

REGULATION GENETIQUE CHEZ LES BACTERIES: OPERONS CATABOLIQUES & ANABOLIQUES

COURS DE BIOLOGIE MOLECULAIRE

Pr. Leila MEDRAOUI

OBJECTIFS

Comprendre la régulation génétique chez les bactéries et son rôle.

Savoir la notion de l'opéron.

Connaître le principe du fonctionnement d'un opéron catabolique.

Connaître le principe du fonctionnement d'un opéron anabolique.

PLAN

1.Introduction

1.1.Pourquoi il y a régulation de l'expression des gènes?

1.2.Qu'est-ce-que la REGULATION GENETIQUE ?

1.3.Niveaux de régulation

2.Régulation de la transcription

2.1.Stratégies de contrôle de l'initiation de la transcription

2.2.Contrôles positif-négatif

2.3.Notion d'opéron

3.Opéron catabolique: Opéron Lactose

3.1.Définition et structure

3.2.Fonctionnement

3.3.Mutation

4.Opéron anabolique: Opéron Tryptophane

4.1.Définition et structure

4.2.Fonctionnement

4.3.Mutation

1.Introduction

1.1.Pourquoi il y a régulation de l'expression des gènes?

Pour répondre aux conditions changeantes de l'environnement immédiat

La question posée dans ce chapitre est celle du choix des portions du génome devant être exprimées à un moment donné dans un environnement donné.

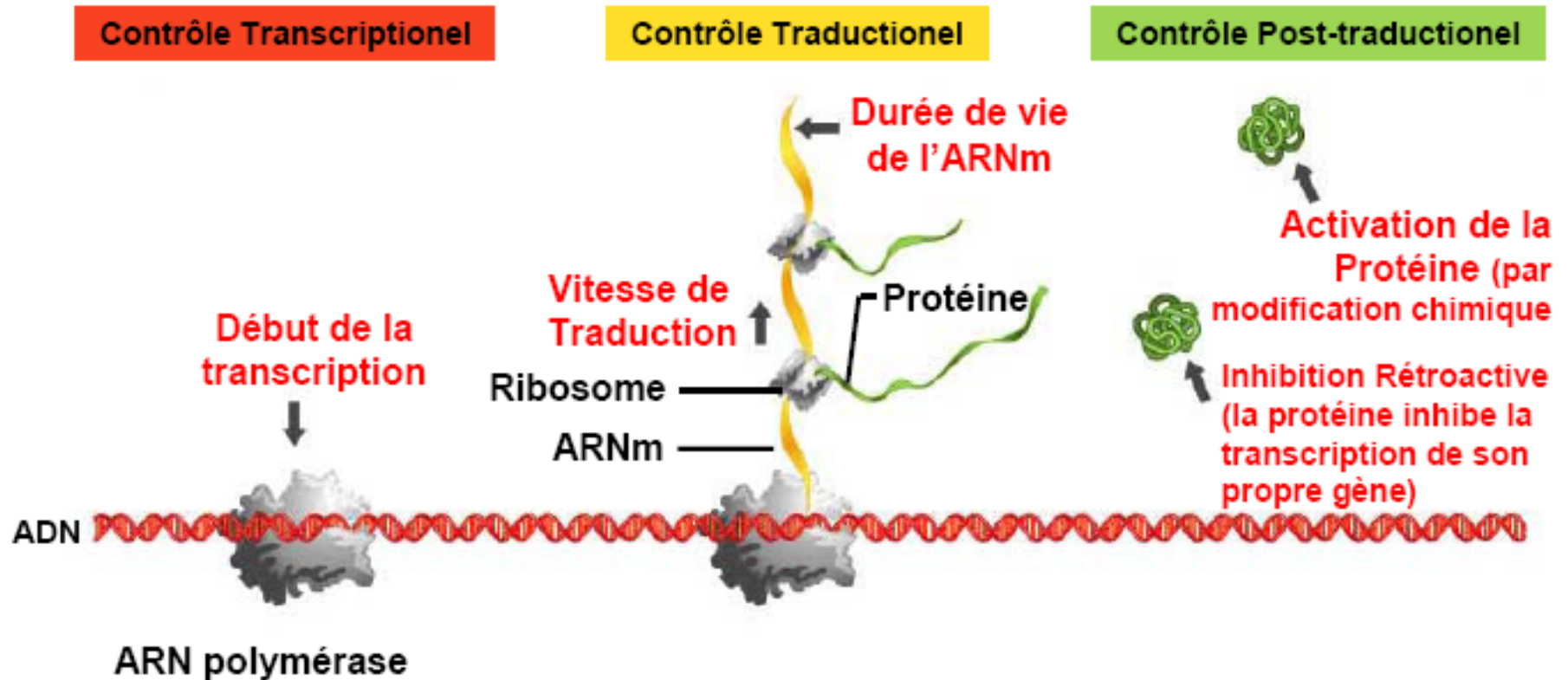
1.2. Qu'est-ce-que la REGULATION GENETIQUE ?

=Un moyen pour la cellule de développer des mécanismes qui lui permettent de réprimer les gènes qui codent pour des protéines inutiles et de les activer au moment où ils deviennent nécessaires

Deux modes de régulation de l'expression d'un gène cible
par une molécule régulatrice :

- 1- d'une façon **positive** : l'interaction déclenche la transcription du gène
- 2- d'une façon **négative** : l'interaction empêche la transcription du gène

1.3.Niveaux de régulation



Quelques constats

1. Un organisme unicellulaire, avec un temps de génération très court, doit pouvoir répondre rapidement à des changements de son environnement.
2. Les demi-vies de la plupart des ARNm sont courtes (de l'ordre de quelques minutes).
3. La transcription et la traduction sont couplées et se réalisent dans le même compartiment cellulaire.

La régulation génique doit prendre effet tôt

effectivement

**LE POINT DE CONTRÔLE MAJEUR = L'INITIATION DE LA
TRANSCRIPTION.**

2.Régulation de la transcription

2.1.Stratégies de contrôle de l'initiation de la transcription

Il y a 2 modes distincts du contrôle de l'initiation de la transcription

- 1-** un **contrôle constitutif** qui dépend de la **structure du promoteur**
- 2-** un **contrôle de régulation** qui est sous la dépendance de **protéines régulatrices**

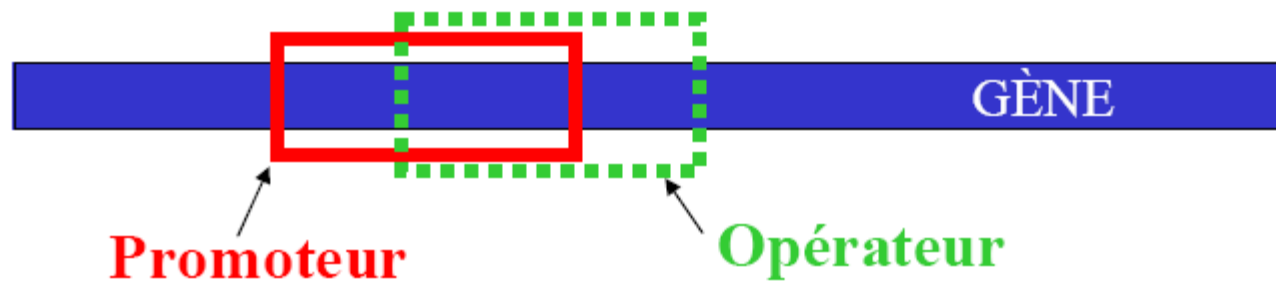
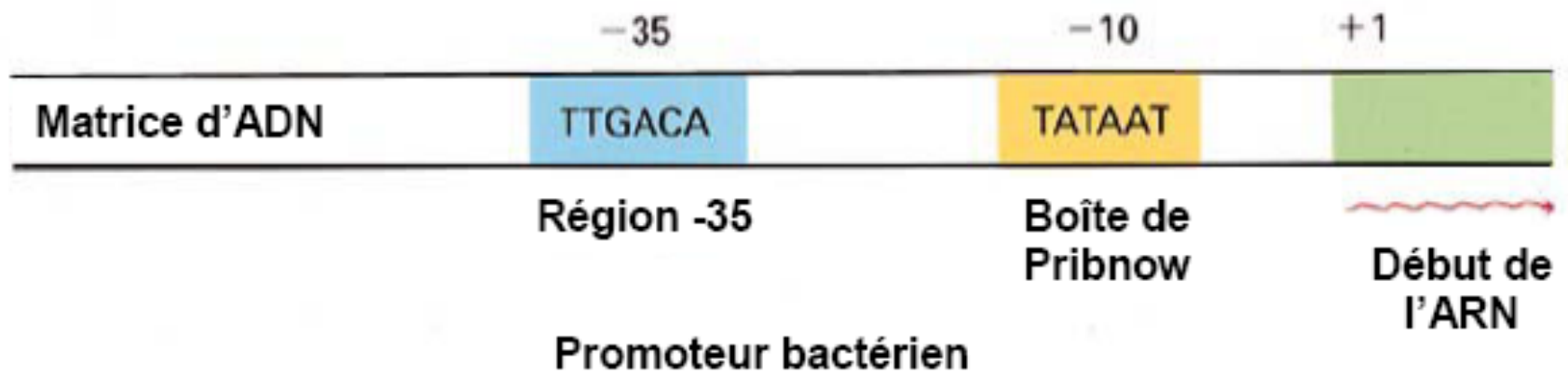
Quelques définitions

🌈 **Facteur de transcription**: protéine de régulation transcriptionnelle.

🌈 **Activateur**: protéine qui stimule l'initiation de la transcription favorise l'expression d'un gène.

🌈 **Répresseur** : protéine qui inhibe la transcription et empêche l'expression d'un gène.

🌈 **Opérateur** : site cible de la protéine répresseur (souvent proche du site d'initiation de la transcription)



Quelques définitions...

🌈 **Gène de structure** : code une protéine structurale, une enzyme ou une protéine régulatrice.

🌈 **Gène de régulation** : code une protéine impliquée dans la régulation d'expression d'autre gène.

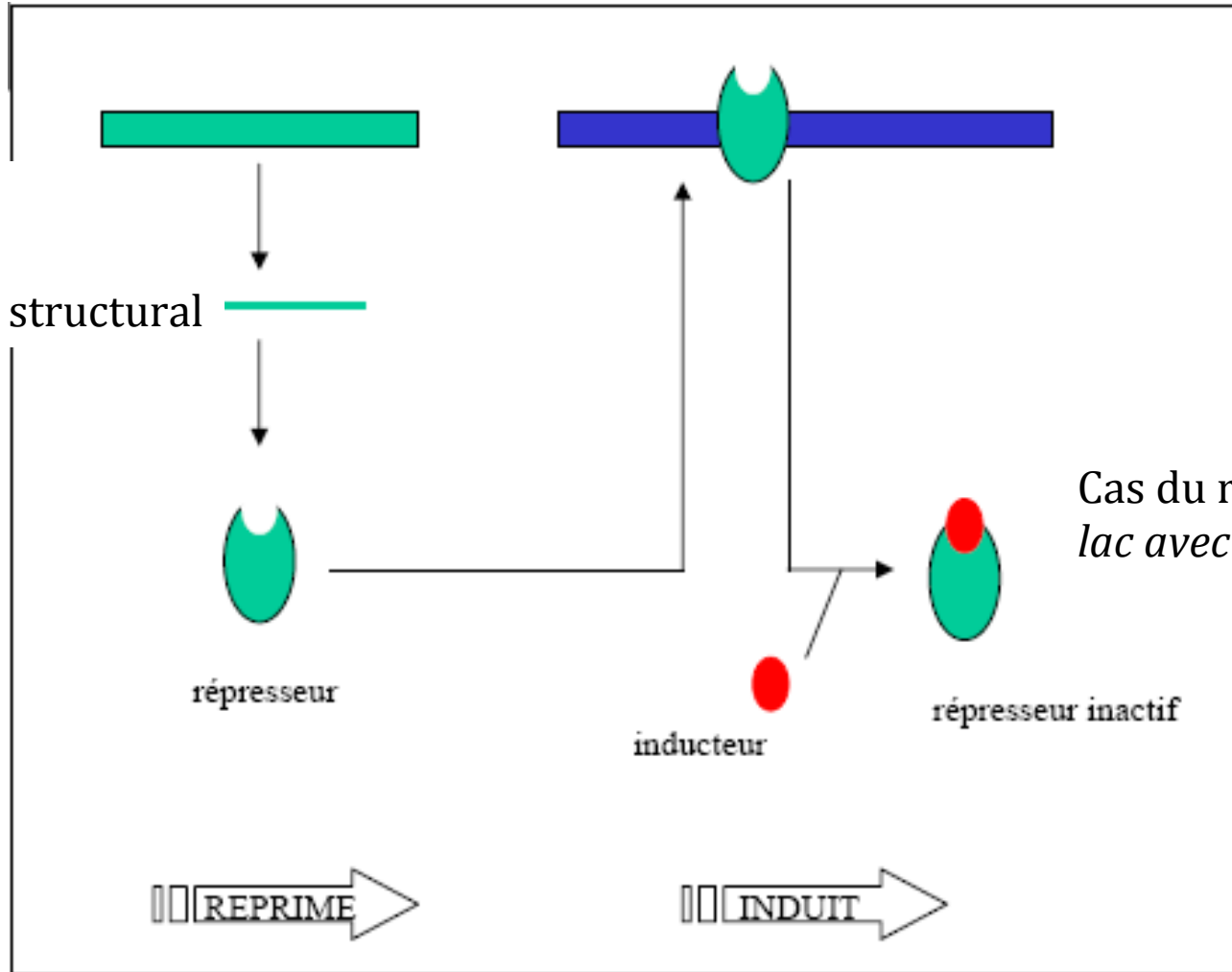
2.2. Contrôles positif-négatif

LORSQUE LE CONTRÔLE DE LA TRANSCRIPTION EST NEGATIF:

INDUCTION

En vert : gène régulateur

En bleu : gène structural

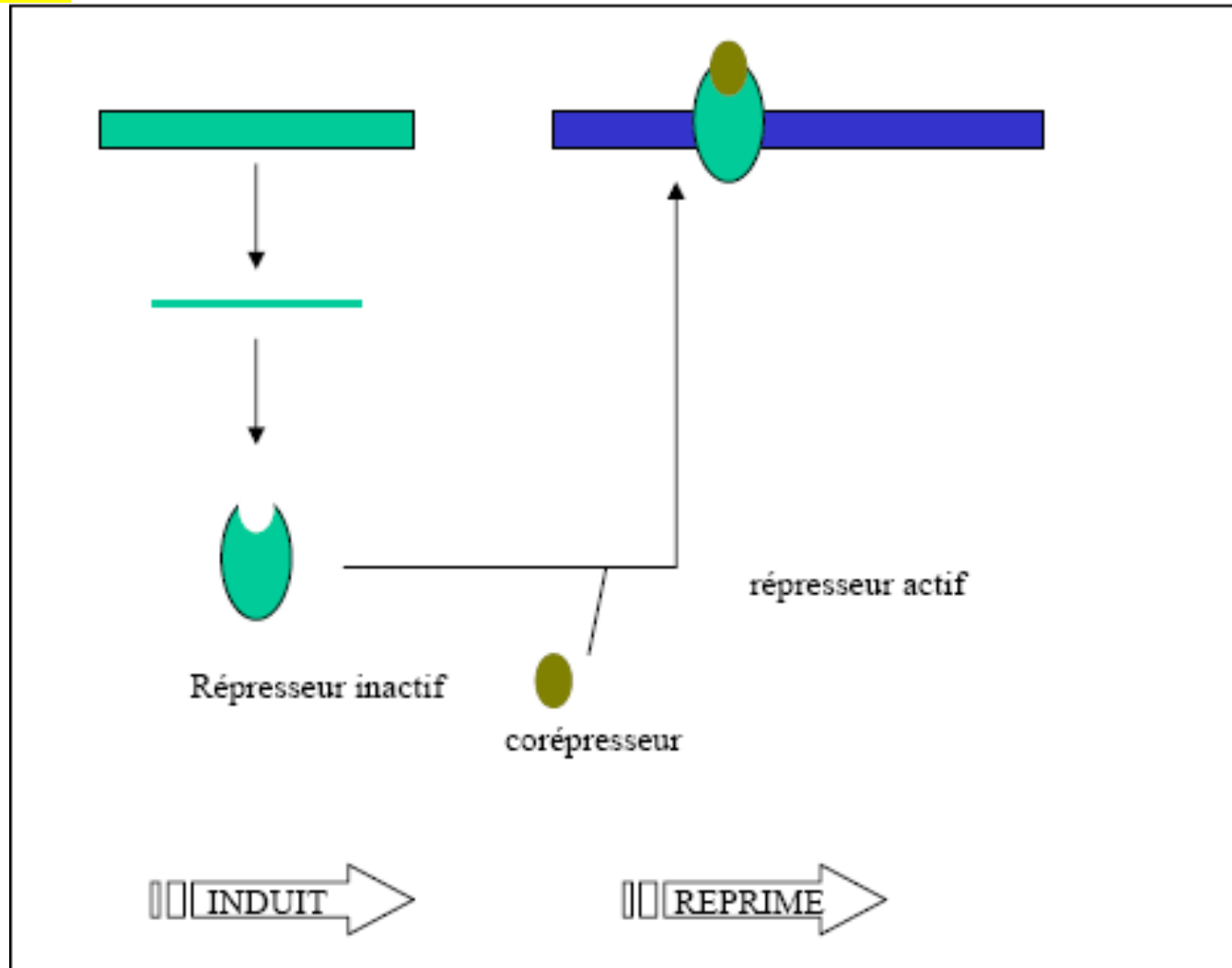


Cas du répresseur
lac avec l'IPTG p.e.

Lorsque la protéine répresseur se fixe à l'opérateur, l'ARN polymérase ne peut plus initier la transcription ce qui empêche l'expression du gène.

LORSQUE LE CONTRÔLE DE LA TRANSCRIPTION EST NEGATIF:

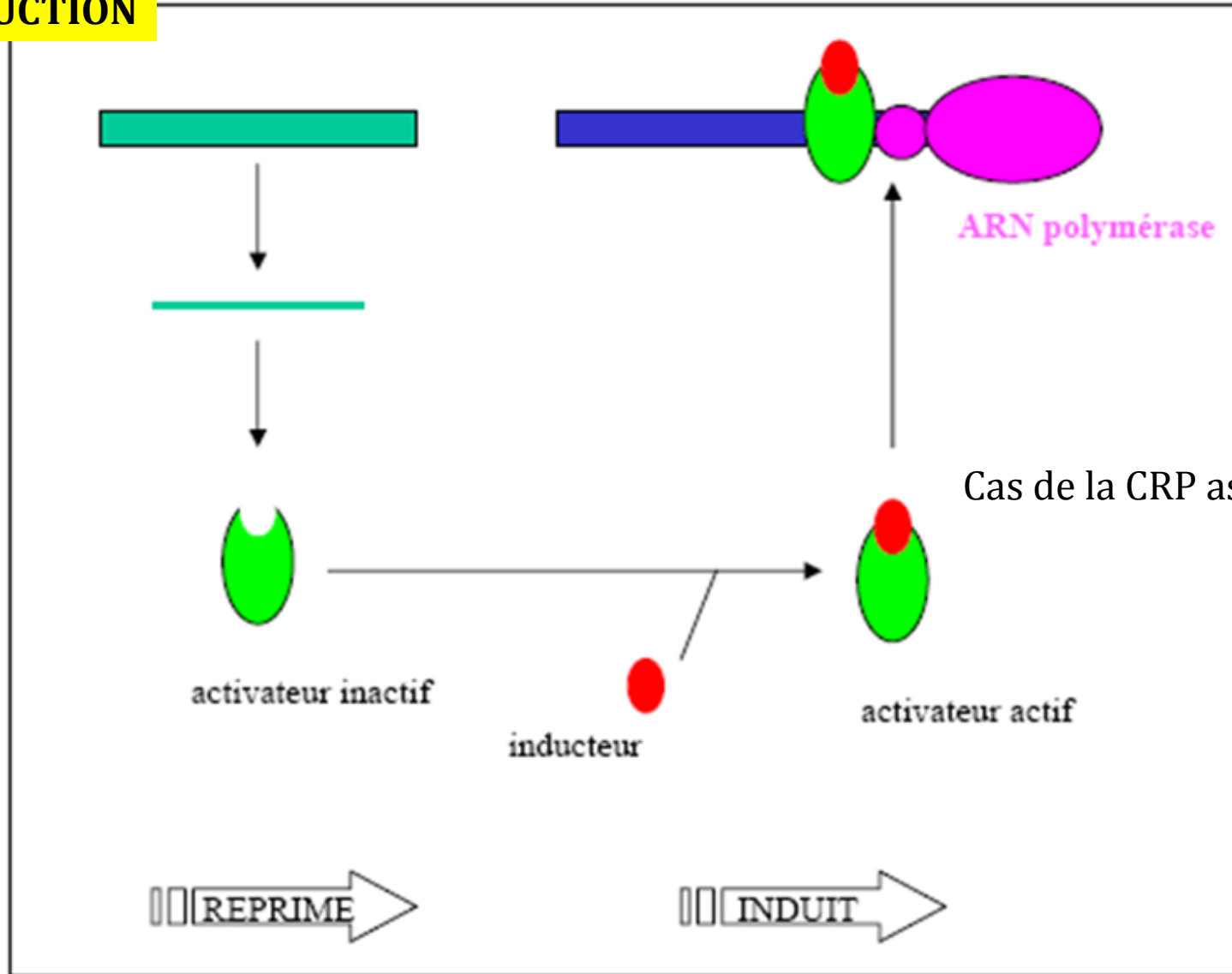
REPRESSION



Lorsque le co-répresseur se fixe à la protéine répresseur cette dernière s'active et se fixe à l'opérateur , l'ARN polymérase ne peut plus initier la transcription ce qui empêche l'expression du gène.

LORSQUE LE CONTRÔLE DE LA TRANSCRIPTION EST POSITIF:

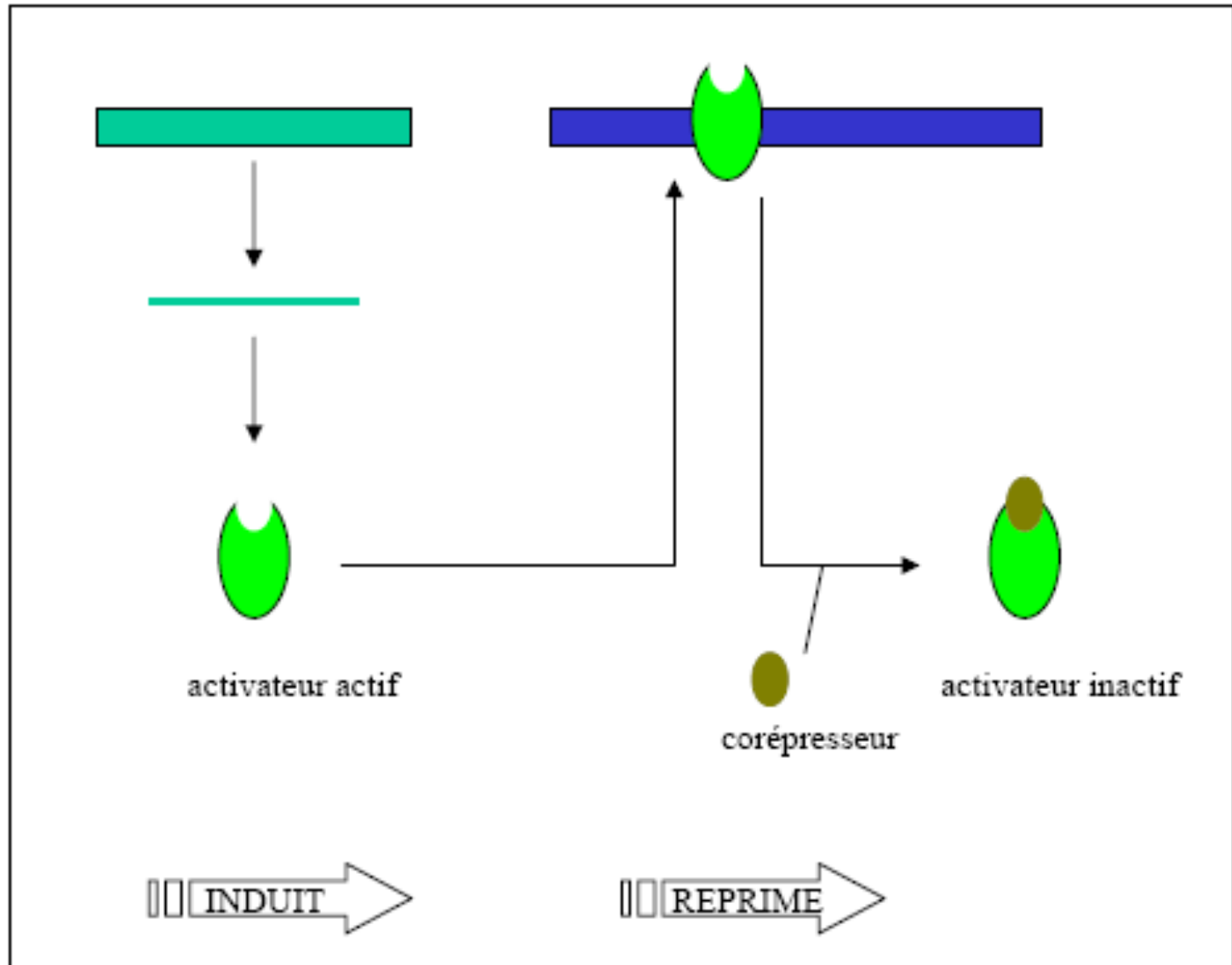
INDUCTION



Un facteur de transcription doit assister l'ARN polymérase pour l'initiation au niveau du promoteur.

LORSQUE LE CONTRÔLE DE LA TRANSCRIPTION EST POSITIF:

REPRESSION



20 Un corépresseur va inactiver l'activateur → pas de fixation de l'ARN polymérase au niveau du promoteur → pas de transcription.

En résumé

Contrôle négatif : le répresseur inactive la transcription

Contrôle positif : l'activateur active la transcription

Opéron inductible:

avec inducteur:

activation de la transcription

Opéron répressible:

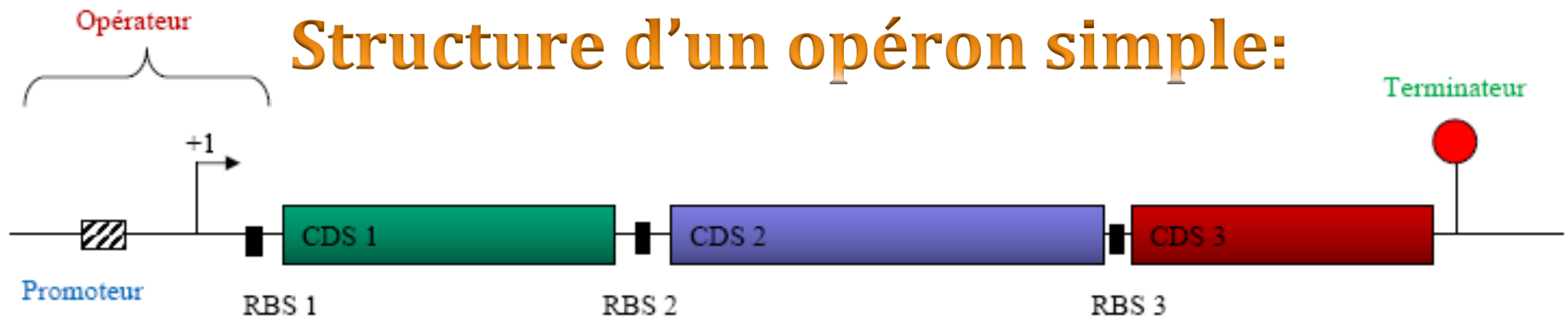
avec corépresseur:

inhibition de la transcription

2.3. Notion d'opéron

@généralement trouvés chez les procaryotes, avec quelques exemples maintenant connus chez les eucaryotes (Nématelminthes, Plathelminthes).

@chez les bactéries, quand un promoteur sert une série de gènes groupés, l'ensemble de gènes s'appelle un **opéron**.



Opérateur : contrôle de la transcription

Promoteur : fixation de l'ARN polymérase

+1 : début de la transcription

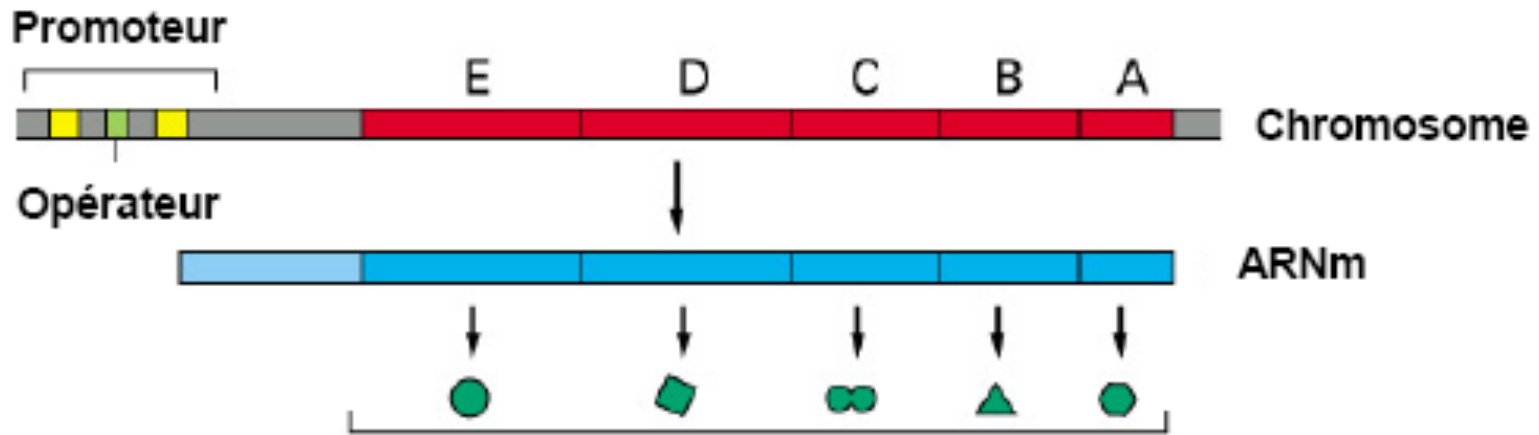
RBS ('ribosome binding site') : fixation du ribosome

CDS ('coding sequence') : séquence codant pour une protéine

Terminateur : fin de la transcription

Définition...

 **Opéron** : ensemble de gènes structuraux et d'éléments contrôlant leur expression : promoteur, opérateur et un gène régulateur.



- tous ces gènes sont transcrits en un ARNm *simple*
- chaque section de ces ARNm (appelés *ARNm polycistroniques*) peut alors être traduite indépendamment
- les gènes d'un opéron donné codent souvent pour plusieurs enzymes actives dans une *même voie métabolique*

L'opéron lactose* (chez *E. coli*)

un exemple d'opéron catabolique inductible négativement & positivement régulé

* lactose : disaccharide pouvant être utilisé comme source de carbone unique pour la croissance d'*E. coli*.

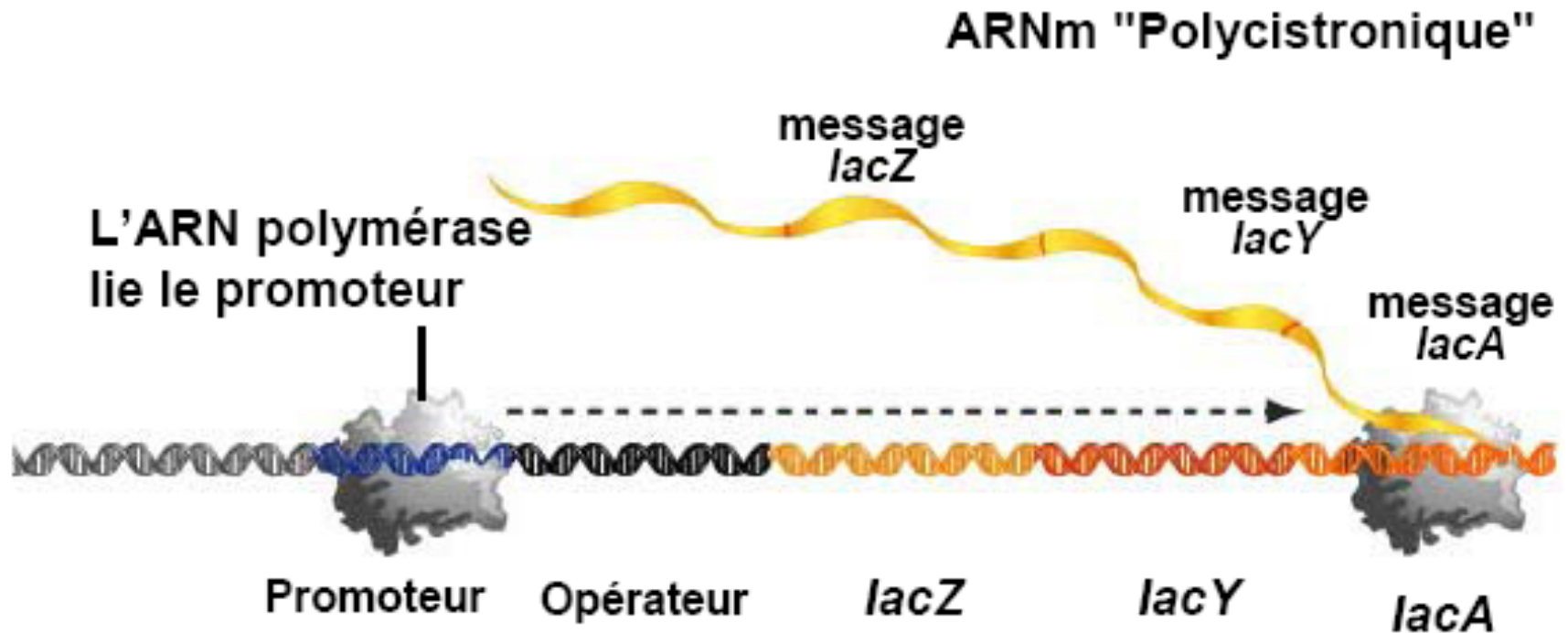
3.1.OPERON LAC: Définition et structure



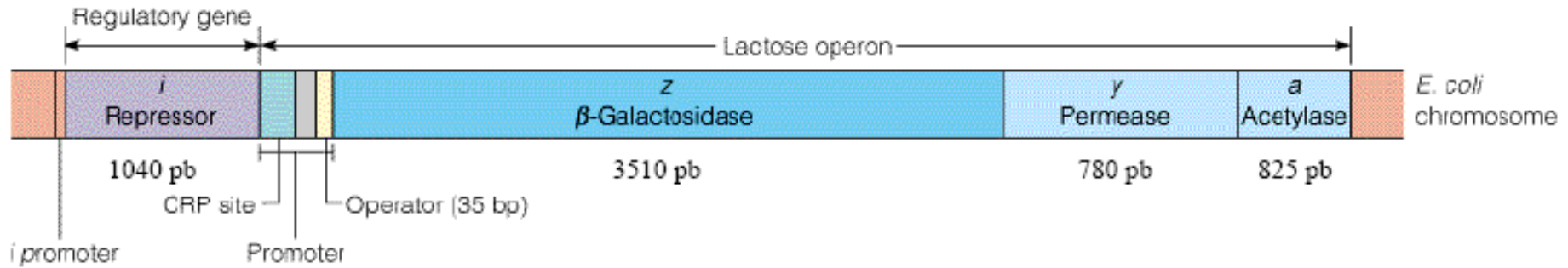
1961 : Jacob et Monod décrivent comment des gènes adjacents impliqués dans le métabolisme du lactose sont régulés de façon coordonnée par un élément génétique localisé à proximité des gènes. Il y a des séquences d'ADN codant pour des produits agissant en trans ou en cis. **(prix Nobel de médecine et de physiologie en 1965)**

Les opérons produisent des ARNm qui codent pour des protéines fonctionnellement reliés.

Exemple de l'opéron Lac:

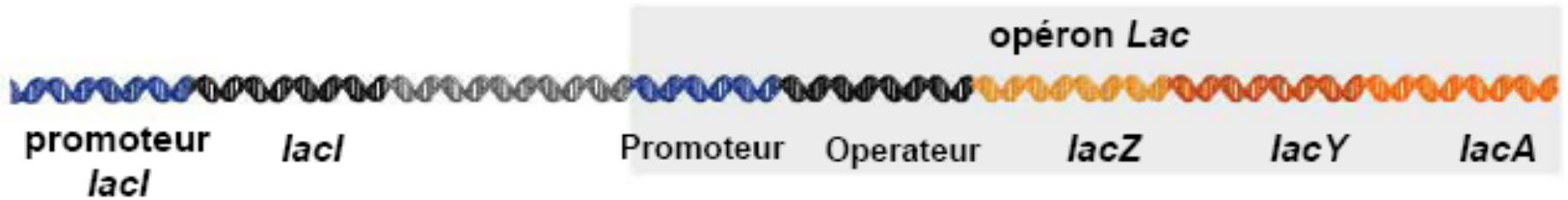


L'opéron *lac* : organisation



3 gènes structuraux: ***z*, *y* & *a***

- codent pour les enzymes impliquées dans le métabolisme du lactose
- sont exprimés continuellement à faible taux
- sont induits environ 1000 fois quand le lactose est présent
- sont modulés par le taux de glucose du milieu



- ➡ Le gène **lacZ** encode l'enzyme ***β-galactosidase***, qui décompose le lactose (en galactose et glucose)
- ➡ Le gène **lacY** encode la galactosidase ***perméase***, une protéine de transport pour le lactose.
- ➡ Le gène **lacA** encode la ***thiogalactoside acétyltransférase***.
- ➡ Le gène **lacI** (gène adjacent n'appartenant pas à l'opéron) encode un ***répresseur*** qui bloque la transcription de l'opéron lactose.

Les enzymes du métabolisme du lactose sont inductibles

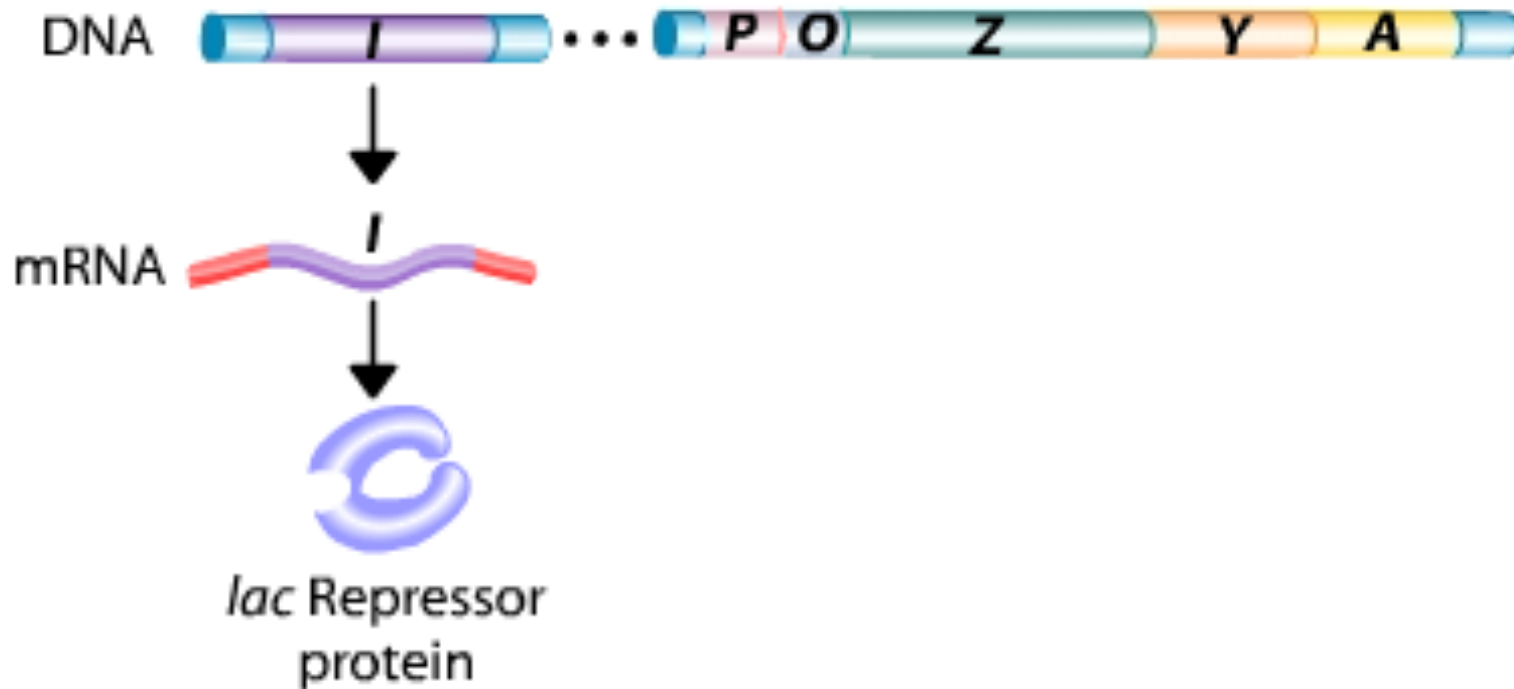
Quelques définitions...

🌐 **Trans** : les produits sont libres de diffuser pour trouver une cible (activateur, répresseur)

🌐 **Cis** : pour toute séquence d'ADN non transformée en une autre molécule, elle agit *in situ* et touche l'ADN auquel elle est liée (promoteur et opérateur)

3.1. OPERON LAC: Fonctionnement

Glucose/ Pas de Lactose



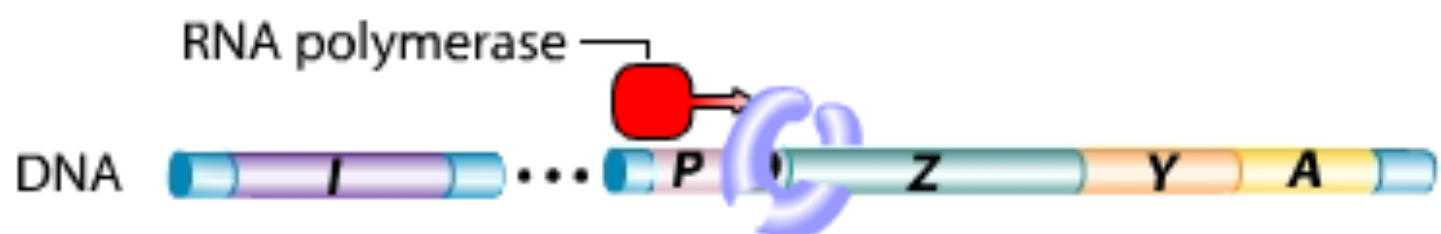
Genotype: $I^+ O^+ Z^+ Y^+$

The Lac repressor protein, encoded by the *I* gene, is expressed in the absence or presence of lactose.



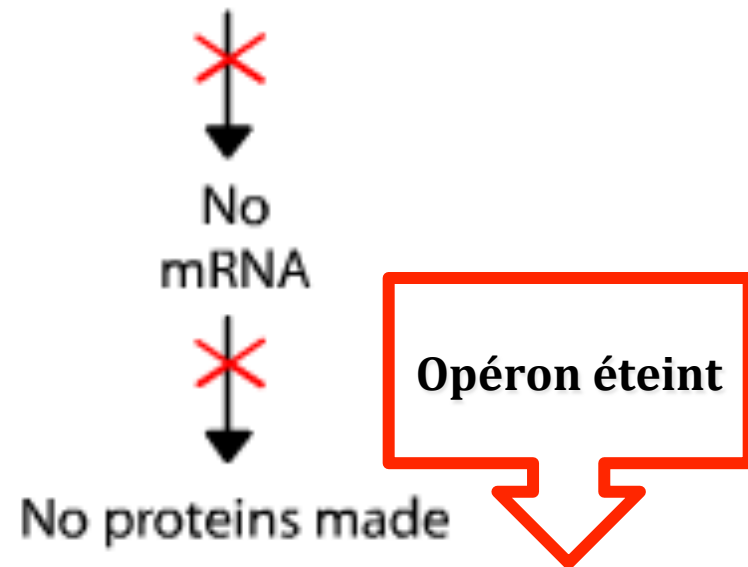
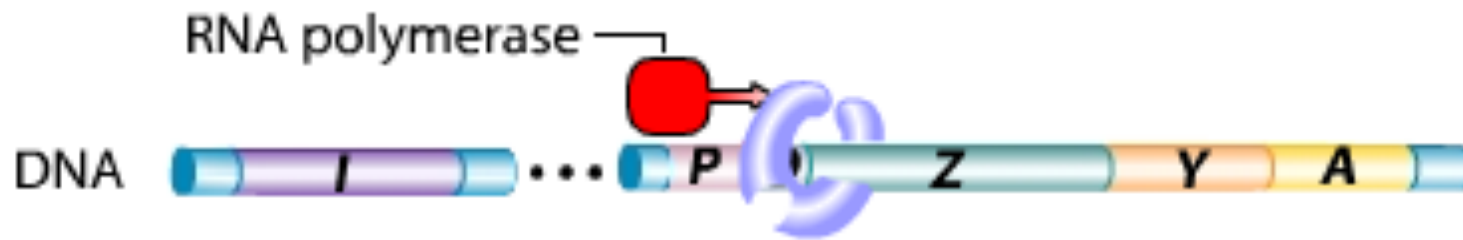
Genotype: $I^+ O^+ Z^+ Y^+$
Lactose: ABSENT

In the absence of lactose, the Lac repressor binds to the *lac* operator site.



Genotype: $I^+ O^+ Z^+ Y^+$
Lactose: ABSENT

Repressor binding to the operator blocks progression of RNA polymerase, like a DNA roadblock.



REPRESSION

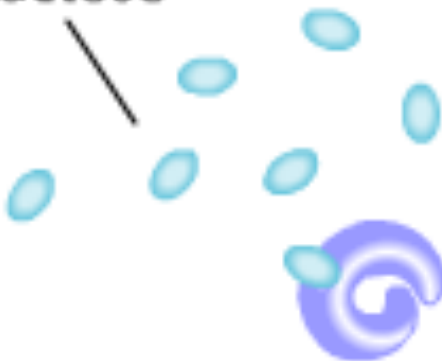
Genotype: $I^+ O^+ Z^+ Y^+$
Lactose: ABSENT
Result: *lac* operon repressed

Since RNA polymerase is unable to transcribe the *lac* structural genes, the corresponding proteins are not made.

Pas de Glucose/ Lactose

DNA The diagram shows a horizontal DNA strand with several colored segments. From left to right, there is a blue segment, a purple segment labeled 'I', a blue segment, an ellipsis '...', a blue segment, a pink segment labeled 'P', a light blue segment labeled 'O', a teal segment labeled 'Z', an orange segment labeled 'Y', a yellow segment labeled 'A', and a final blue segment.

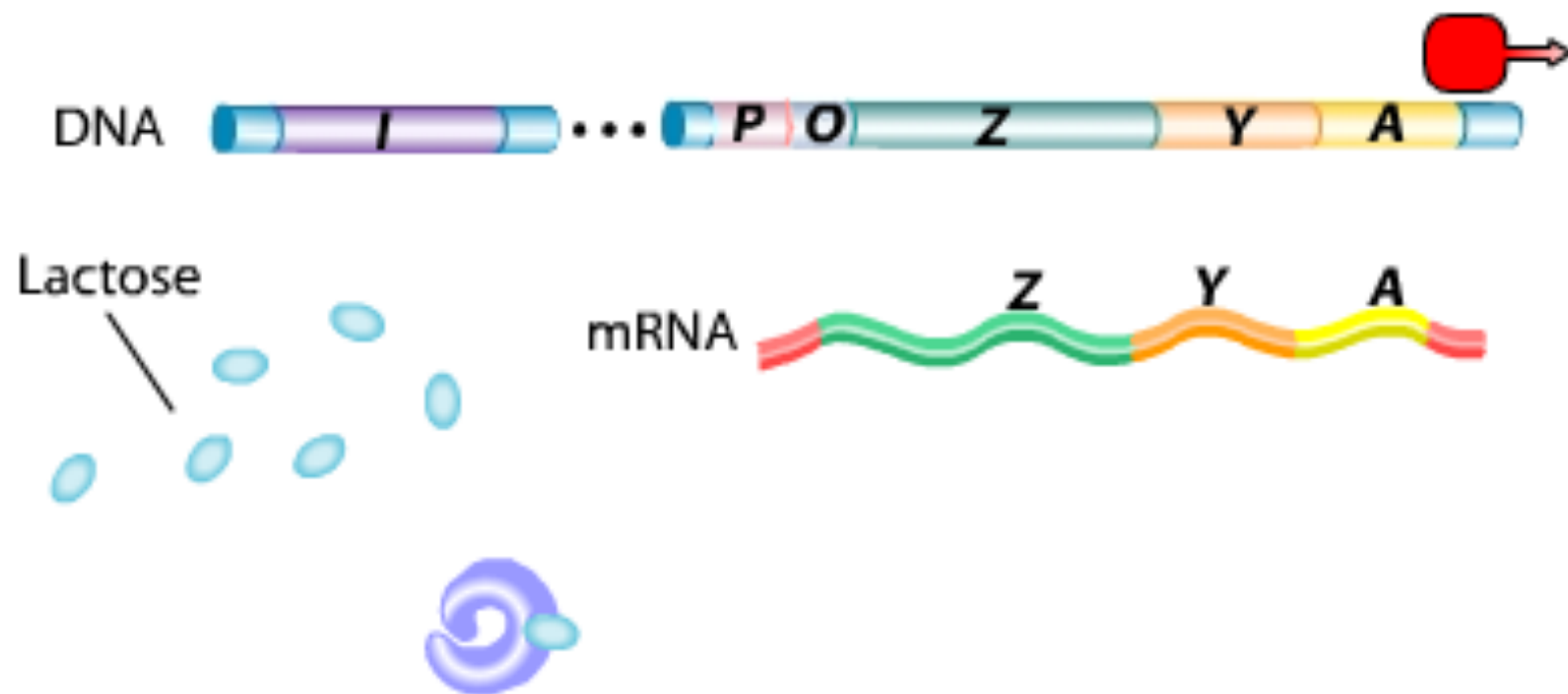
Lactose

The diagram shows a purple, spiral-shaped repressor protein. It is bound to several small, light blue, oval-shaped molecules representing lactose. One of these molecules is highlighted with a line pointing to the label 'Lactose'.
In this conformation, the repressor can no longer bind to the *lac* operator site.

Genotype: $I^+ O^+ Z^+ Y^+$

Lactose: PRESENT

When lactose is present in the cell medium, it binds to the allosteric site of the Lac repressor. This changes the conformation of the repressor.



Genotype: $I^+ O^+ Z^+ Y^+$
Lactose: PRESENT

Without the repressor blocking its way, RNA polymerase is able to transcribe the structural genes.



Lactose

mRNA



Suppression
de la
répression

Genotype: $I^+ O^+ Z^+ Y^+$
Lactose: PRESENT
Result: *lac* operon induced

Structural
proteins
made

Régulation
Négative

Thus, in the presence of lactose, the *lac* structural genes are expressed. The proteins encoded by the Z and Y genes are required for the metabolism of lactose.

& s'il y a les 2

Glucose/ Lactose

...?!

En général:

glucose disponible comme source d'énergie



utilisation préférentielle/autres sucres



Empêchement de l'expression de plusieurs opérons
(lactose, galactose et arabinose)

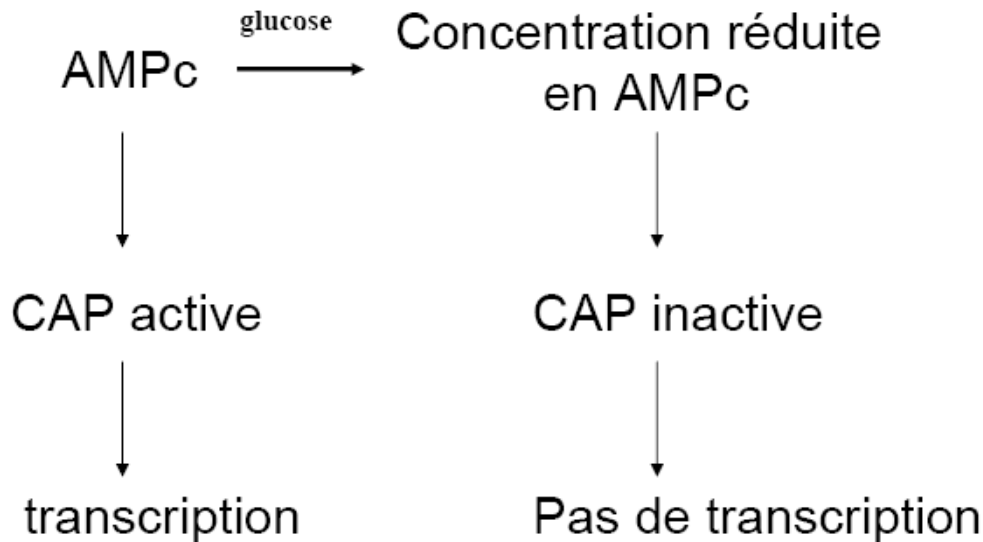


=Répression des catabolites

La répression des catabolites fait intervenir une **régulation positive** au niveau du promoteur.

COMMENT?

Le glucose entraîne une répression des catabolites en **diminuant** la concentration de l'**AMPc**.

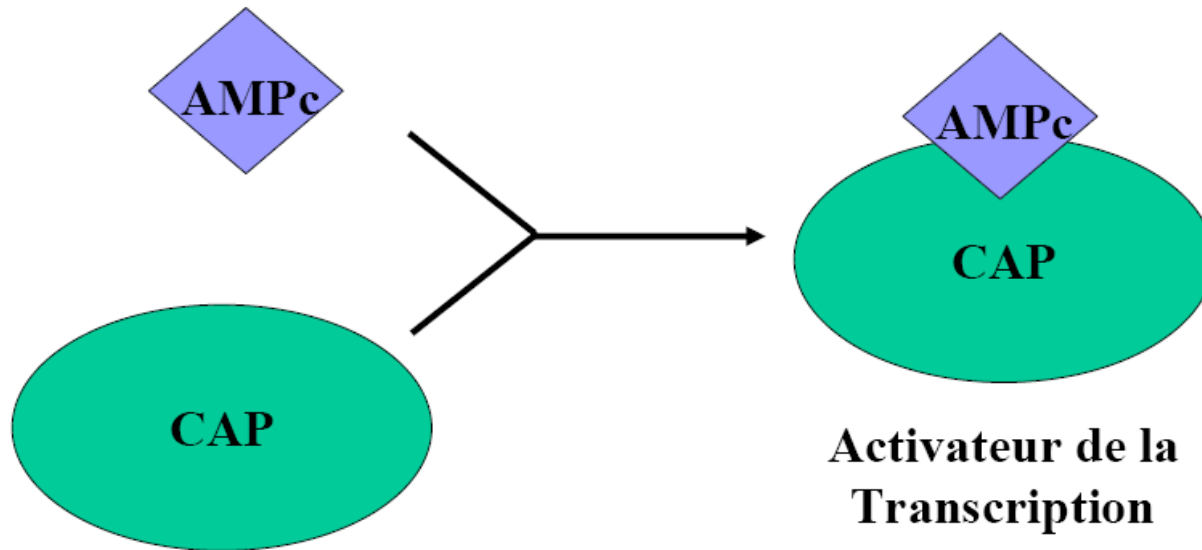


➡ **Peu de glucose => beaucoup d'AMPc => AMPc-CAP active => liaison à l'ADN => transcription: utilisation des autres sucres**

➡ **beaucoup de glucose => peu d'AMPc => CAP inactive => pas de transcription => utilisation du glucose**

CAP?

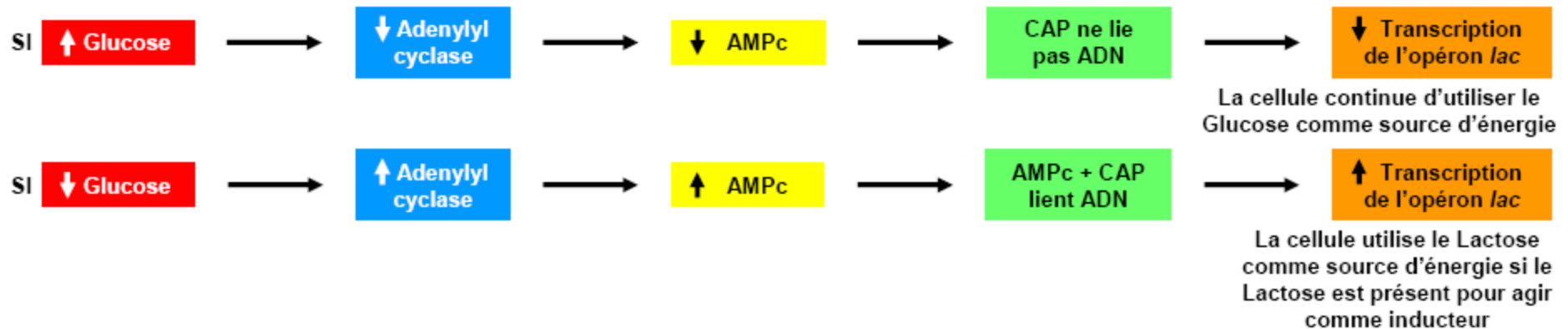
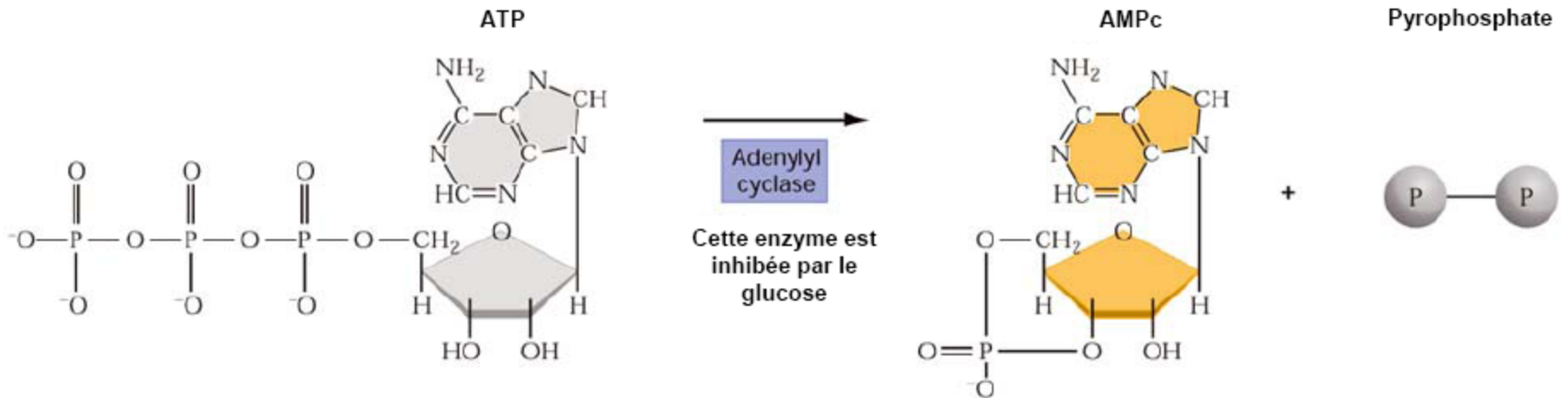
La protéine CAP (Catabolite activator protein)



CAP = protéine activatrice des catabolites = facteur de contrôle positif

CAP interrompt les voies métaboliques alternatives lorsqu'elles sont rendues superflues par un apport de glucose.

En effet:



RECAPITULATIF

3 Scénarios :

1- Pas de lactose présent

L'opéron est "éteint" → pas d'ARNm synthétisé

2- Lactose présent; glucose présent également

La présence du lactose inactive le répresseur → il y a Transcription

(Parce que le Glucose est présent → cAMP est faible → CAP ne peut aider la transcription)

3- Lactose présent; pas de glucose

la présence de lactose inactive le répresseur → il y a Transcription

(Il n'y a pas de Glucose → [cAMP] est élevée → cAMP se fixe à la CAP (activation) → CAP se fixe & 'aide' la transcription : Niveau élevé de transcription)

3.1.OPERON LAC: Mutations

Analyse génétique de l'opéron

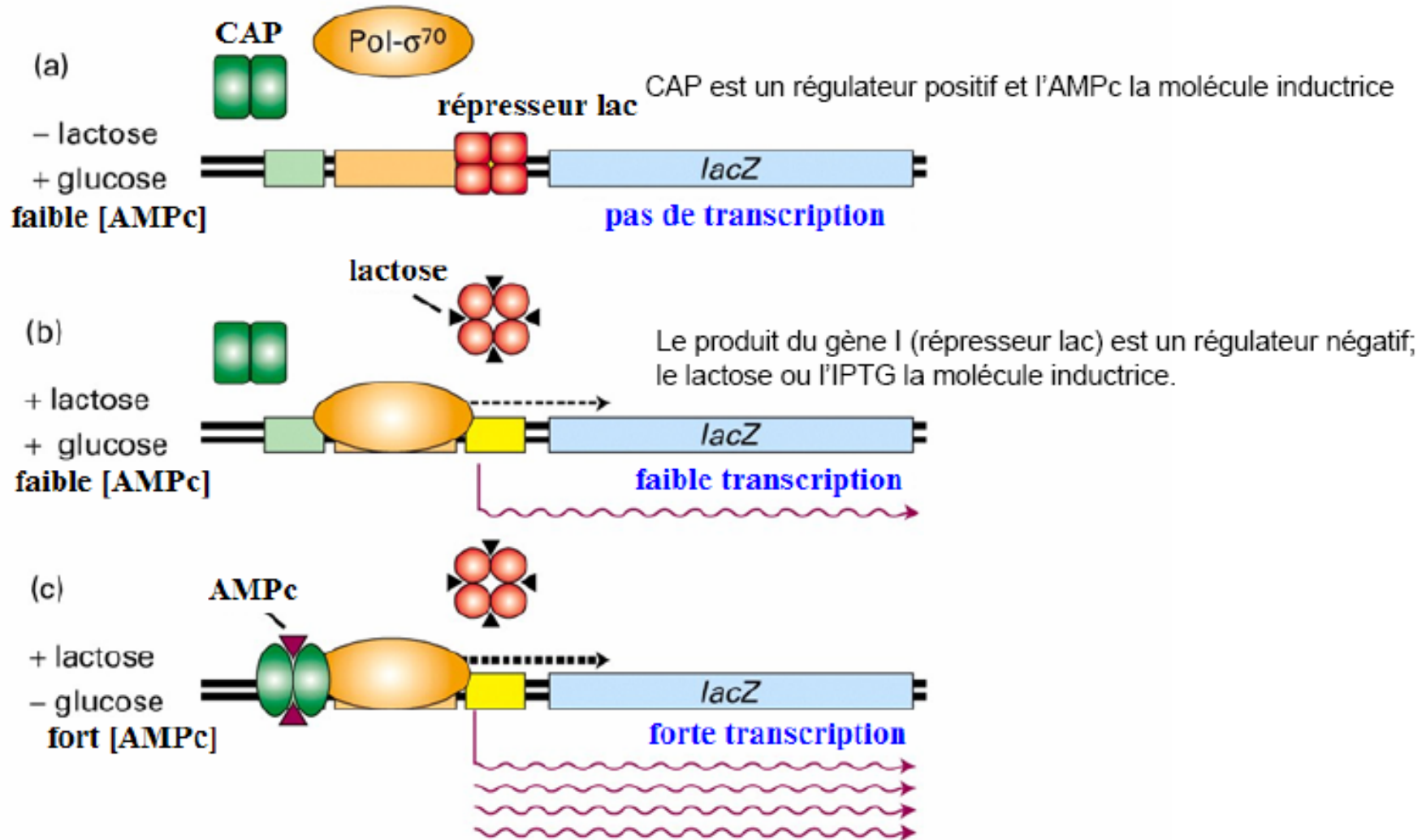
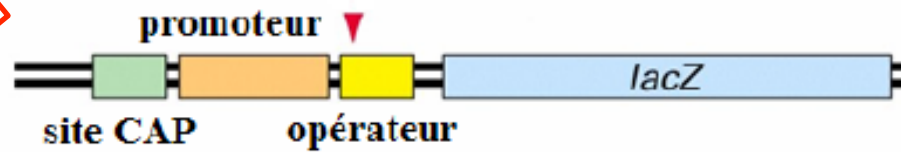
Quels sont les éléments essentiels du système de régulation ?

La génétique a joué un rôle décisif dans la compréhension du fonctionnement de l'opéron lac.

OBJECTIF:

→ évaluer les changements qui se produisent dans la spécificité de l'un ou l'autre des intervenants du système en réalisant des **MUTATIONS**.

Schématiquement...



les 3 gènes **lacZ**, **lacY** et **lacA** ont une régulation commune

En **absence** de lactose: β -galactosidase
lactose perméase
galactoside transacétylase

En **présence** de lactose: β -galactosidase
lactose perméase
galactoside transacétylase

Génotypes	β -galactosidase		lactose perméase		galactoside tcase	
	-IPTG	+IPTG	-IPTG	+IPTG	-IPTG	+IPTG
$i^+ o^+ z^+ y^+ a^+$	0,1	100	1	100	1	100
$i^+ o^+ z^- y^+ a^+$	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	1	100	1	100
$i^+ o^+ z^+ y^- a^+$	0,1	100	<u>0,1</u>	<u>0,1</u>	1	100
$i^+ o^+ z^+ y^+ a^-$	0,1	100	1	100	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>
$i^+ o^+ z^+ y^+ a^+$	0,1	100	1	100	1	100

$i^- o^+ z^+ y^+ a^+$	100	100	100	100	100	100
-----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

$i^+ o^c z^+ y^+ a^+$	25	95	15	100	10	100
-----------------------	----	----	----	-----	----	-----

régulation commune des 3 gènes **sous contrôle**
de **2 locus régulateurs distincts: i et o**

les 3 gènes **lacZ**, **lacY** et **lacA** ont une régulation commune

En **absence** de lactose: β -galactosidase
lactose perméase
galactoside transacétylase

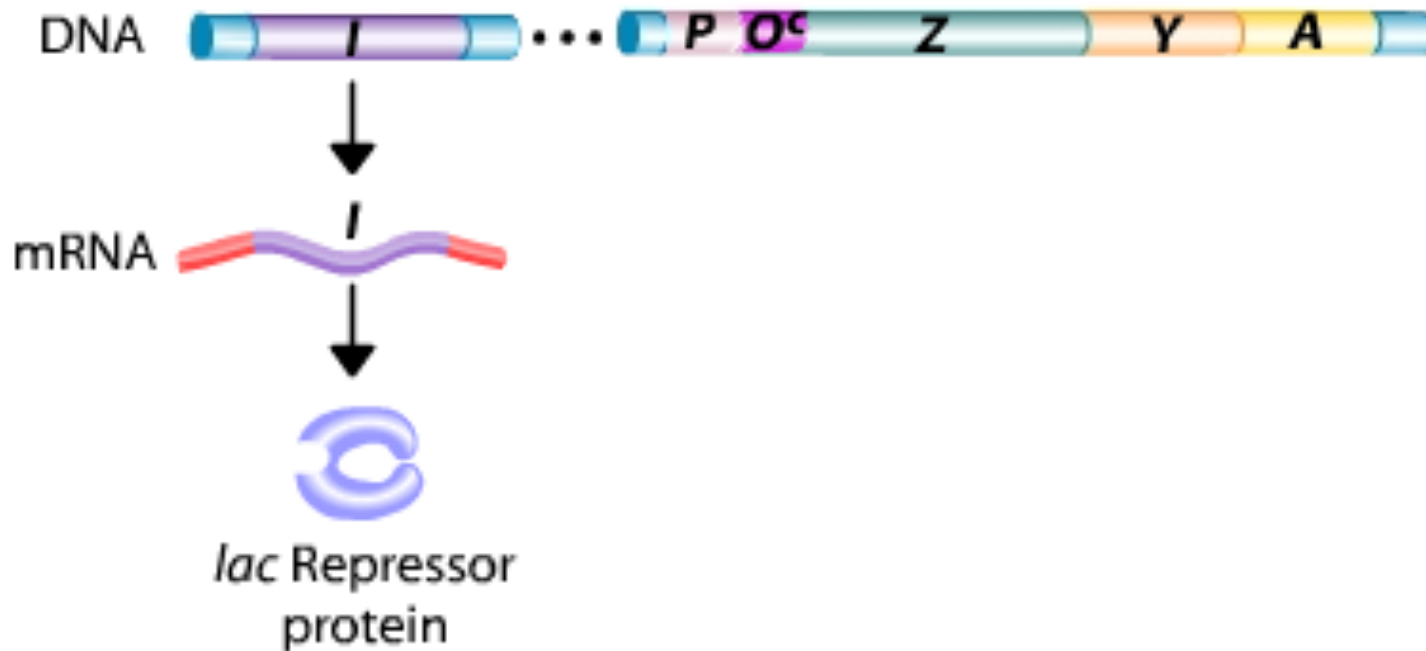
En **présence** de lactose: β -galactosidase
lactose perméase
galactoside transacétylase

régulation commune des 3 gènes **sous contrôle**
de **2 locus régulateurs distincts: i et o**

COMMENT?

Analyse des mutants et diploïdes partiels

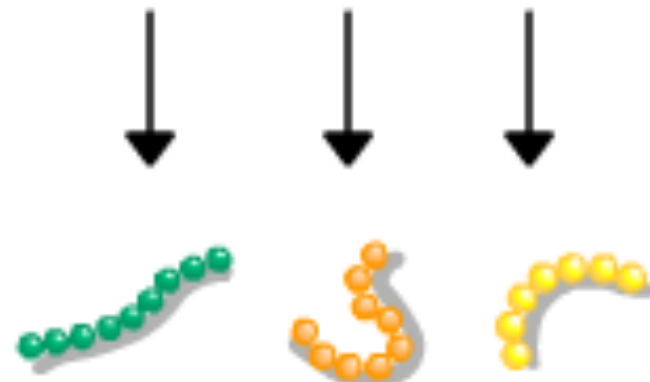
Opérateur Mutant = Mutation O^c



Genotype: $I^+ O^c Z^+ Y^+$



Genotype: $I^+ O^c Z^+ Y^+$

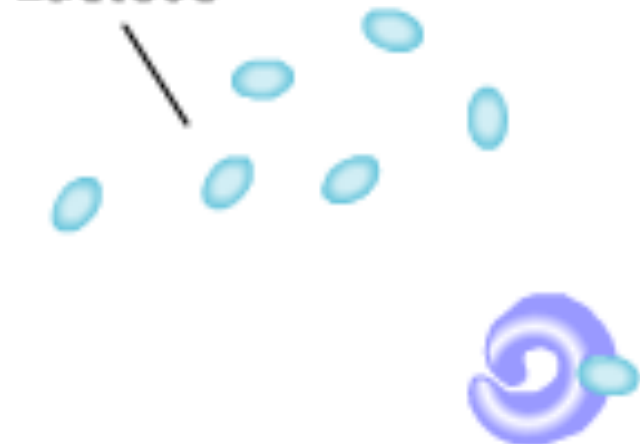


Genotype: $I^+ O^C Z^+ Y^+$
Lactose: ABSENT
Result: *lac* operon induced

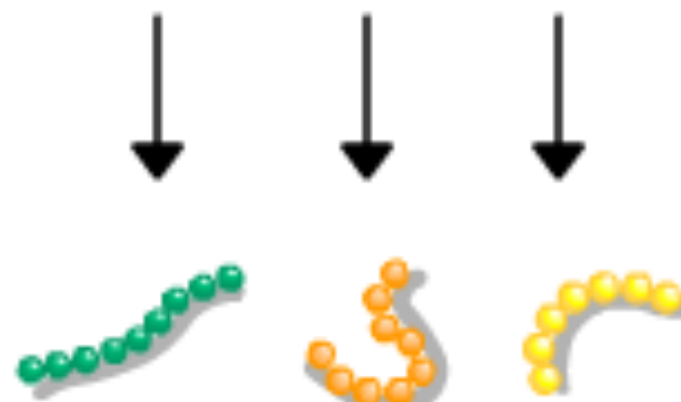
Structural
proteins
made

DNA 

Lactose



mRNA



Genotype: $I^+ O^c Z^+ Y^+$

Lactose: PRESENT

Result: *lac* operon induced

Structural
proteins
made

	<u>Lactose absent</u>	<u>Lactose present</u>
$I^+ O^+ Z^+ Y^+$	operon OFF	operon ON
$I^+ O^c Z^+ Y^+$	operon ON	operon ON

→ O^c is constitutive

Lac I Mutant : Mutation I⁻

DNA 

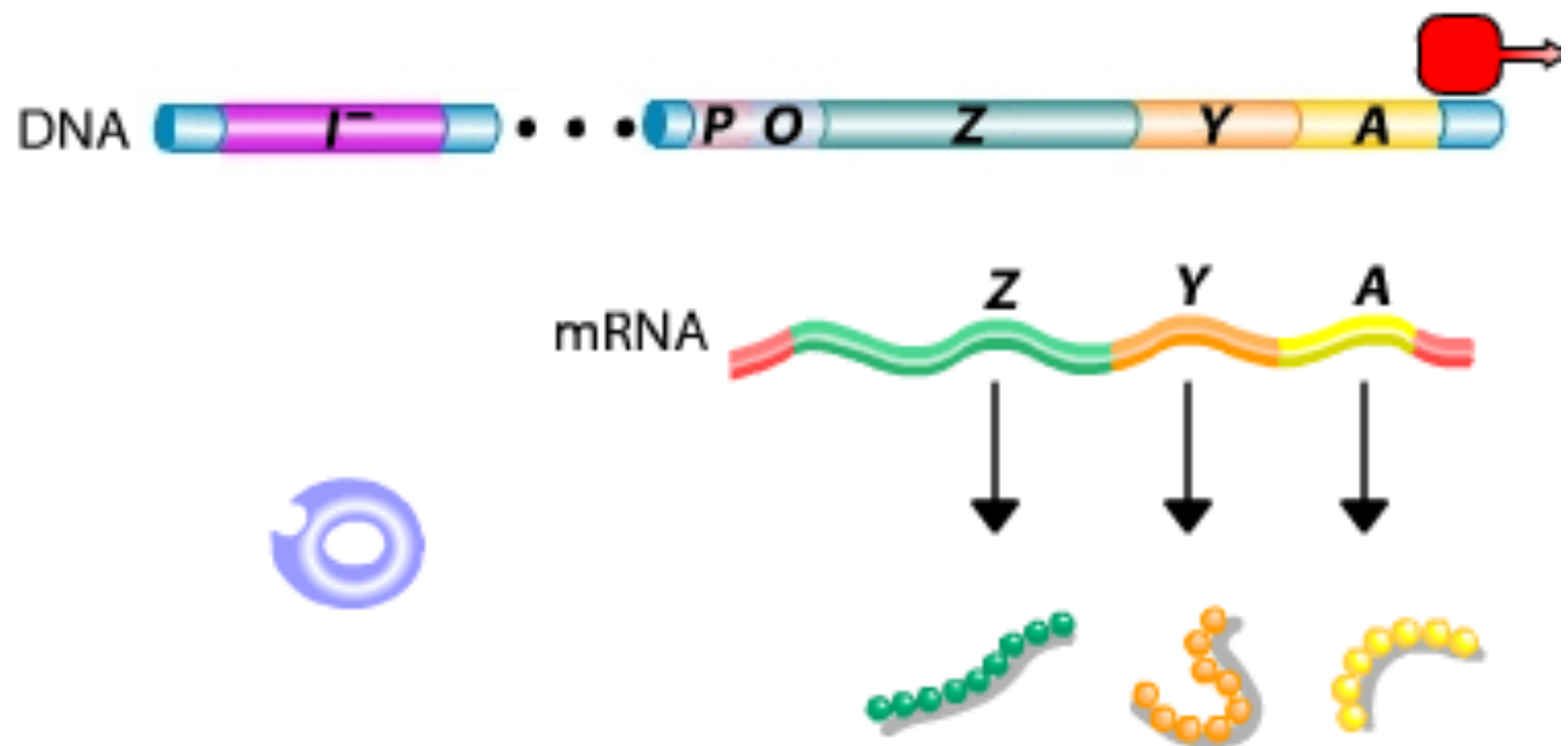


Mutant
lac repressor

Genotype: $I^{-} O^{+} Z^{+} Y^{+}$



Genotype: $I^- O^+ Z^+ Y^+$



Genotype: $I^- O^+ Z^+ Y^+$
Lactose: ABSENT
Result: *lac* operon induced

Structural
proteins
made

F' DNA 



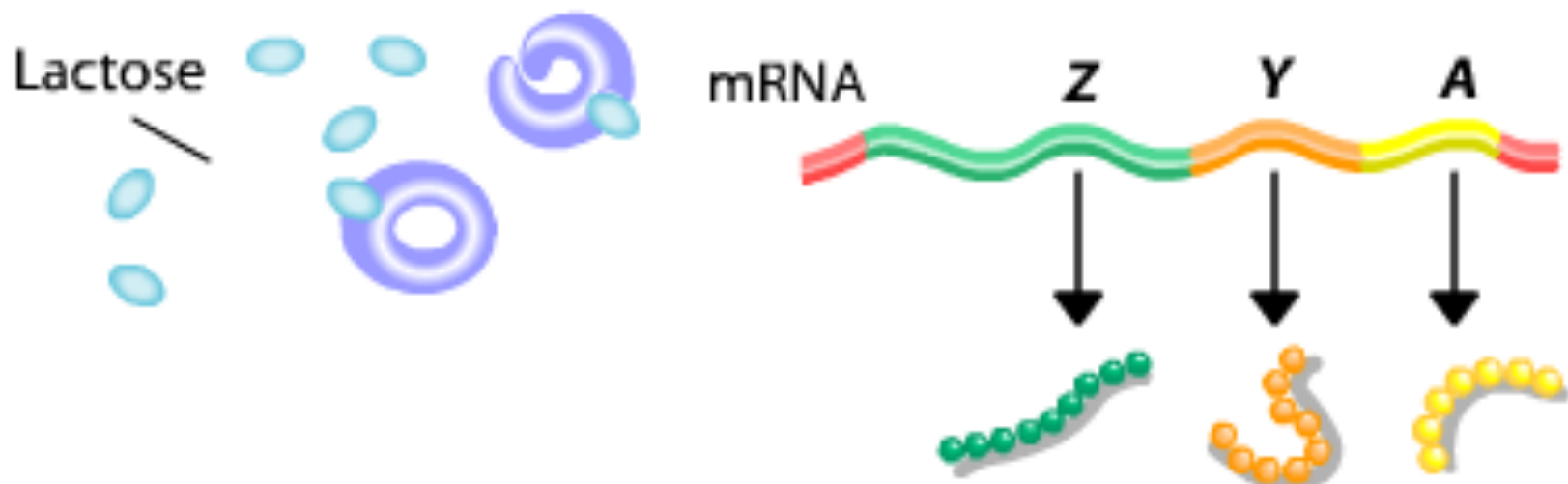

No
mRNA


No proteins made

Genotype: $I^- O^+ Z^+ Y^+ / F I^+$
Lactose: ABSENT
Result: *lac* operon repressed

F' DNA 

DNA 



Genotype: $I^- O^+ Z^+ Y^+ / F I^+$
Lactose: PRESENT
Result: *lac* operon induced

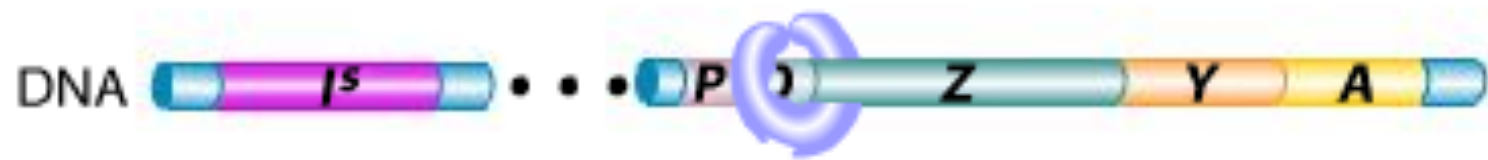
	<u>Lactose absent</u>	<u>Lactose present</u>	
$I^+ O^+ Z^+ Y^+$	operon OFF	operon ON	
$I^- O^+ Z^+ Y^+$	operon ON	operon ON	I^- is constitutive
$I^- O^+ Z^+ Y^+ / F I^+$	operon OFF	operon ON	I^+ is dominant to I^- I^+ acts in trans

Lac I Mutant : Mutation I^S

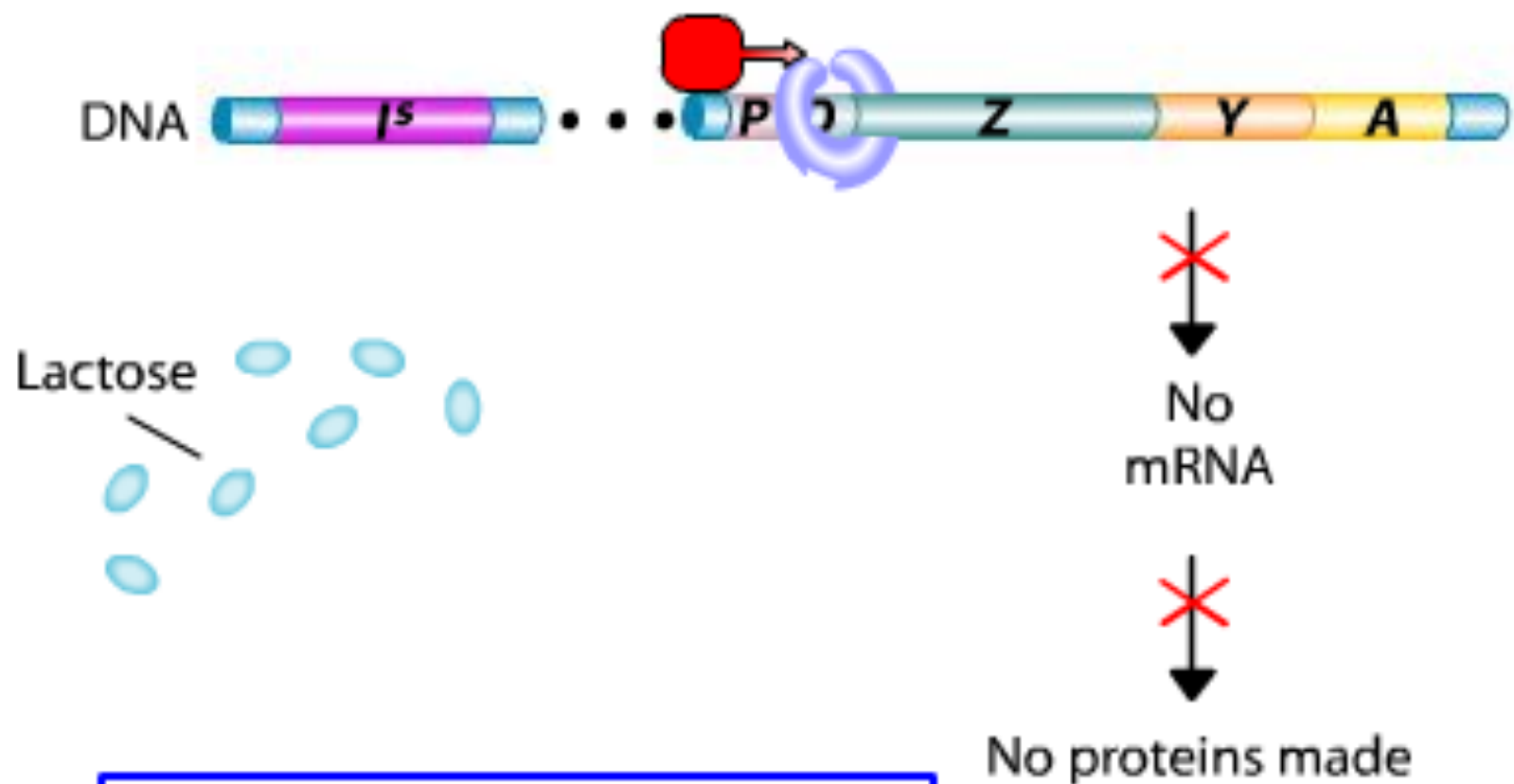
DNA 



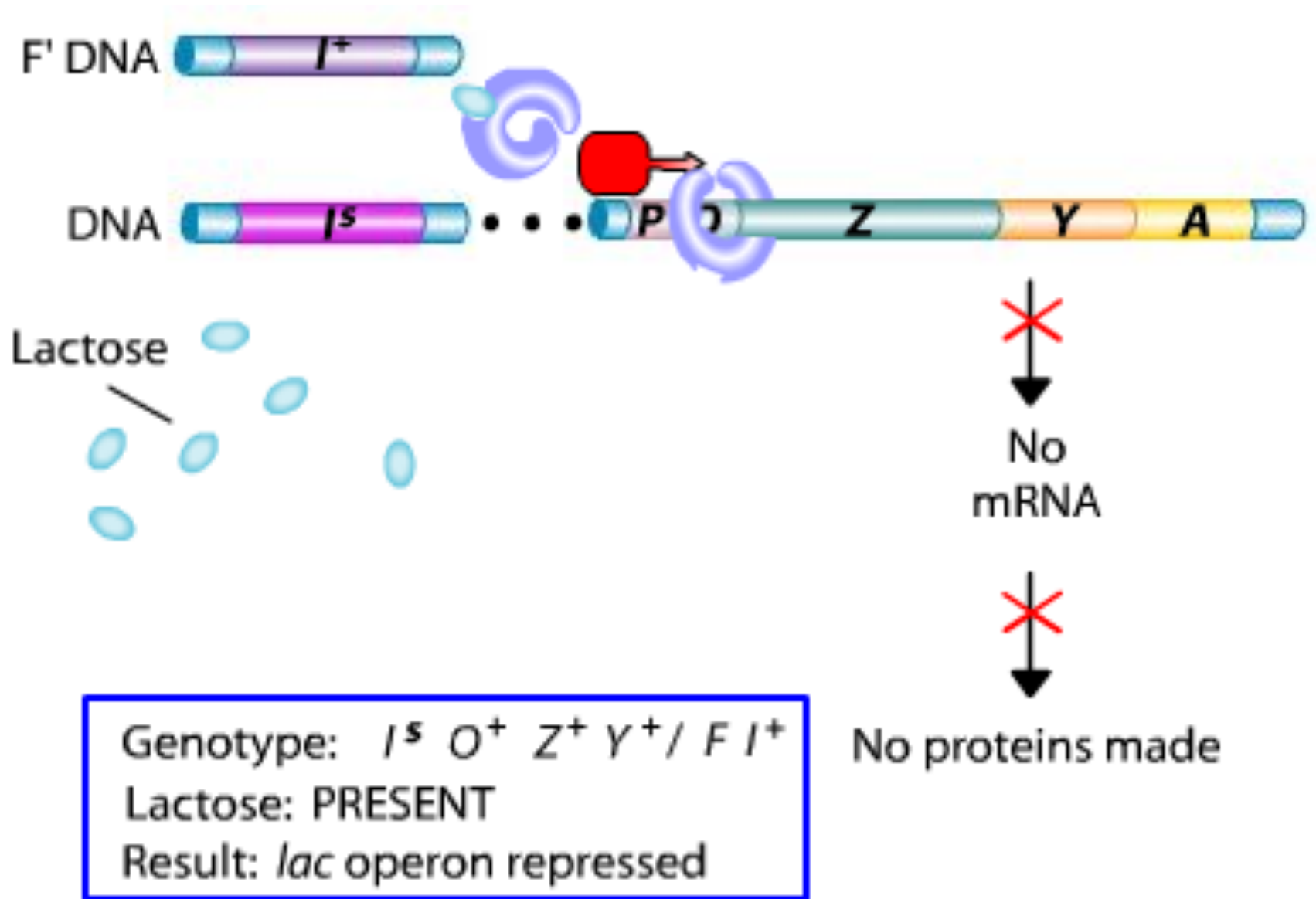
Genotype: $I^S O^+ Z^+ Y^+$



Genotype: $I^S O^+ Z^+ Y^+$



Genotype: $I^S O^+ Z^+ Y^+$
Lactose: PRESENT
Result: *lac* operon repressed





No
mRNA

No proteins made

Genotype: $I^s O^+ Z^+ Y^+$
Lactose: ABSENT
Result: *lac* operon repressed

	<u>Lactose absent</u>	<u>Lactose present</u>	
$I^+ O^+ Z^+ Y^+$	operon OFF	operon ON	
$I^s O^+ Z^+ Y^+$	operon OFF	operon OFF	I^s is always repressed
$I^s O^+ Z^+ Y^+ / F I^+$	operon OFF	operon OFF	I^s is dominant to I^+

RECAPITULATIF

mutations O^c

Les mutations de l'opérateur sont **constitutives**, car le promoteur est incapable de **fixer la protéine répresseur**;

Ceci permet à l'ARN polymérase d'avoir libre accès au promoteur.

Les mutations O^c agissent en *cis*, car elles ne touchent que les gènes structuraux qui leur sont contigus.

mutations du type lac I

Les mutations qui inactivent le gène *lac I* entraînent:

OU BIEN l'expression constitutive de l'opéron, car la protéine du répresseur mutant ne peut plus se fixer sur l'opérateur.

OU BIEN la répression de l'opéron car la protéine du répresseur mutant ne peut plus être désactivée par le lactose.

Exercice:

I- On possède deux souches de bactéries, *E. coli* A et B. Les deux souches sont mises à pousser sur milieu de culture en présence ou en absence de lactose et leur capacité à synthétiser la β -galactosidase et la perméase est étudiée (voir tableau 1)

Tableau1.

Souche	Absence de lactose		Présence de lactose	
	β -gal	perm	β -gal	perm
A	-	+	-	+
B	+	-	+	-
C	+	-	+	+
D	+	-	+	+

L'ADN chromosomique de la souche A est soumis à une action enzymatique. La région du système lac est isolée puis clonée au site EcoRI du plasmide pBR322 (figure 1).

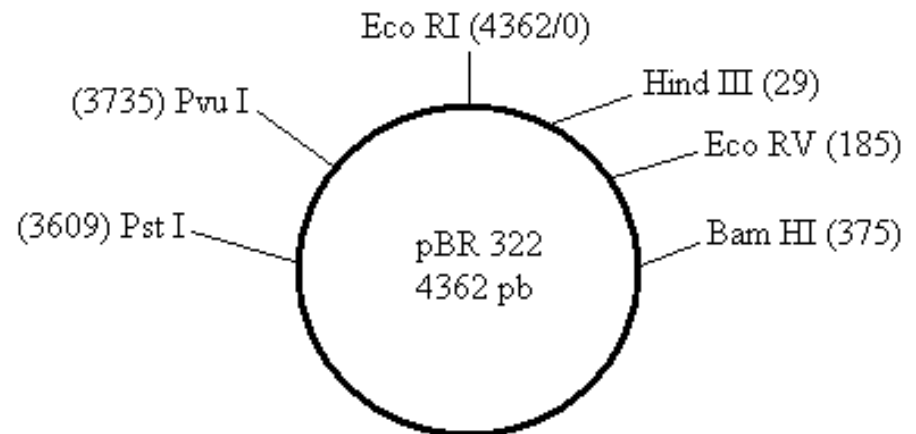


Figure1.

Le plasmide recombinant est ensuite utilisé pour transformer les bactéries de la souche B. La souche issue de cette transformation est appelée C. Sa capacité à métaboliser le lactose est étudiée dans les mêmes conditions que les souches A et B, voir tableau 1.

Questions :

- 1- Quelle (s) différence (s) génétiques fondamentale (s) existe (ent) entre la souche C et les souches A et B ?
- 2- Quel est le mode de synthèse de chacune des enzymes chez les souches A, B et C ?
- 3- Déduire le génotype des souches A, B et C. Justifier votre réponse.

II- L'ADN plasmidique de la souche C est extrait puis soumis à l'action de l'endonucléase de restriction Pst I. Le fragment plasmidique issu de cette digestion est isolé puis refermé sur lui-même et utilisé pour transformer les bactéries de la souche B. La souche issue de cette transformation est appelée D. Sa capacité à métaboliser le lactose est utilisée comme auparavant, (tableau 1). D'autre part, la capacité des quatre souches à résister aux antibiotiques est étudiée (tableau 2).

Tableau 2.

Souche	Milieu contenant la Tétracycline	Milieu contenant l'Ampicilline	Milieu contenant Tétra+Amp
A	-	-	-
B	-	-	-
C	+	+	+
D	+	-	-

+ : présence de colonies ; - : absence de colonies.

Questions :

- 4- Quelle (s) hypothèse (s) probable (s) proposez-vous pour interpréter les résultats des tableaux 1 et 2 obtenus avec les souches C et D ?
- 5- Donner le génotype de la souche D.
- 6- Donner la cartographie de restriction des plasmides contenus dans les souches C et D.

III- Les quatre souches A, B, C et D sont ensuite transférées sur un milieu (a) contenant du glucose, et sur un milieu (b) contenant du lactose et un excès de phosphodiesterase.

Questions :

- 7- Résumer les résultats obtenus sous forme d'un tableau en ce qui concerne la synthèse de la β -galactosidase et de la perméase sur les milieux (a) et (b).
- 8- Proposer un modèle moléculaire pour expliquer à l'aide d'un schéma le fonctionnement de l'opéron lactose.

L'opéron Tryptophane* (chez *E. coli*) **un exemple d'opéron anabolique répressible**

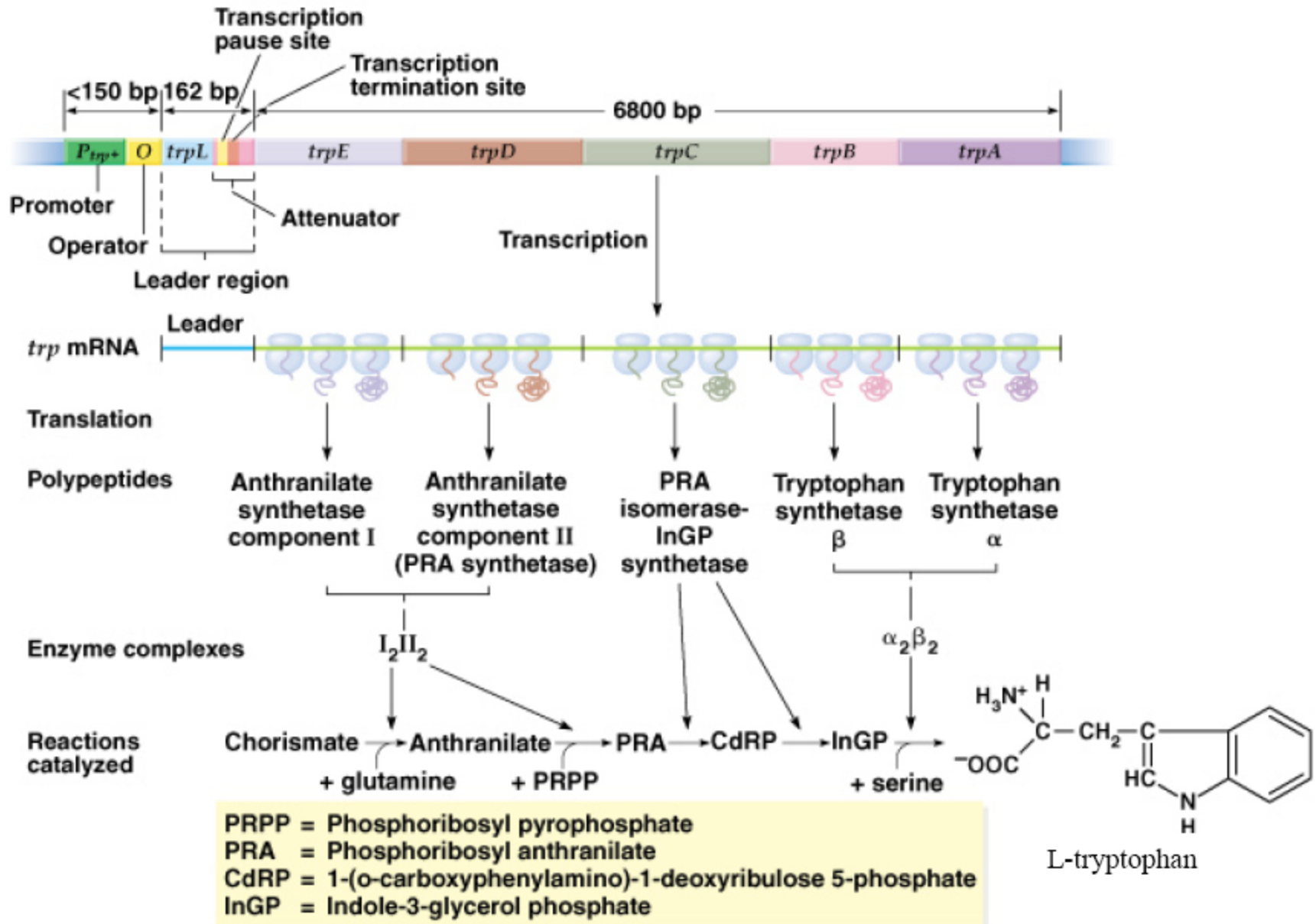
*Tryptophane : acide aminé

4.1. OPERON *trp*: Définition et structure



- L'**opéron *trp*** code pour les enzymes requises pour la synthèse du tryptophane (*trpAE*)
- La synthèse de l'ARNm de l'opéron est contrôlée par un **répresseur** qui bloque la transcription lorsqu'il est lié par le tryptophane (**co-répresseur**)

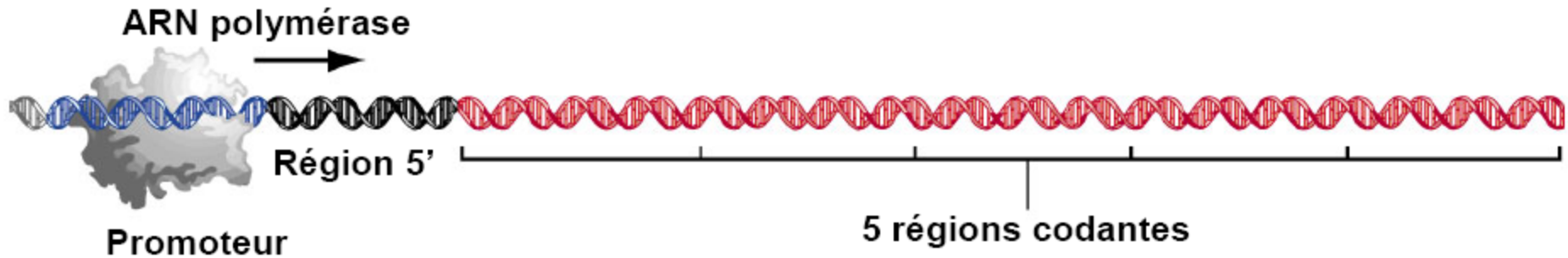
Organisation de l'opéron *Trp* d'*E. coli*



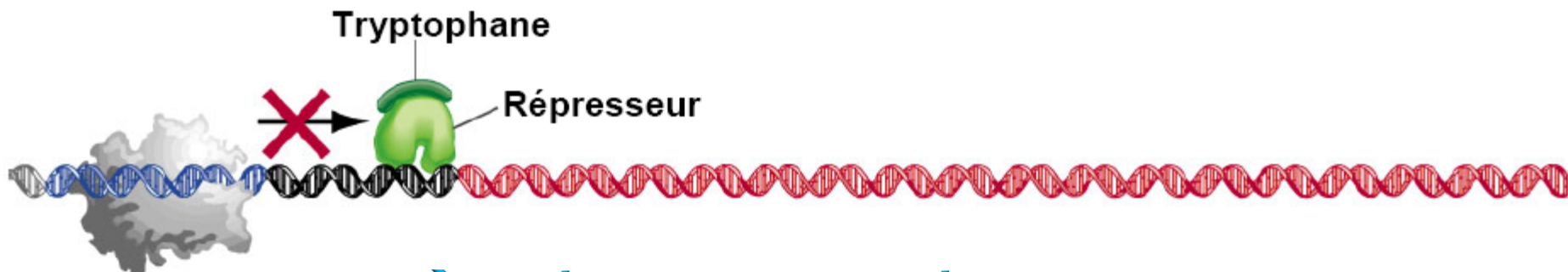
<i>trp E</i>	Anthranilate synthase
<i>trp D</i>	Phosphoribosyl anthranilate transférase
<i>trp C</i>	Phosphoribosyl isomérase/indoleglycérol phosphate synthase
<i>trp B</i>	Tryptophan synthétase α
<i>trp A</i>	Tryptophan synthase β

4.2. OPERON *trp*: fonctionnement

Lorsque le tryptophane est absent, la transcription se produit



Lorsque le tryptophane est présent, la transcription est bloquée.



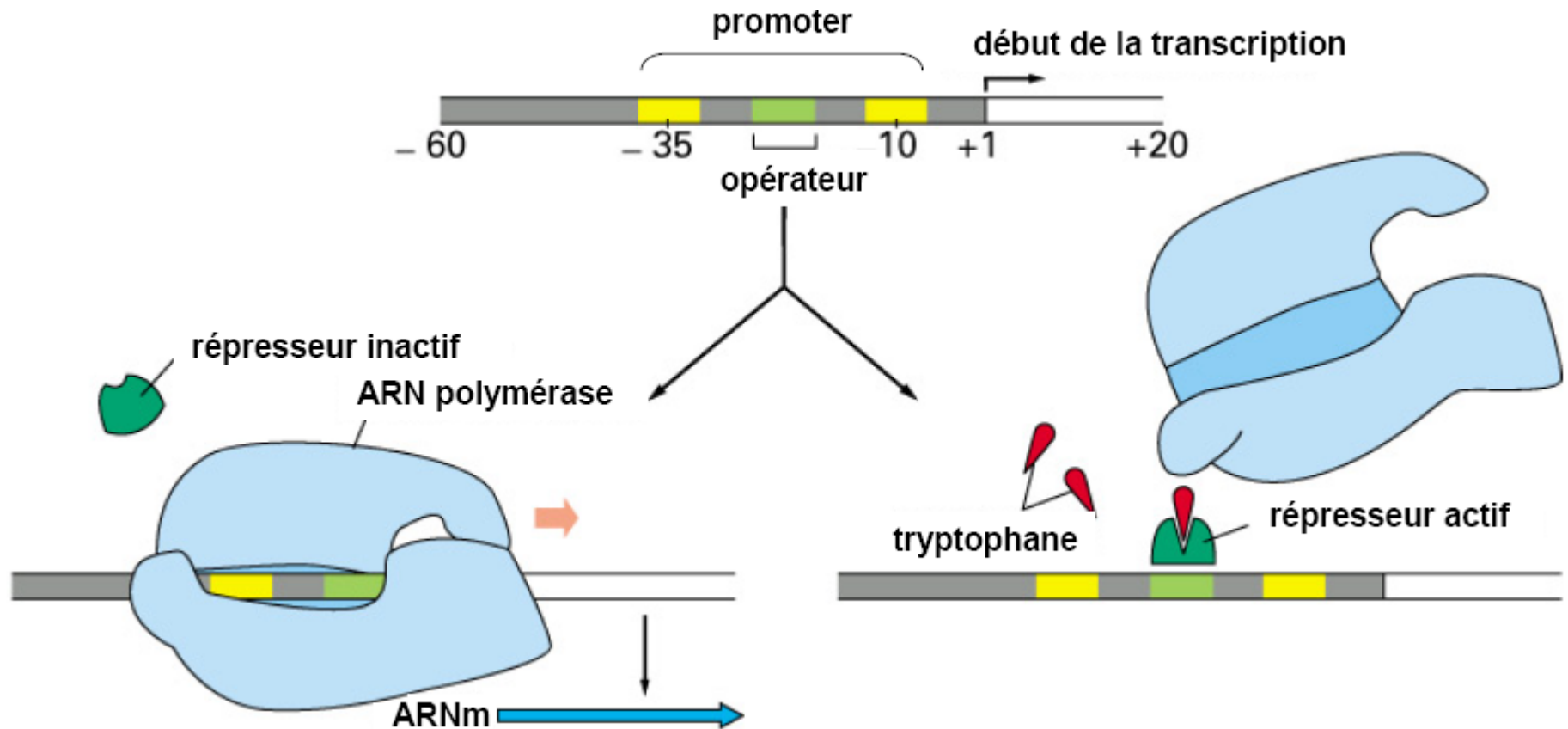
→ Régulation Négative

Régulation de l'opéron tryptophane chez *E. coli*

Mécanisme n°1 Interaction répresseur-opérateur

La fixation du tryptophane au répresseur trp altère sa structure

→ Un déplacement de 0,8nm des hélices impliquées dans la reconnaissance permet au répresseur d'interagir avec l'ADN.

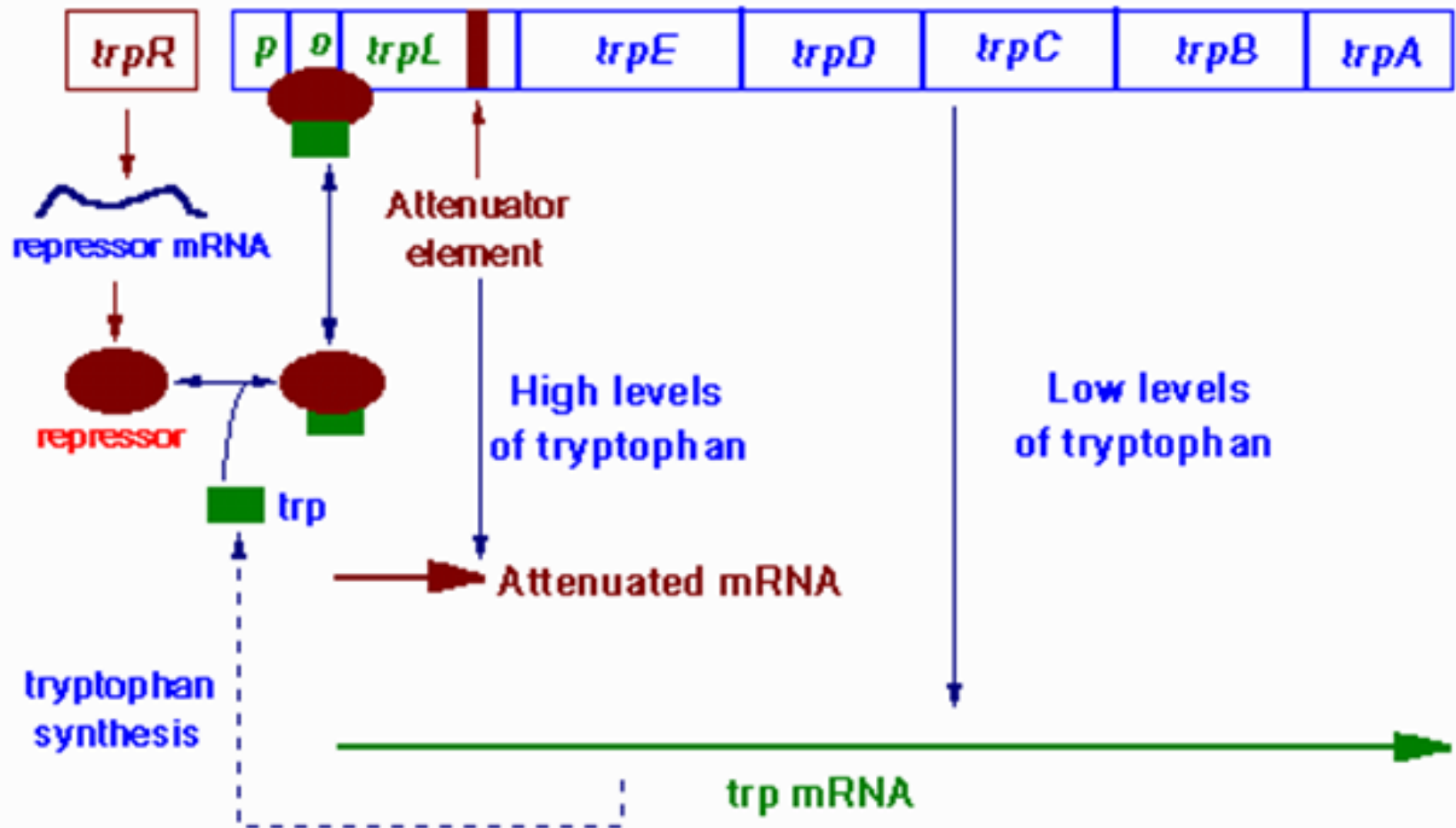


Cependant, en l'absence du répresseur, la synthèse de l'ARNm de l'opéron *trp* est encore **partiellement réprimée** par la présence de tryptophane

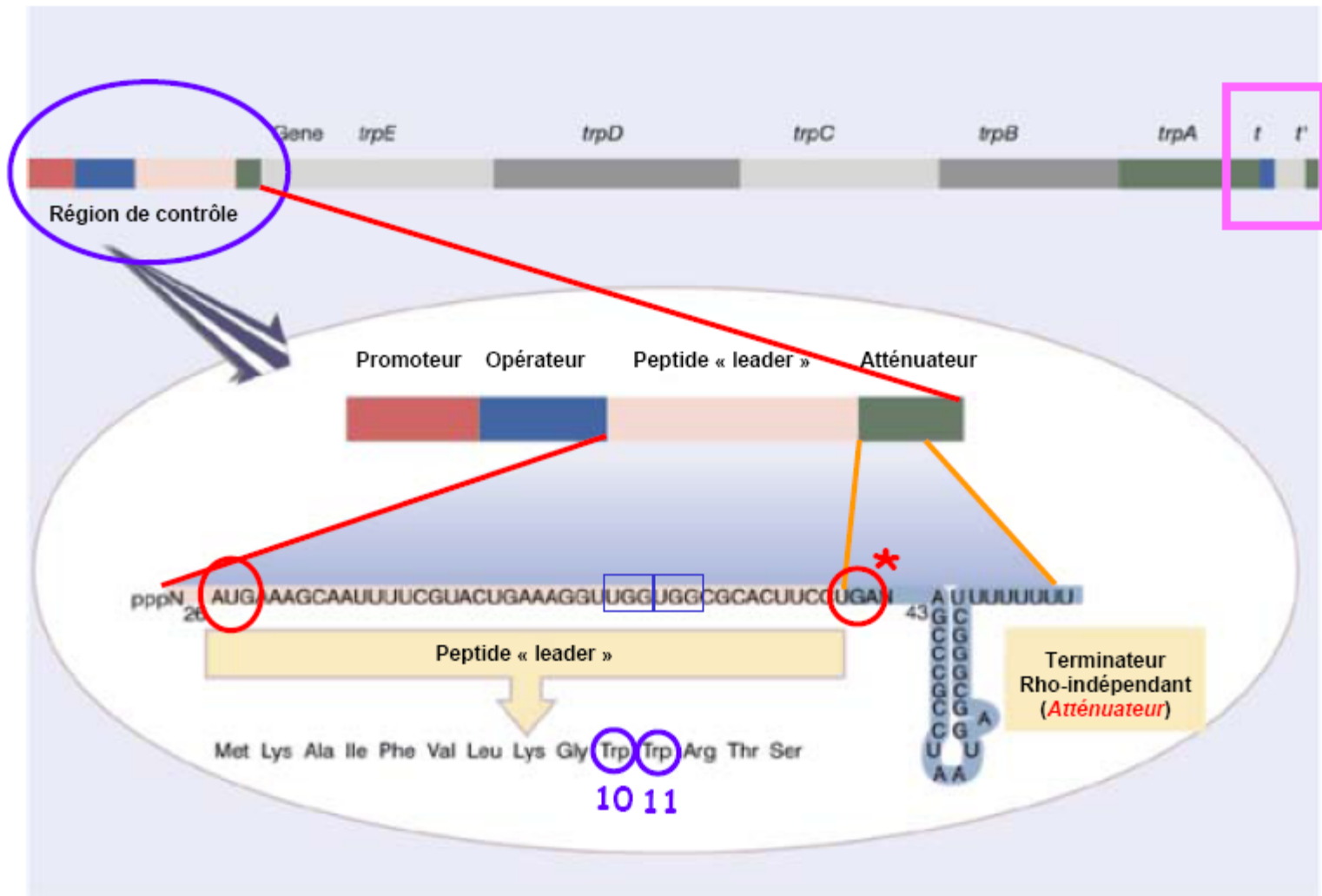
Expression de l'opéron *trp* dans des souches *trpR*⁺ et *trpR*⁻

	Avec Tryptophane (%)	Sans Tryptophane (%)
<i>trpR</i> ⁺	8	100
<i>trpR</i> ⁻	33	100

Structure of the *trp* Operon

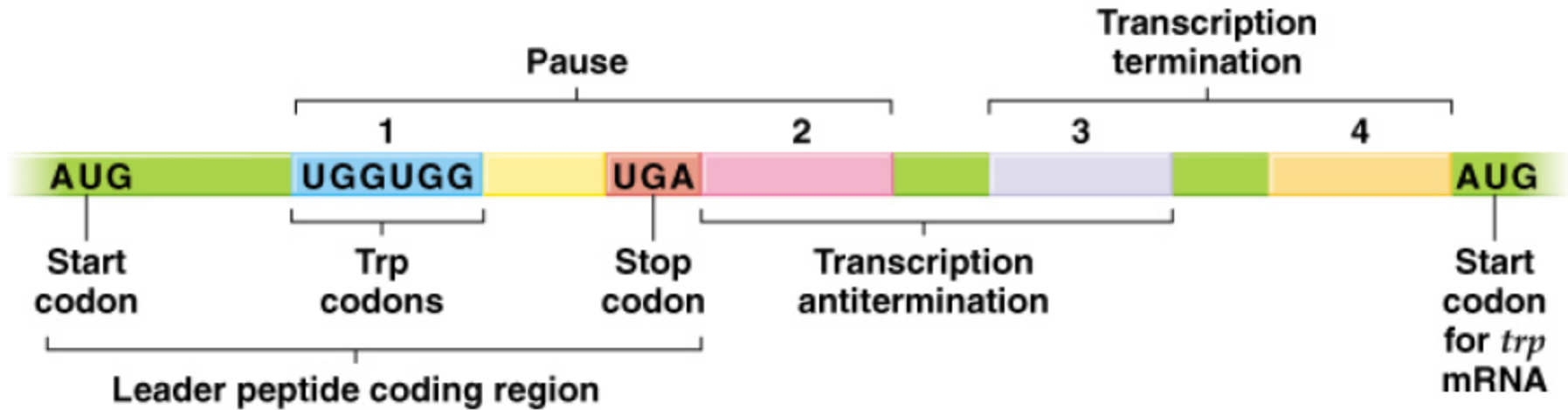


- La transcription est également contrôlée par atténuation, processus qui aboutit à la traduction d'un petit polypeptide.
- Quand les cellules sont privées de tryptophane, les gènes de l'opéron sont exprimés au taux le plus fort;
- Quand la privation en tryptophane est moins sévère, les gènes de l'opéron s'expriment à un niveau plus faible que le maximum.
- L'atténuation régule le niveau de transcription par un facteur de 8 à 10 et combiné avec le mécanisme 1 (interaction répresseur-opérateur) il y a diminution de la transcription d'un facteur 560 à 700.

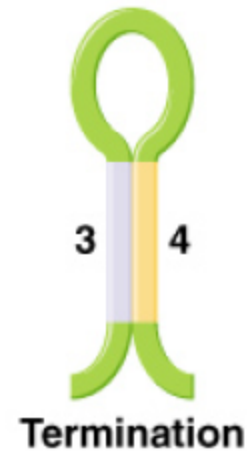
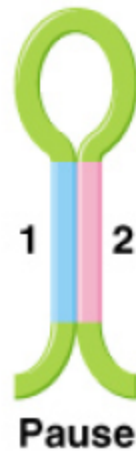


- Une petite séquence codante en avant de l'opéron *trp* contient deux codons pour le tryptophane de suite
- Lorsque la quantité de tryptophane dans la cellule est limitée, le ribosome **arrête** à ces codons *trp*
- La capacité du ribosome de lire ces codons régule un choix de tige et boucle (**terminateur** ou **anti-terminateur**)

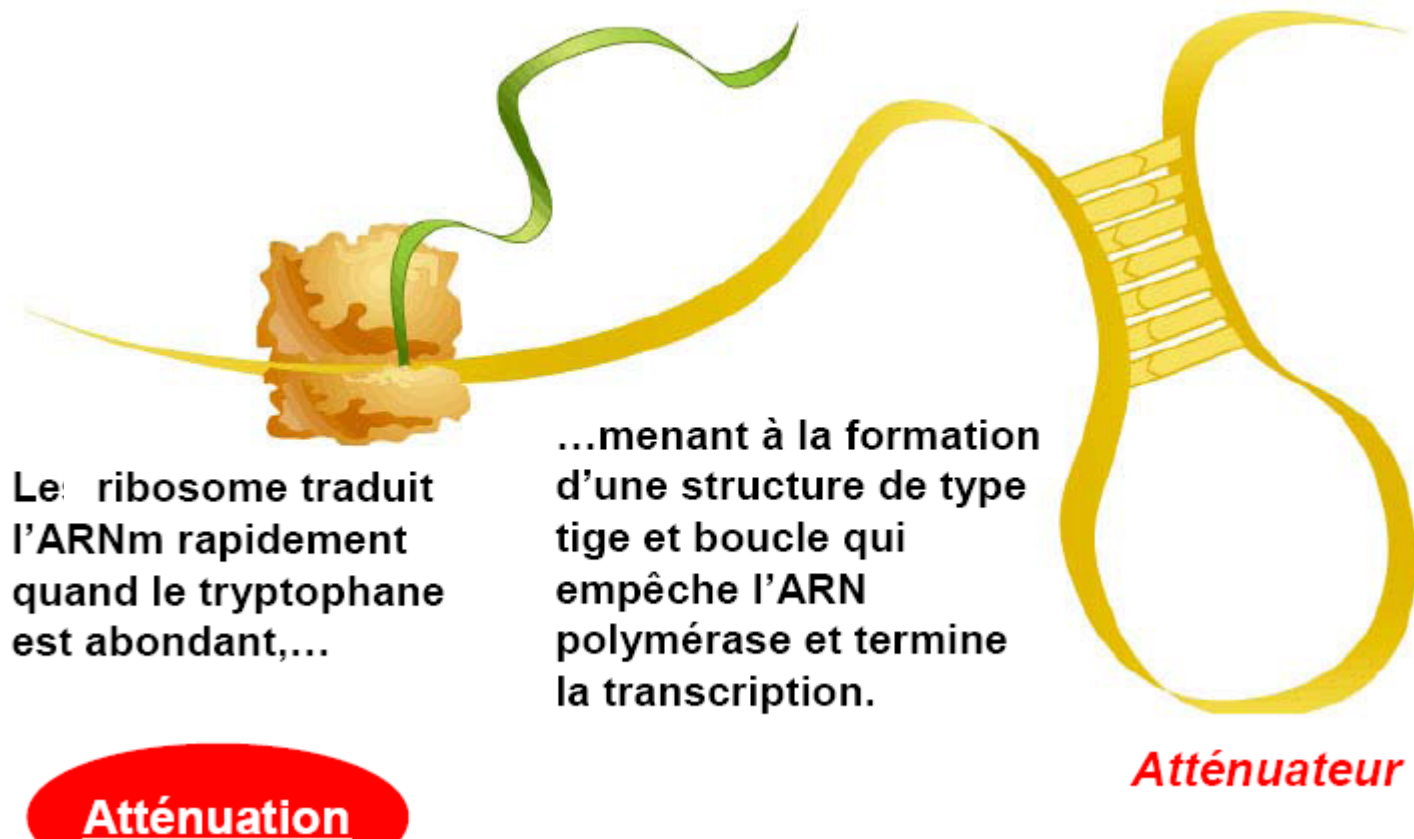
Organisation de la région leader/atténuateur de l'opéron *trp*



Structures ARN alternatives

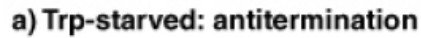


La position du ribosome joue un rôle important dans le phénomène d'atténuation



Atténuation: mécanisme qui contrôle la capacité de l'ARN polymérase de lire un *atténuateur*, qui est un *terminateur* placé au début de la transcription

Phénomène d'atténuation pour des cellules privées de trp



In tryptophan starvation or at low levels of tryptophan, ribosome translating leader transcript stalls at trp codon 90-

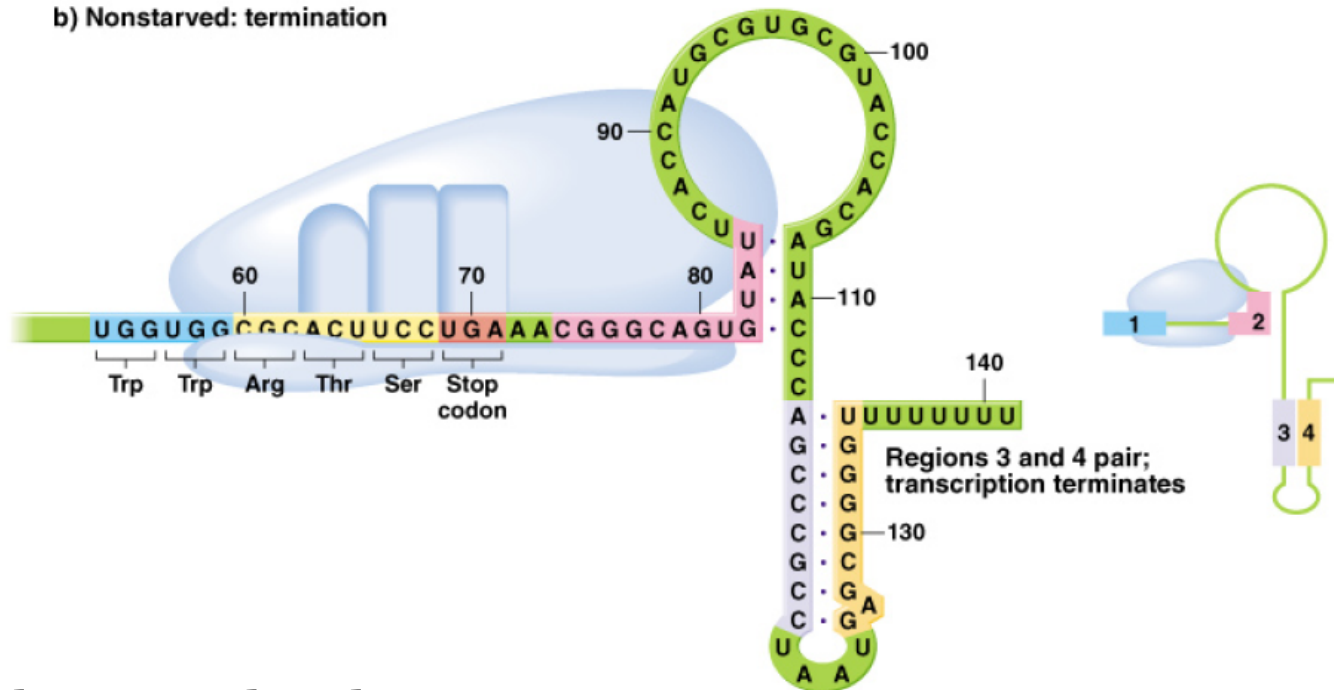
- Regions 2 and 3 pair, preventing formation of 3-4 pair; transcription continues

Regions

- 1-** les trp-ARNt sont indisponibles, le ribosome s'arrête aux codons trp ce qui couvre la région 1.
- 2-** la région 1 ne peut s'apparier avec la région 2, à la place la région 2 s'apparie à la région 3.
- 3-** la région 3 ne peut donc s'apparier à la région 4.
- 4-** l'ARN polymérase continue à transcrire l'ensemble de la séquence codante ce qui permet la synthèse complète de l'ARNm.

Situation 2:

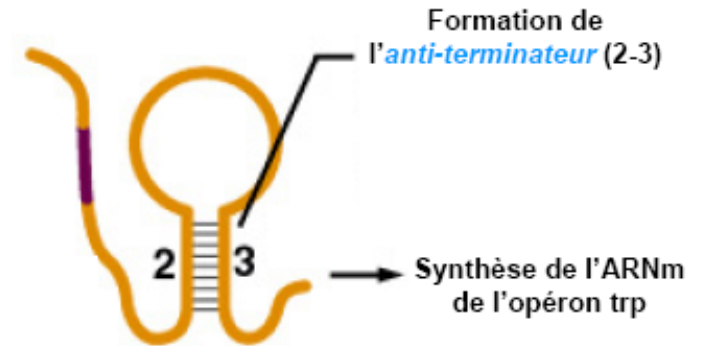
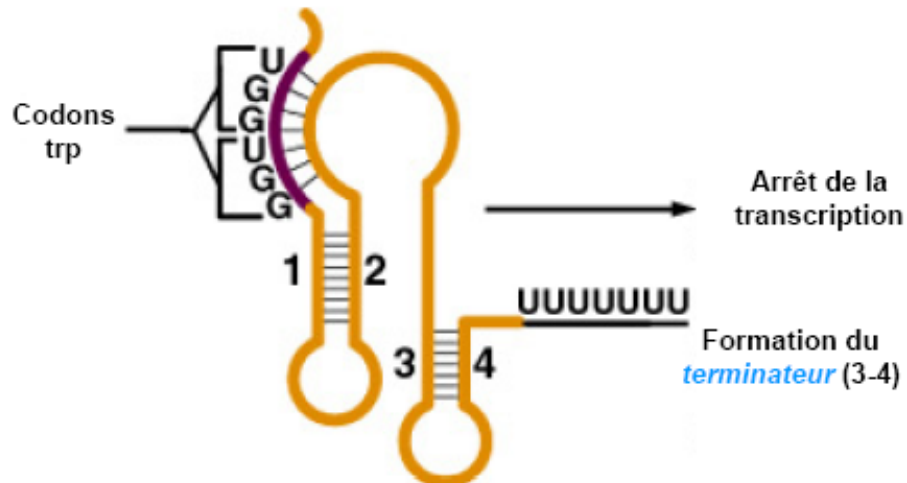
Phénomène d'atténuation pour des cellules non-privées de trp



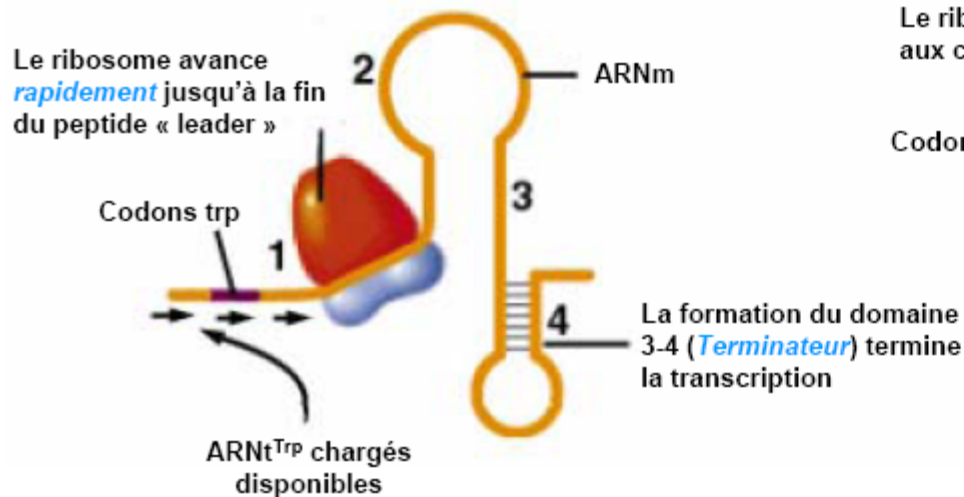
le tryptophane est abondant:

- 1- le ribosome ne s'arrête pas au niveau des codons trp; il continue à traduire la séquence leader, s'arrêtant au niveau de la région 2
- 2- la région 2 ne peut s'apparier avec la région 3; cette dernière s'apparie alors avec la région 4.
- 3- cet appariement 3-4 constitue la séquence « atténuateur » et fonctionne comme signal de terminaison
- 4- la transcription s'achève avant que l'ARN polymérase atteigne les gènes permettant la synthèse du tryptophane

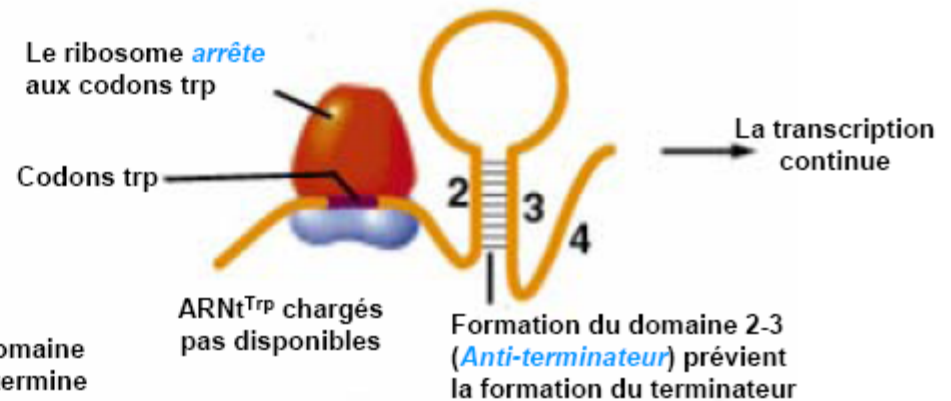
RECAPITULATIF



En présence de Tryptophane



En absence de Tryptophane



Exercice:

Quelles seraient les conséquences d'une mutation non sens au niveau du messenger qui code pour le peptide leader ?

Résoudre les 2 exercices pour la séance du TD 2

Planning TD 2: Semaine du 12 MAI
(Selon Emploi du temps habituel)

Rendre les rapports de TP, dernier délais:

Grps Impairs: VENDREDI 02 MAI

Grps Pairs: VENDREDI 09 MAI

Grps A0102 & A0204: VENDREDI 16 MAI