

Génétique

L2 Science de la Nature et de la Vie

Module assuré par:

Sabri Bousbia, *Ph.D.*

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf, Mila, Algérie

La Génétique: un peu d'histoire

✓ Définition:

- Le mot génétique vient de l'ancienne grec « γενετικός » signifiant "génitif" ou "génération", qui à son tour dérive du mot « genèse » (γένεσις)» qui signifie «origine».
- La génétique est la science qui étudie **l'hérédité** et les **gènes** chez les êtres vivants , c'est une sous-discipline de la biologie.

La Génétique: un peu d'histoire

✓ Définition:

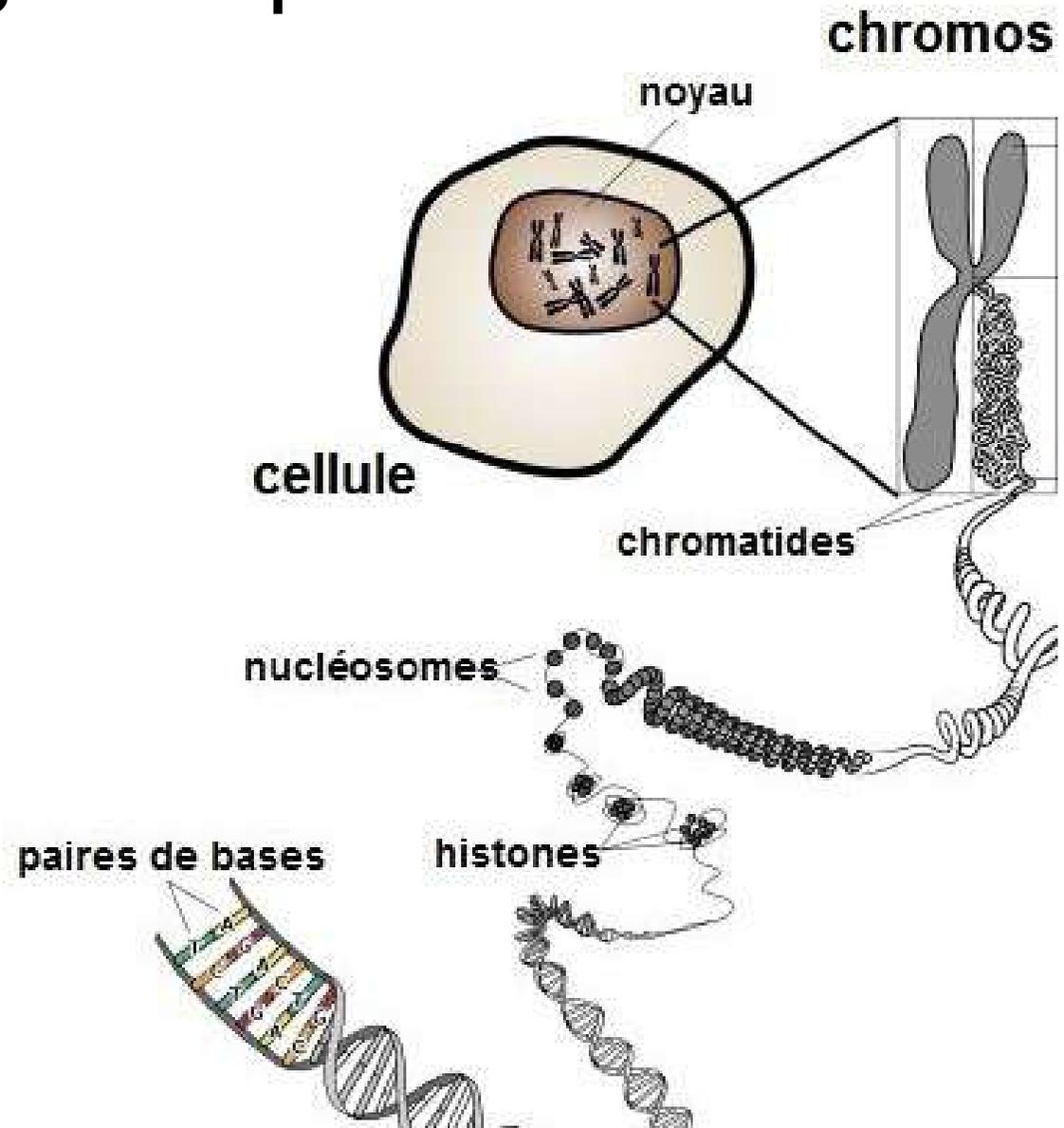
- Aujourd'hui, la génétique s'est diversifiée en plusieurs branches différentes comme :
 - la génétique du développement
 - la génétique médicale
 - la génomique
 - la génétique quantitative
 - la génétique des populations
 -etc.

1. Nature chimique du matériel génétique

- 1.1. Structure des acides nucléiques:
 - Le matériel génétique se constitue d'acides nucléiques (ADN et d'ARN)
 - Les acides nucléiques sont des polymères de nucléotides de très grande taille (macromolécules).

1. Nature chimique du matériel génétique

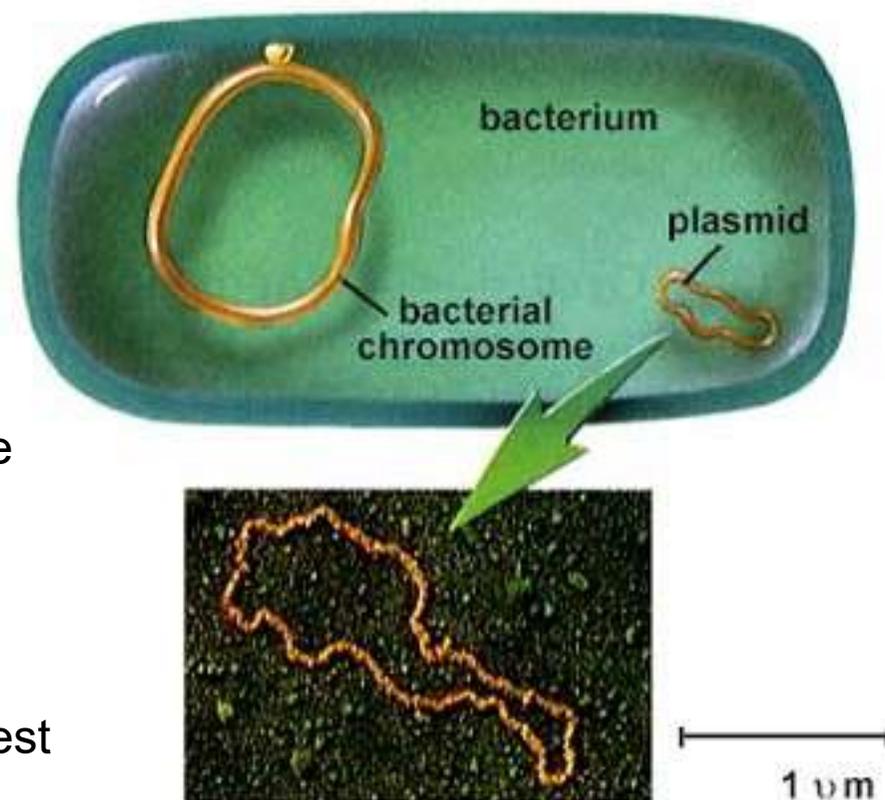
L'ADN chez les eucaryotes



1. Nature chimique du matériel génétique

Génome bactérien:
chromosome + plasmide

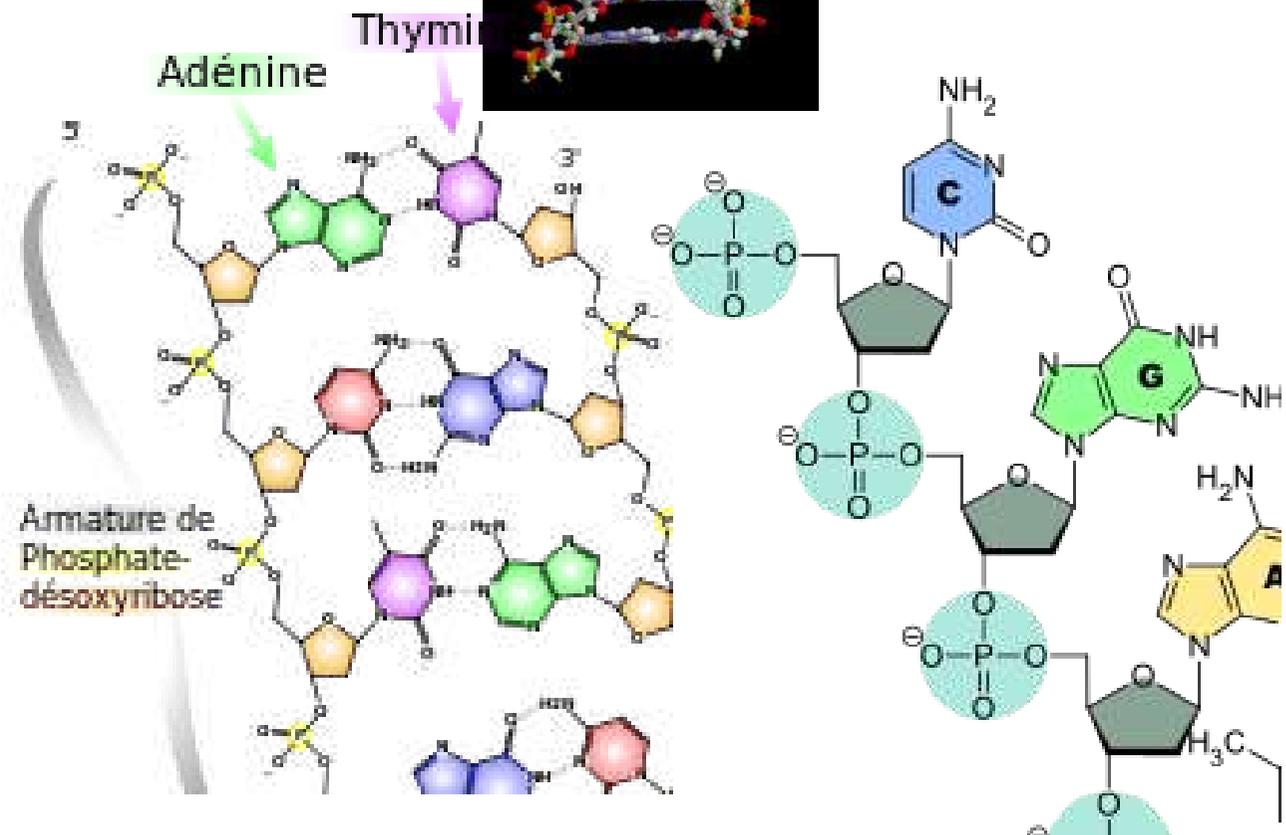
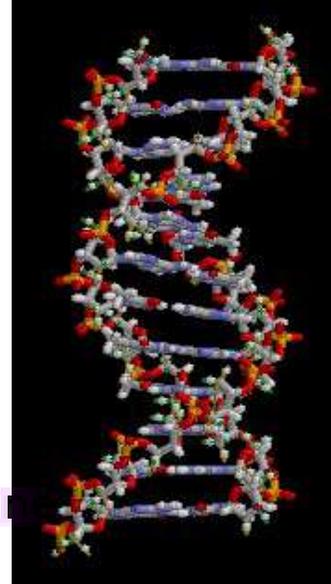
- Génome haploïde: 1 seule copie de chaque chromosome par bactérie
- Organisation structurale: le chromosome bactérien est souvent circulaire et présent dans le nucléoïde
- Contiennent beaucoup moins de gènes que les génomes eucaryotes
- La quasi-totalité génome bactérien est codant !



1. Nature chimique du matériel génétique

L'ADN

- L'ADN a la forme d'une double hélice.
- Les côtés sont anti-parallèles.
- Chaque coté (ou extrémité) possèdent donc une extrémité 5'phosphorylée et une extrémité 3'hydroxylée



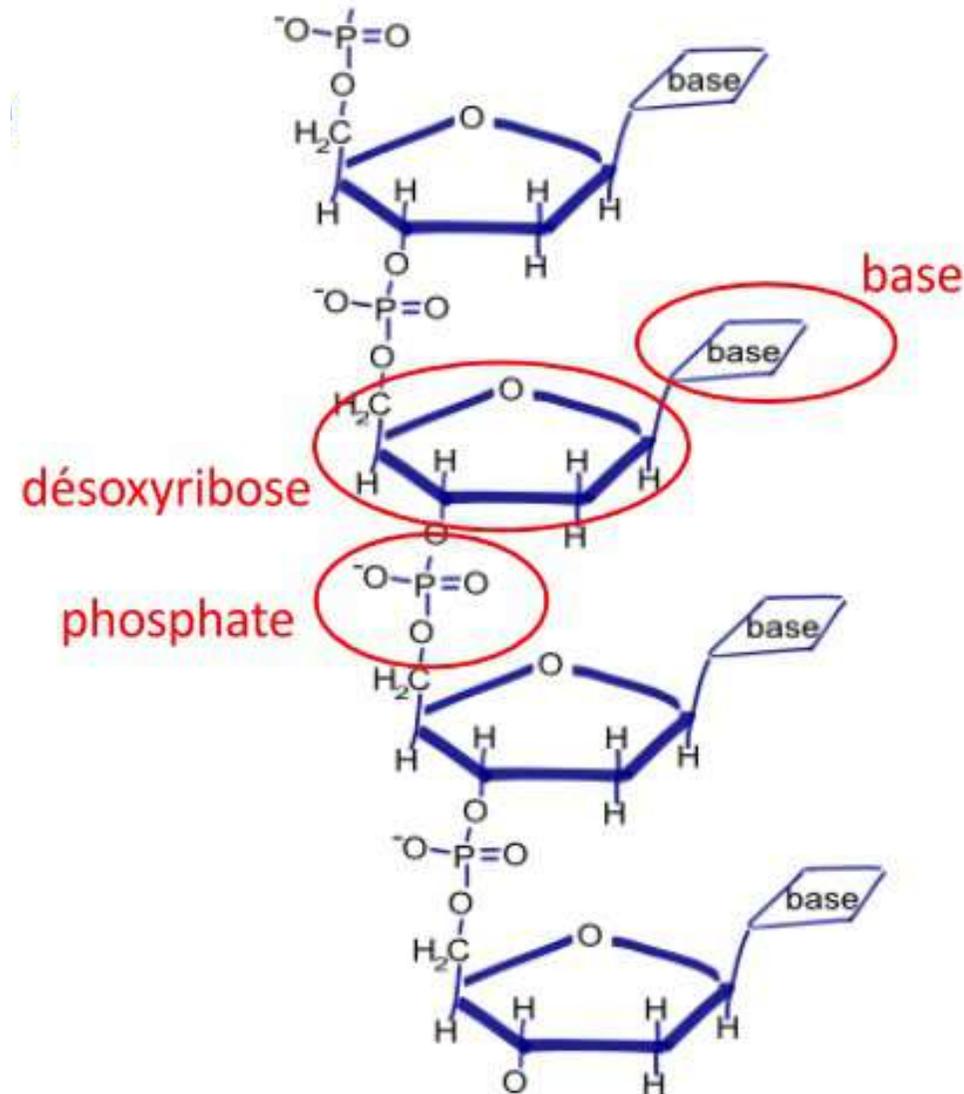
1. Nature chimique du matériel génétique

L'ADN:

-L'ADN est un polymère (composé de plusieurs monomères).

-Le monomère d'ADN est appelée un **nucléotide** (sucre + base + phosphate).

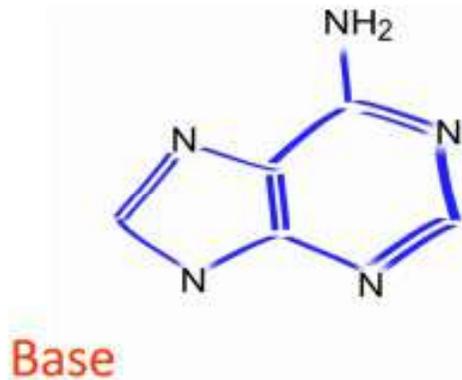
-Les Nucléotides sont reliés entre eux par des liaisons **phospho-diestères** pour former les côtés de la molécule d'ADN.



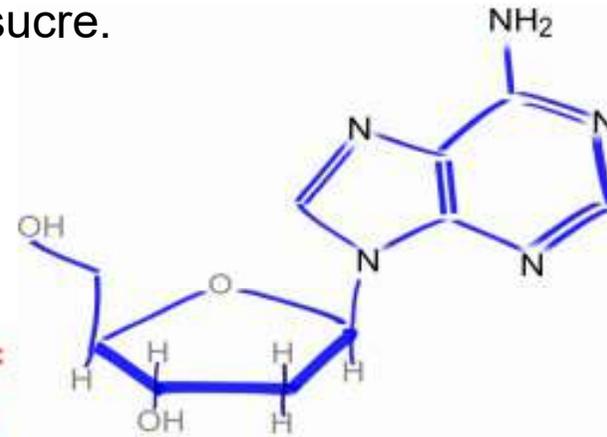
1. Nature chimique du matériel génétique

Désoxyribonucléotide:

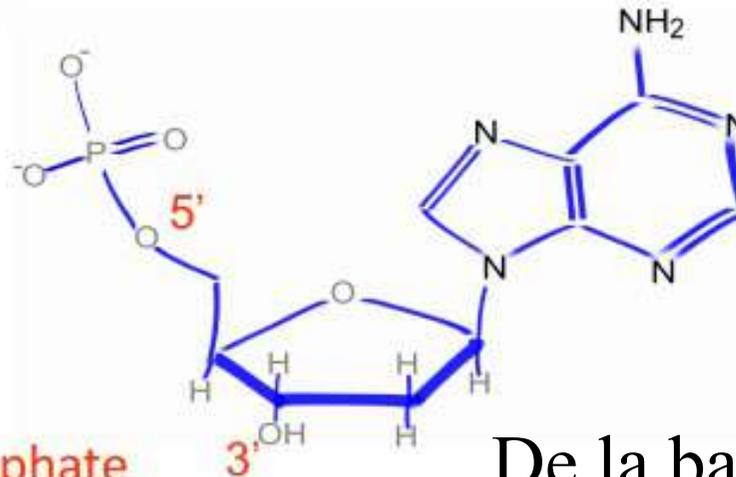
-Un groupe phosphate attaché au carbone 5 du désoxyribose (sucre) et une base azotée fixée au carbone 1 dans le sucre.



Nucléoside =
sucre + base



Nucléotide =
sucre + base + phosphate

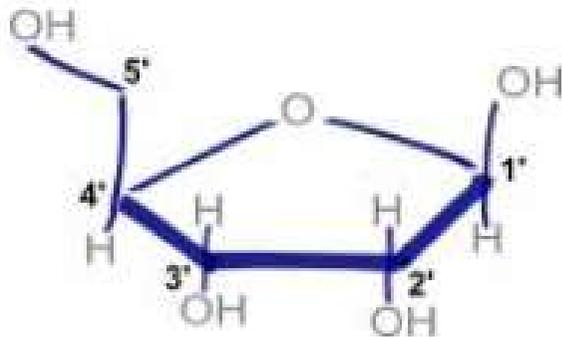


De la base au nucléotide

1. Nature chimique du matériel génétique

Les sucres de l'ADN et de l'ARN

- Connaître la numérotation des carbones (3' à 5')!
- Dans l'ADN l'évolution a sélectionné le désoxyribose pour transmettre l'information
- Dans l'ARN c'est le ribose



ribose (ARN)

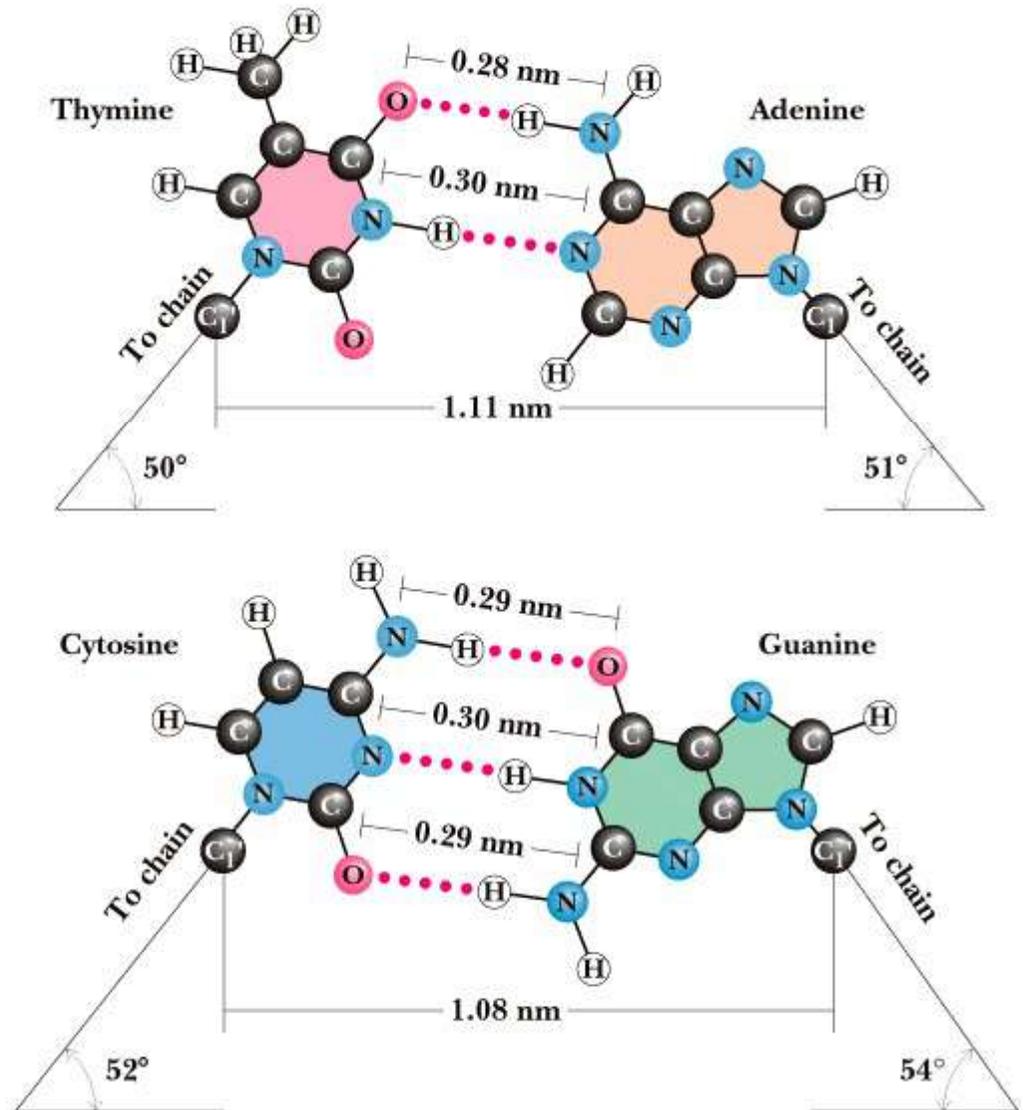


désoxyribose (ADN)

1. Nature chimique du matériel génétique

L'ADN

- La structure secondaire des acides nucléiques est imposée par l'appariement des bases c'est-à-dire la formation de liaisons hydrogène entre deux bases organiques.
- Adénine est liée avec la thymine en utilisant 2 liaisons hydrogène. (A-T)
- Guanine est liée avec Cytosine en utilisant 3 liaisons hydrogène. (G-C)



1. Nature chimique du matériel génétique

Les bases de l'ADN et de l'ARN

Base puriques



adenine



guanine

Base pyrimidiques



cytosine



thymine

Le thymine est remplacé par l'uracil en ARN



uracil

Nomenclature des Nucleosides et des Nucléotides

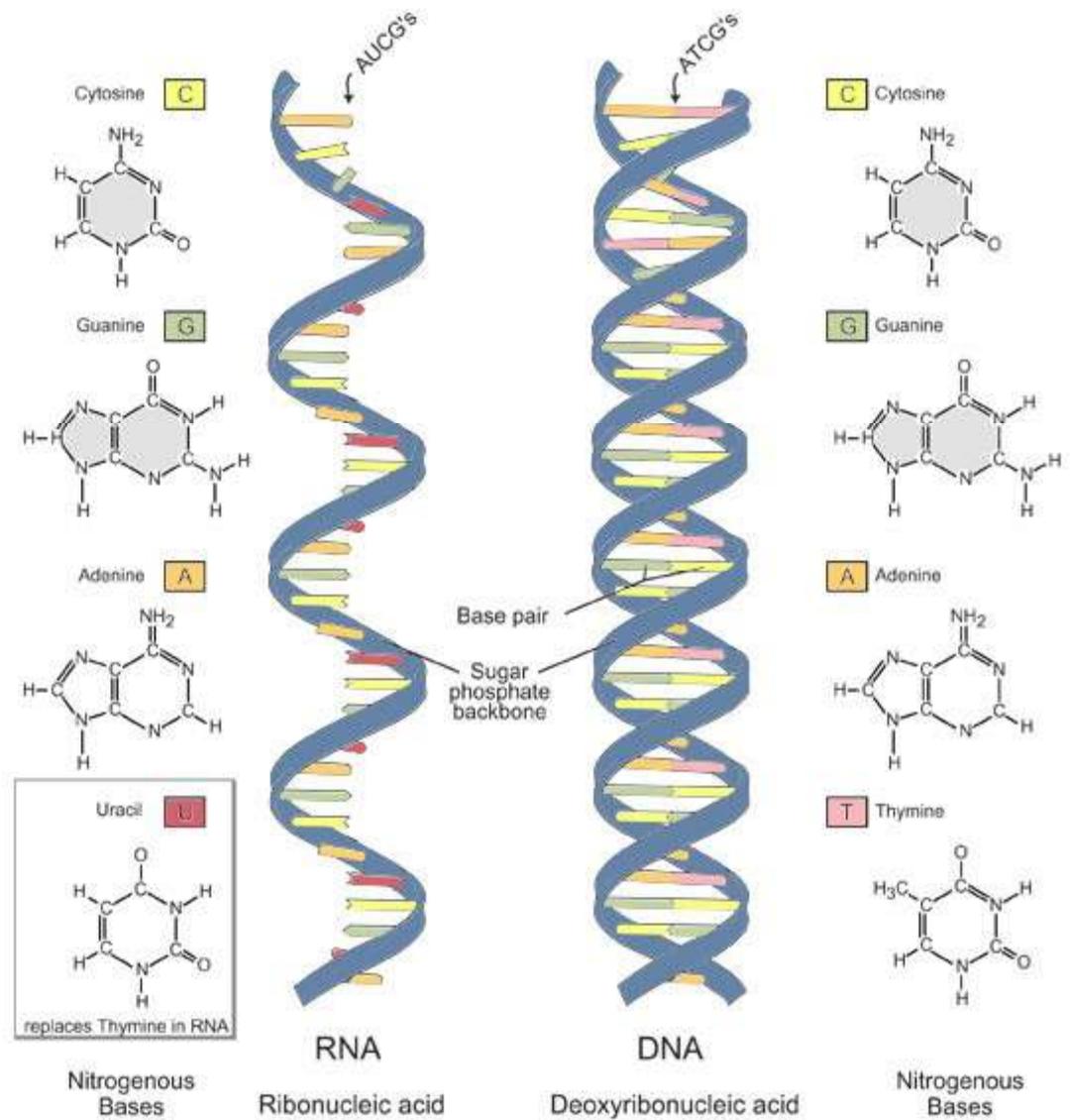
Nomenclature des principaux nucléosides:

Base	Ribonucleoside	Desoxyribonucleoside
Adénine	Adénosine	Désoxyadénosine
Guanine	Guanosine	Désoxyguanosine
Uracile	Uridine	Désoxyuridine
Cytosine	Cytidine	Désoxycytidine
Thymine		Désoxythymidine

Nomenclature des principaux nucléotides mono phosphates

	ARN	ADN
Base	Ribonucléoside-5'-monophosphate	Désoxyribonucléoside-5'-monophosphate
Adénine	Adénosine-5'-monophosphate = AMP	Désoxyadénosine-5'-monophosphate = dAMP
Guanine	Guanosine-5'-monophosphate = GMP	Désoxyguanosine-5'-monophosphate = dGMP
Uracile	Uridine-5'-monophosphate = UMP	Désoxyuridine-5'-monophosphate = dUMP
Cytosine	Cytidine-5'-monophosphate = CMP	Désoxycytidine-5'-monophosphate = dCMP
Thymine		Désoxythymidine-5'-monophosphate = dTMP

ADN vs ARN



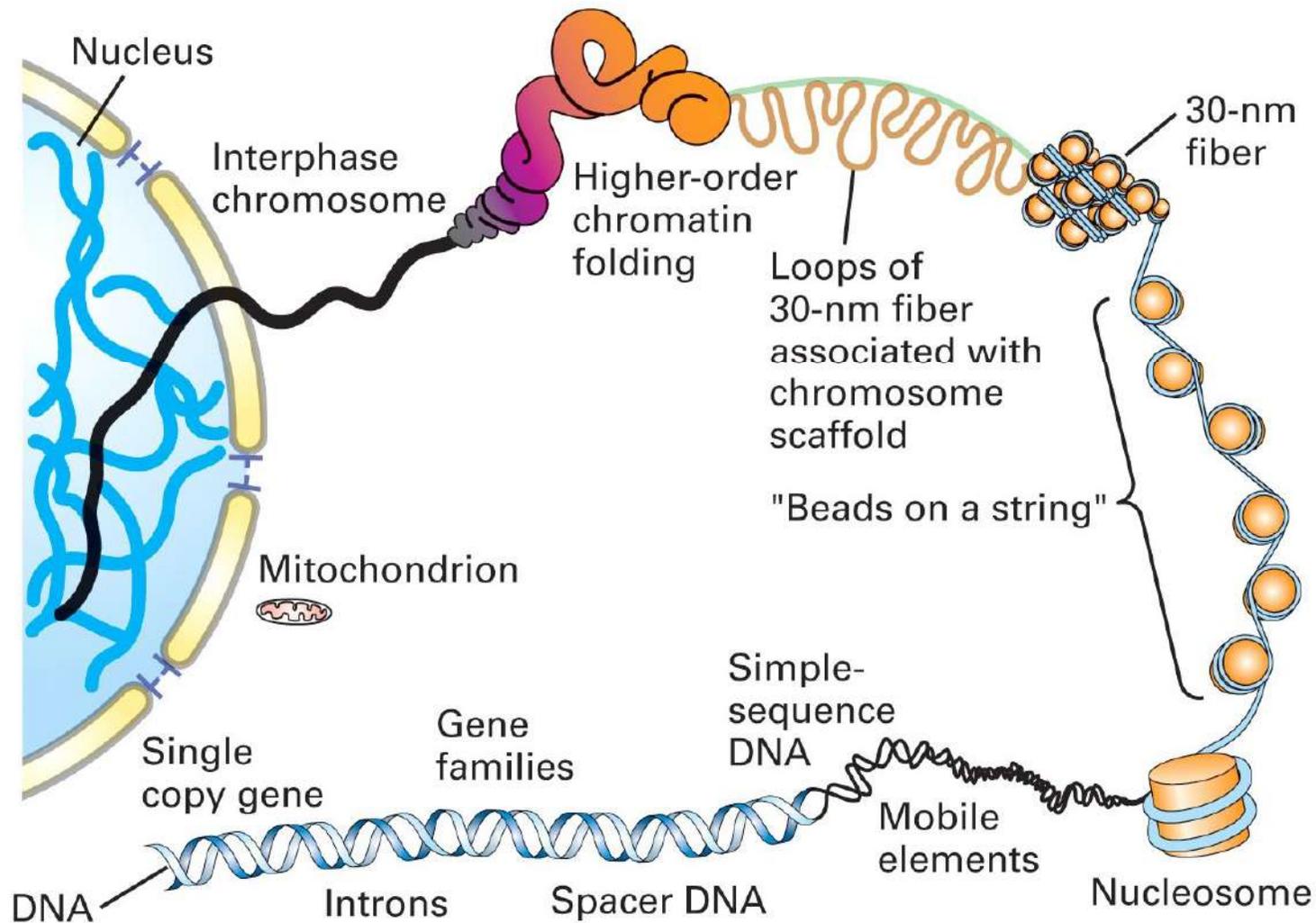
ADN vs ARN

- Acide désoxyribonucléique
 - Forme en double hélice
 - Formes:
 - Nucléaire
 - Mitochondriale
 - Chromosomique
 - Ne quitte pas le noyau
 - Contient C, G, A, T
- Acide ribonucléique
 - forme en hélice Simple
 - Formes:
 - Messenger
 - Transfert
 - Ribosomal,
 - Quitte pas le noyau
 - Contient C, G, A, U

Organisation de l'ADN dans le noyau

- L'ADN des eucaryotes est associé à des protéines (les histones) pour former la chromatine

Organisation de l'ADN dans le noyau



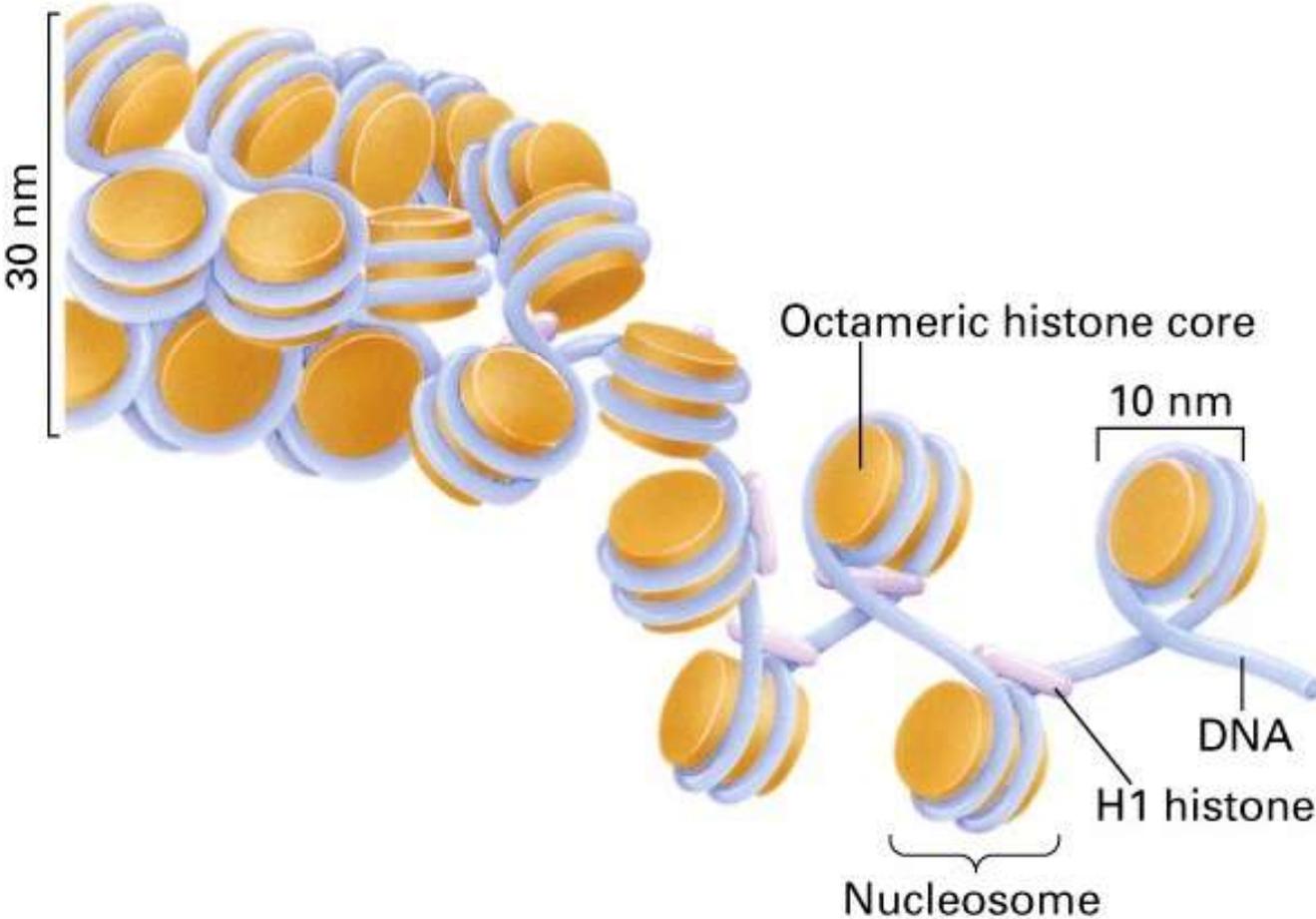
Structure de la chromatine

- La chromatine se trouve sous une forme dilatée (euchromatine) ou condensée (heterochromatine)
 - Dans le noyau intact il est presque impossible d'observer la structure de la chromatine. L'isolation de la chromatine nous a permis d'en établir la structure.

Forme condensée et décondensée de la chromatine

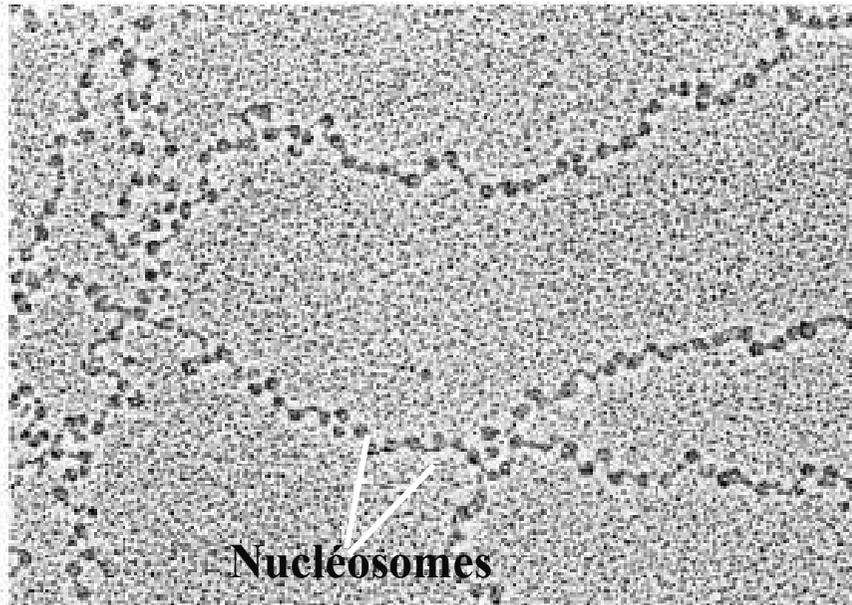
- La chromatine non transcrite (**Hétérochromatine**) serait principalement sous forme condensée (30nm)
 - Les nucléosomes sont compactés en spirales ou arrangement solénoïde (structure de 30nm).
 - On retrouve 6 nucléosomes par tour.
- La chromatine transcrite (**Euchromatine**) serait sous forme étirée en chapelet de billes (10nm).

Modèle de condensation de la chromatine



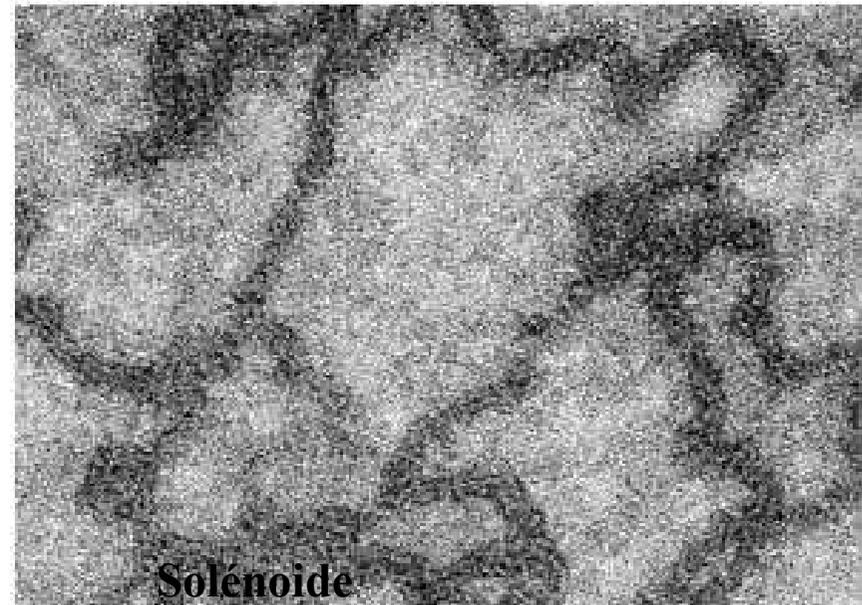
La chromatine se retrouve sous une forme dilatée ou condensée

(a)



a) Isolation à faible concentration saline

(b)



b) Isolation à concentration saline physiologique

Association de l'ADN avec les histones

- La Chromatine:

- Les histones sont les principales protéines associées à l'ADN d'eucaryotes
- Les histones sont des protéines basiques
- Les principales histones sont H1, H2A, H2B, H3 et H4
- Les histones sont des protéines riches en AA basiques qui s'associent aux charges négatives des groupes phosphates de l'ADN.

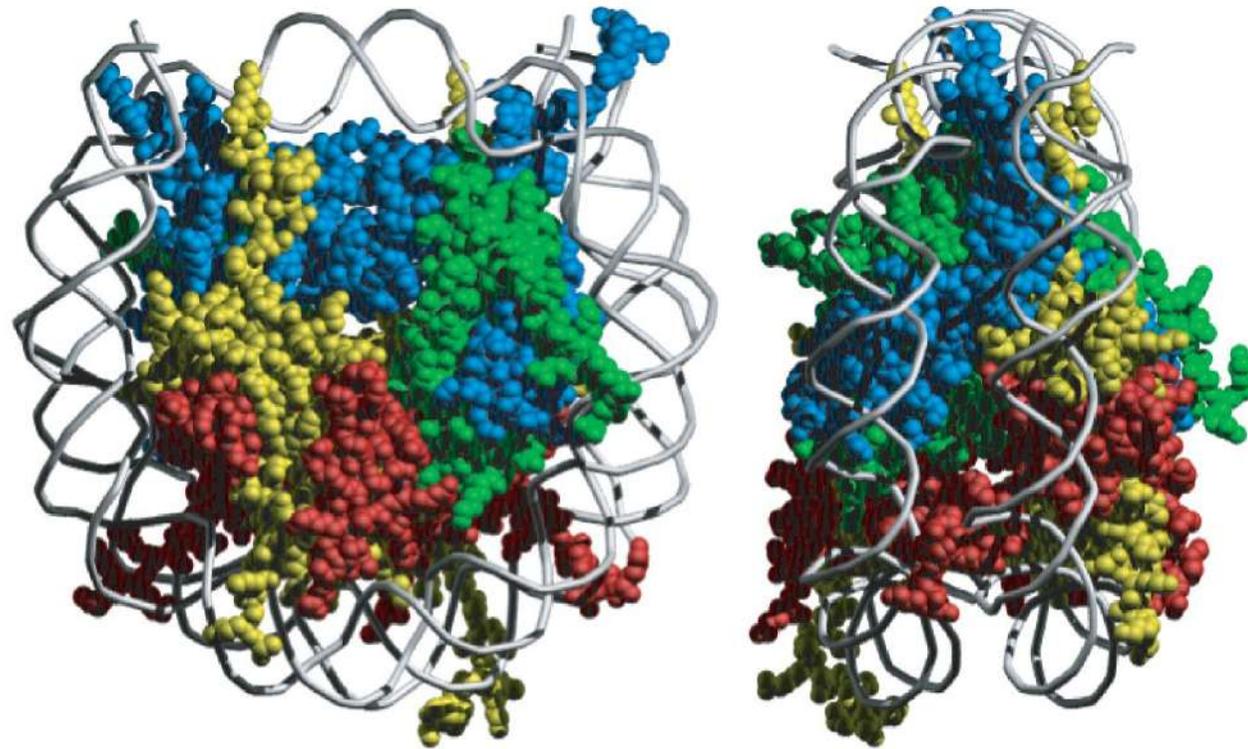
Structure des nucléosomes

- **Nucléosome**

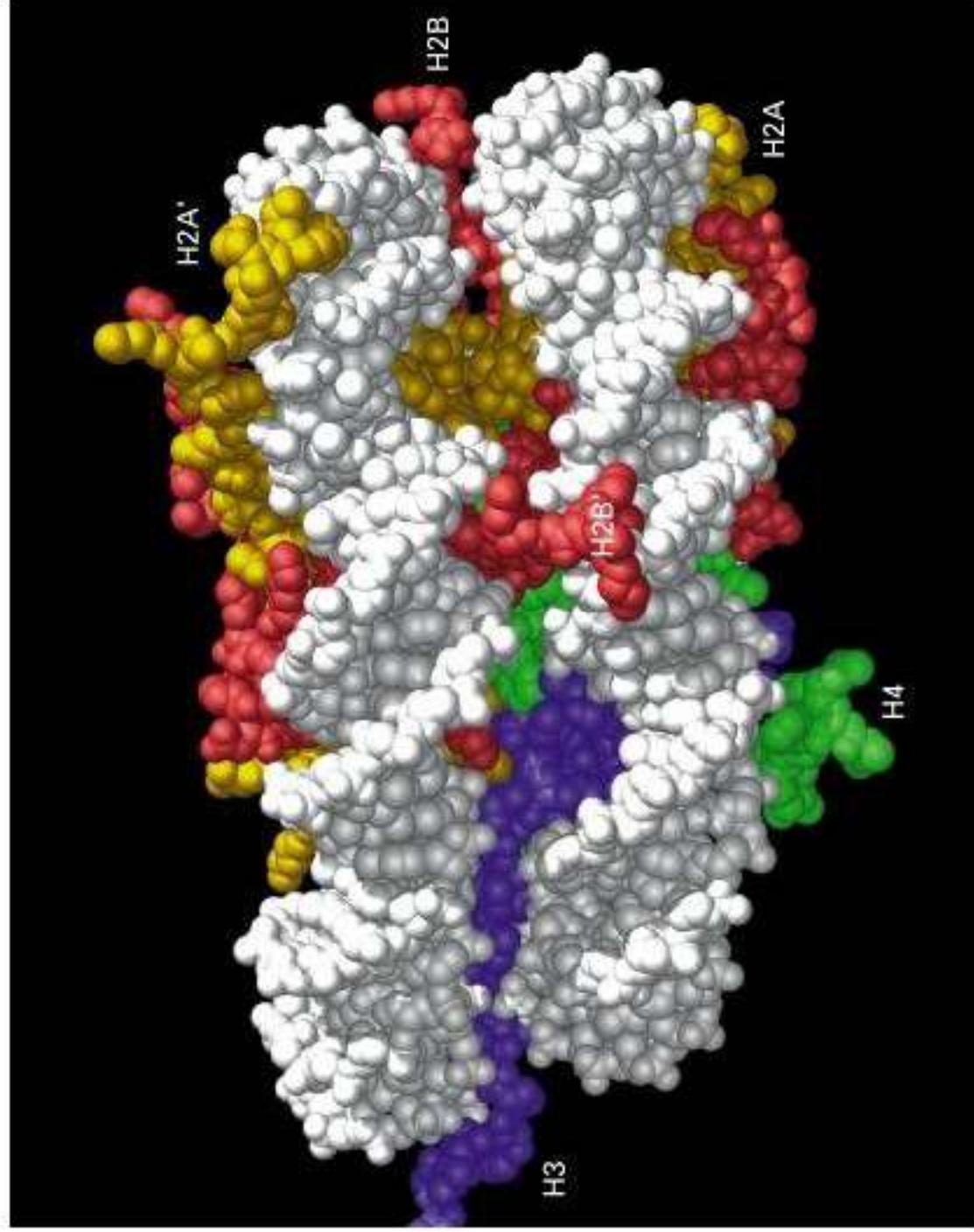
- L'ADN, 147 paires de bases, est enroulée autour de la structure formée par les histones (octamère d'histones) (H2A, H2B, H3, H4).

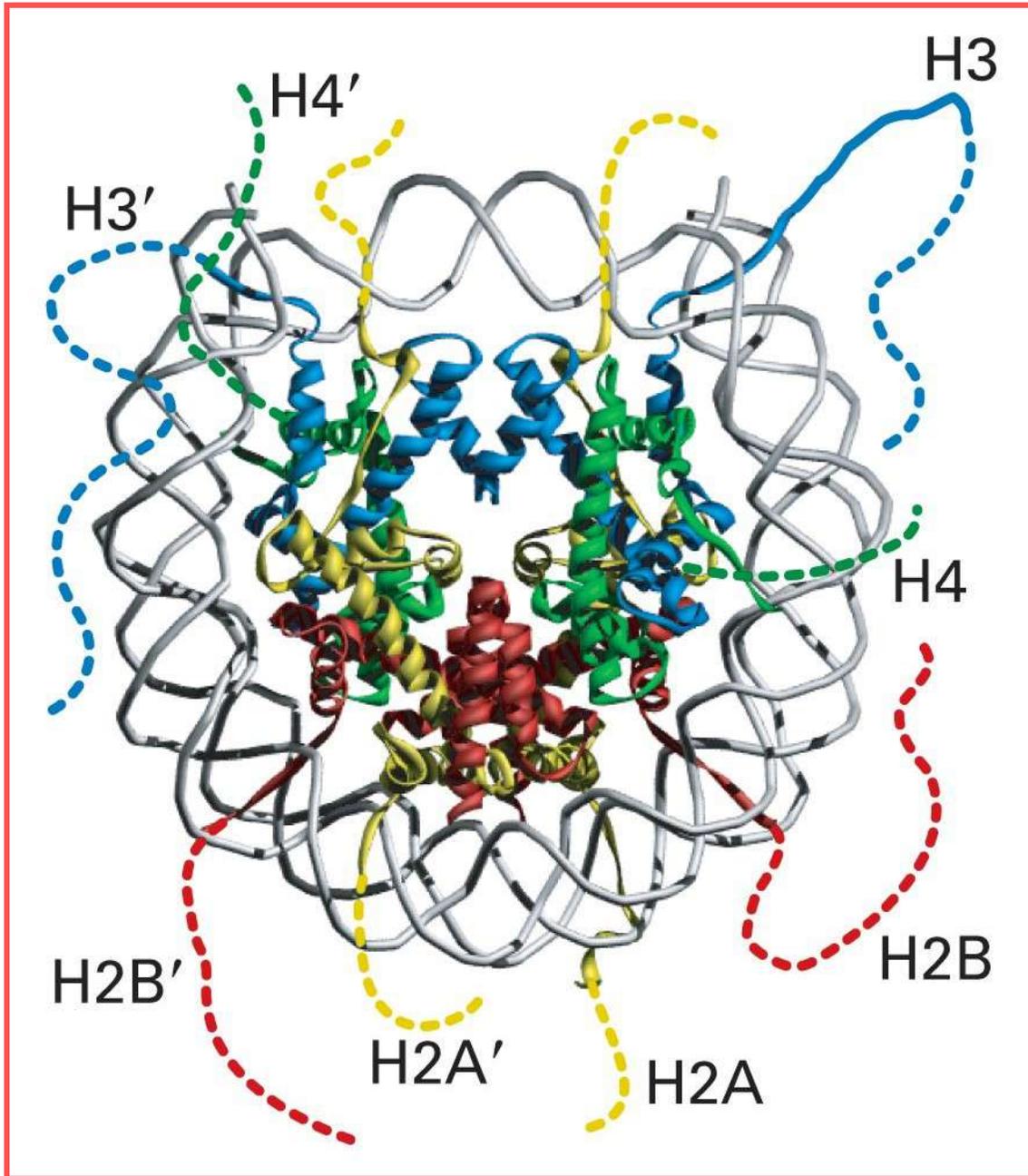
Les nucléosomes sont des complexes d'histones et d'ADN

(147 paires de nucléotides)



H2A Jaune; H2B Rouge; H3 Bleu; H4 vert



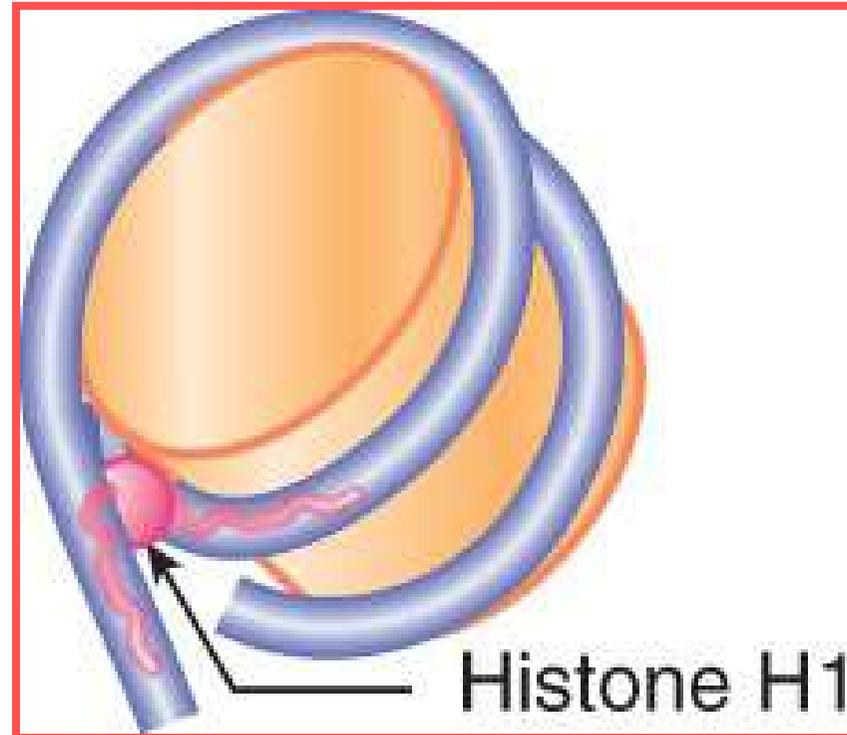


Queues d'histones

N- et C-terminales des histones H2A, H2B, H3 et H4 émergent du nucléosome. Ces régions sont désignées comme des queues d'histones

Interaction de l'histone 1 avec le nucléosome

- Histone H1 est attachée à l'ADN à la sortie de chaque nucléosome

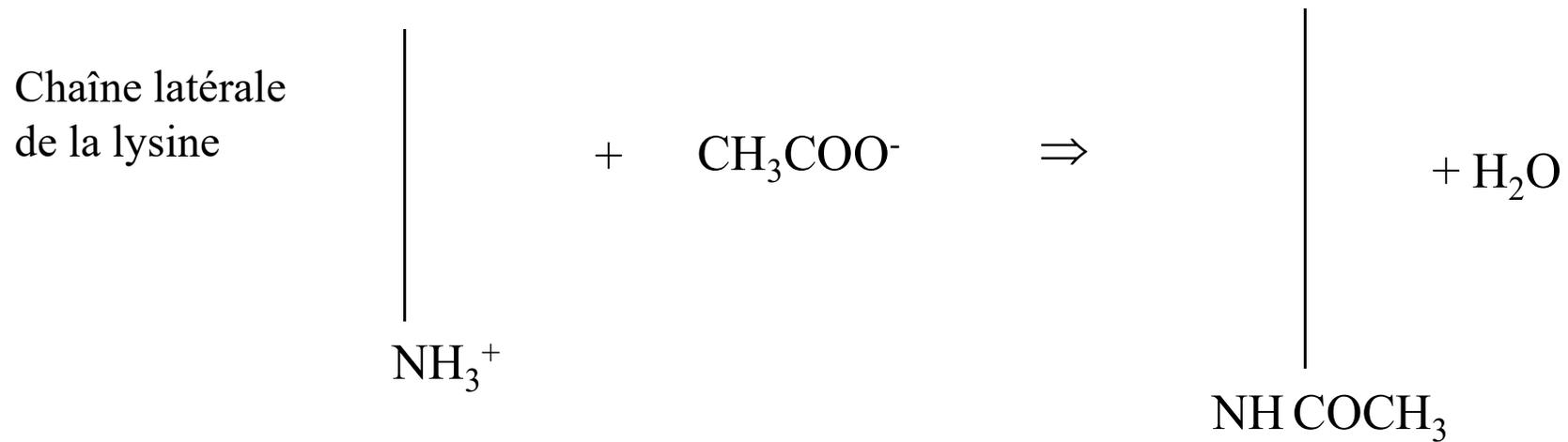


Histone 1 interagit avec le gyre central de l'ADN au niveau de l'axe, ainsi qu'avec l'ADN de liaison soit à l'entrée de la sortie,

Modification des histones et condensation de la chromatine

- Chacune des histones contient en N-terminal de 20 à 40 a.a qui ressortent du domaine globulaire (Queues d'histones)
- Ces portions sont riches en lysines qui sont chargées positivement
- Ces charges positives permettent l'interaction des histones avec les groupements phosphates de l'ADN
- Les lysines peuvent être acétylées ce qui neutralise la charge positive des lysines et diminue la liaison des histones avec l'ADN.
- Plus les histones sont acétylées moins la chromatine sera sous la forme solénoïde (condensée en fibre de 30nm).

Acétylation des histones



2. Organisation de l'ADN en Chromosome

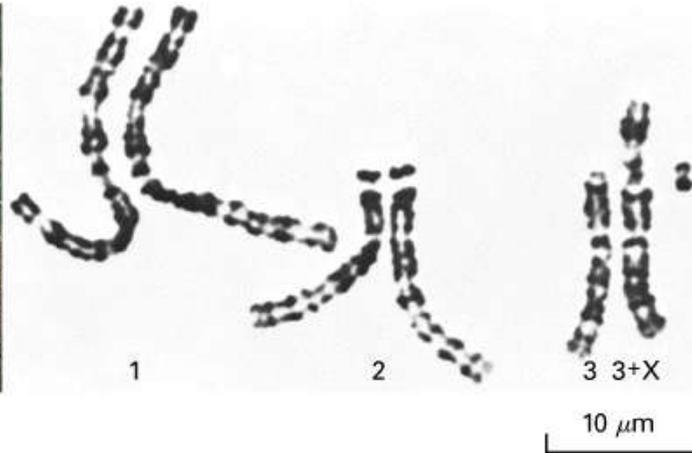
Qu'est-ce qu'un Chromosome?

- Le chromosome est la forme très condensée de l'ADN
- Il est enveloppé dans des nucléosomes
- Enveloppé dans la fibre de chromatine
- Condensé durant la métaphase dans la forme familière
- Les humains ont 22 paires autosomiques et une paire de chromosomes sexuels

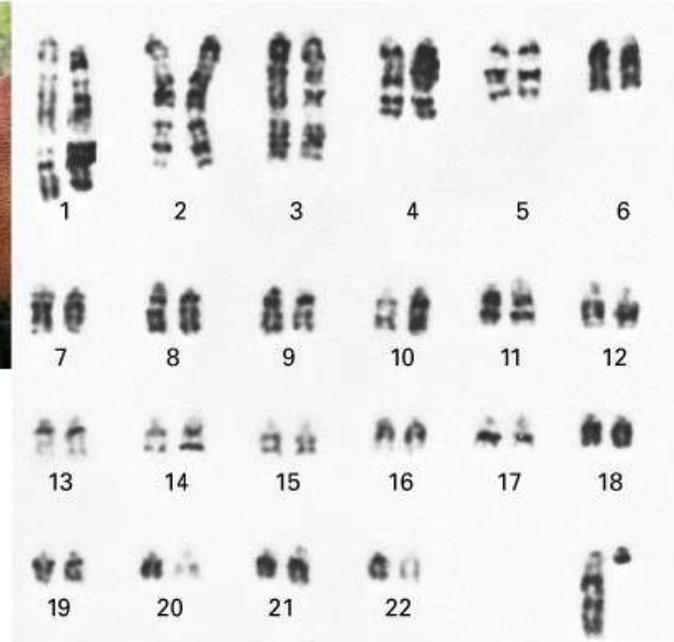
Le nombre de chromosomes ne correspond pas à la complexité des espèces

Les deux espèces ont environ la même quantité d'ADN mais les chromosomes sont très différents.

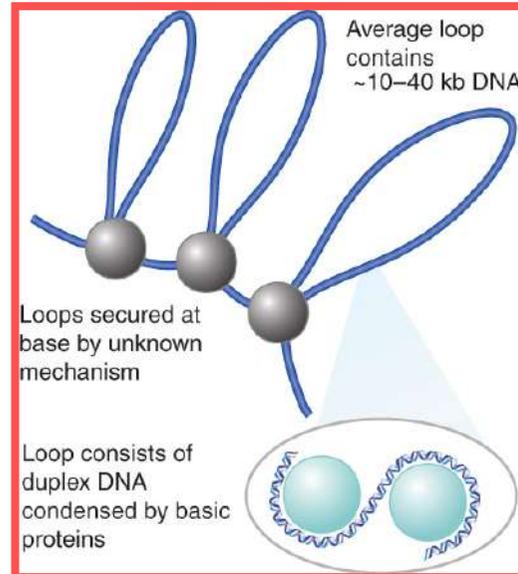
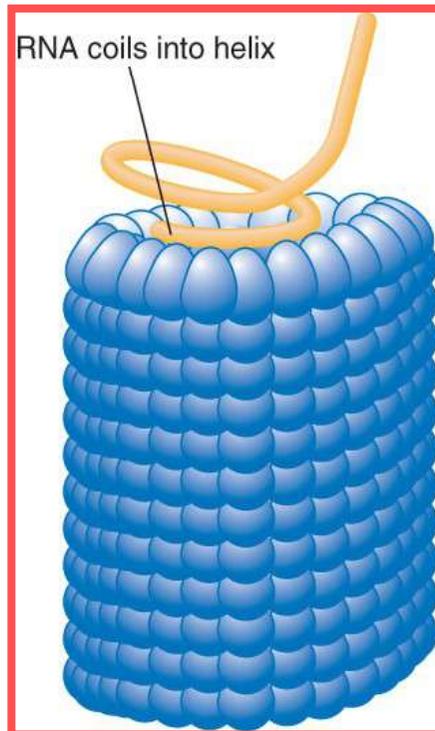
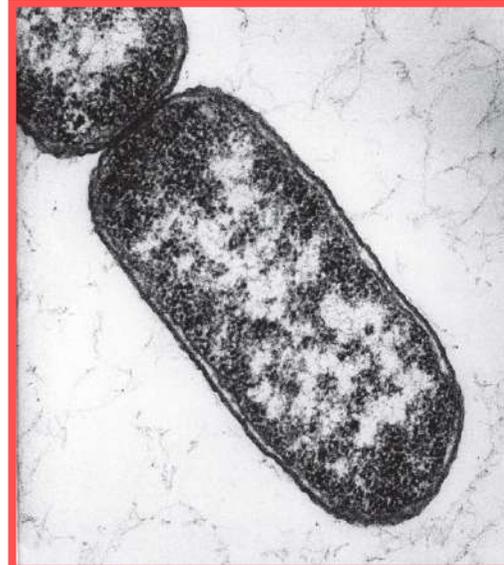
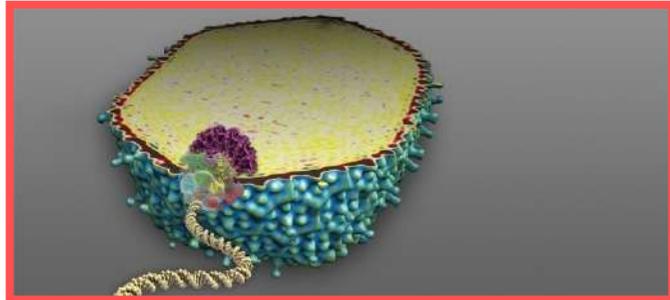
(a)



(b)



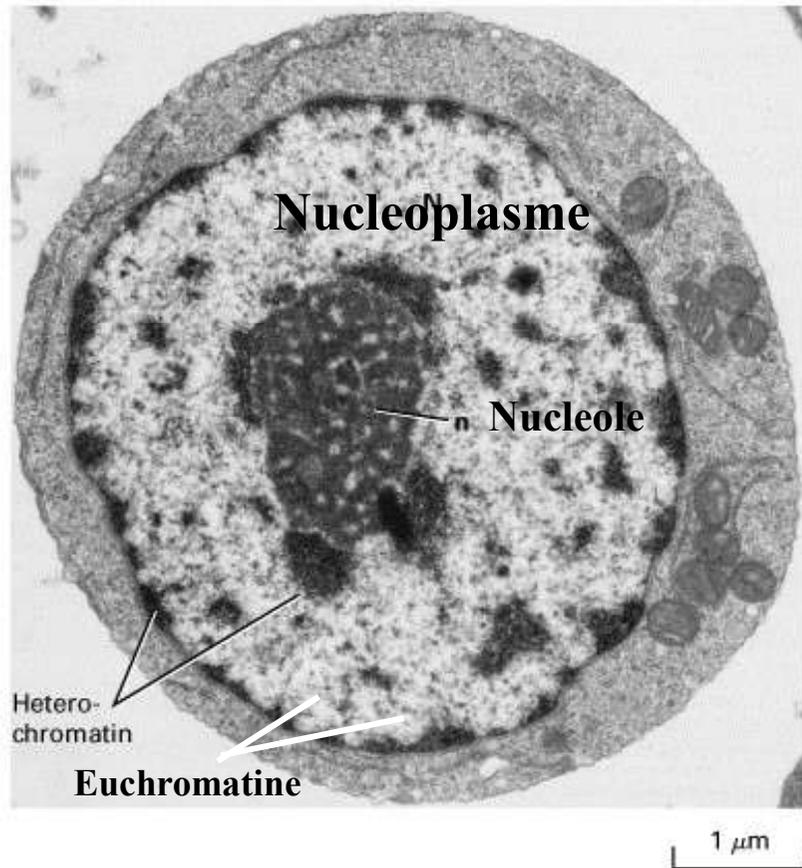
Compactage de l'ADN chez les micro-organismes



- Chez les virus, une molécule d'ADN génomique est associée à des molécules protéiques et emballés dans des capsides virales.
- Chez les bactéries, l'ADN génomique est associé à des protéines et est emballé comme une masse compacte à l'intérieur du centre de la cellule. Il est appelé comme "nucléoïde"

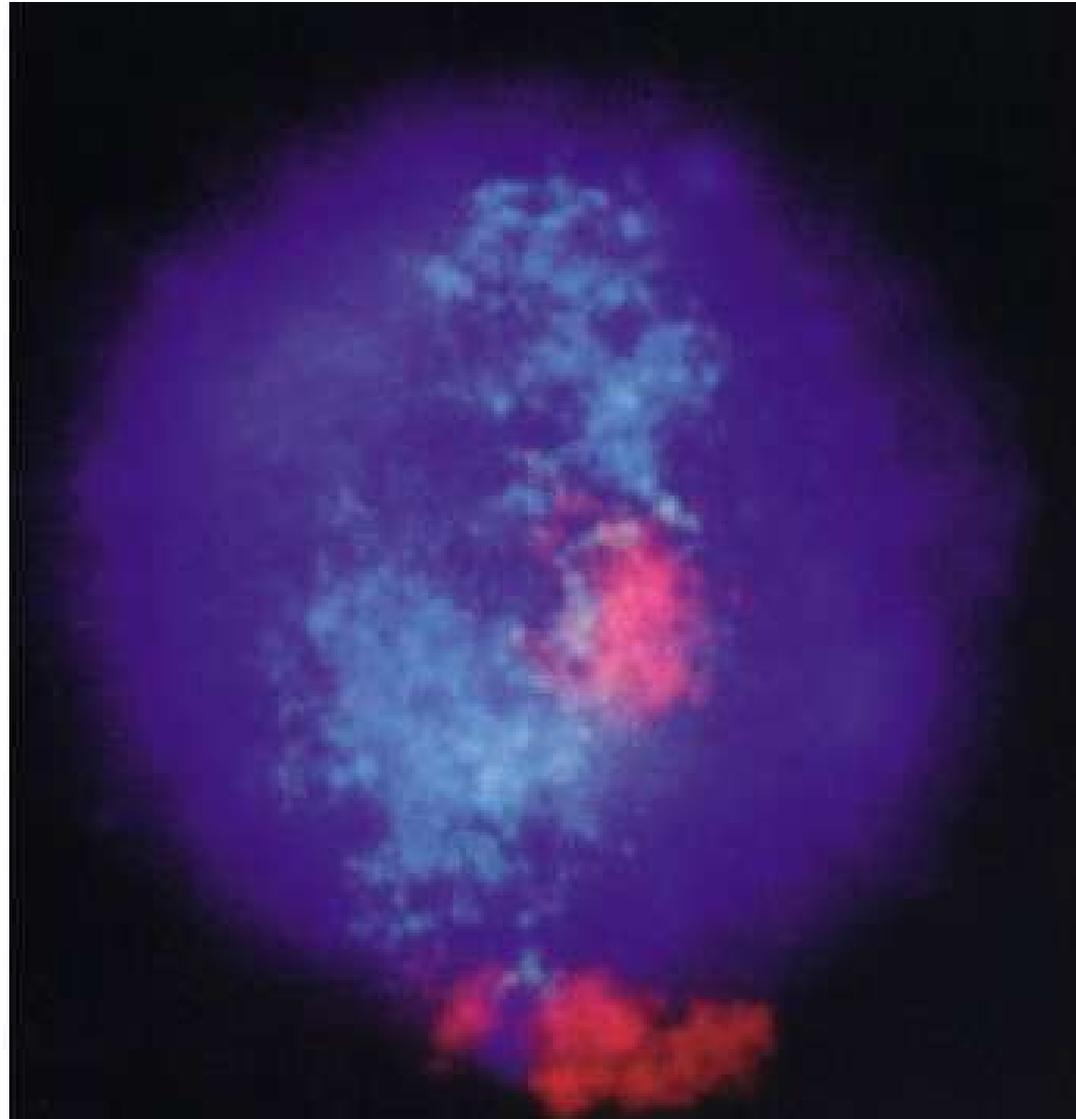
Organisation de l'AND en Chromosome chez les eucaryotes

Structure du noyau



- Le **nucléoplasme** contient : ADN, ARN et protéines
- **Hétérochromatine**: forme condensée de l'ADN, contient l'ADN qui est considéré comme en grande partie inactif (télomères, ADN ne contenant pas de gènes, gènes non transcrits).
- **Euchromatine**: Forme débâllée de l'ADN qui est considérée comme contenant la portion active de l'ADN (gènes transcrits).
- **Nucléole**: contient les gènes de l'ARNr, site de synthèse des ribosomes (formés d'ARNr).

localisation sélective de deux chromosomes interphase
Chromosome 18 (rouge) et 19 (turquoise)



Chromosomes eucaryotes et procaryotes sont différents

PROCARYOTES	EUCARYOTES
Souvent un seul chromosome plus les plasmides	Plusieurs chromosomes
Souvent chromosome circulaire	Chromosomes linéaires
Fait uniquement de l'ADN	Fait de chromatine (ADN enroulé autour de protéines histones)
Trouvé dans le cytoplasme	Trouvé dans un noyau
Les bactéries copient leur chromosomes et se divisent immédiatement après	Après réplication des chromosomes, la cellule se développe, puis passe par la mitose afin de former les chromosomes en deux groupes égaux

Organisation de l'ADN en chromosomes

- L'ADN doit être très compactée pour entrer dans le noyau.
 - ADN: 2 mètres de long alors que le noyau a 5 à 10 μm de diamètre.
 - Ex: Le chromosome 22 représente 1.5% du génome
L'ADN de ce chromosome étiré mesure 1.5 cm
Sous forme de chromosome en interphase il est compacté environ 1,000X.
Sous forme de chromosome mitotique il mesure 2 μm , compaction d'environ 10,000X.

L'organisation de l'ADN doit être bien contrôlée pour permettre son utilisation par la cellule

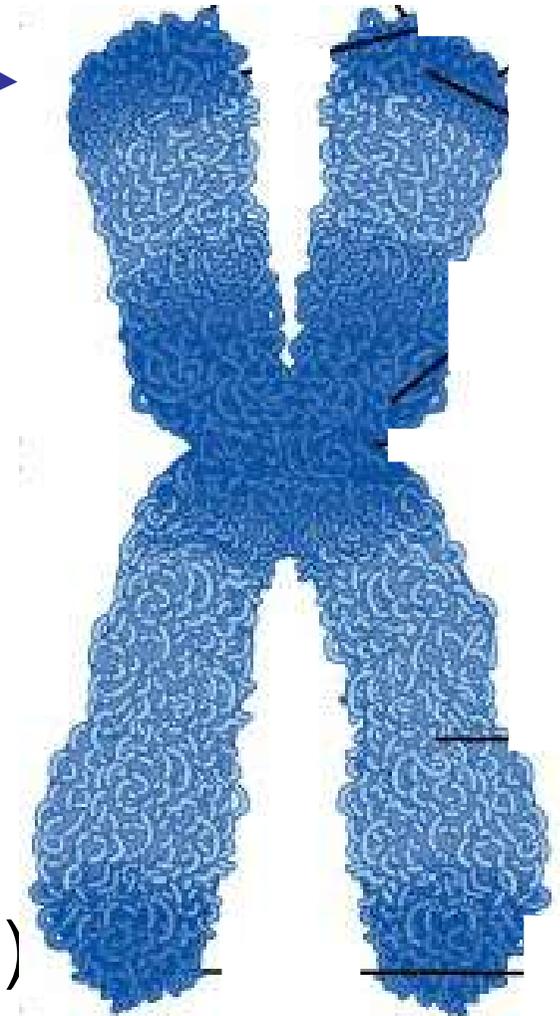
Parties de Chromosome :

- Hétérochromatine: →

- Plus condensé
- gènes Silencieux (méthylés)
- pauvres en gènes
- taches plus sombre

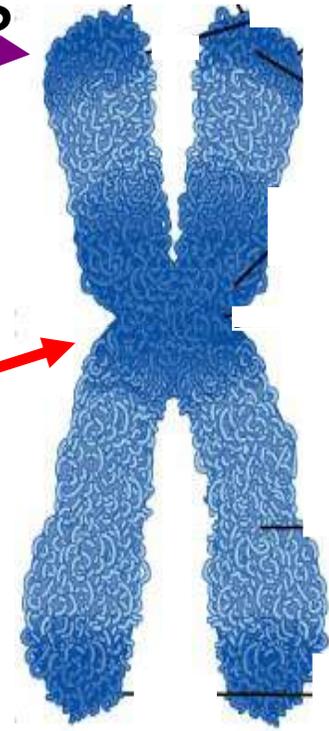
- Euchromatine: →

- Moins condensé
- gène exprimant
- Gene riche (plus de contenu GC)
- taches plus léger



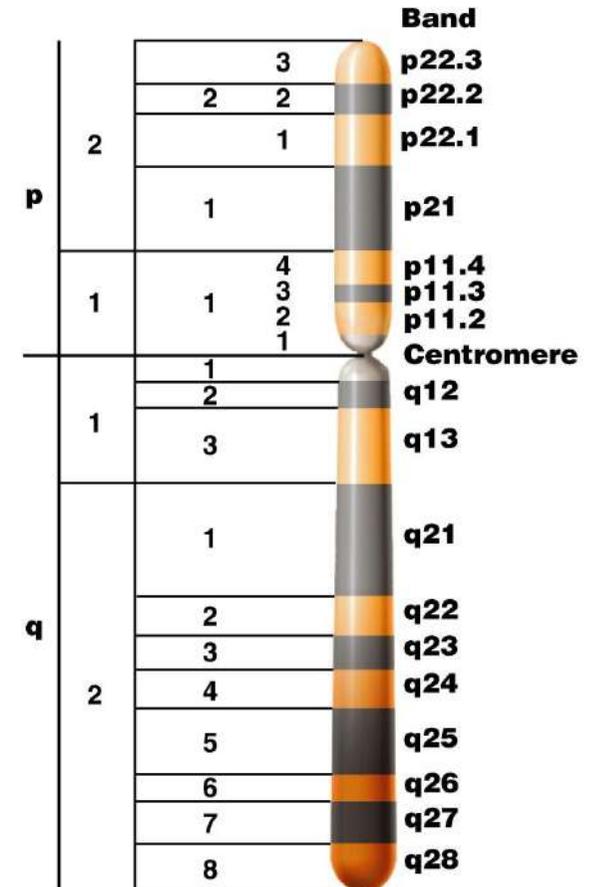
Parties de Chromosome :

- Télomères - bouts chromosomiques
 - Répétitions
 - Connus comme une sorte d'horloge biologique
 - Être amenuisés à chaque mitose
- Centromères - milieu
 - Hautement condensé
 - Séquence répétitive également
 - Région où les fibres de broche s'attachent
 - Tirer chromatides dehors pendant la mitose



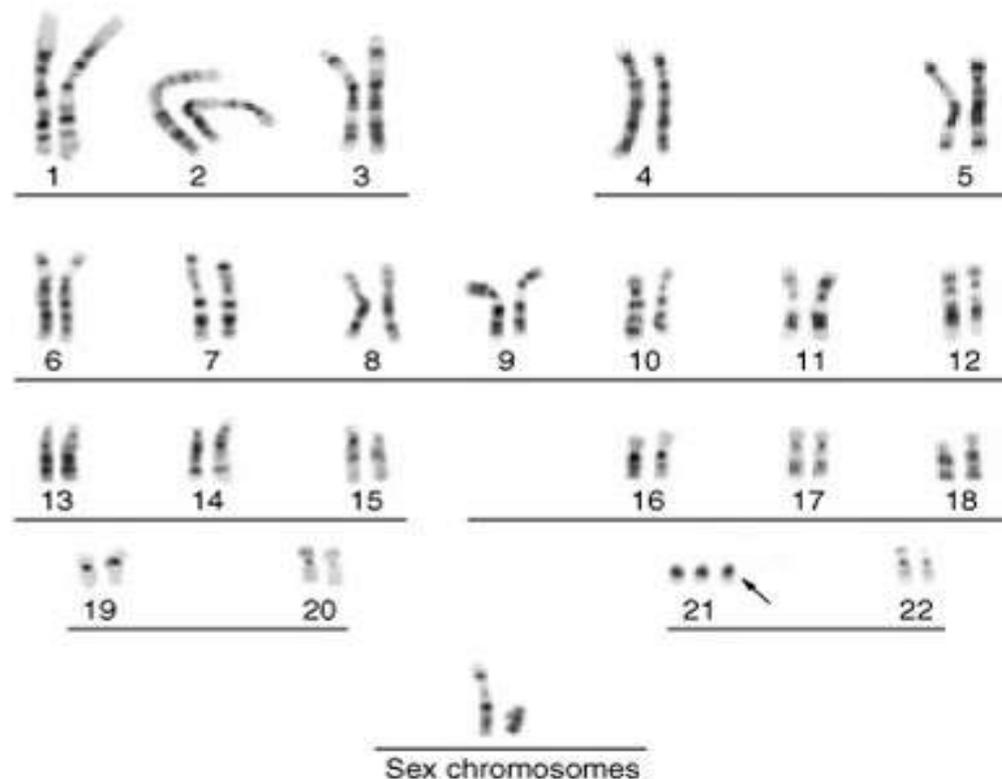
Parties de Chromosome :

- Bras p - le plus petit des deux bras
 - p signifie petite
 - q bras qui est le plus long des deux bras
- Les bandes sont numérotées de centromère vers l'extérieur



Caryotype

- Les chromosomes individuels en Metaphase, étalés sur une lame
- Utilisé pour étudier les chromosomes
- Identifier les anomalies chromosomiques
- Cytogénétique



Types de Chromosome

4 types de chromosomes:

1. Telocentrique

2. Acrocentrique

3. Submetacentrique

4. Metacentrique

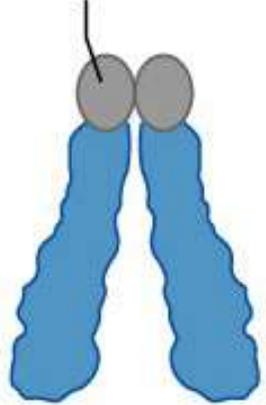
- Classification basée sur la position du centromere

Types de Chromosome :

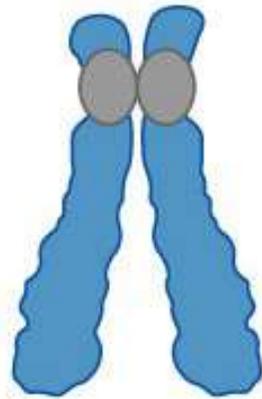
- Télacentrique - pas de bras de p; centromère est à fin
- Acrocentrique - très petit bras de p; centromère est très près de l'extrémité
- Submétacentrique - bras p juste un peu plus petit que le bras de q; centromère au milieu
- Métacentrique - p et q les bras sont exactement la même longueur; centromère au milieu exact du chromosome

Types de Chromosome :

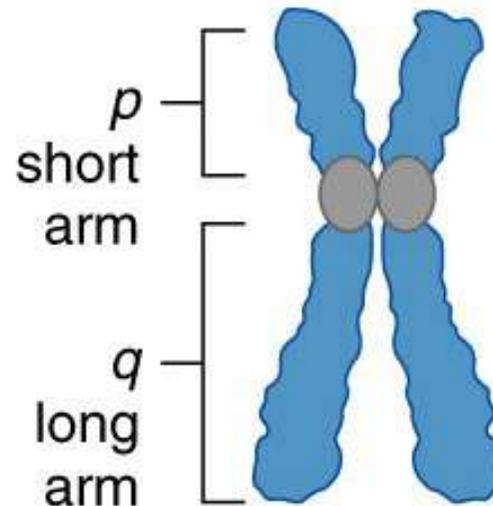
Replicated
centromere



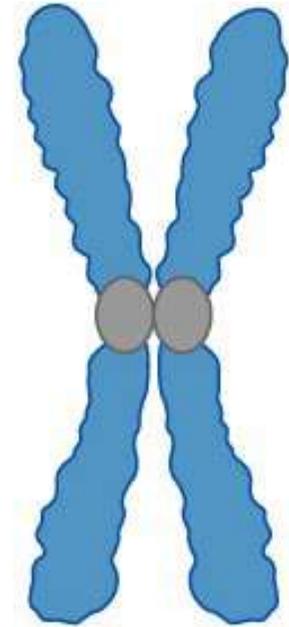
Telocentric



Acrocentric



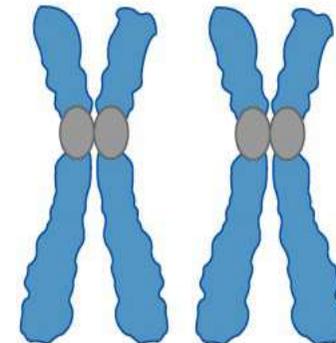
Submetacentric



Metacentric

A rappeler que...

- Chromosomes homologues ne sont pas identiques
 - Peuvent avoir différents alleles de genes
- chromatides soeurs sont identiques



3. La Réplication d'ADN

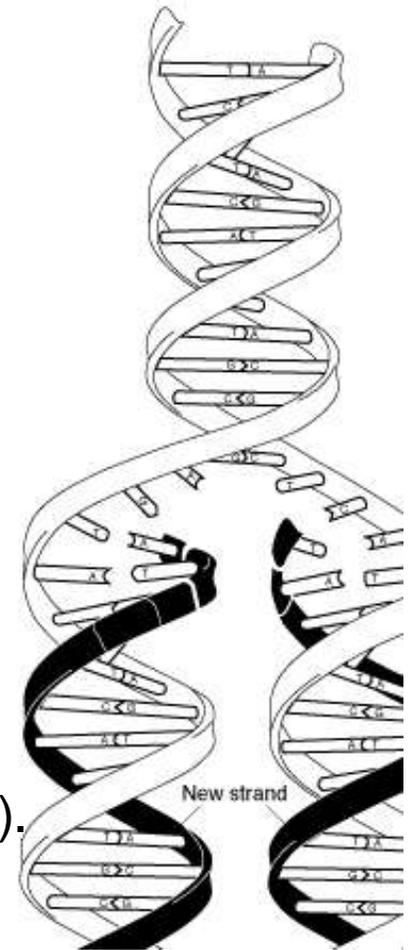


La Réplication d'ADN

Réplication : Formation de nouveaux brins d'ADN à partir des 2 brins initiaux.

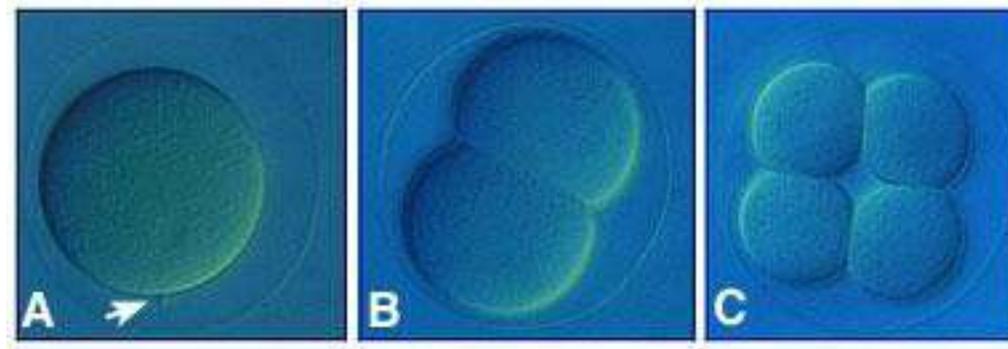
En résumé:

- La réplication d'ADN est semi-conservatrice (Meselson-Stahl, 1958).
- La réplication nécessite une ADN polymérase, une matrice, une amorce ARN et 4 nucléotides et se déroule dans une direction 5 'à 3' (Kornberg, 1957).
- La réplication est semi-discontinue (continue sur le brin principal et discontinue sur le brin secondaire) (Okazaki, 1968).
- La synthèse du brin secondaire implique des fragments d'Okazaki.



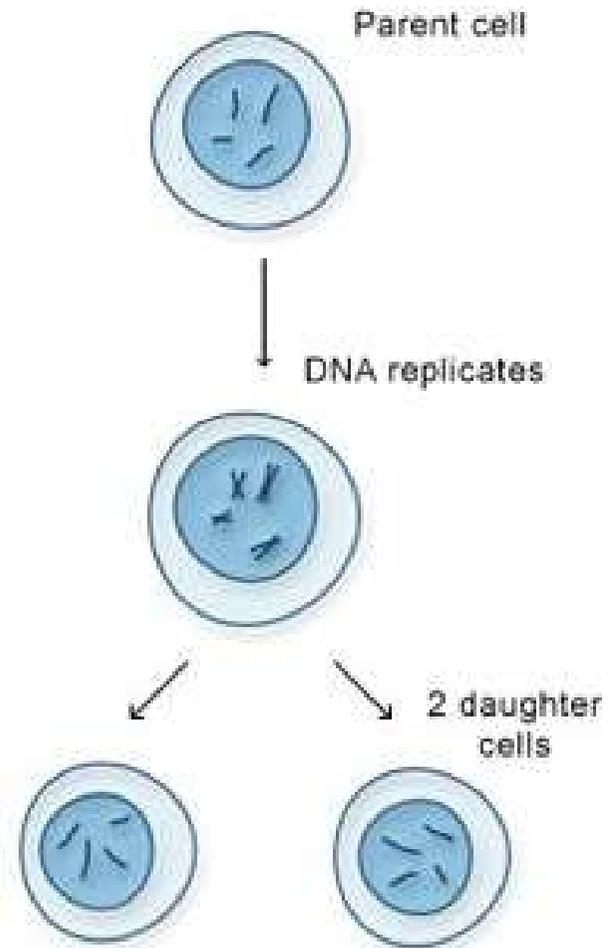
La Division Cellulaire et La Réplication d'ADN

- Les cellules se divisent pour la Croissance, la réparation et le remplacement des tissus



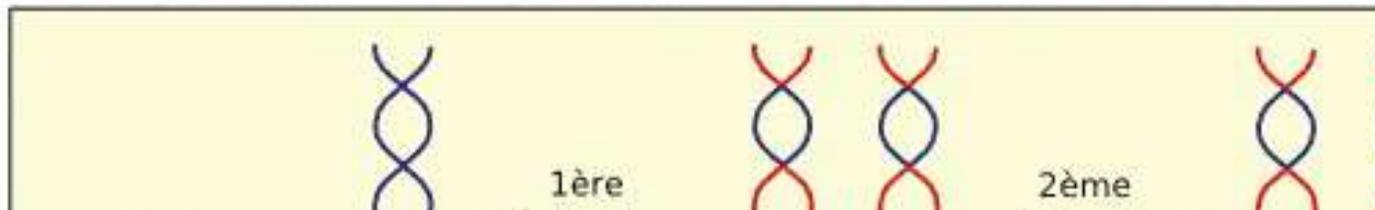
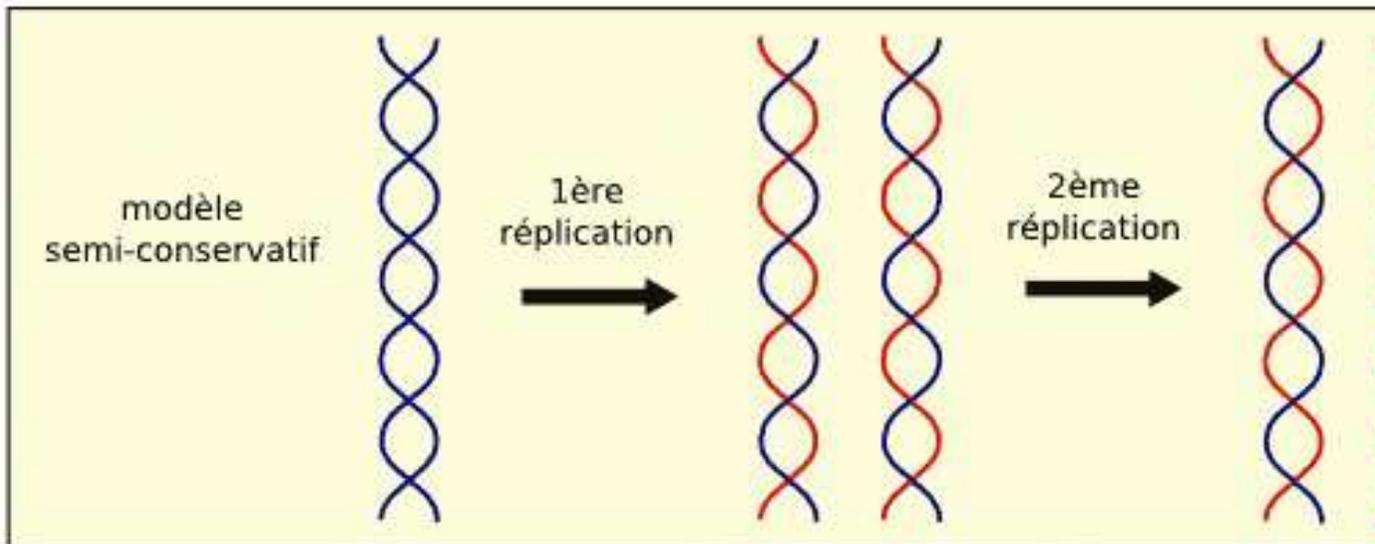
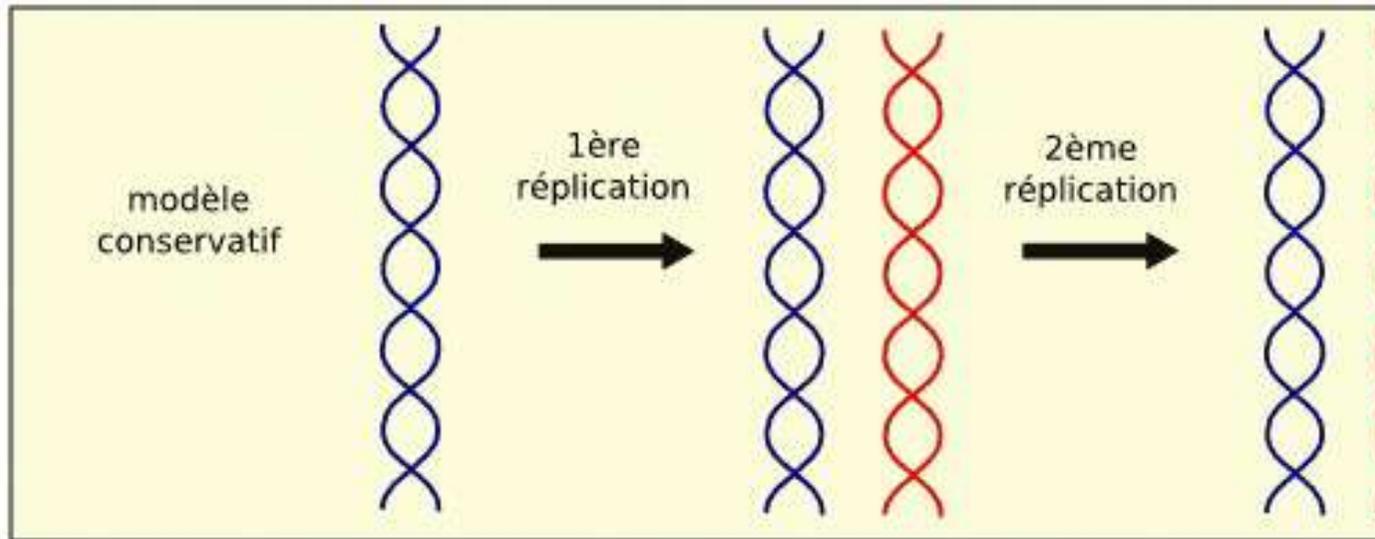
Avant que les cellules divisent ils doivent doubler les structures de la cellule, comme les organites et leurs informations génétiques

La Réplication d'ADN

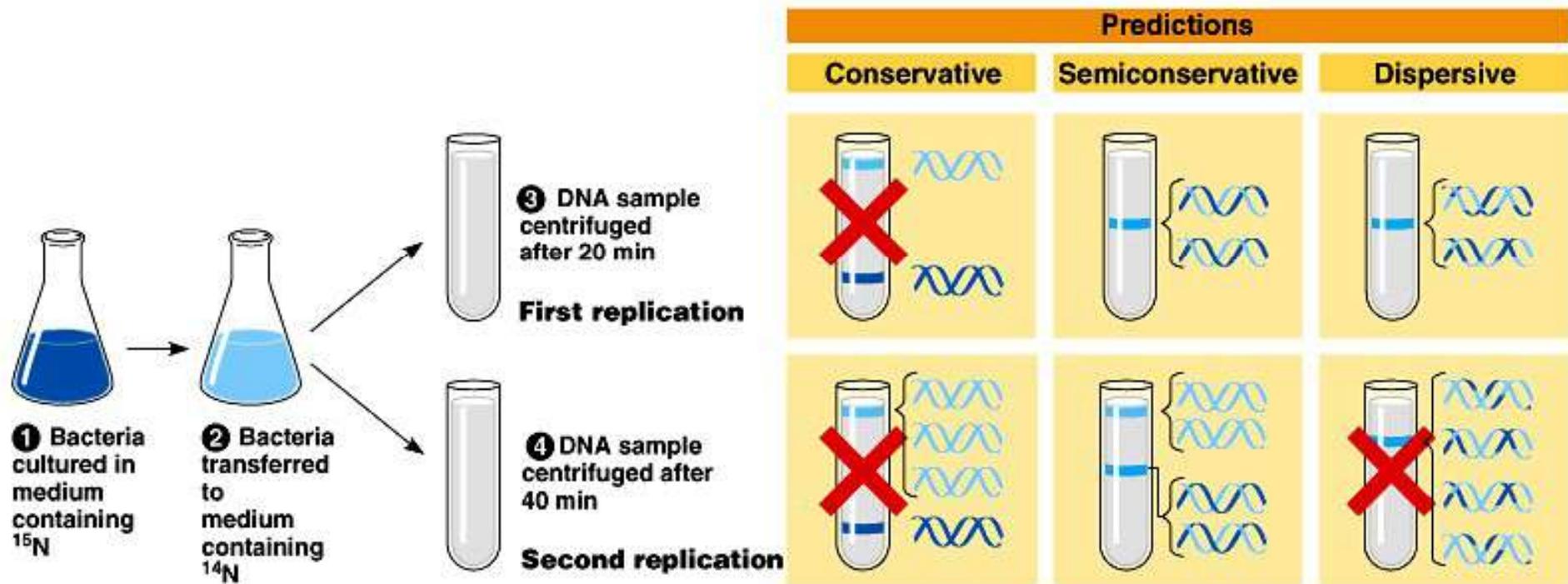


Les Modèles proposés de Réplication d'ADN

- Dans les années 1950, trois mécanismes différents ont été proposés pour la réplication d'ADN.
- Théorie conservatrice : Les deux brins parentaux restent intacts après la réplication d'ADN
- Théorie Semi conservatrice : Chacune des molécules d'ADN filles se compose d'un brin parent et d'un nouveau brin.
- Théorie Dispersive : Les molécules d'ADN parents et filles sont décomposées en fragments

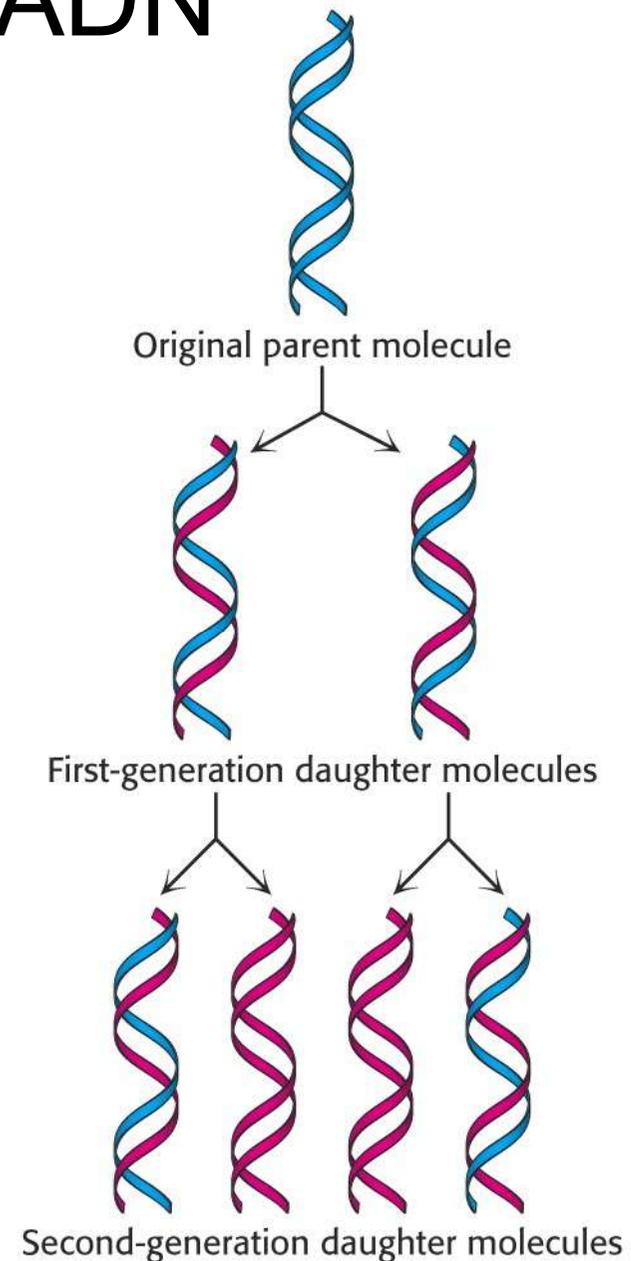


Experience de Meselson-Stahl confirme la replication semi-conservative



Réplication d'ADN

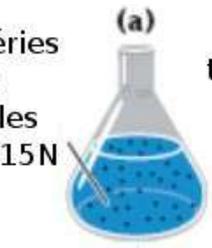
- Théorie Semi-conservatrice!
- La Théorie de Watson et Crick



Expérience de Meselson-Stahl confirme la replication semi-conservative

Méthode

culture de bactéries pendant de nombreux cycles sur milieu avec ^{15}N



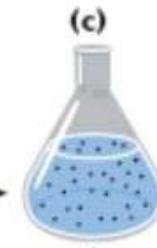
centrifugation

transfert sur milieu ^{14}N pour une division cellulaire



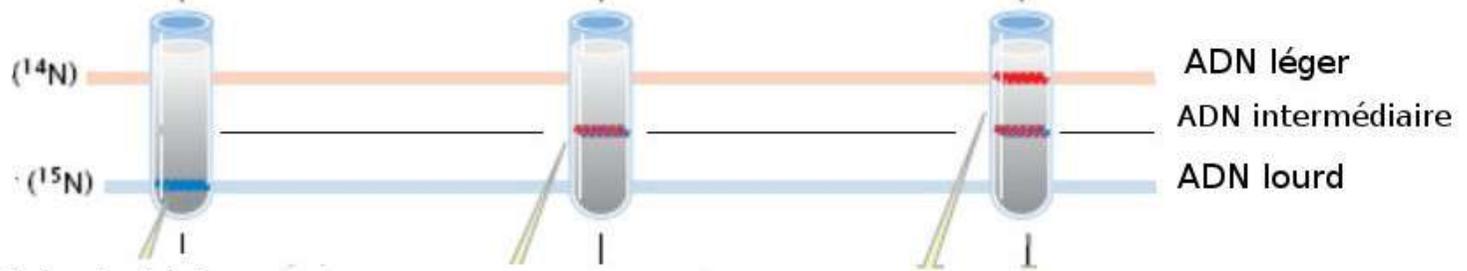
centrifugation

une division sur milieu ^{14}N



centrifugation

Résultats



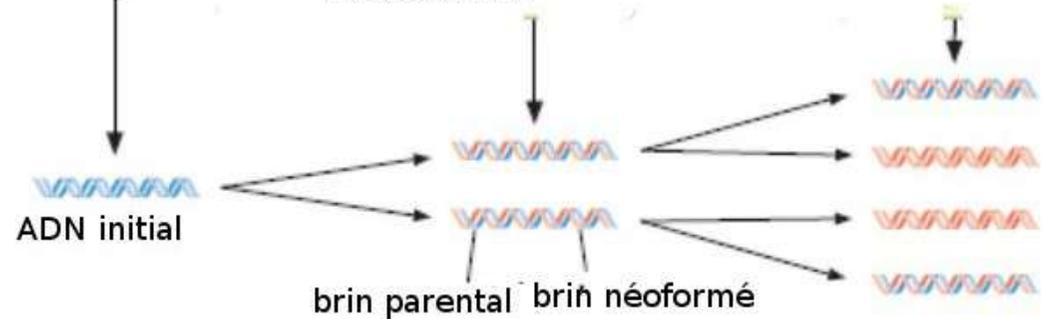
ADN des bactéries cultivées sur milieu ^{15}N apparaissant selon 1 seule bande

ADN initial

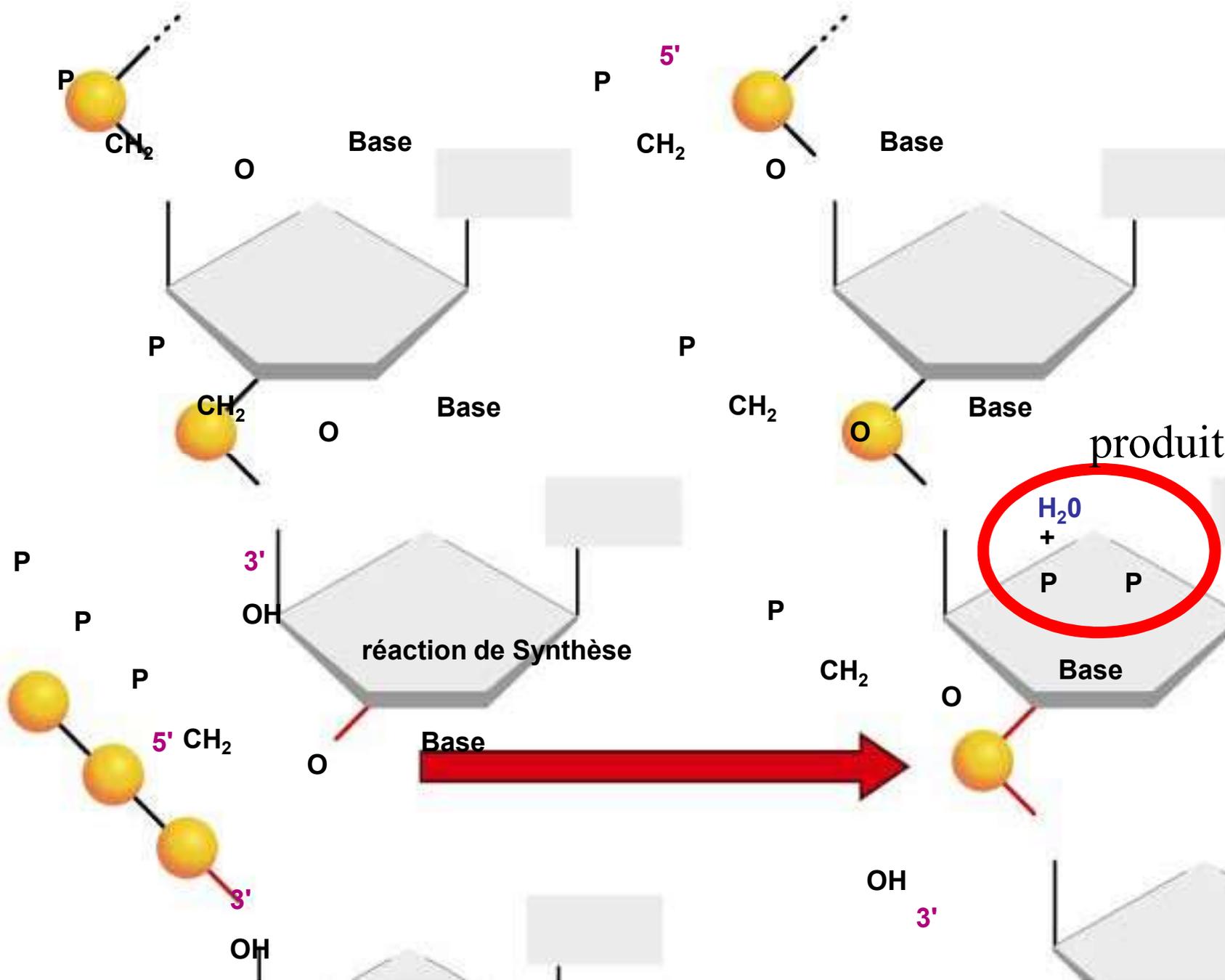
Après 1 réplication, l'ADN correspond à une bande d'ADN de densité intermédiaire

brin parental brin néoformé

Après la 2e réplication, apparaissent 2 bandes : une d'ADN intermédiaire et une d'ADN léger

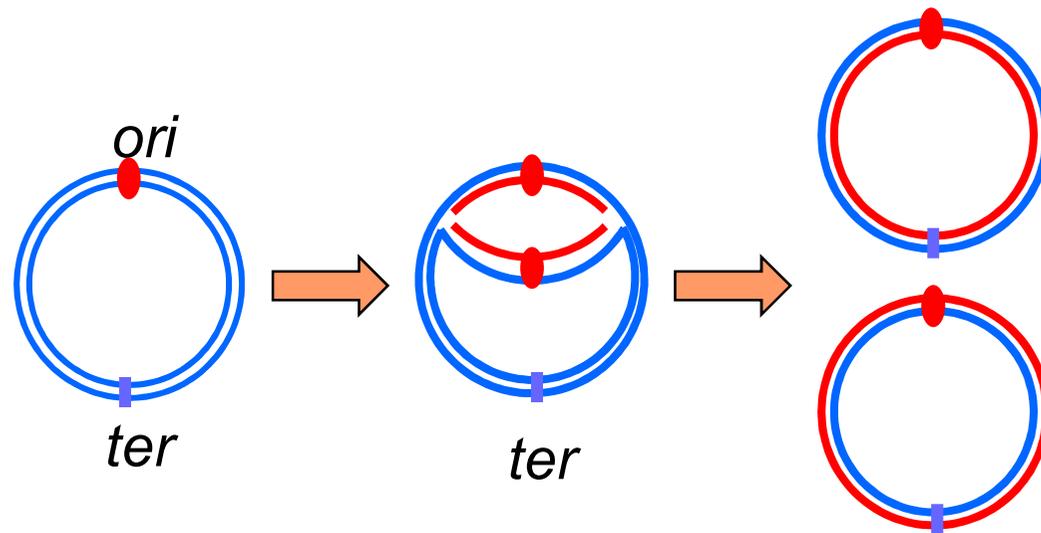
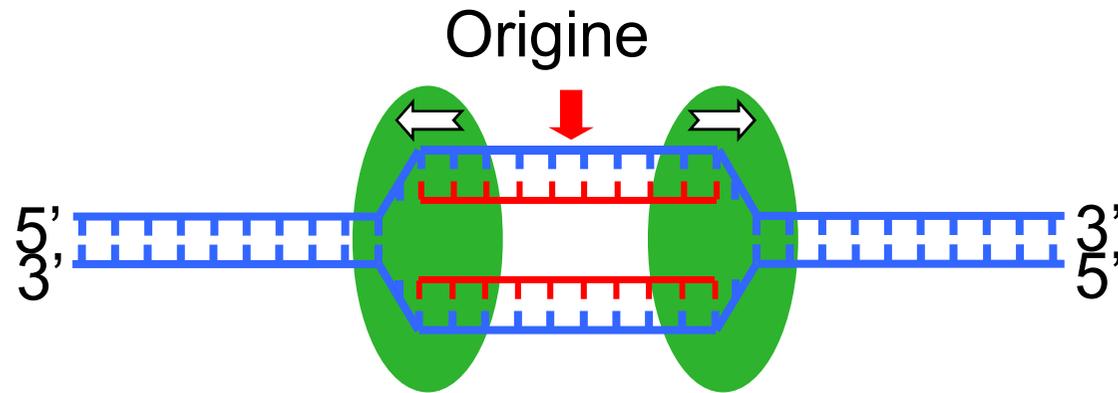


SYNTHESE DE L'ADN



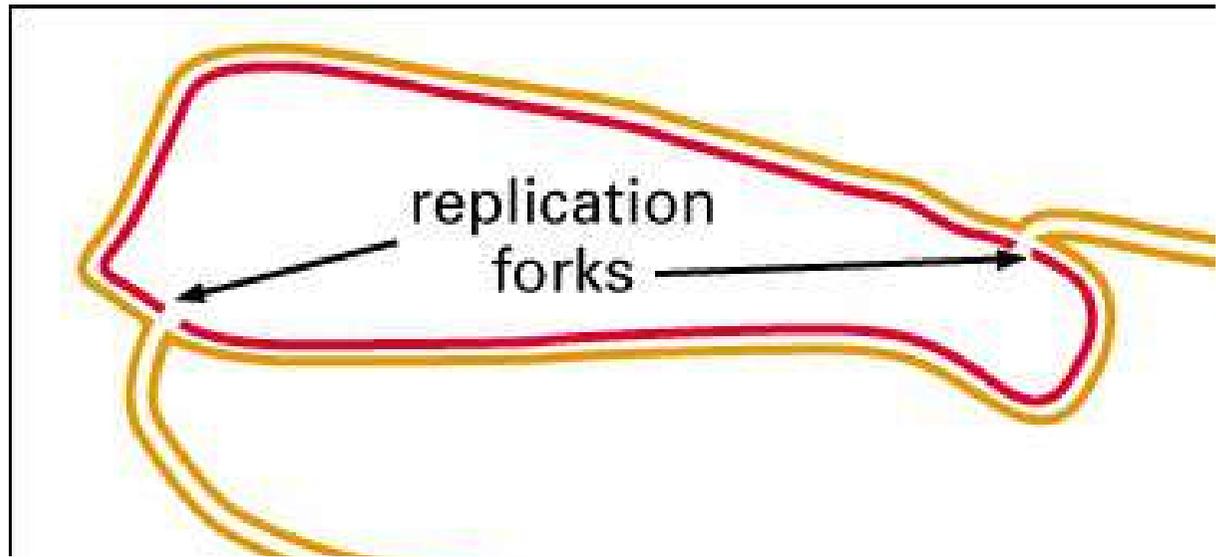
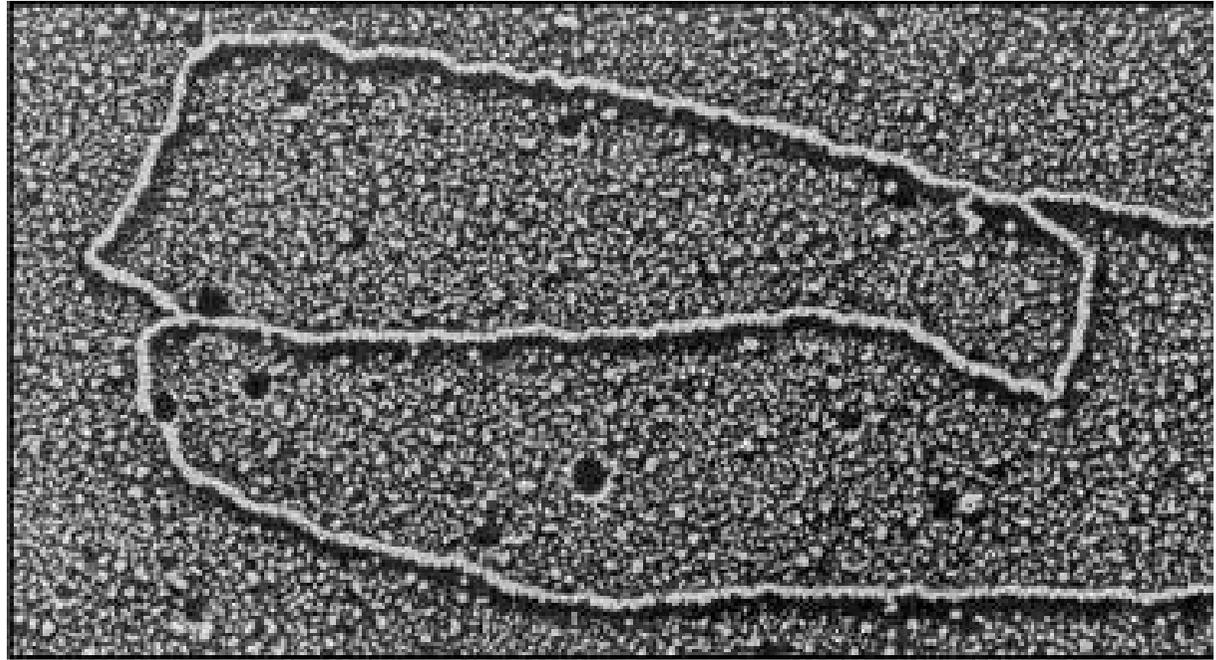
3. 1. La Réplication de l'ADN chez les procaryotes

Replication du Chromosome Procaryote (Bacteria)

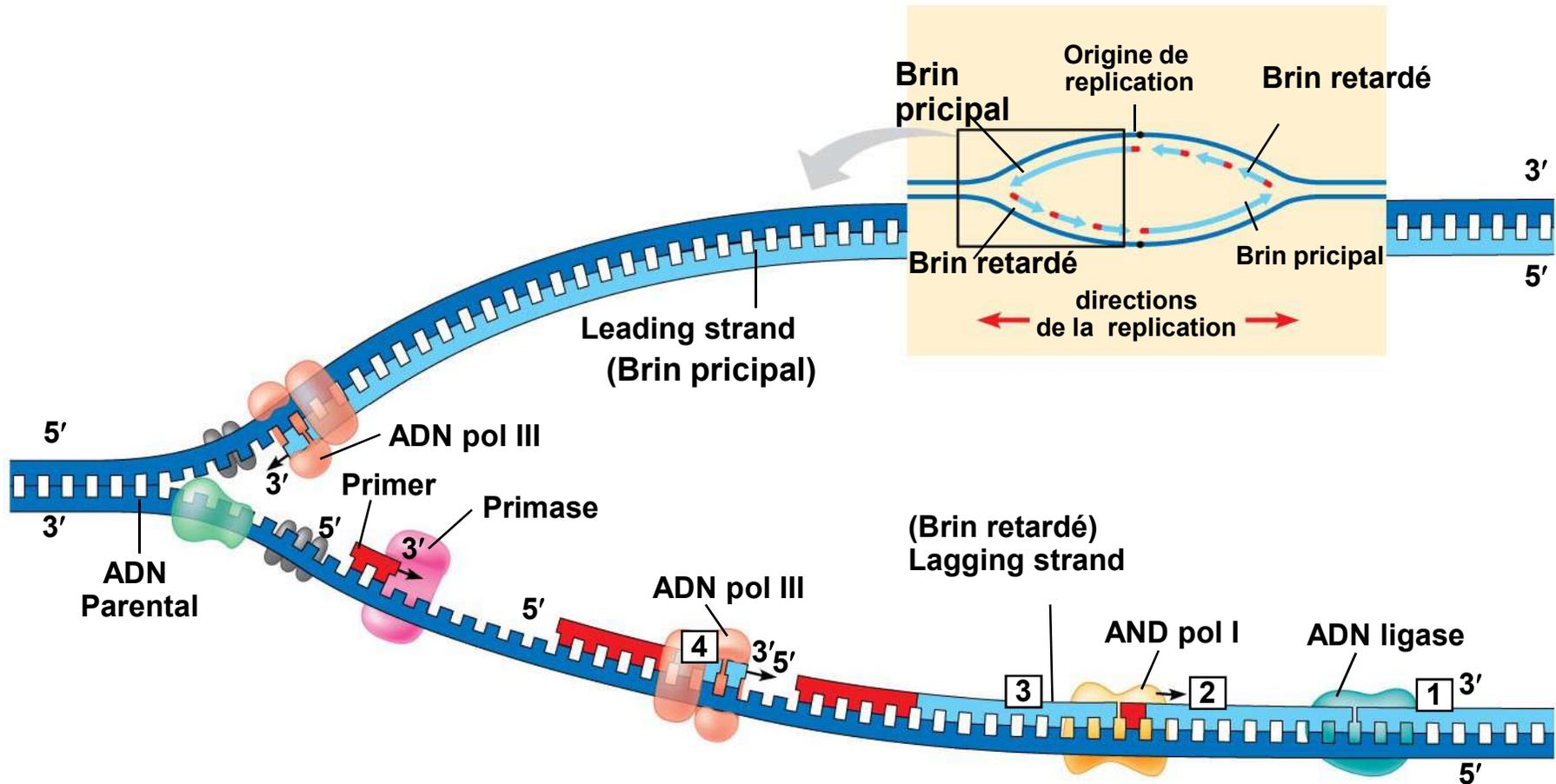


Replication Bidirectionnelle

Fourche de réplication chez les procaryotes

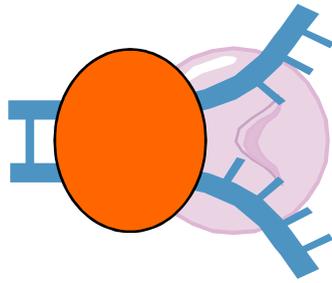


Deux fourches de Réplication

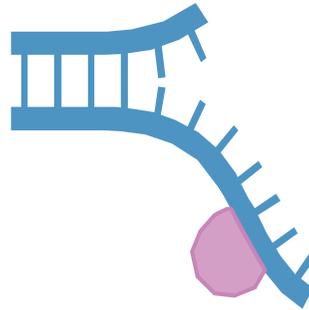


Le Processus de Réplication

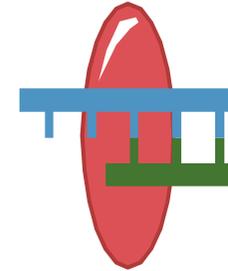
Enzymes impliquées dans la replication de l'ADN



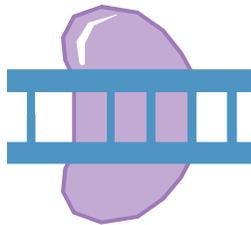
DnaA et l'Hélicase (Dna B) ouvrent la double hélice parentale



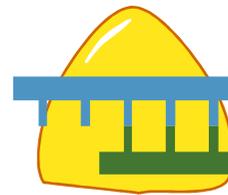
SSB maintiennent les 2 brins séparés



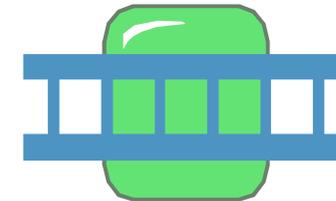
Primase ajoute une courte amorce d'ARN au brin matrice



L'ADN polymérase III synthétise les nouveaux brins



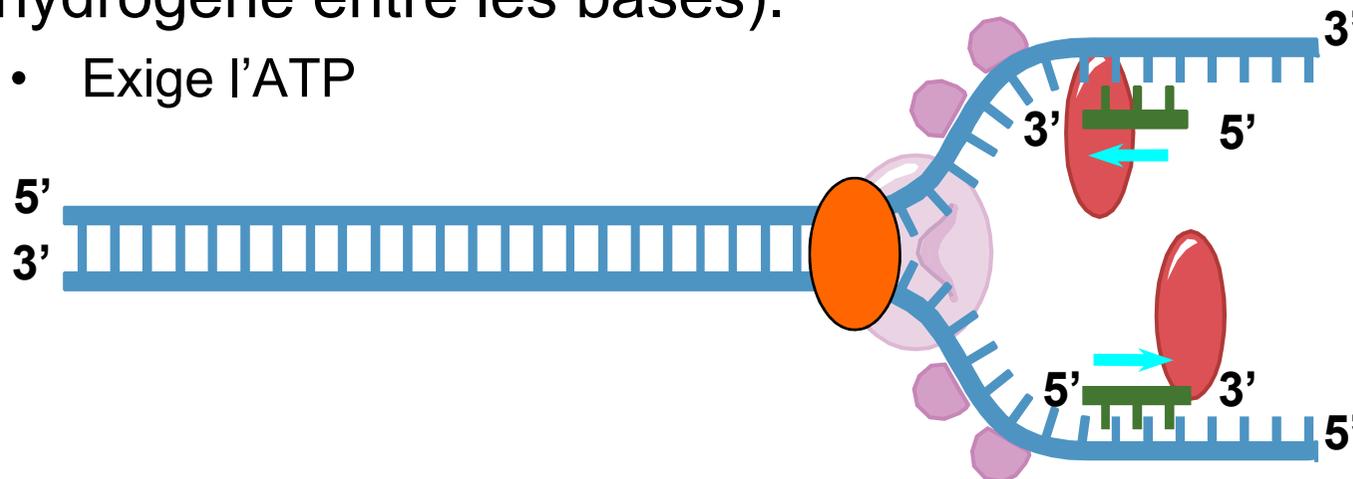
ADN polymerase I (exonucléase) élimine l'amorce d'ARN et insère les bases correctes



AND Ligase ligature les fragments d'Okazaki

Le Processus de Réplication

- **1. L'initiation:** Une partie de la double hélice de l'ADN est déroulée pour exposer les bases azotées
 - L'enzyme Dna A ouvre la double hélice au niveau de l'origine C (origine de réplication)
 - L'enzyme **hélicase** (Dna B) coupent et déroulent de courtes segments d'ADN avant la fourche de réplication (ils coupent les liaisons hydrogène entre les bases).

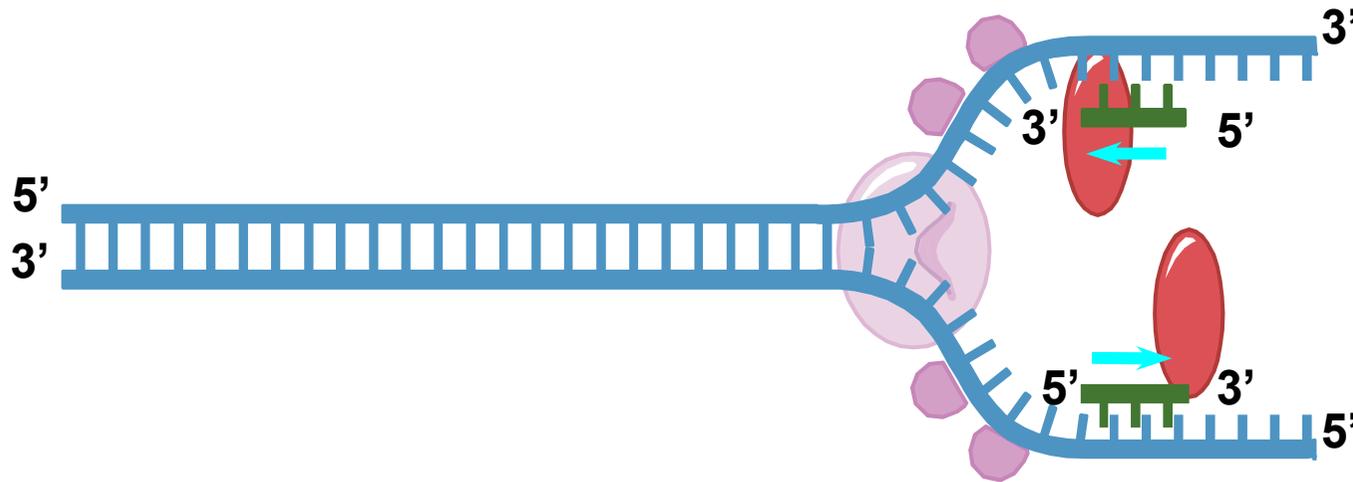


Autres assistants

- Single-stranded DNA-binding proteins (SSB)
 - Se lie à l'ADN simple brin pour stabiliser la structure
 - S'appelle APR (protéine de réplication A) chez les eucaryotes
- Topoisomérases
 - La prévention des torsions d'ADN'
 - Deux types
 - Type I - Casse un brin seulement puis le ligature
 - Type II – Casse les deux brins puis les ligature

Réplication d'ADN

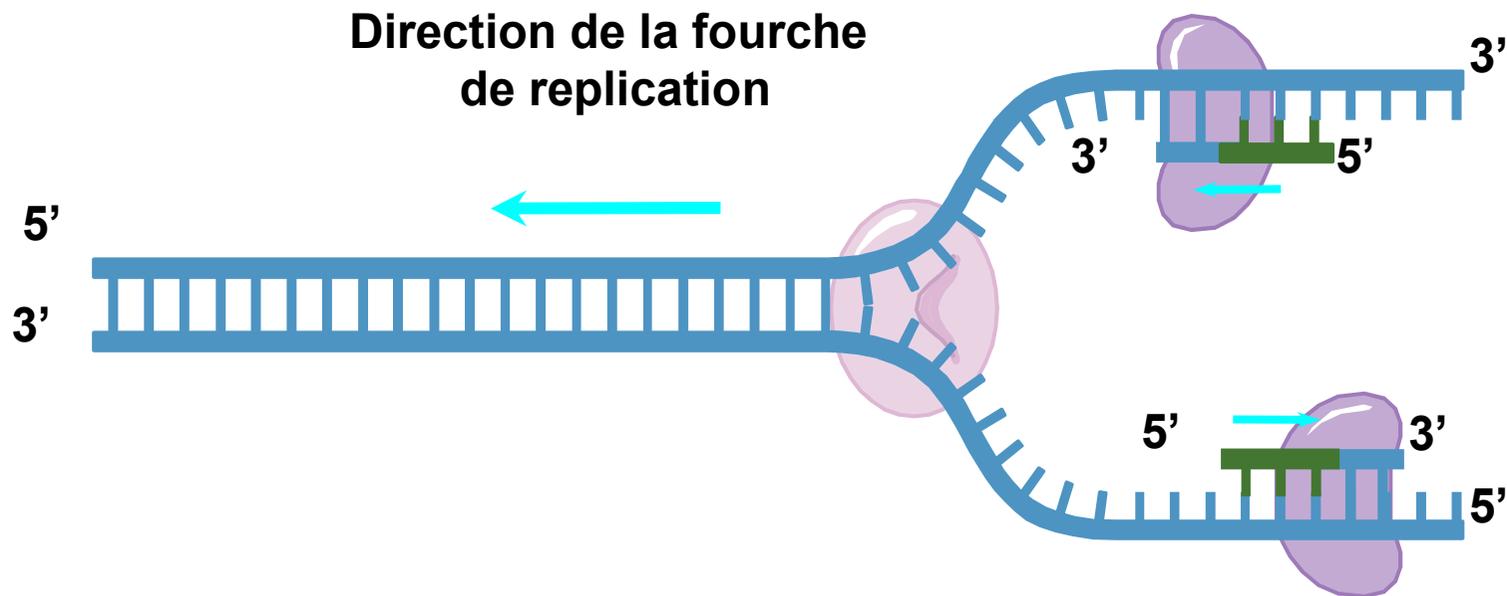
- 2. **Élongation**: deux nouveaux brins d'ADN sont copiés en utilisant l'ADN parental comme matrice.
 - L'enzyme **ARN Primase**: Synthétise une **amorce** (primer) d'ARN pour commencer le processus d'élongation



Réplication d'ADN

2. Élongation Continuée:

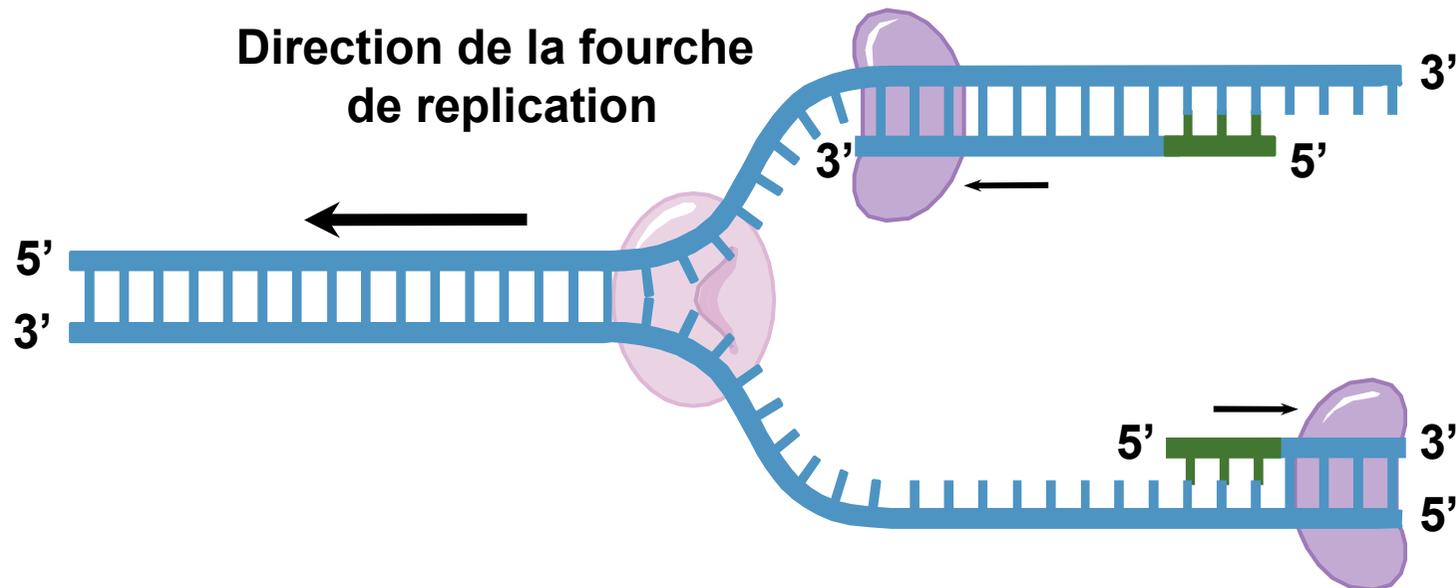
- L'Enzyme **ADN Polymérase III**:
Commencent à ajouter un nucléotide à la fois pour créer un nouveau brin complémentaire (dans la sens 5' à 3')



- L'ADN polymérase relit les bases ajoutées et remplace nucléotides incorrects.

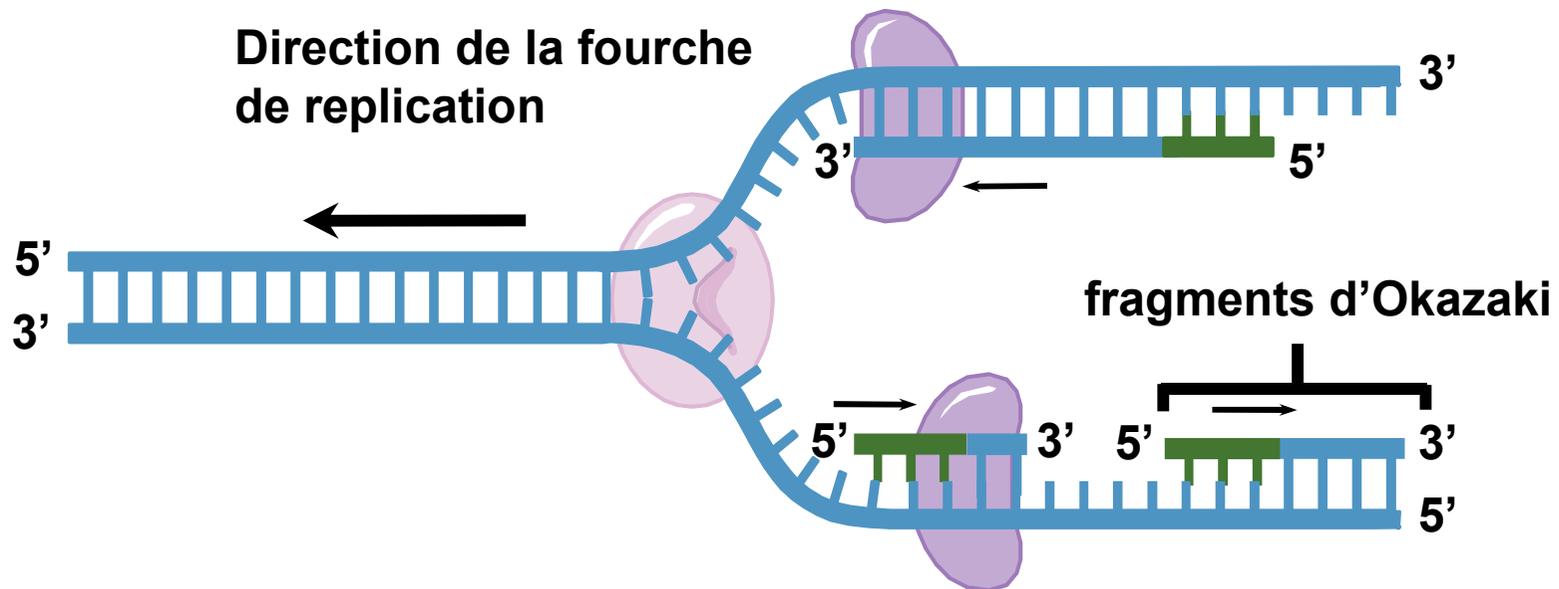
Réplication d'ADN

- Brin Principale (leading strand):
 - Répliqué sans interruption (5' à 3')
 - Il suit la direction de la fourche de réplication
 - Plus vite



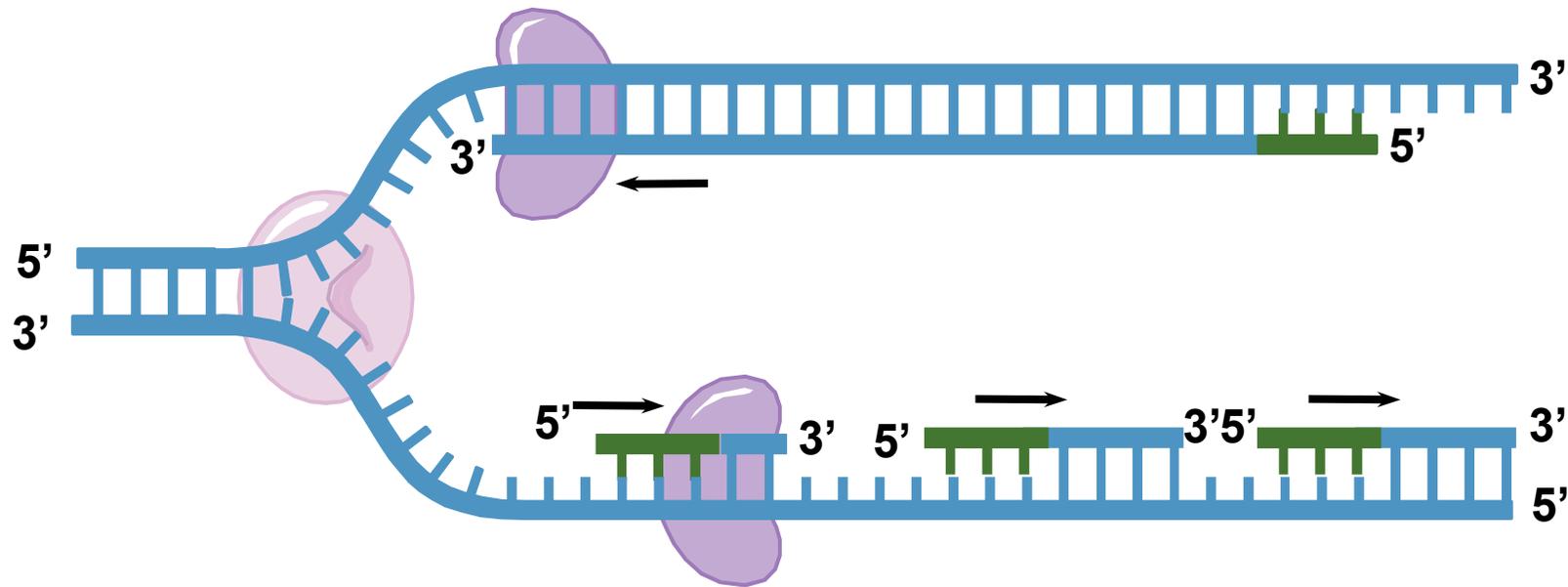
Réplication d'ADN

- Brin retardé (lagging strand):
 - Répliqué dans la direction (3' à 5')
 - Il ne suit pas la direction de la fourche de réplication
 - Plus lente
 - Fabrique les fragments qui s'appellent les **Fragments d'Okazaki**



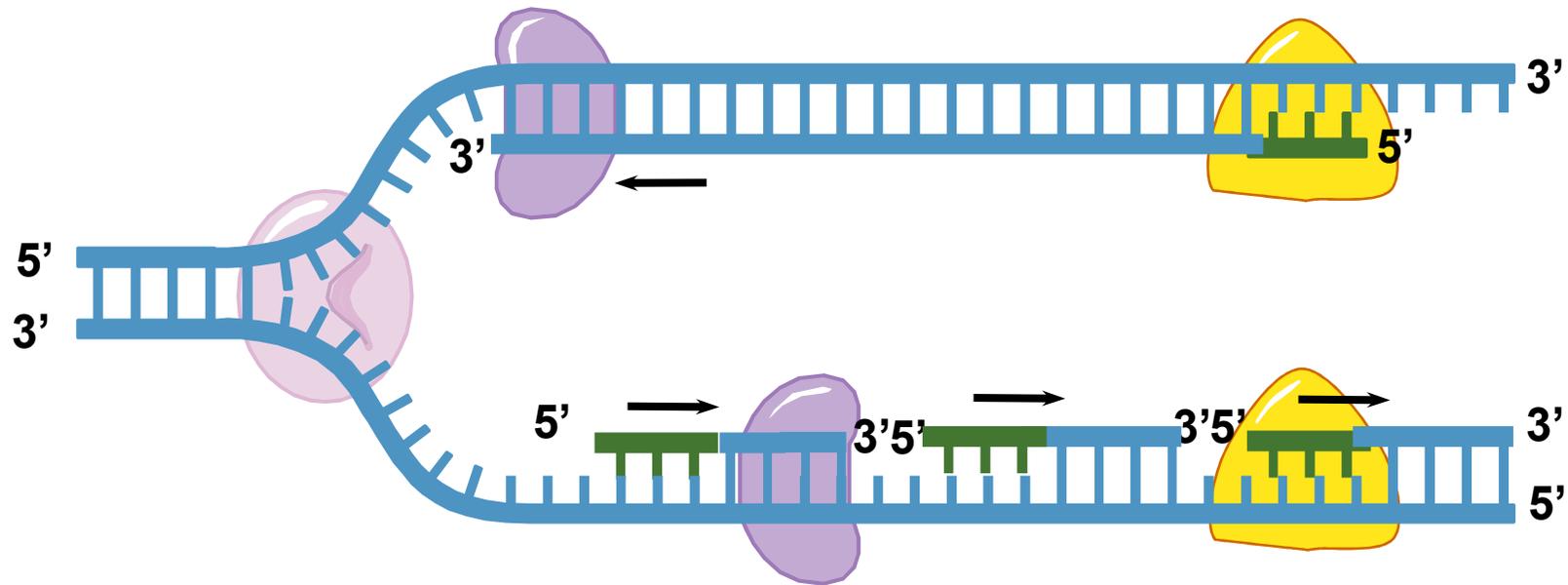
Réplication d'ADN

- Brin retardé (lagging strand):
 - Répliqué dans la direction (3' à 5')
 - Il ne suit pas la direction de la fourche de réplication
 - Plus lente
 - Fabrique les fragments qui s'appellent les **Fragments d'Okazaki**



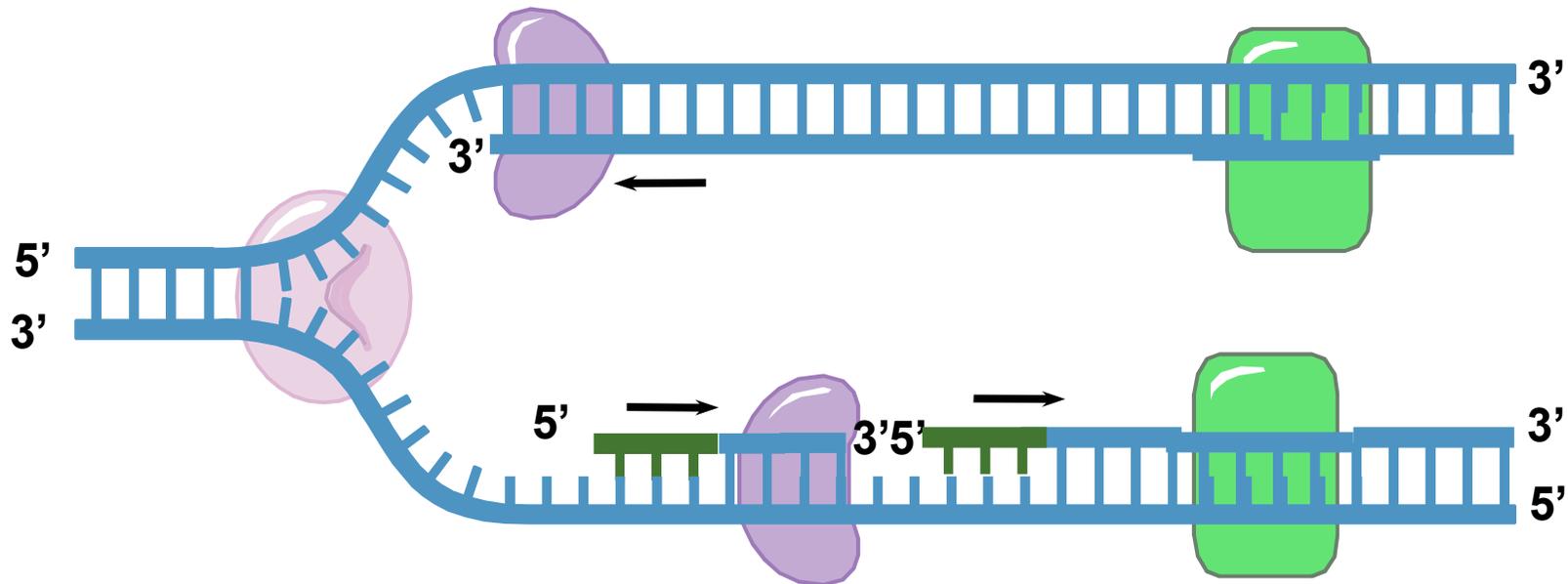
Réplication d'ADN

ADN polymerase I (exonucléase) élimine l'amorce d'ARN sur les deux brins et insère les bases correctes

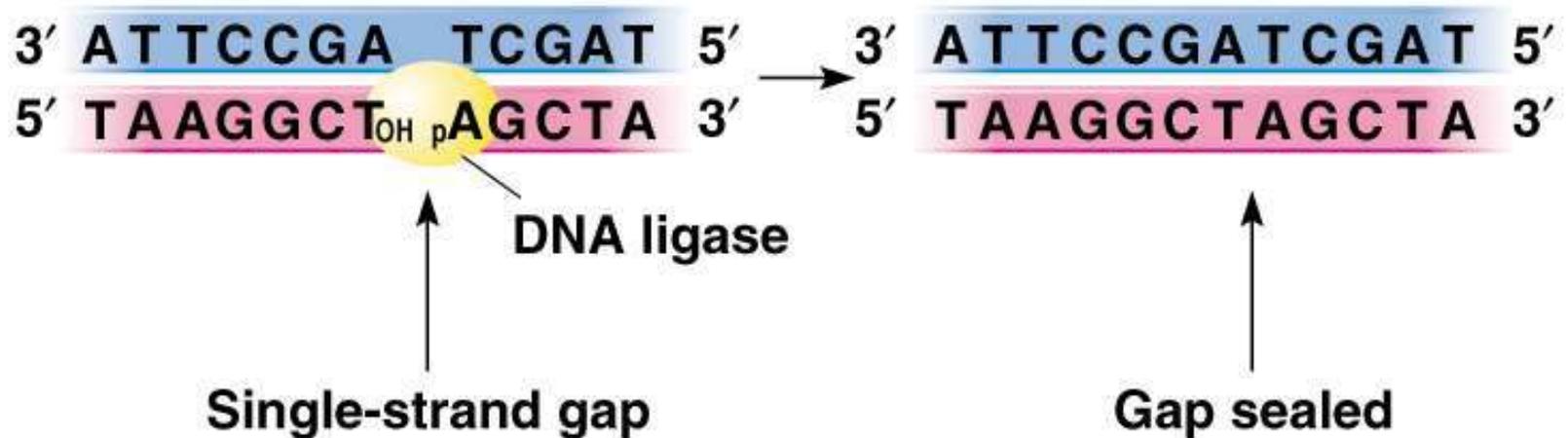


Réplication d'ADN

- L'Enzyme **Ligase**: Colle les fragments d'Okazaki ensemble (catalyse la formation des liaisons phosphate entre les nucléotides)

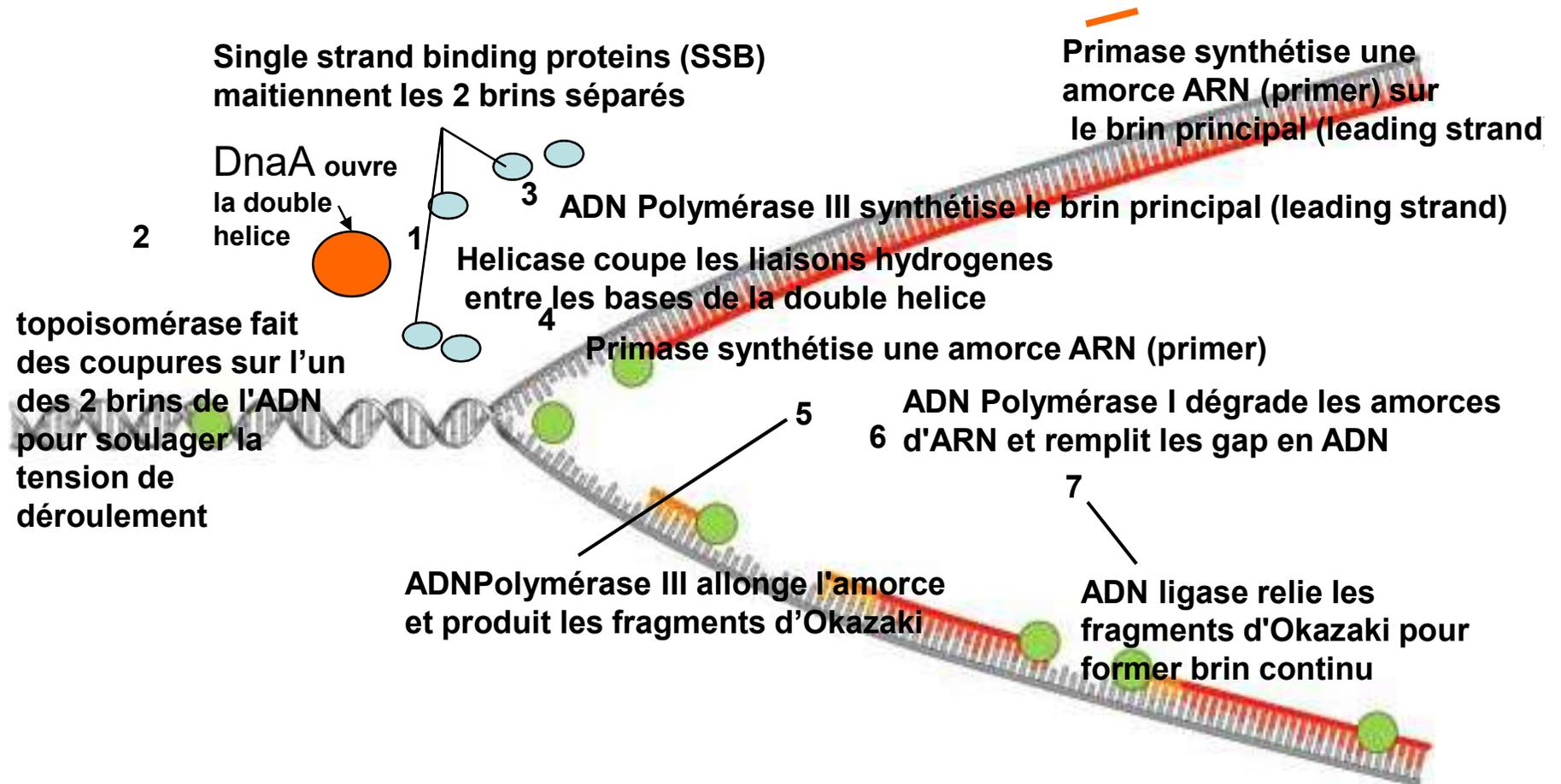


Réplication de l'ADN - ADN ligase



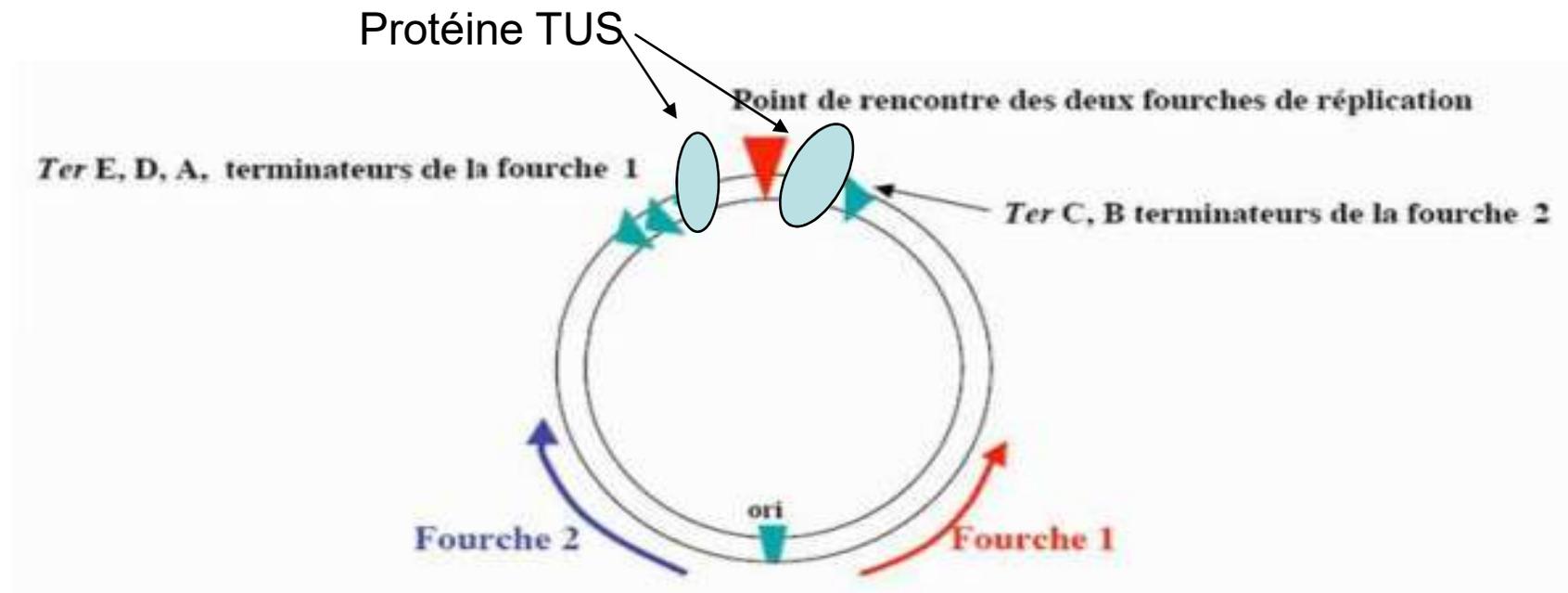
Le Processus de Réplication

Enzymes impliquées dans la replication de l'ADN (Replisome)



Terminaison de la réplication

- L'arrêt de la réplication lorsque deux fourches de réplication se rencontrent ou lorsqu'une fourche rencontre un signal de terminaison de la réplication (ter). Il y a « ter » : terA terD terB terC qui freinent les fourches de réplication.
- Une protéine dite TUS (terminator utilisation substance) qui se fixe sur la séquence terminale de l'ADN 'Ter'.
- L'ADN bactérien étant circulaire, deux réplisomes copient les doubles brins d'ADN en sens opposé jusqu'à ce qu'ils rencontrent TUS sur leur chemin : le réplisome peut en effet déloger TUS dans son avancée s'il approche d'un côté mais est bloqué lorsqu'il arrive de l'autre côté.



Intervention d'une topoisomérase IV pour catalyser la séparation des 2 chromosomes

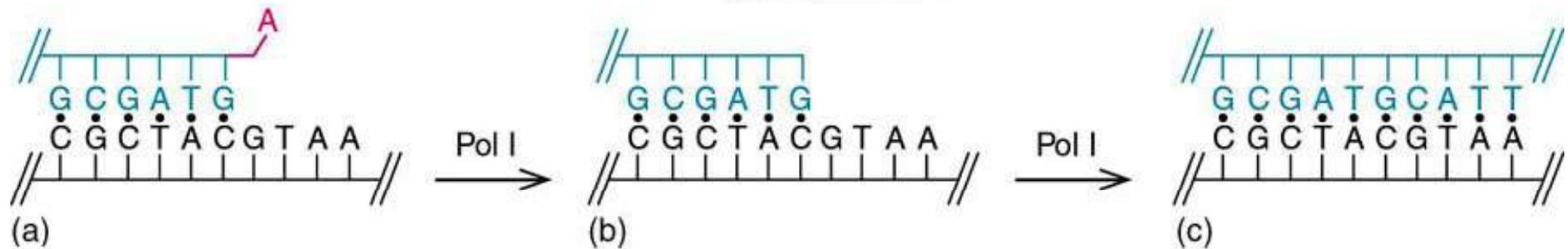
Les protéines impliquées dans La réplication de l'ADN chez *E. coli*

Protéine	Fonction
Topoisomérase (ADN Gyrase)	Enlève les supertours de l'ADN
SSB	Single-stranded DNA binding
DnaA	facteur d'initiation
HU	Histone-like (DNA binding and bending)
PriA	Assemblage du Primosome
PriB	Assemblage du Primosome
PriC	Assemblage du Primosome
DnaB (helicase)	Ouverture de l'ADN
DnaC	DnaB chaperone
DnaT	Assiste DnaC de la prestation de Dna
Primase	Synthèse d'une amorce d'ARN
ADN Polymérase III	Elongation (synthèse d'ADN)
ADN Polymérase I	Excise les amorces ARN, remplit avec de l'AC
Ligase	lie covalence fragments d'Okazaki
Tus	Terminaison

Proofreading et correction des erreurs

- Le taux d'erreur de ADN polymérase est de l'ordre de 10^6
- Mécanismes de réparation des erreurs :
 - L'activité réparation des erreurs ou "Proofreading":
 - ADN polymérase a une activité 3' → 5' exonucléase qui élimine le nucléotide incorrectement apparié.
 - Réparation des mésappariements:
 - Correction des erreurs après que la réplication soit terminée

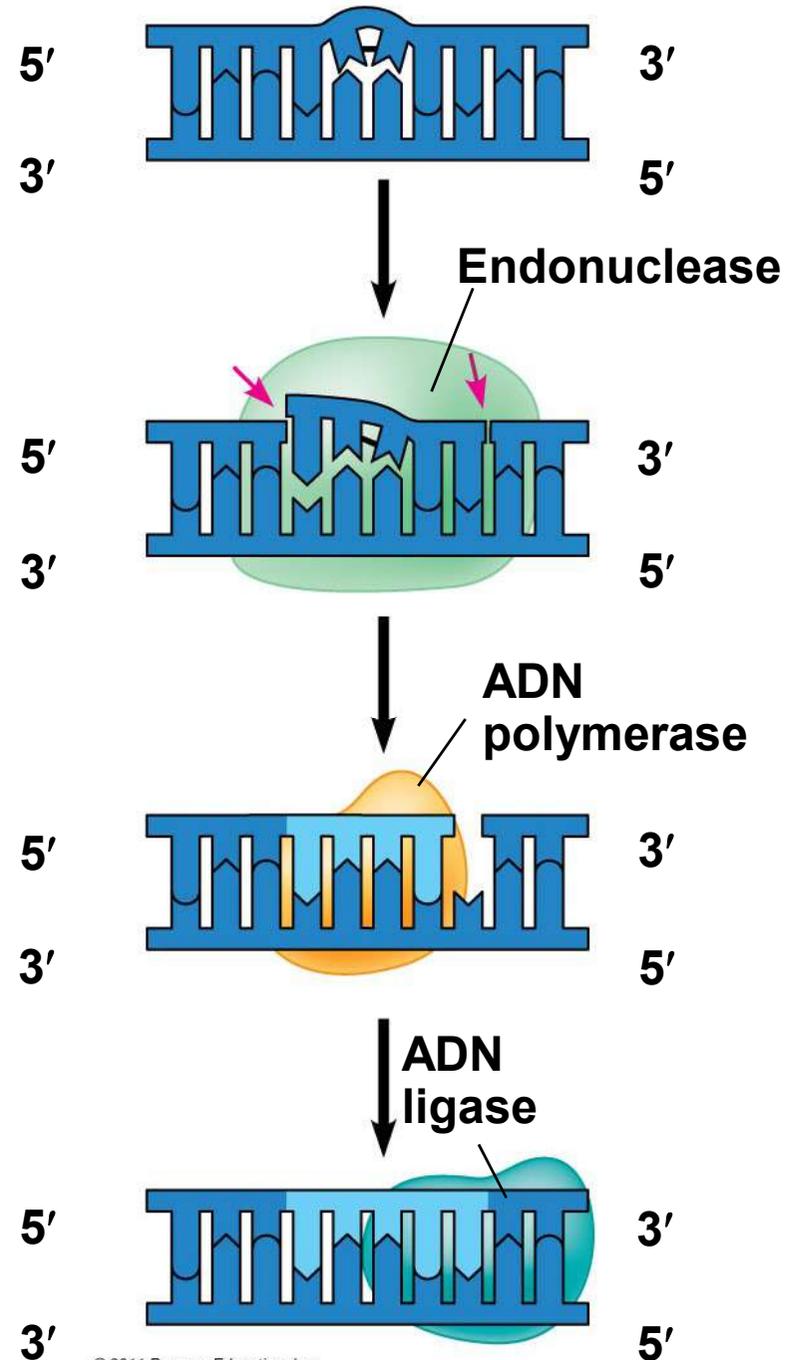
Proofreading et correction des erreurs



L'insertion du mauvais nucléotide provoque l'ADN polymérase de s'arrêter, puis l'activité de 3' - 5' exonucléase enlève le nucléotide mésapparié. La polymérase continue ensuite en ajoutant les bons nucléotides.

Correction des mésappariements

- Lors de réparation d'un nucléotide par excision, une endonucléase coupe le segments d'ADN endommagé puis une ADN polymérase remplit le gap, et enfin une ADN ligase ligature les segments d'ADN



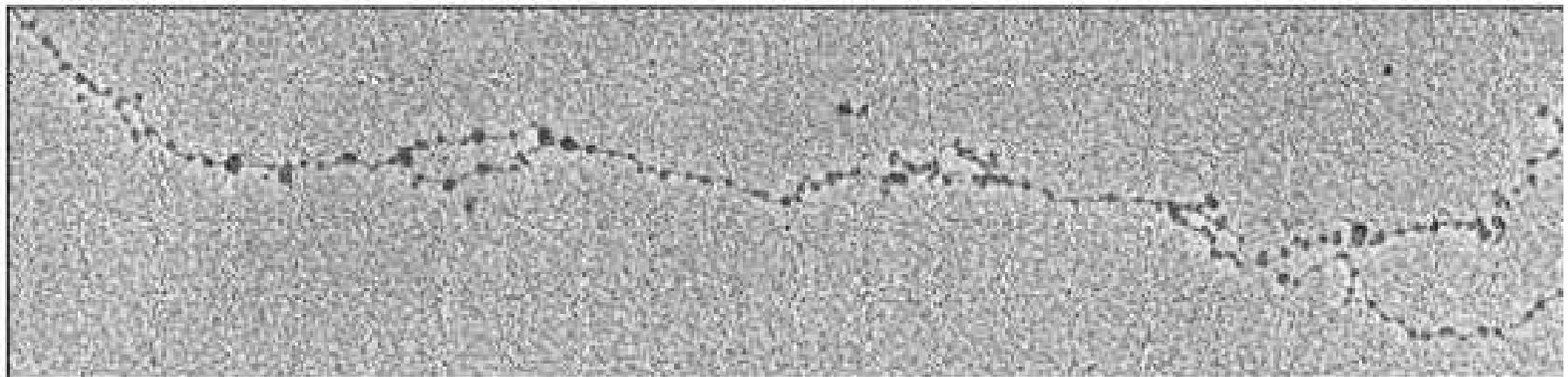
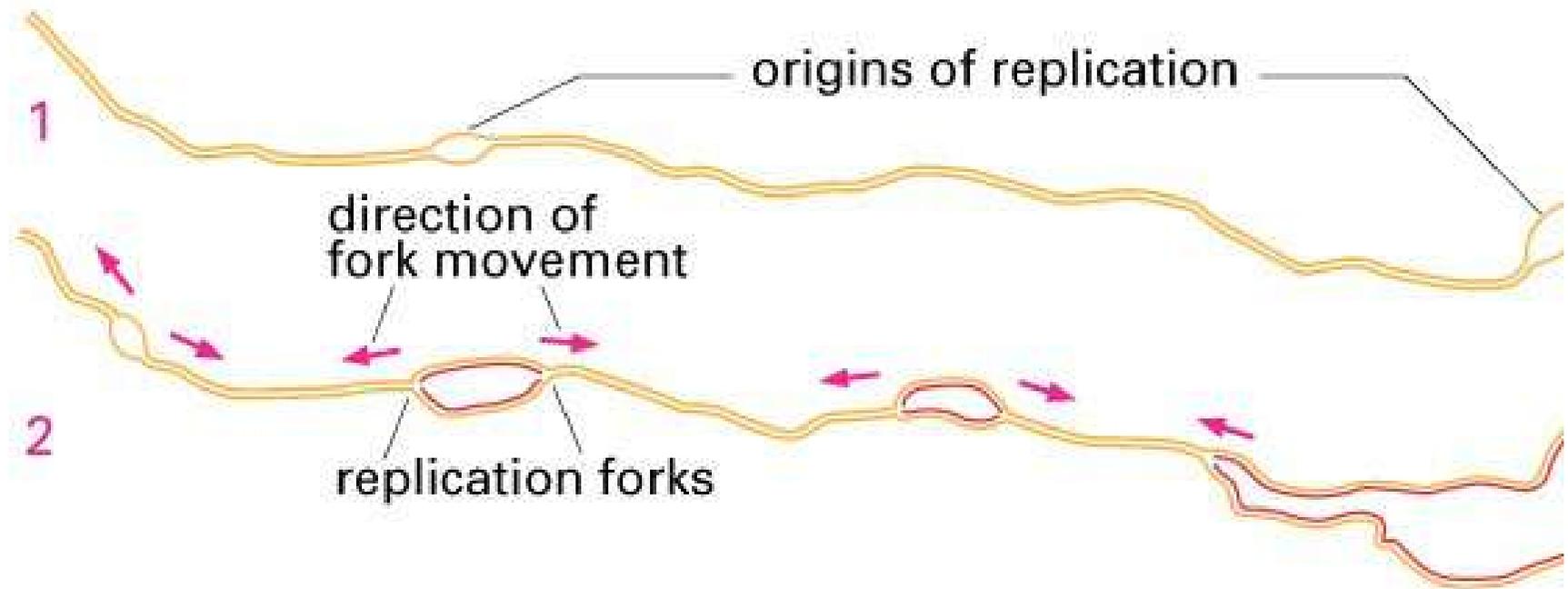
ADN altéré et evolution

- Le taux d'erreur après réparation est faible, mais pas nul.
- Les changements de séquence peuvent devenir permanentes et peuvent être transmis à la génération suivante.
- Ces changements (mutations) sont la source de la variation génétique sur laquelle la sélection naturelle opère.

Replication chez les Eucaryotes

- En général, la réplication chez les eucaryotes est quasi identique à la réplication chez les procaryotes

Différentes régions d'un chromosome sont répliquées à différents moments
Les flèches indiquent les régions se répliquant à des moments différents



Replication ADN Eucaryote

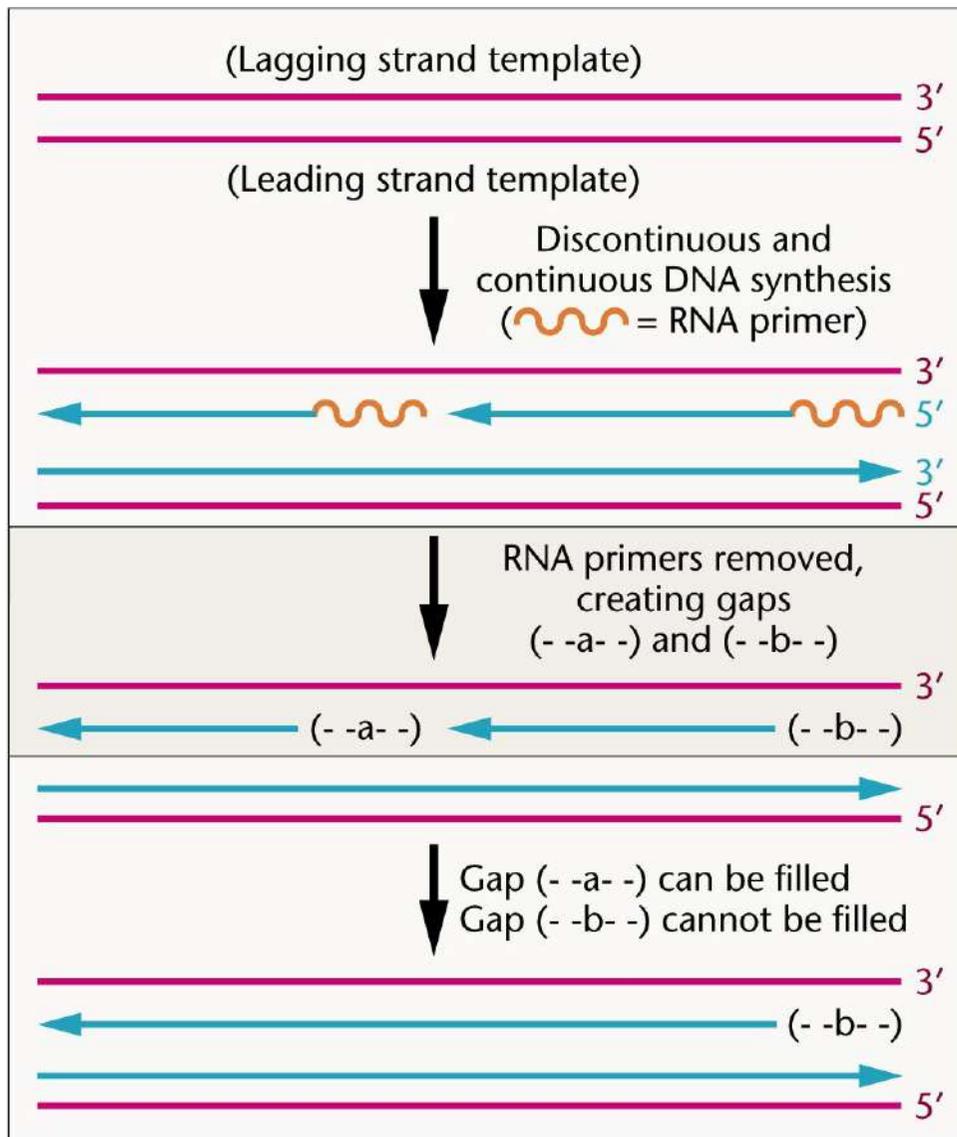
- ADN polymerase Eucaryotes
 - ADN polymerase α - agit comme la Primase en initiation
 - ADN polymerase δ - réplique le brin retardé (lagging strand)
 - ADN polymerase ε - réplique le brin principal (leading strand)

Différences entre eucaryotes et procaryotes

	Eucaryotes	Procaryotes
Origine de répliation	multiple	unique
Protéine stabilisatrice de l'ADN simple brin	RP-A ou RF-A	SSB
Amorce ARN	oui synthétisée par Polymérase alpha suit par alpha ou béta ou epsilon dégradé par RNase H gap synthétisé par alpha ou béta	oui synthétisée par une primase suit par ADN pol III dégradé par l'ADN pol I gap synthétisé par l'ADN pol I
ADN polymérases	alpha: activité polymérase activité primase pas d'activité exonucléasique 3'→5' delta: activité exonucléasique 3'→5' pas d'activité primase epsilon: activité exonucléasique 3'→5' pas de primase béta: répare les courts fragments d'ADN gamma: réplique l'ADN mitochondrial activité exonucléasique 3'→5'	ADN pol III: activité polymérase activité exonucléasique 3'→5' ADN pol I: activité exonucléasique 5'→3' activité polymérase 5'→3' activité exonucléasique 3'→5'
Fragments d'Okazaki	200 nucléotides	2000 nucléotides

Replication ADN Eucaryote

- La réplication des extrémités télomériques:



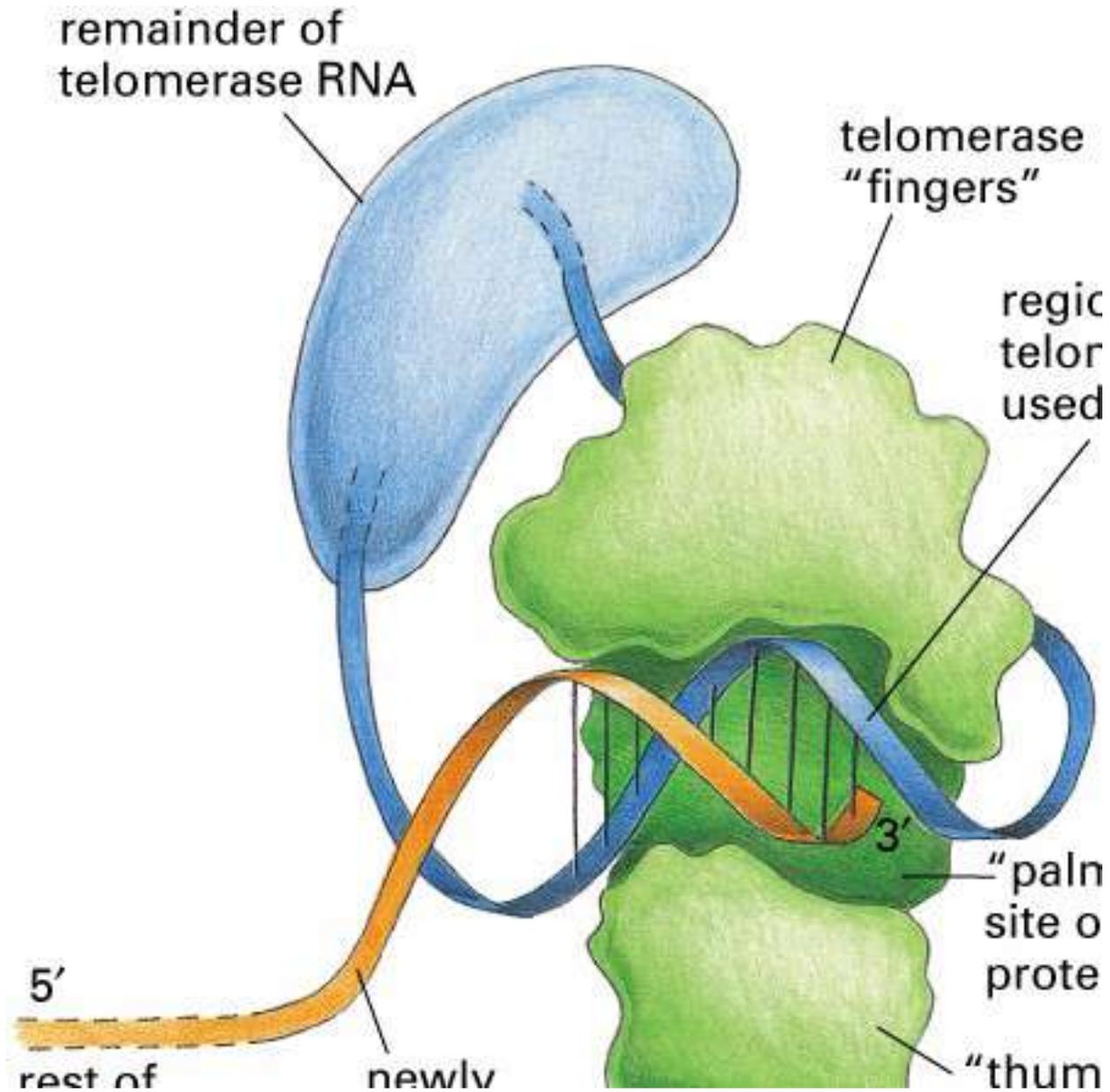
–Problème: l'amorce ARN près de l'extrémité du chromosome sur le brin retardé ne peut être remplacé par de l'ADN puisque l'ADN polymérase doit ajouter les nucléotides à une séquence d'amorce.

Replication ADN Eucaryote

- Intervention de la Télomérase

Chez l'être humain, la télomérase est active dans les cellules germinales dans des cellules immortalisées in vitro, la grande majorité des cellules cancéreuses et, éventuellement, dans des cellules souches.

La télomérase est composée à la fois de l'ARN et de protéines



Téломérase

1. Téломérase se lie au télomères et la composante interne de l'ARN s'aligne avec les répétitions télomériques existantes.
2. Téломérase synthétise les nouvelles séquences répétées en utilisant son propre composant ARN en tant que matrice
3. Téломérase se repositionne sur le chromosome et la matrice d'ARN hybride avec l'ADN une fois de plus.

