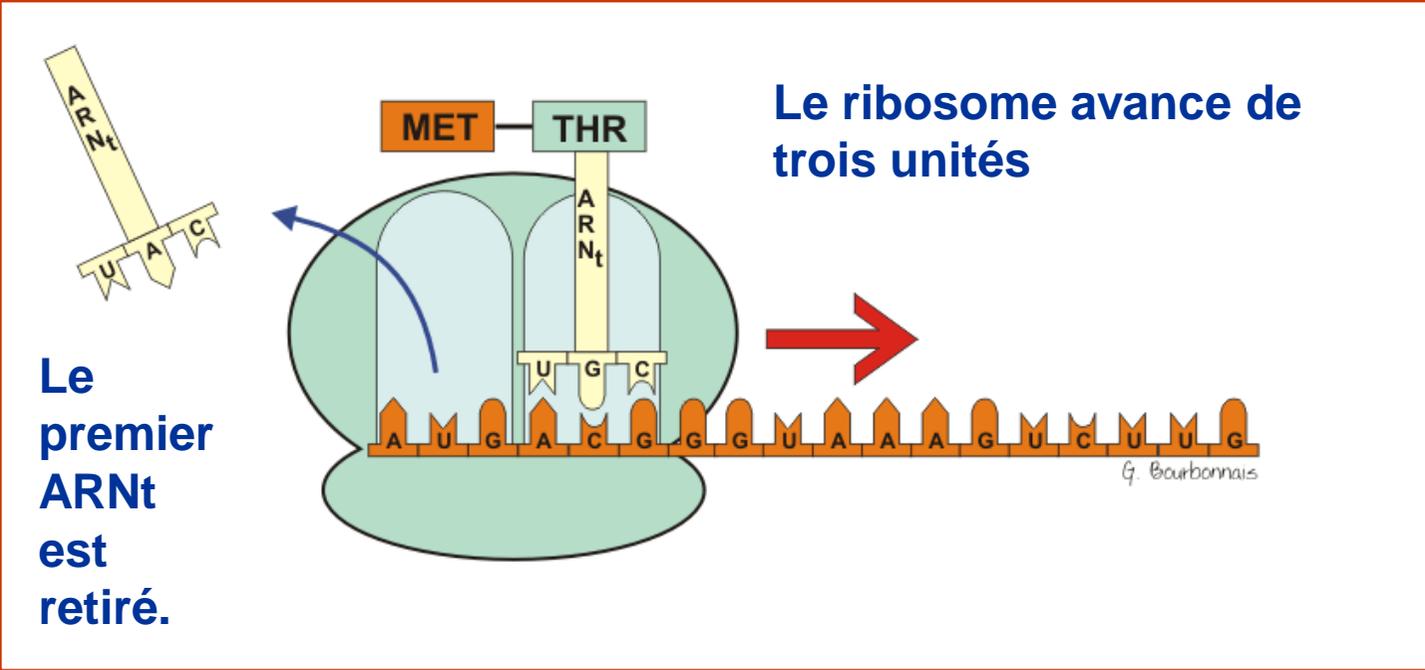
Liaison codon-anticodon de deux ARNt (il y a deux sites de liaison sur le ribosome).

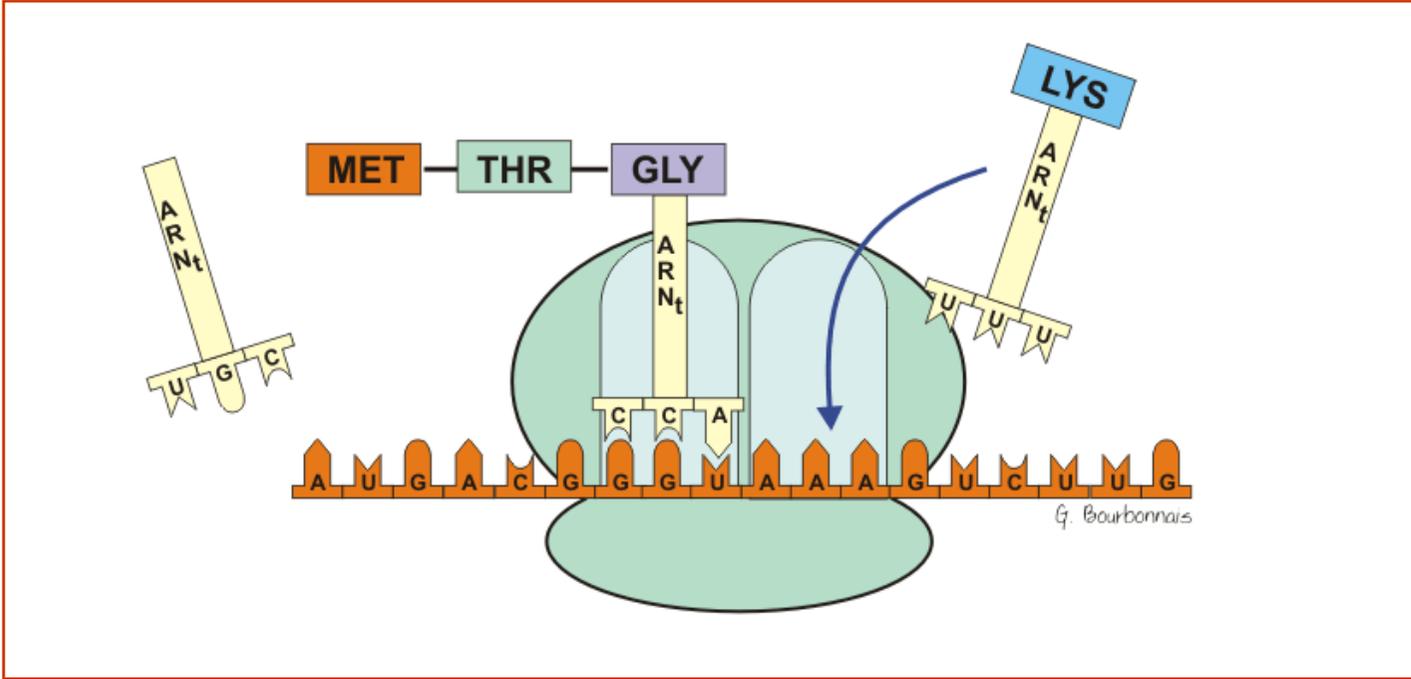
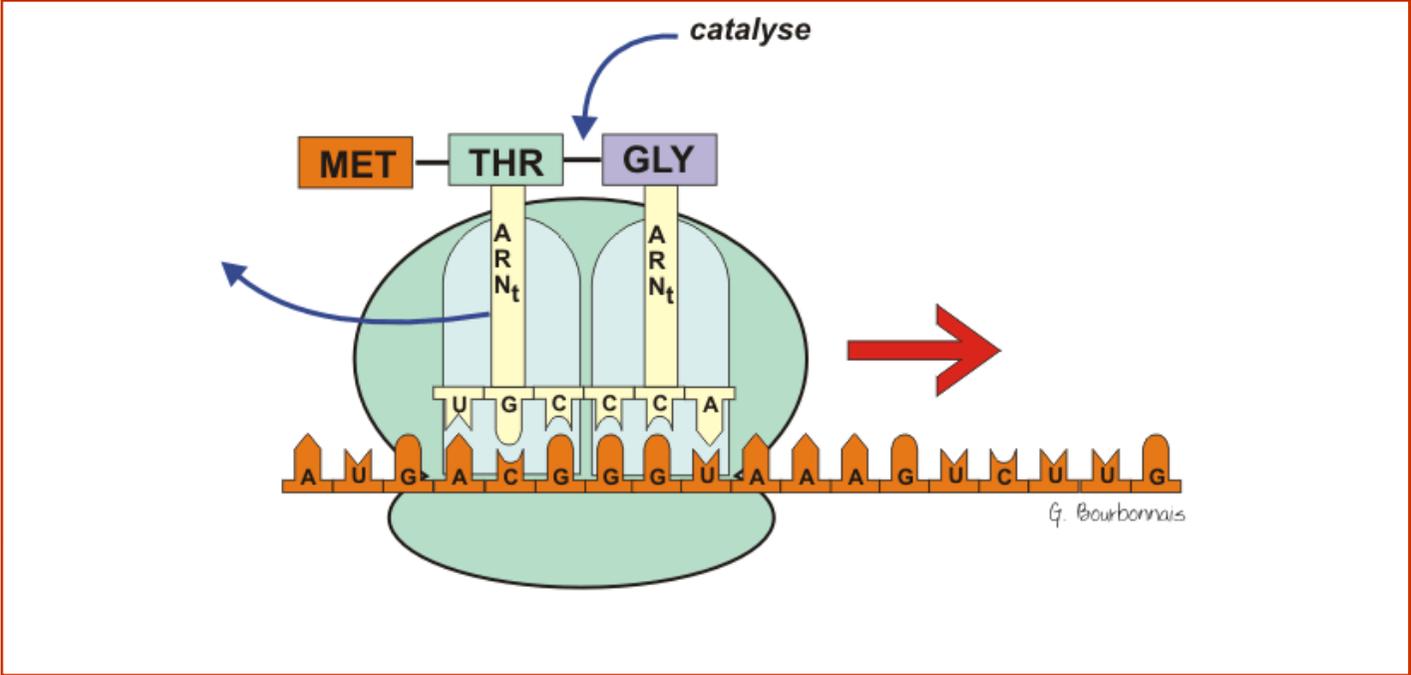


L'ARNt à l'anticodon UAC se fixe sur le codon AUG.  
L'anticodon UGC se fixe sur le codon ACG

Chaque ARNt se fixe **par son anticodon** sur trois nucléotides de l'ARNm. Ces trois nucléotides de l'ARNm constituent ce qu'on appelle un **codon**.

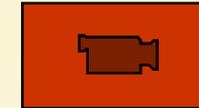
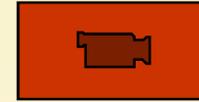
Après leur fixation, les acides aminés qu'ils transportent sont reliés entre eux (le catalyseur est constitué d'une partie de l'ARN du ribosome et non d'une enzyme protéique).





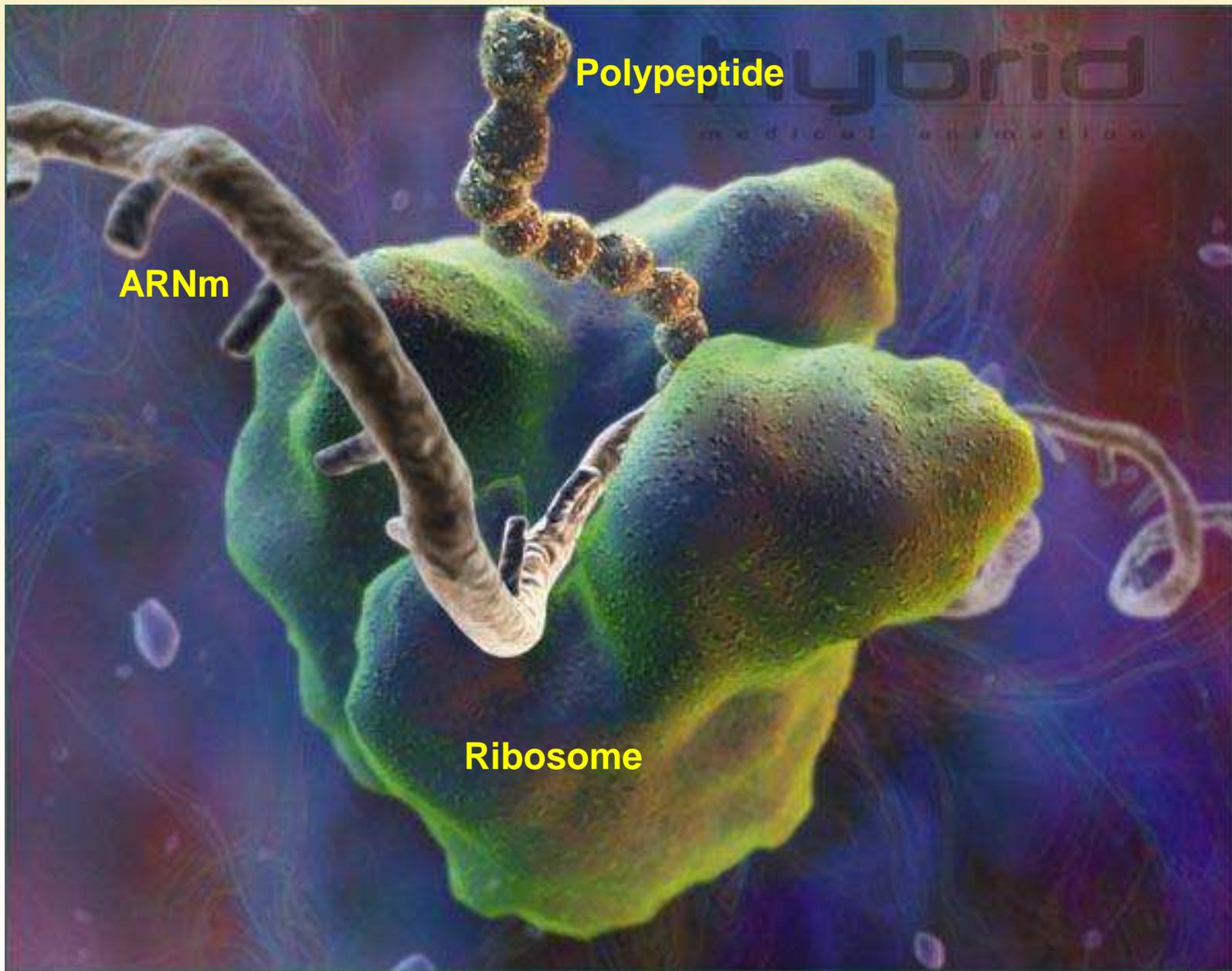
Vitesse de la synthèse:

- Chez E. coli ~ 5 AA / s
- Chez eucaryotes ~ 16 AA / s



Tous les ARNm se terminent par le **codon** (triplet de bases) **UAA**, **UAG** ou **UGA** = **codons STOP**.

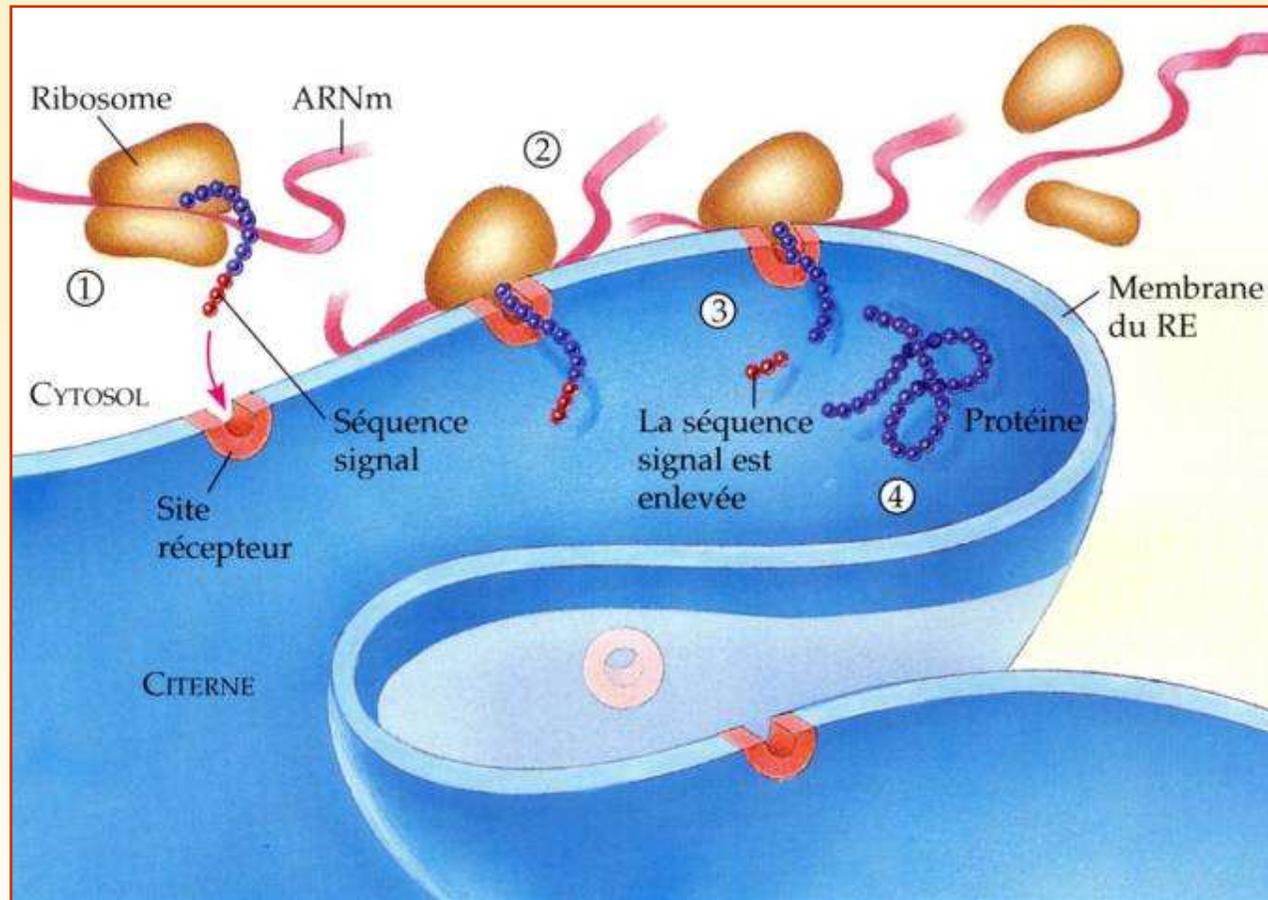
Lorsque le ribosome atteint un codon STOP, une enzyme (*facteur de terminaison*) s'y fixe et détache l'ARNm du ribosome.



Polypeptide

ARNm

Ribosome



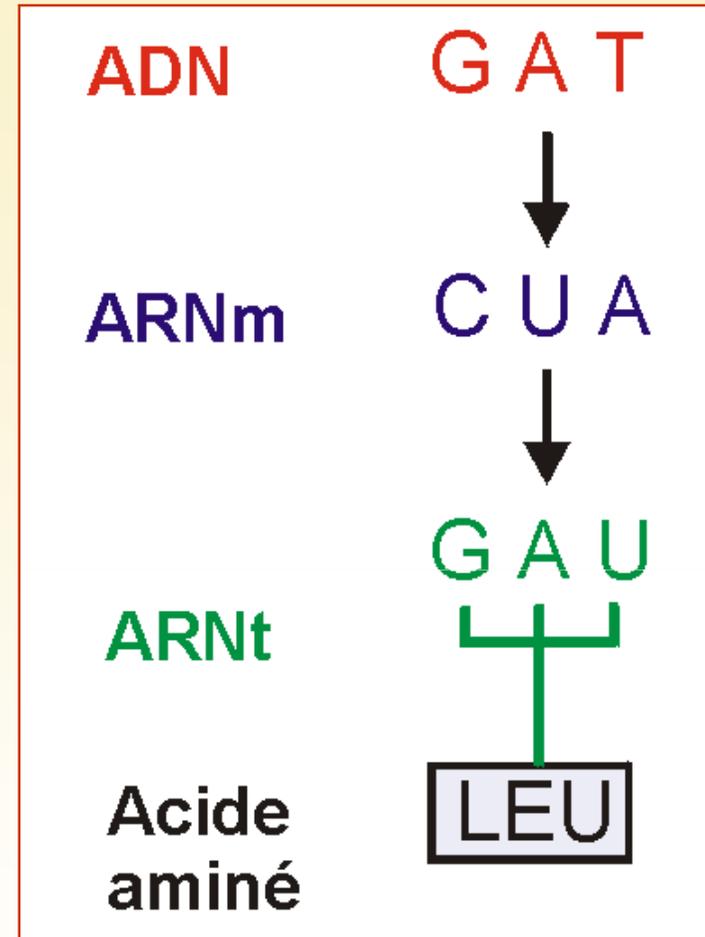
La protéine synthétisée pénètre dans le reticulum endoplasmique où elle prendra sa forme finale.

Chaque **triplet** de nucléotides sur l'ADN correspond à un **codon** de l'ARNm.

Chaque **codon** de l'ARNr correspond à un **anti-codon** spécifique de l'ARNt.

Chaque **anti-codon** correspond à un **acide aminé** spécifique.

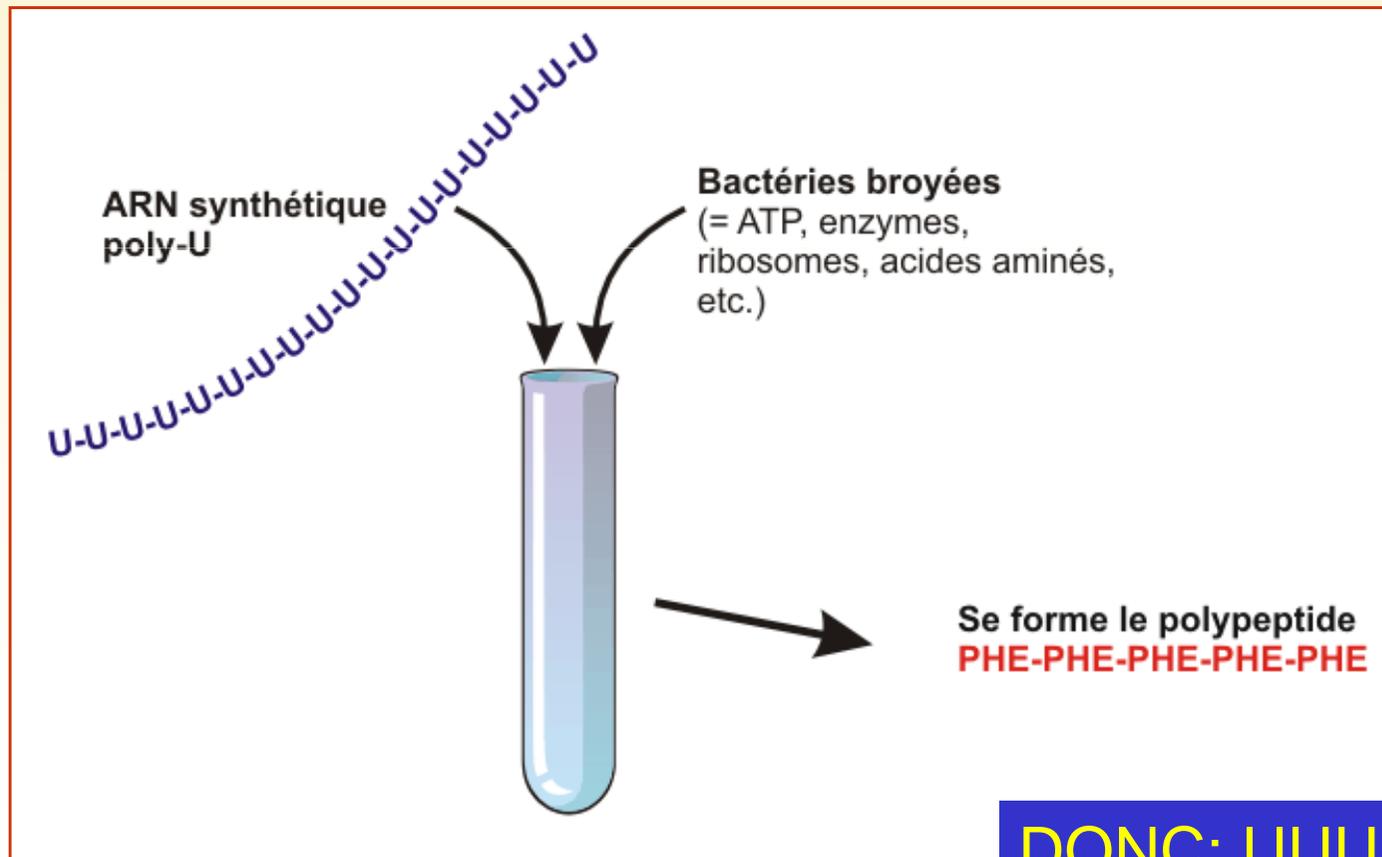
**DONC**: chaque triplet de nucléotides sur l'ADN correspond à un acide aminé.



## Découverte du code

Code déchiffré entre 1961 et 1964

Expériences de Nirenberg et Khorana (Nobel 68)



**DONC: UUU = PHE**

		2nd base in codon				
		U	C	A	G	
1st base in codon	U	Phe Phe Leu Leu	Ser Ser Ser Ser	Tyr Tyr STOP STOP	Cys Cys STOP Trp	U C A G
	C	Leu Leu Leu Leu	Pro Pro Pro Pro	His His Gln Gln	Arg Arg Arg Arg	U C A G
	A	Ile Ile Ile Met	Thr Thr Thr Thr	Asn Asn Lys Lys	Ser Ser Arg Arg	U C A G
	G	Val Val Val Val	Ala Ala Ala Ala	Asp Asp Glu Glu	Gly Gly Gly Gly	U C A G
						3rd base in codon

## Le code génétique

Le codon AUG (code pour MET) = **codon d'initiation**. Tous les gènes commencent par ce codon. La MET est souvent enlevée à la fin de la synthèse.

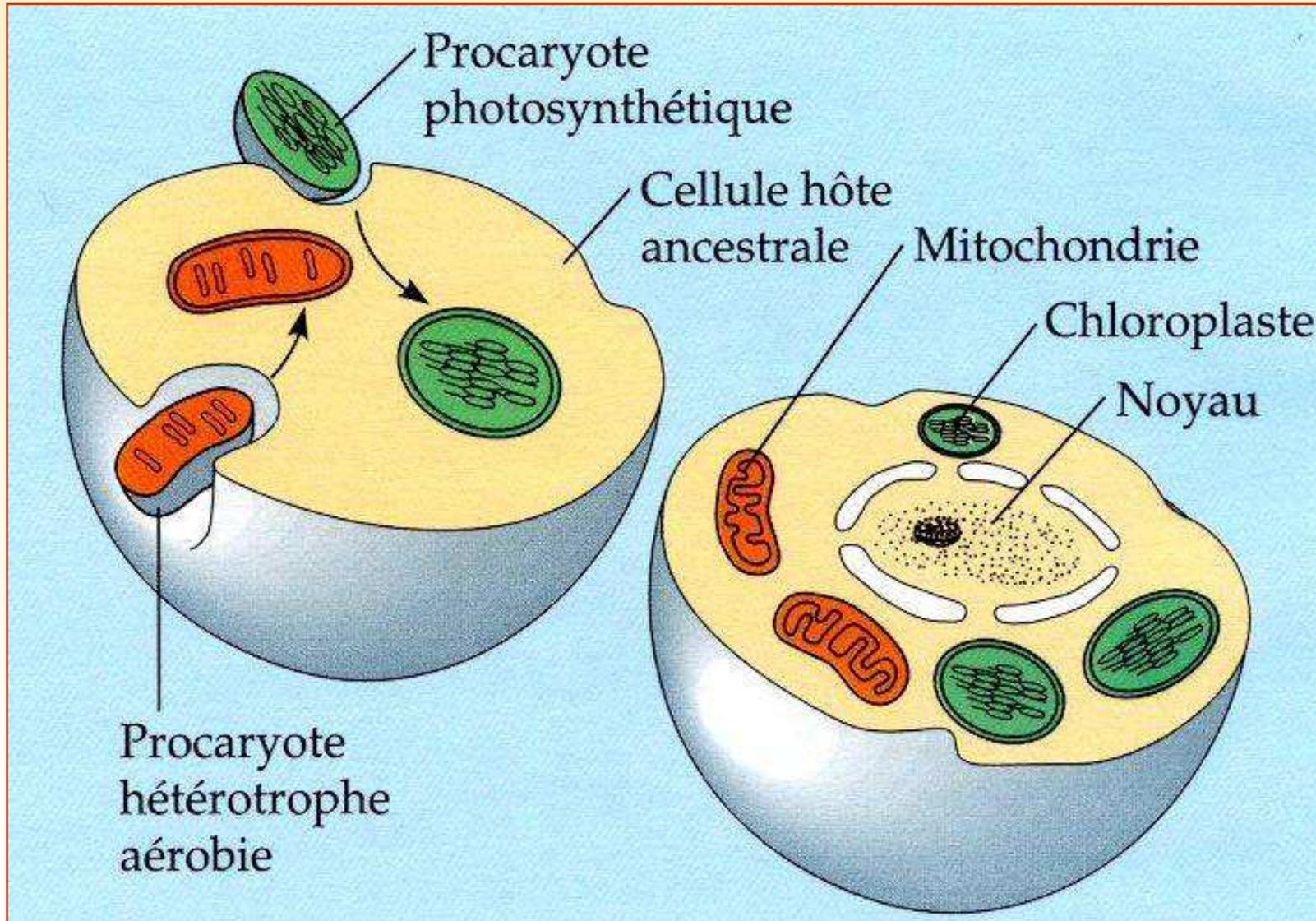
Code = UNIVERSEL ie. c'est le même pour tous les êtres vivants sauf quelques rares exceptions:

Certains protistes : un seul codon STOP (UGA); les autres codent pour un acide aminé.

Les mitochondries ont leur propre ADN et leurs propres ribosomes qui sont plus petits (ressemblent à ceux des procaryotes). Il peut y avoir jusqu'à 6 codons différents (5 chez humains).

Cette caractéristique permet le transfert de gènes d'une espèce à l'autre = génie génétique

- Introduction de gènes dans une bactérie
- Introduction de gènes dans un organisme pluricellulaire



Hypothèse de l'origine endosymbiotique des mitochondries et des chloroplastes

## Les mutations

Mutation = modification de l'information génétique (ADN)

Une mutation peut être:

- Chromosomique = altération d'un chromosome complet
- Ponctuelle = anomalie dans la séquence des nucléotides

Une erreur dans l'ADN peut entraîner une erreur dans la protéine codée.

Cette erreur peut changer un ou plusieurs acides aminés de la protéine et la rendre non fonctionnelle.

Erreur dans l'ADN = **mutation**

Les mutations peuvent être causées par:

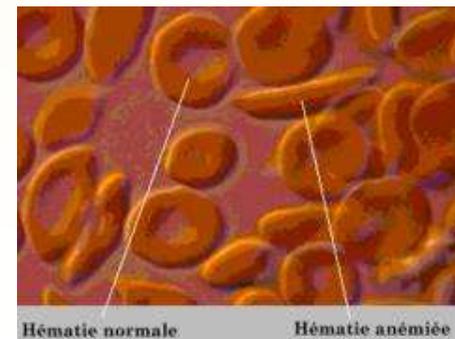
- Des erreurs lors de la reproduction des cellules
- Des substances chimiques toxiques (substances mutagènes)
- Des radiations nocives (rayons X, UV)

## Ex. la chaîne $\beta$ de l'hémoglobine 145 AA)

Val-His-Leu-Thr-Pro-Glu-Lys-Ser-Ala-Val-Thr-Ala-Leu-Try-Gly-Lys-Val-Asp-Val-Asp-Glu-Val-Gly-Gly-Glu-Ala-Leu-Gly-Arg-Leu-Leu-Val-Val-Tyr-Pro-Try-Thr-Glu-Arg-Phé-Phé-Glu-Ser-Phé-Gly-Asp-Leu-Ser-Thr-Pro-Asp-Ala-Val-Met-Gly-Asp-Pro-Lys-Val-Lys-Ala-His-Gly-Lys-Lys-Val-Leu-Gly-Ala-Phé-Ser-Asp-Gly-Leu-Ala-His-Leu-Asp-Asp-Leu-Lys-Gly-Thr-Phé-Ala-Thr-Leu-Ser-Glu-Leu-His-Cys-Asp-Lys-Leu-His-Val-Asp-Pro-Glu-Asp-Phé-Arg-Leu-Leu-Gly-Asp-Val-Leu-Val-Cys-Val-Leu-Ala-His-His-Phé-Gly-Lys-Glu-Phé-Thr-Pro-Pro-Val-Glu-Ala-Ala-Tyr-Glu-Lys-Val-Val-Ala-Gly-Val-Ala-Asp-Ala-Leu-Ala-His-Lys-Tyr-His

**Anémie falciforme** = maladie génétique caractérisée par une hémoglobine anormale.

Anomalie dans la chaîne  $\beta$  de l'hémoglobine : 6e acide aminé = VAL alors qu'il devrait être GLU



Quels codons codent pour VAL ?

Code

GUU  
GUG  
GUC  
GUA

Quels codons codent pour GLU ?

GAA  
GAG

Quelle est la mutation ?

Dans l'ADN, un triplet CTC a été remplacé par CAC

OU

CTT par CAT

Peut entraîner la modification d'un acide aminé de la protéine.

- Parfois peu ou pas d'effet.
- Parfois diminue ou supprime l'efficacité de la protéine.
- Rarement confère une nouvelle propriété (enzyme plus efficace ou possédant de nouvelles propriétés catalytiques par exemple).

Dans certains cas un codon devient un codon STOP

Ex. AAG devient UAG (STOP)

==> arrêt de la synthèse avant la fin = **mutation non sens**

La mutation ne devient héréditaire que si elle se transmet à la descendance, donc si elle survient dans un gamète ou une cellule formant des gamètes.

Généralement les mutations provoquent un dérèglement mortel de la cellule. Dans certains cas, c'est la reproduction de la cellule qui se dérègle = **CANCER**

## Structure des gènes chez les eucaryotes

Chez les **procaryotes** : presque tout l'ADN code pour des protéines.

Chez les **eucaryotes**, seulement **3%** de l'ADN code pour des protéines ou des ARN r ou t.

Le 97% restant = "**junk**" DNA (ou "**garbage**" DNA)

Il serait plus prudent de parler plutôt d'ADN  
non codant

## Combien de gènes ?

Selon les équipes qui ont séquencé l'ensemble du génome humain il y aurait **entre 30 000 et 40 000 gènes** dans le génome humain.

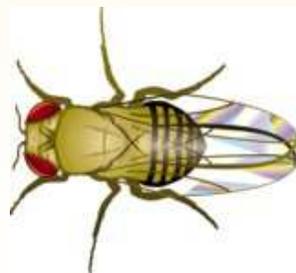
*Arabidopsis thaliana* (une petite plante)  
contient 25 000 gènes.

*C. elegans* (un nématode) en contient 19 000

La drosophile, 13 600



*Arabidopsis thaliana*



*C. elegans*

**FIN ...**