

Chapitre 5 - L'expression du patrimoine génétique

Introduction : Rappels des acquis de génétique de seconde

Problématique : Comment un gène peut-il s'exprimer et donner une protéine ?

I) L'ARN, un intermédiaire entre ADN et protéine

cf Activité 1

A) Un gène, une protéine

Les protéines sont des macromolécules essentielles au fonctionnement des cellules (enzymes, hormones, squelette cellulaire...). Leur structure est constituée d'une succession d'acides aminés (aa) (petites molécules)

Toutes les protéines sont le produit de l'expression d'un gène ; c'est le dogme central de la biologie moléculaire, « **1 gène = 1 protéine** » (expérience de Beadle & Tatum)

B) L'ARN messager

L'expression d'un gène en protéine est indirecte et nécessite un intermédiaire : l'**acide ribonucléique messager (ARNm)**. Cette molécule est constituée d'une unique et courte chaîne de nucléotides, ce qui lui permet de naviguer du noyau (qui contient les gènes) au cytoplasme (qui contient les protéines)

	ADN	ARN
Structure	Double hélice (2 chaînes)	Simple hélice (1 chaîne)
Sucre du nucléotide	Désoxyribose	Ribose
Bases azotées présentes	Adénine (A) Thymine (T) Guanine (G) Cytosine (C)	Adénine (A) Uracile (U) Guanine (G) Cytosine (C)
Localisation	Noyau	Noyau puis cytoplasme

C) La transcription de l'ADN en ARNm

L'ARNm est une copie éphémère d'une séquence d'un seul brin d'ADN. Il est formé dans le noyau et sera détruit dans le cytoplasme.

La formation d'ARNm dans le noyau s'appelle la **transcription** et constitue la première étape d'expression d'un gène :

1. Dans le noyau, une enzyme nommée **ARN polymérase** parcourt la portion d'ADN correspondant au gène qui s'exprime. (Juste avant, une autre enzyme nommée hélicase va venir dérouler les deux brins d'ADN, rendant l'insertion de l'ARN polymérase possible).
2. Au fur et à mesure de son trajet, l'ARN polymérase provoque la synthèse d'une molécule d'ARNm complémentaire de l'un des deux brins d'ADN : c'est le brin transcrit ou antisens. La molécule d'ARNm est donc la copie de l'autre brin d'ADN (exception faite des U à la place des T), nommé brin codant ou sens.
3. L'ARN polymérase se détache de l'ADN : la transcription est terminée.

THEME 2 - EXPRESSION, TRANSMISSION ET VARIATION DU PATRIMOINE GENETIQUE

4. L'ARNm sort du noyau par les pores nucléaires (petits trous dans l'enveloppe du noyau) et migre dans le cytoplasme.

Schéma général de l'ADN à l'ARNm :

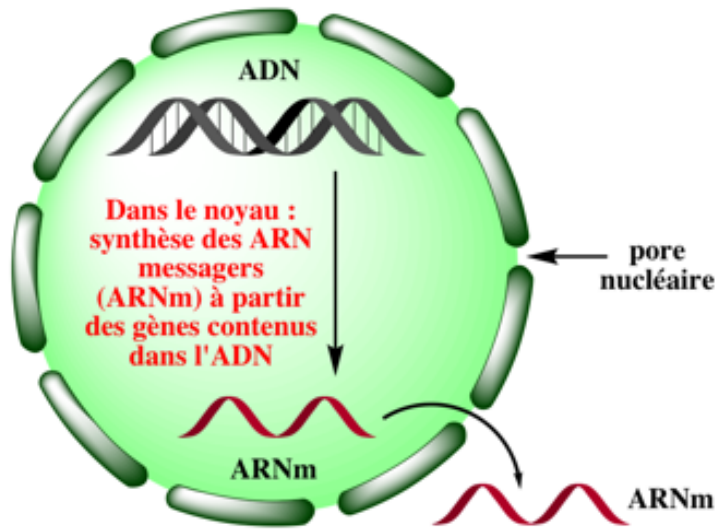
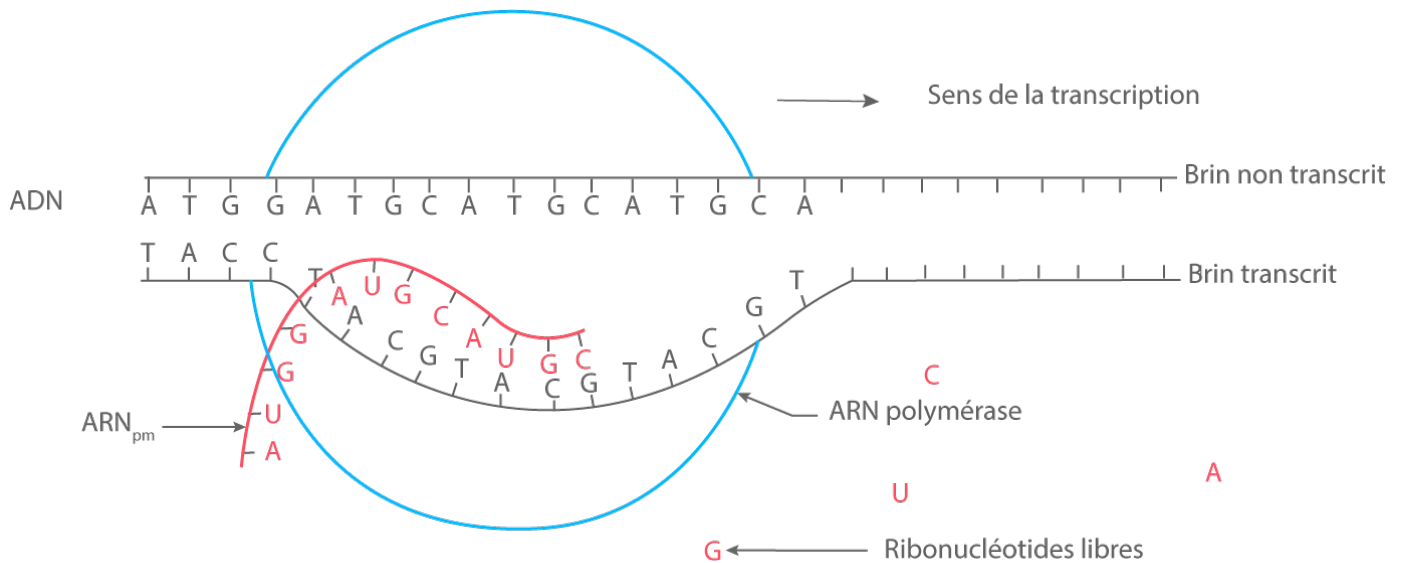


Schéma de la Transcription :



II) La traduction de l'ARNm en protéines

cf Activité 2

A) Le rôle des ribosomes

Dans le cytoplasme L'ARNm pris en charge par un **ribosome** (protéine cytoplasmique globuleuse) qui interprète entre le langage « nucléotides » et le langage « acides aminés ». Cette étape s'appelle la **traduction** de l'ARNm en protéines

B) Le code génétique

Le codage pour passer d'un langage à l'autre nécessite la correspondance entre un triplet de nucléotides, nommé **codon**, et un acide aminé.

3 particularités à propos du code génétique :

- Il est **universel** (identique pour tous les êtres vivants, à de rares exceptions près),

THEME 2 - EXPRESSION, TRANSMISSION ET VARIATION DU PATRIMOINE GENETIQUE

- Il est **non ambigu** (un codon ne code qu'un seul acide aminé)
- Il est **redondant** (plusieurs codons correspondent au même acide aminé)

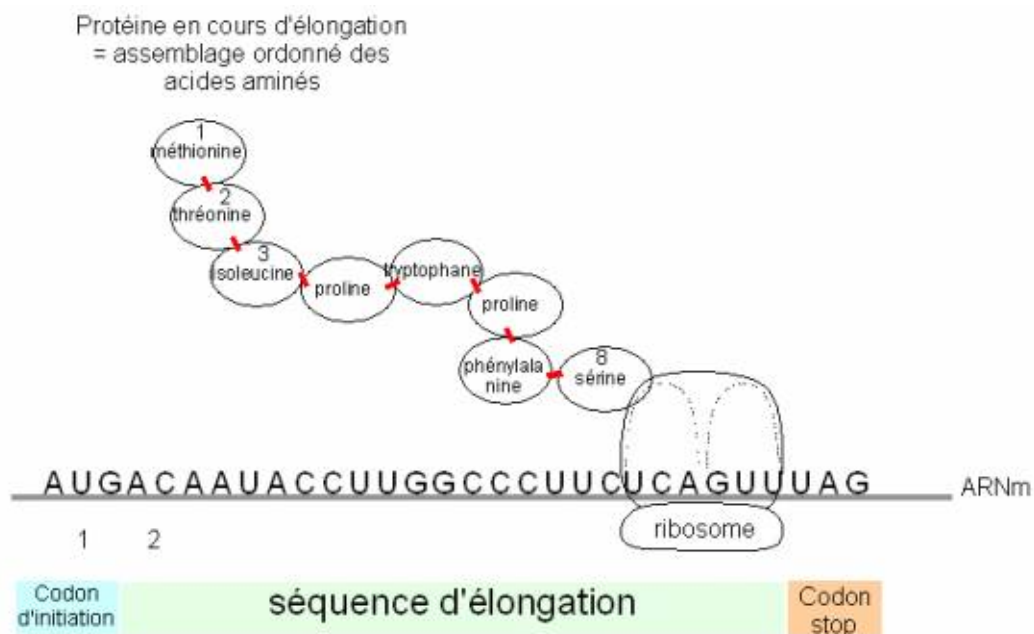
Ex : Le codon UUA code l'acide aminé leucine, et seulement celui-là (non ambigu). Toutefois, la leucine peut être codée aussi par le codon UUG (redondant).

Trois codons (UAA, UAG, UGA) ne codent aucun acide aminé (**codons-stop**) : ils arrêtent le processus de traduction.

Le codon AUG, qui code une méthionine, est aussi qualifié de **codon d'initiation** (ou **codon-start**) : il initie le processus de traduction

• Les étapes de la traduction

1. Initiation : un ribosome se fixe au niveau du codon start (AUG) de l'ARNm
2. Elongation : Le ribosome progresse de codon en codon le long de l'ARNm. A chaque codon rencontré, il recrute un nouvel acide aminé en respectant le code génétique, et l'associe par liaison covalente à l'acide aminé précédent.
3. Terminaison : Le ribosome parvient à un codon-stop. Il se dissocie de l'ARNm et libère la protéine ainsi formée. L'ARNm sera ensuite dégradé, et les nucléotides réutilisés dans le noyau pour former de nouveaux ARNm.



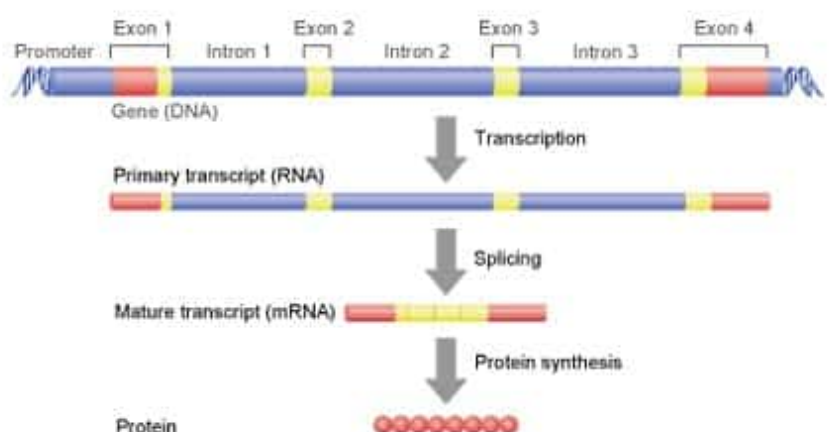
C) Une maturation de l'ARNm et des protéines

Tous les nucléotides d'un gène ne servent pas à fabriquer des protéines : certaines parties (**les introns**) sont non-codantes. Les parties codantes sont nommées **exons**.

En réalité, la transcription d'un gène aboutit à la formation d'un **ARN pré-messager** : tous les nucléotides sont transcrits (introns et exons).

Dans le noyau, il y aura la maturation de l'ARN pré-messager (introns supprimés et exons liés entre eux) pour donner l'ARNm final, qui sera traduit en protéines

Structure of a Gene



⇒ Ce processus de maturation est nommé **épissage**

Certains exons peuvent aussi être supprimés lors de l'épissage. En fonction des exons restants, il peut donc exister plusieurs ARNm différents à partir d'un même ARN pré-messager : c'est l'**épissage alternatif**. Ces différents ARNm donneront différentes protéines.

⇒ Notre organisme peut synthétiser environ 100 000 protéines à partir de seulement 25 000 gènes... donc le dogme « un gène = une protéine » serait plutôt correct en « **un gène = une ou plusieurs protéines** »

Après la traduction, les protéines aussi subissent une maturation et un repliement :

- Séquence d'aa = structure primaire
- Formation de liaisons H entre les aa = structure secondaire
- Repliement en fonction de l'affinité pour l'eau = structure tertiaire
- Assemblage de plusieurs polypeptides = structure quaternaire

III) Un exemple de protéine : les enzymes

A) Les enzymes, des catalyseurs biologiques

cf Activité 3

Enzymes = classe de protéines dont la fonction est d'accélérer des réactions chimiques. Ce sont des protéines produites par des cellules vivantes (par transcription puis traduction)

⇒ catalyseurs biologiques

Les enzymes sont indispensables dans le métabolisme (*exemple de la digestion de l'amidon : cette réaction est possible, mais beaucoup trop long pour que l'apport en glucose soit suffisant pour le corps donc nécessite une enzyme : l'amylase*)

Une enzyme accélère la réaction de transformation d'un **substrat** en **produit**, sans entrer dans la composition du produit obtenu (enzyme retrouvée intacte en fin de réaction)

B) Une double spécificité enzymatique

cf Activité 4

Les enzymes présentent une **double spécificité** :

- Une spécificité de **substrat**, c'est-à-dire que chaque enzyme n'est capable d'agir que sur un substrat unique (*exemple : l'amylase agit sur l'amidon, mais pas sur la cellulose*)
- Une spécificité d'**action**, c'est-à-dire que chaque enzyme ne peut catalyser qu'une seule réaction à partir d'un substrat (*exemple : les différents devenir du glucose dans une cellule végétale*)

C) Le complexe enzyme-substrat

Pour que la catalyse se fasse, l'enzyme doit être en contact avec le substrat : association nommé « **complexe ES** » (complexe enzyme-substrat). Ensuite il y a la transformation du substrat en produit(s)
Pour finir par la dissociation du complexe et libération des produits

Il y a une **complémentarité de forme** entre enzyme et substrat (*modèle clé-serrure*) :

- La zone de l'enzyme qui accueille le substrat est nommée **site actif** (forme complémentaire du substrat)

Si il y a une modification d'un seule aa (mutation) : il y aura une diminution considérable de l'activité catalytique de l'enzyme.

D) La réaction enzymatique

La mesure de V_i correspond à la vitesse initiale et au calcul du coefficient directeur de la tangente à $t=0$

THEME 2 - EXPRESSION, TRANSMISSION ET VARIATION DU PATRIMOINE GENETIQUE

Etude de la cinétique enzymatique (évolution de la réaction au cours du temps) :

1. vitesse de réaction la plus élevée en début de réaction ($t=0$) : toutes les enzymes sont disponibles pour recevoir un substrat, chances de rencontre maximales.
2. diminution de la vitesse de réaction : il y a de moins en moins de S
3. vitesse nulle en fin de réaction : il n'y a plus que E et P dans le milieu

On peut jouer sur la vitesse initiale de réaction en augmentant la quantité de S dans le milieu (jusqu'à saturation de toutes les E).