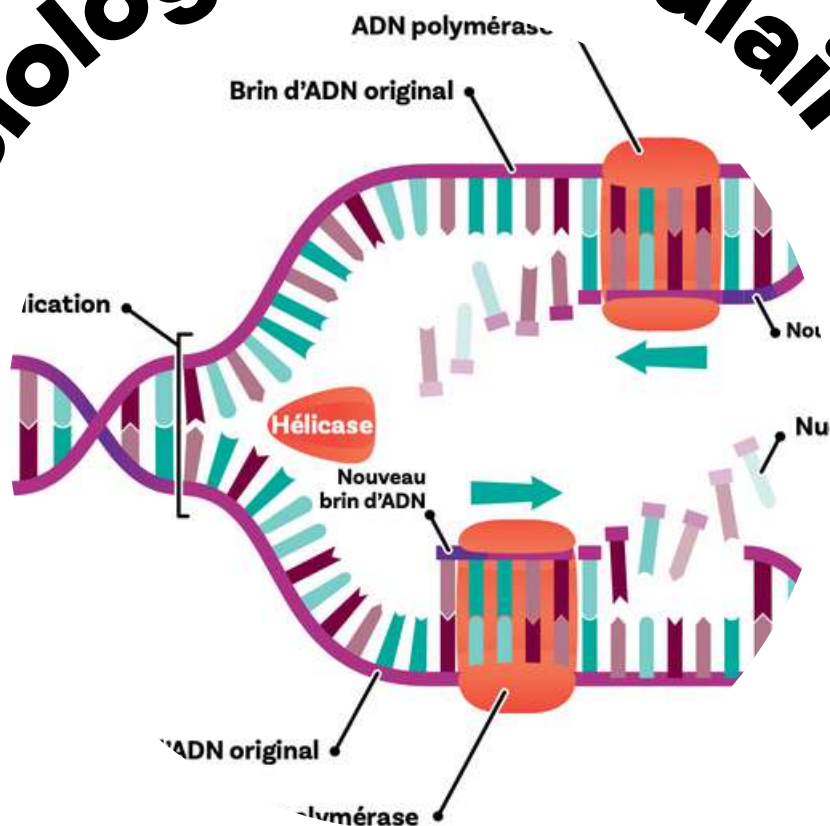


# Biologie Moléculaire



## SCIENCES DE LA VIE



### Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



### Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://Biologie Maroc) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



### Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

*UE1 : Biochimie – Biologie moléculaire*

---

Chapitre 3 :  
**La réplication  
du matériel génétique**

Professeur Joël LUNARDI

---

Année universitaire 2010/2011

Université Joseph Fourier de Grenoble - Tous droits réservés.

# Chapitre 3

I. Réplication de l'ADN chez les procaryotes

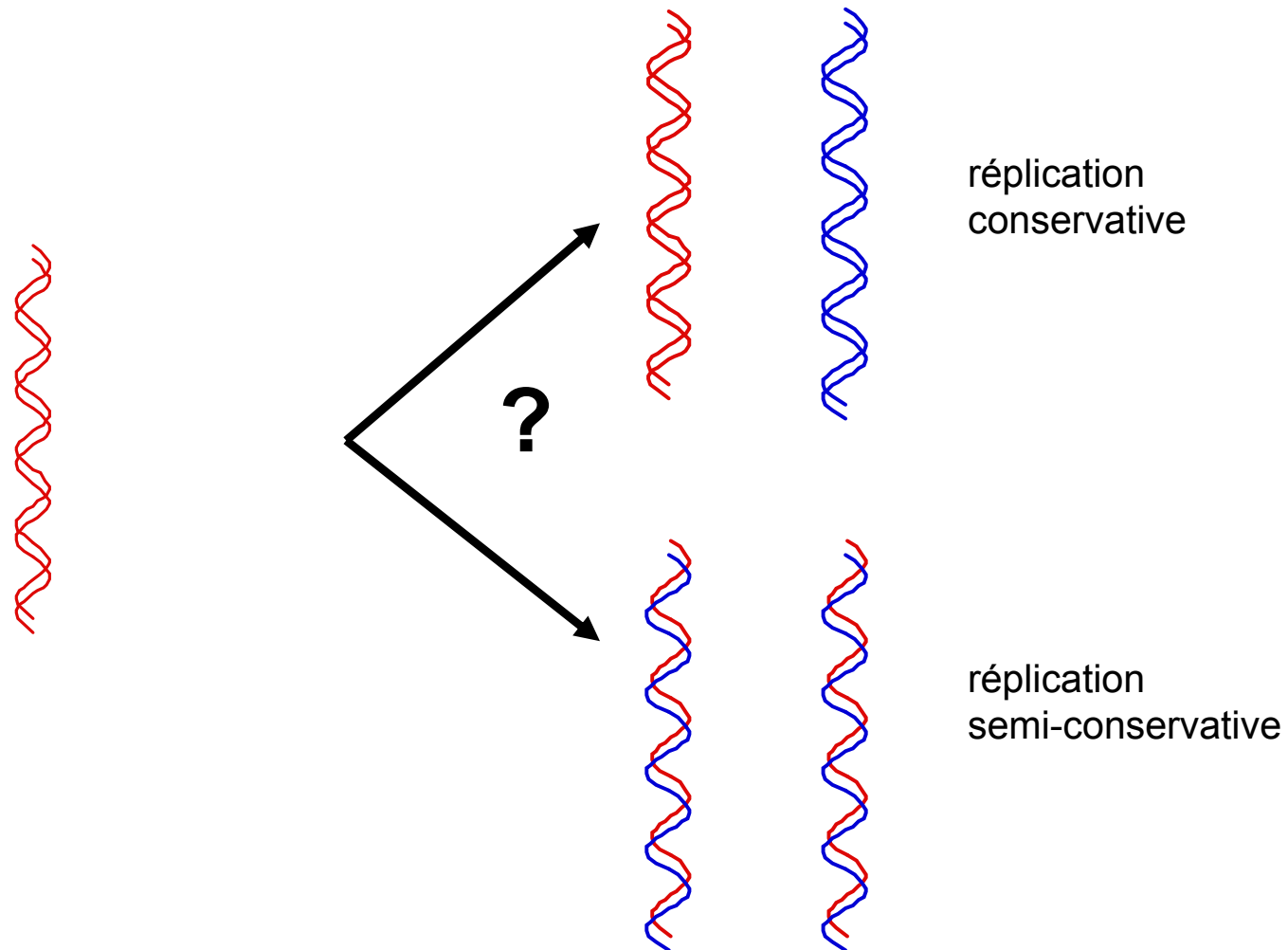
II. Réplication de l'ADN chez les eucaryotes

III. Réplication de l'ADN mitochondrial

IV. Réplication à partir d'ARN

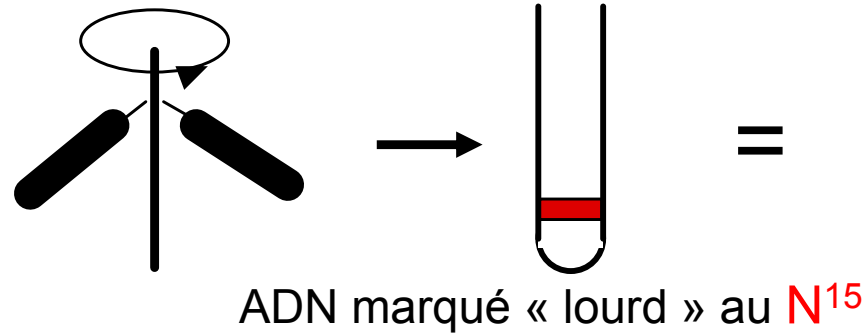
“Il n’a pas échappé à notre attention que l’appariement spécifique des bases dans l’ADN, suggère un possible mécanisme de copie du matériel génétique”

**J. Watson et F. Crick**

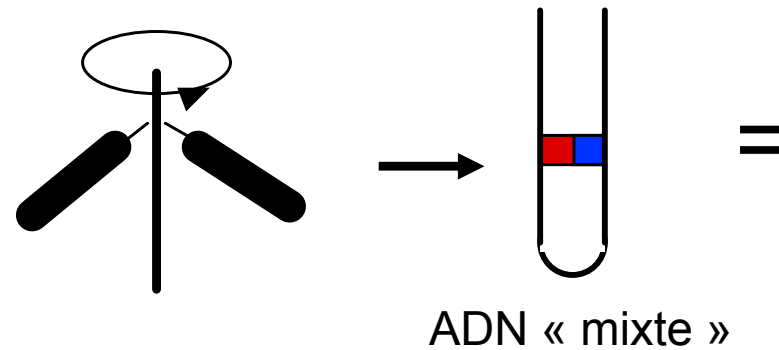


# Mise en évidence expérimentale de la réplication **semi conservative** chez les bactéries par Meselson et Stahl (1957)

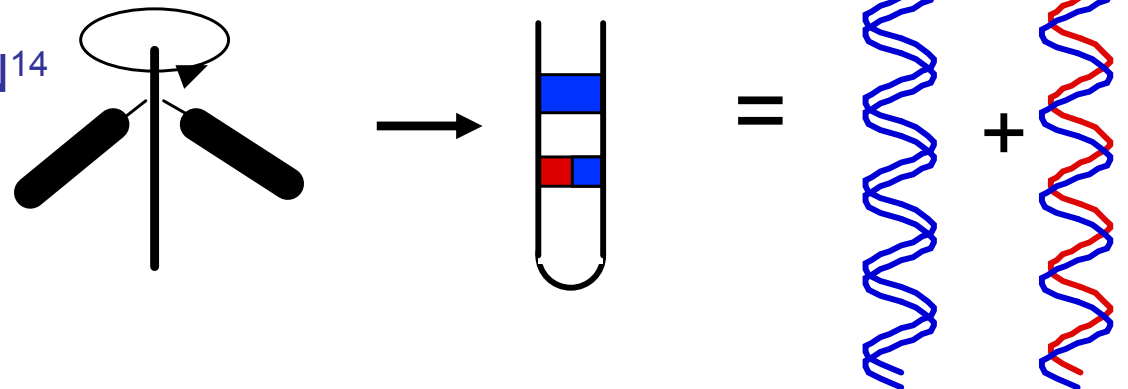
1. culture en milieu  $N^{15}$



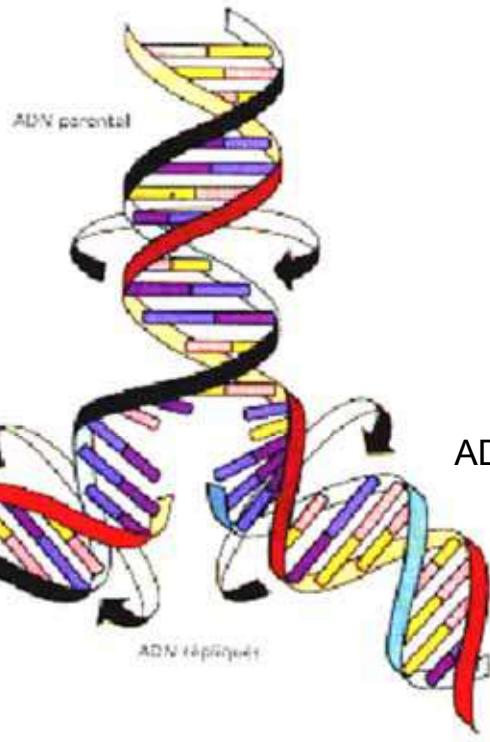
2. transfert et culture en milieu  $N^{14}$



3. Poursuite de la culture en milieu  $N^{14}$



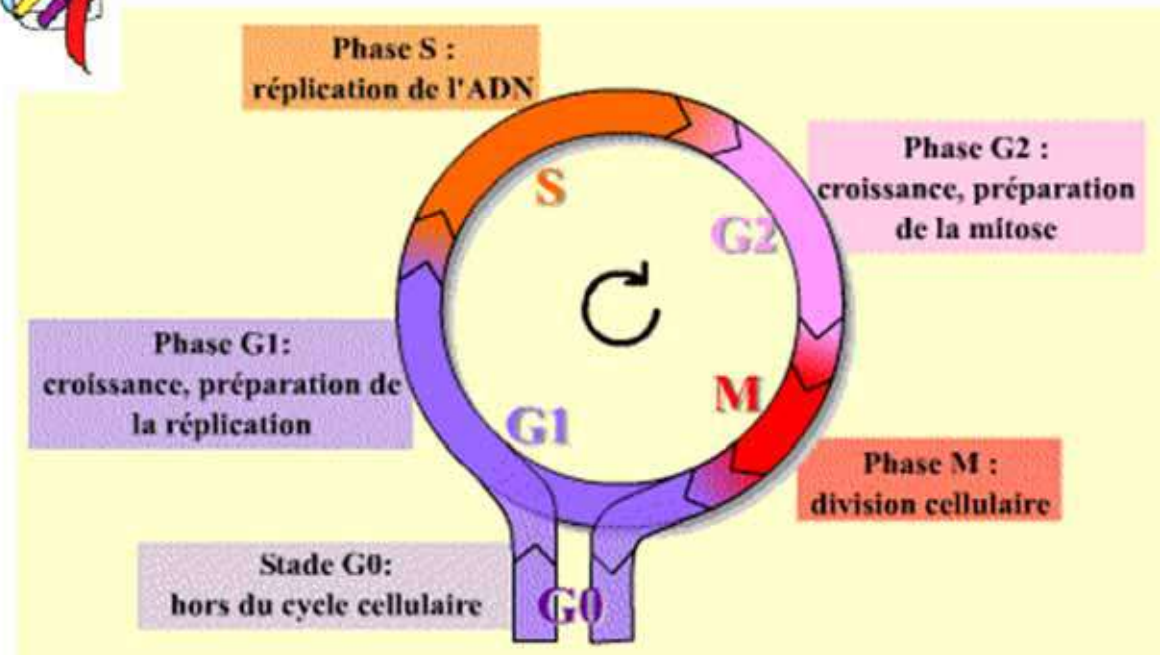
ADN parental



chaque nouveau double brin  
comportera un brin parental et  
un brin nouvellement synthétisé

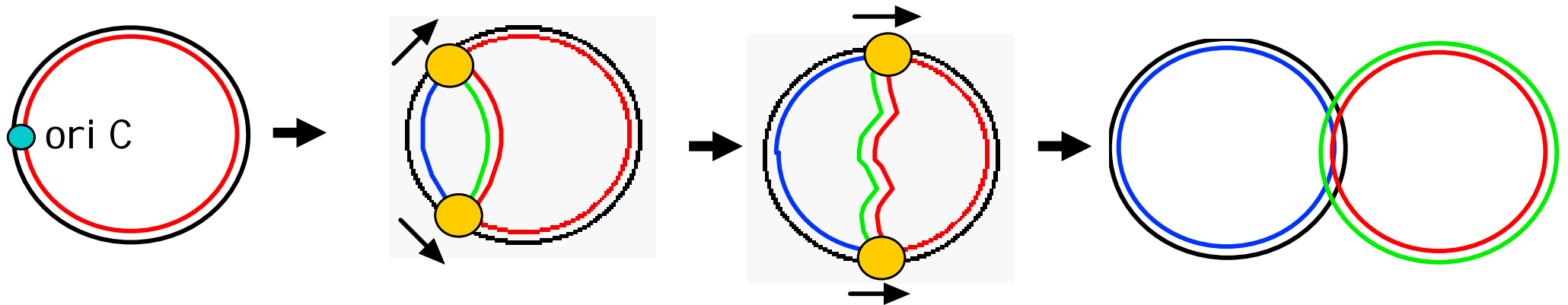
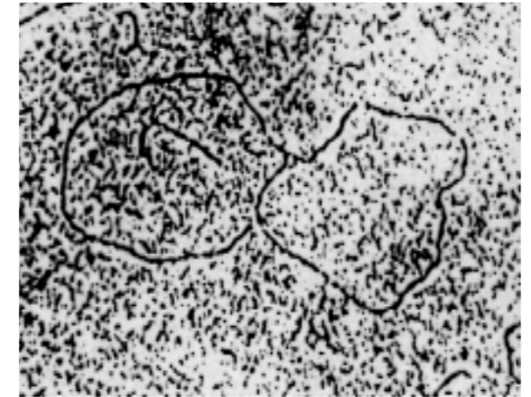
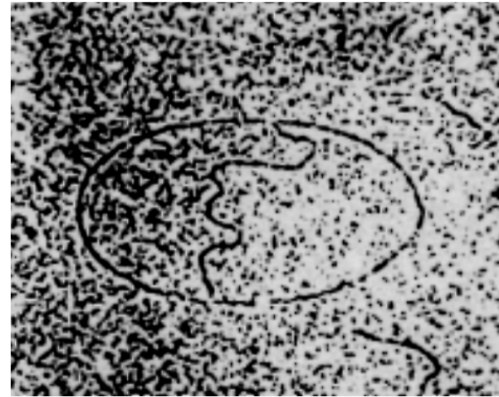
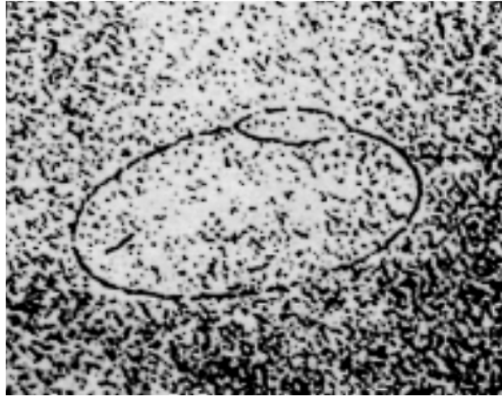
ADN répliqué

ADN répliqué



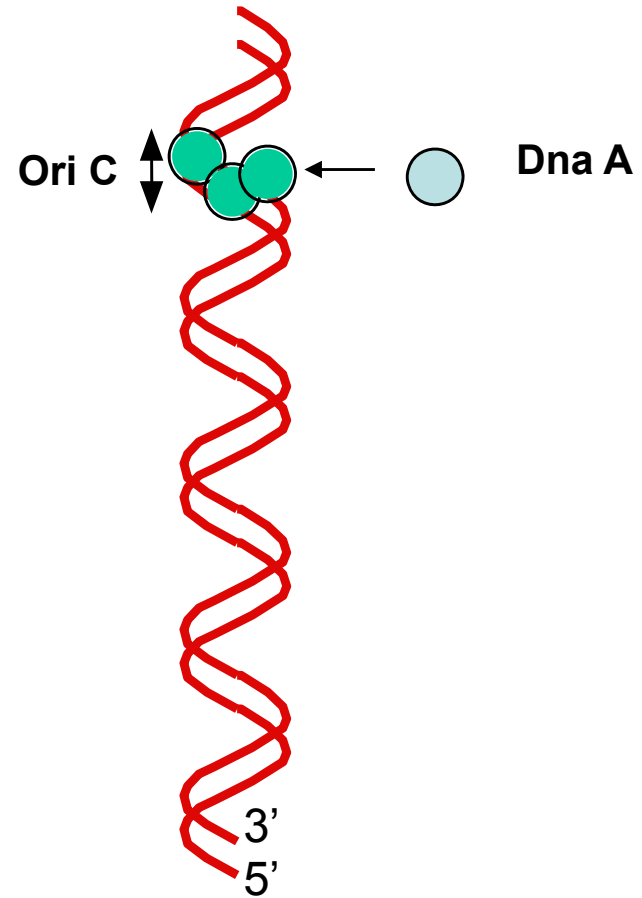
# I. La réplication chez les procaryotes

## 1. Origine de réplication (microscopie électronique: Cairns, 1962)

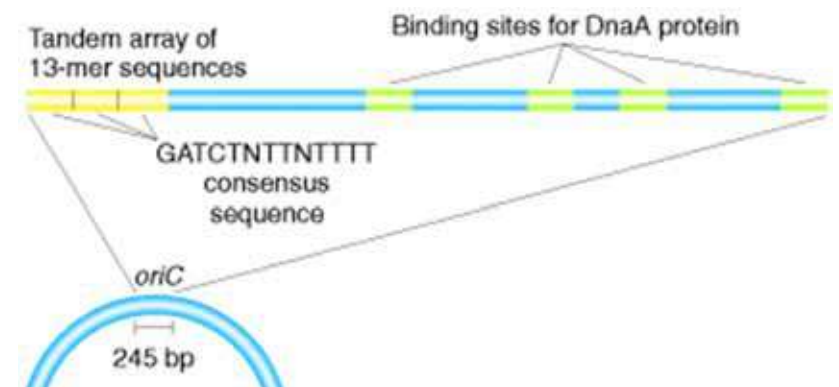


- 1 seule origine par chromosome : ori C
- réplication bidirectionnelle
- réplication rapide ( $\approx 1000$  bases/s; 20 à 100 min)
- 1 séquence de terminaison

## 2. Phase d'initiation

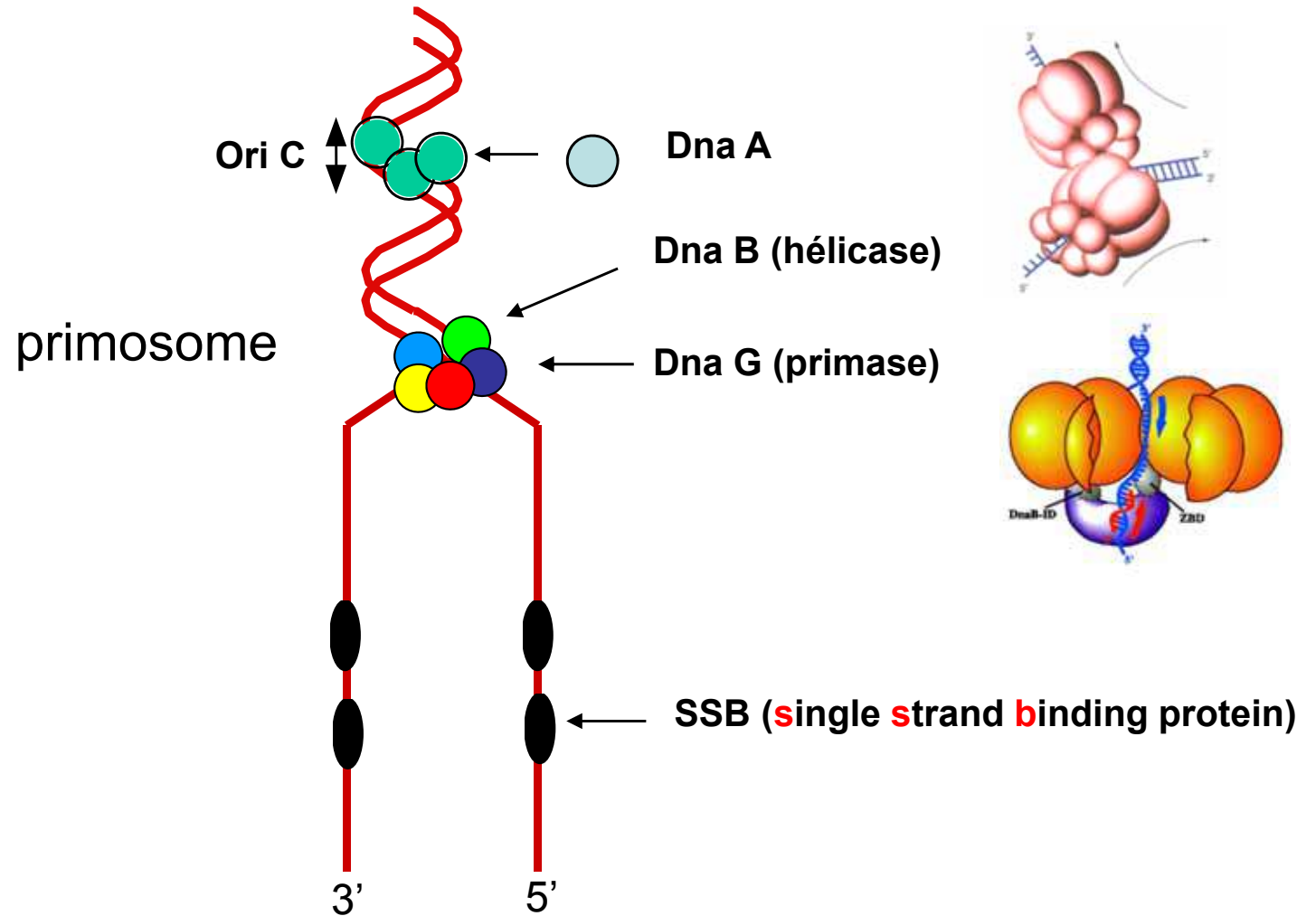


### 1. reconnaissance de la séquence d'origine



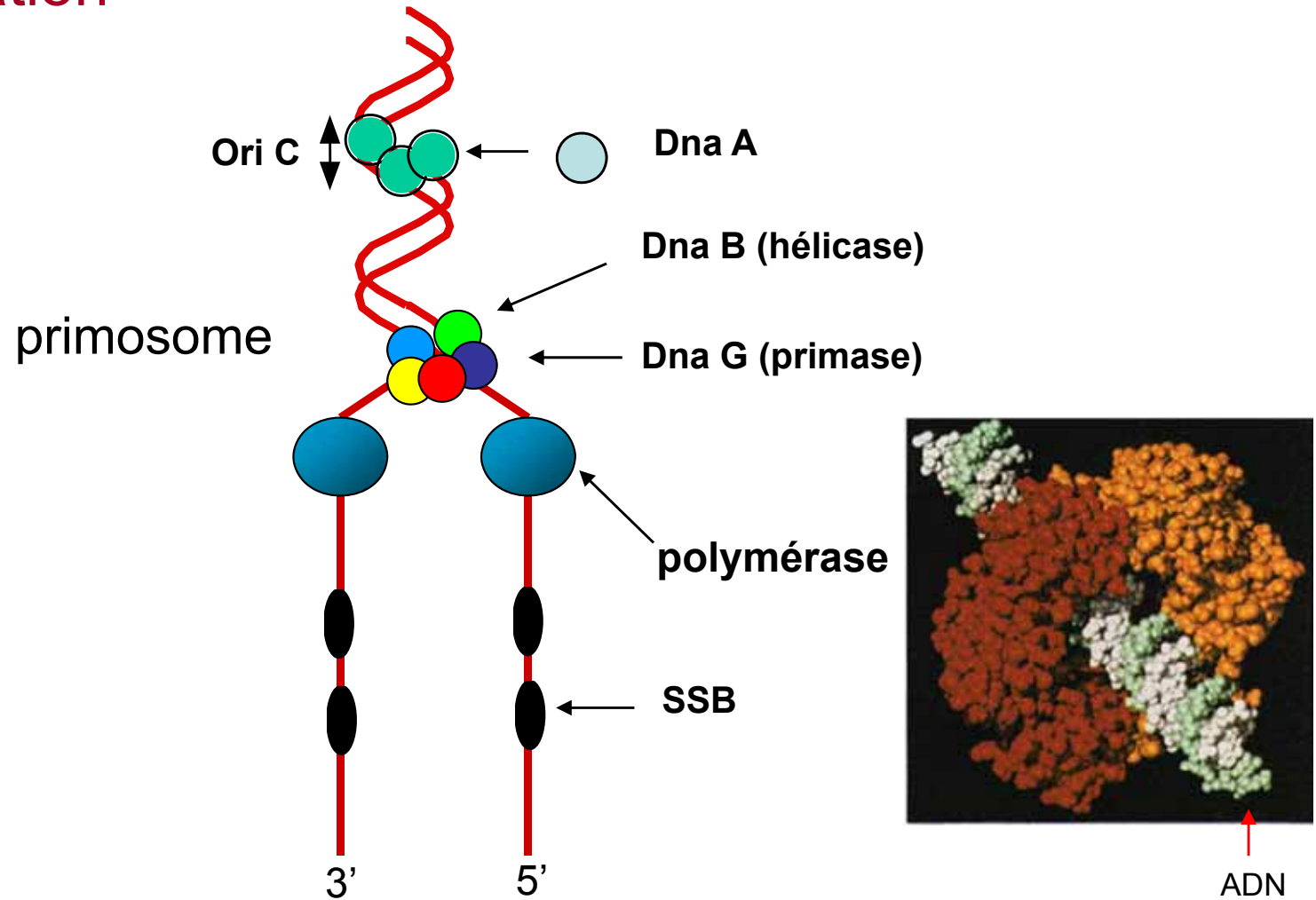


## 2. Phase d'initiation



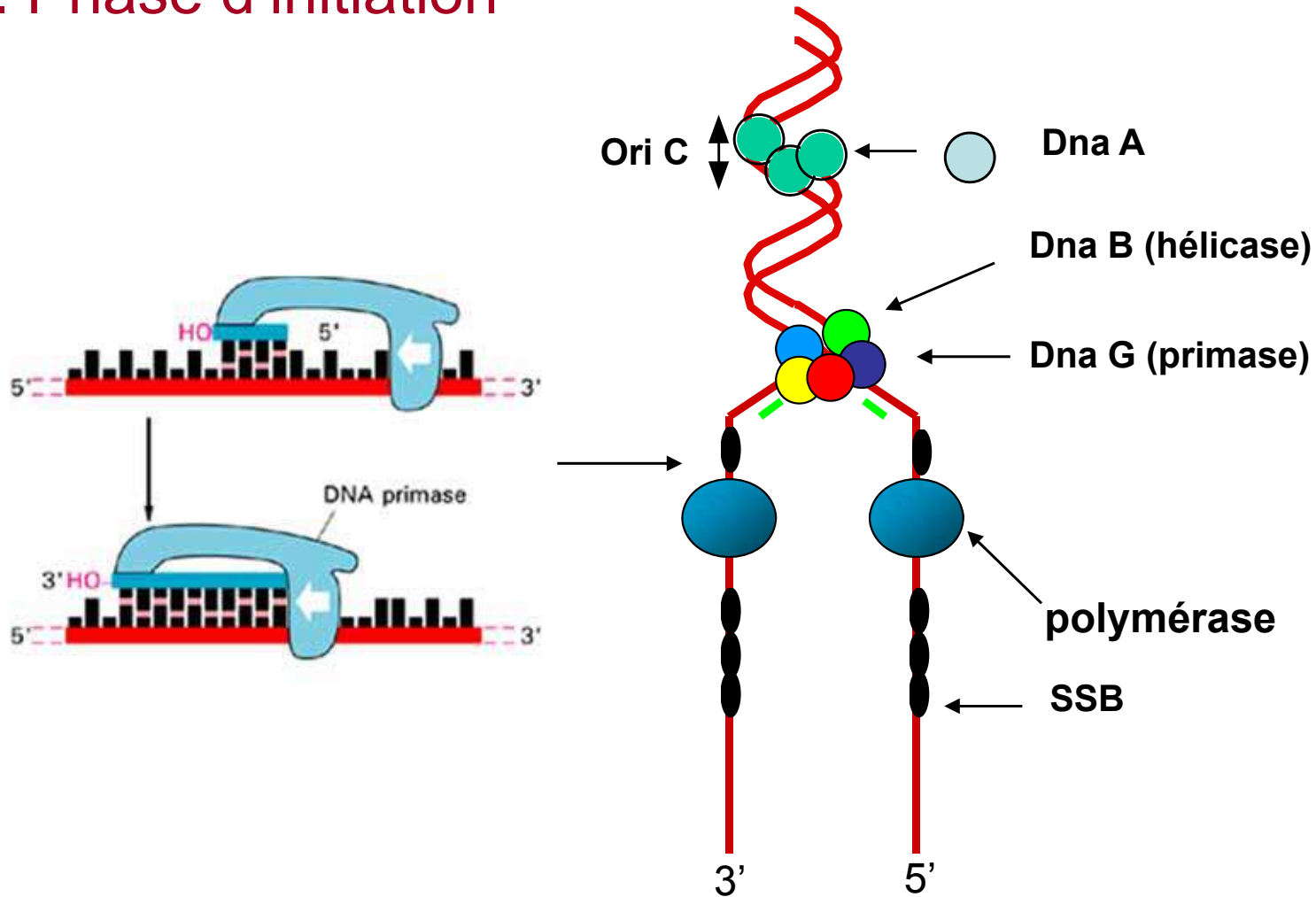
1. reconnaissance de la séquence d'origine
2. formation du primosome, ouverture du double brin et stabilisation des brins

## 2. Phase d'initiation



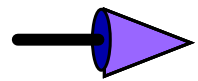
1. reconnaissance de la séquence d'origine
2. formation du primosome, ouverture du double brin et stabilisation des brins
3. **accrochage de l'ADN polymérase**

## 2. Phase d'initiation



1. reconnaissance de la séquence d'origine
2. formation du primosome, ouverture du double brin et stabilisation des brins
3. accrochage de l'ADN polymérase
4. **synthèse d'une amorce ARN par la primase**

### 3. Elongation



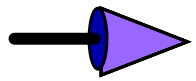
L 'élongation nécessite:

- ADN polymérases (activité de copie 5' → 3') : III > I, II

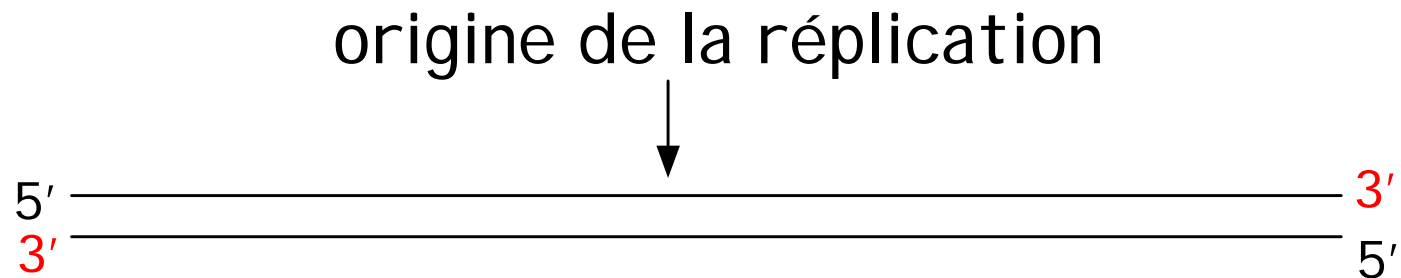
	ADN polymérase I	ADN polymérase II	ADN polymérase III
Structure	Monomérique	> 4 sous unités	> 10 sous unités (core + clamp + protéines associées)
Rôle	Elimine les amorces lors de la réplication + réparation	Réparation de l'ADN	Réplication de l'ADN génomique
Polymérisation 5' → 3'	Oui	Oui	Oui (sous-unité α)
Exonucléase 3' → 5'	Oui	Oui	Oui (sous-unité ε)
Exonucléase 5' → 3'	Oui	Non	Non
Vitesse de polymérisation	16-20 bases / sec	5-10 bases / sec	250-1000 bases / sec

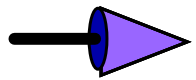
*Tableau récapitulatif des principales polymérases procaryotes (il existe d'autres polymérases : Pol IV et V)*

- matrice formée par 1 simple brin, dNTP, Mg<sup>++</sup>
- amorce ARN avec OH libre en 3'
- hélicases, gyrases (topoisomérases) ...

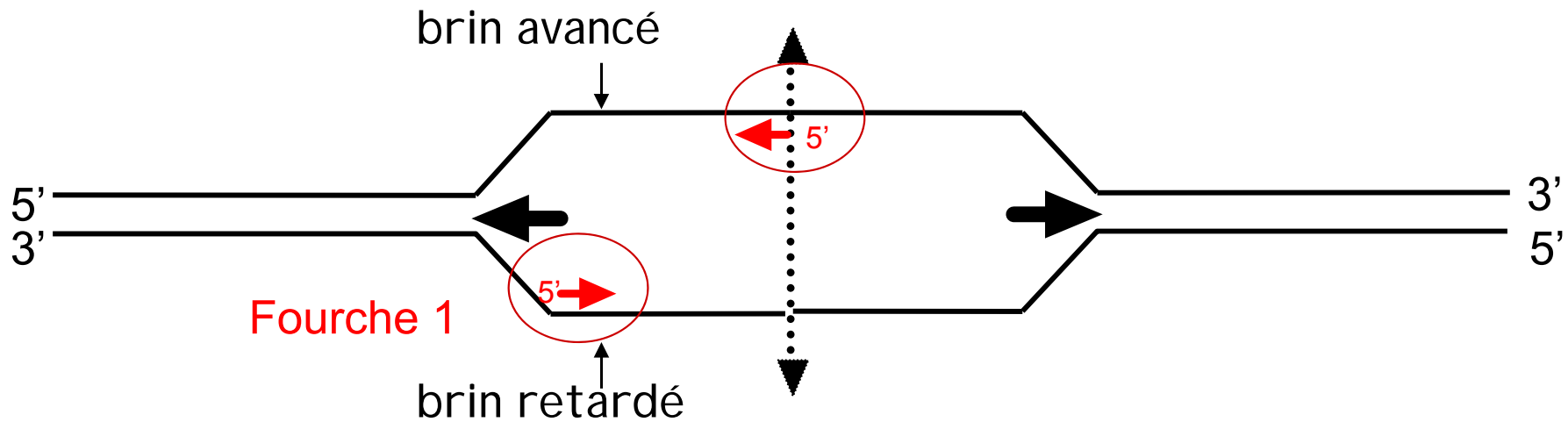


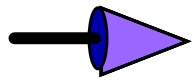
L'élongation est mono directionnelle  $5' \rightarrow 3'$  sur chacun des brins : la synthèse est continue sur le brin « avancé » et discontinue sur le brin « retardé »



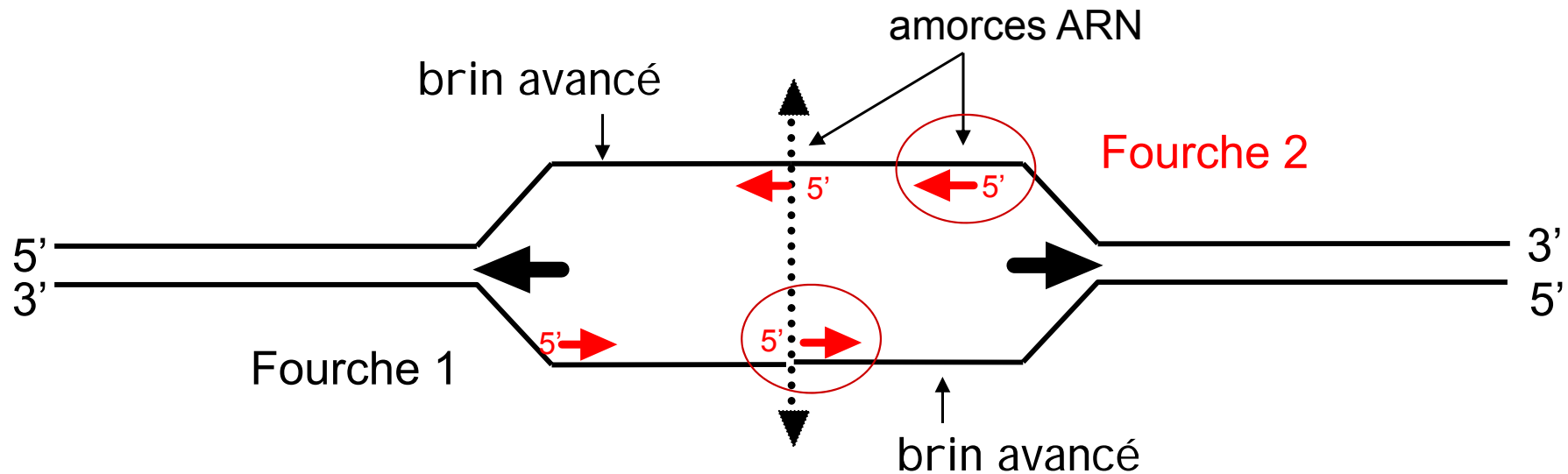


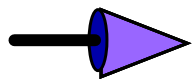
L'élargissement est mono directionnelle  $5' \rightarrow 3'$  sur chacun des brins : la synthèse est continue sur le brin « avancé » et discontinue sur le brin « retardé »



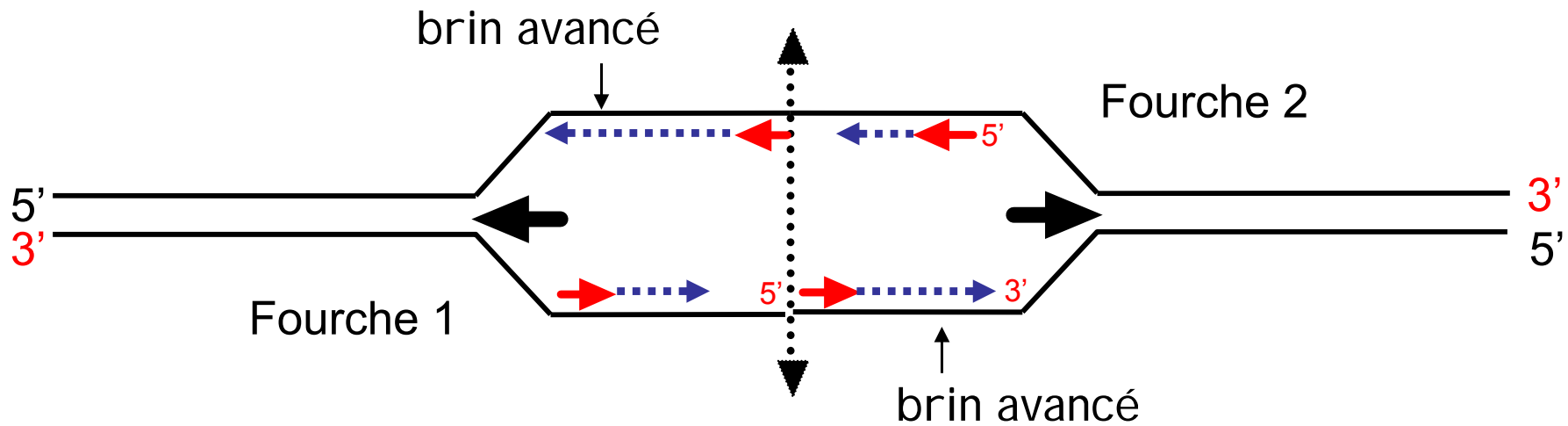


L'élargissement est mono directionnelle  $5' \rightarrow 3'$  sur chacun des brins : la synthèse est continue sur le brin « avancé » et discontinue sur le brin « retardé »

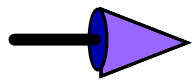




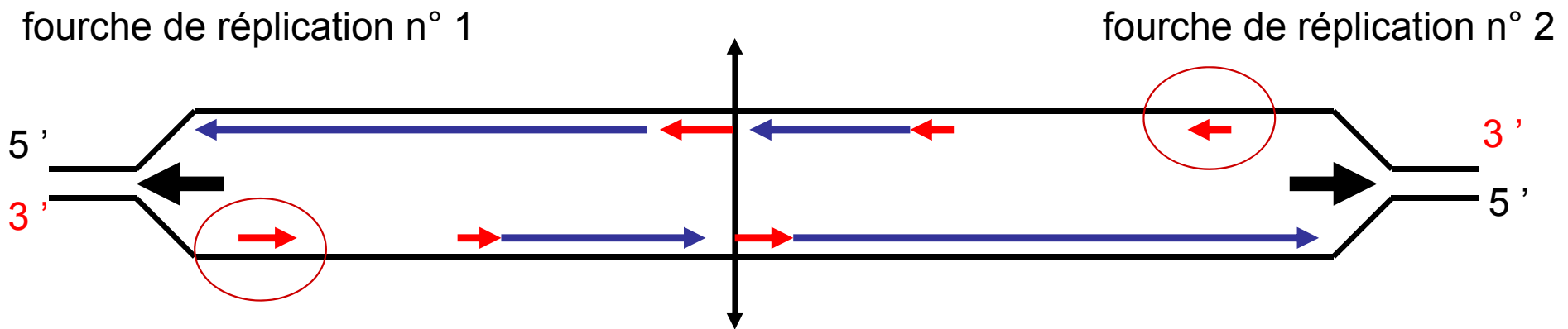
L'élargissement est mono directionnelle  $5' \rightarrow 3'$  sur chacun des brins : la synthèse est continue sur le brin « avancé » et discontinue sur le brin « retardé »

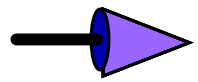




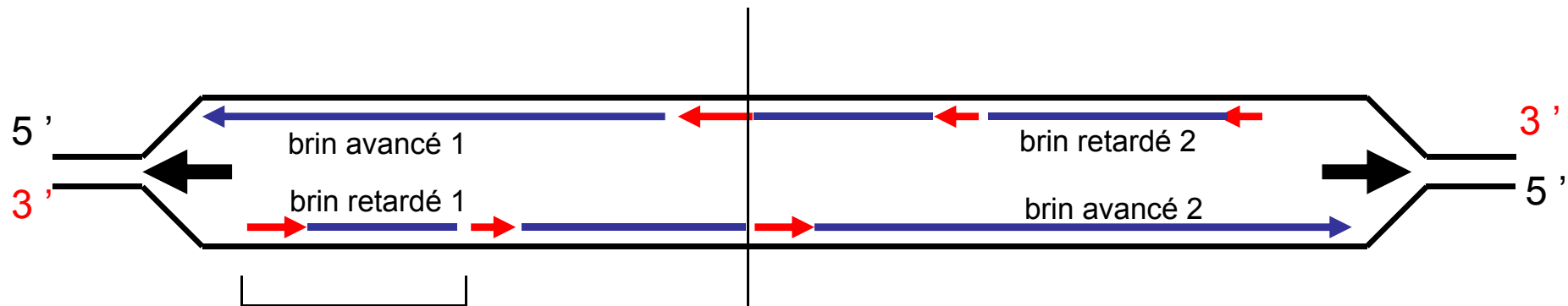


L'élongation est mono directionnelle  $5' \rightarrow 3'$  sur chacun des brins : la synthèse est continue sur le brin « avancé » et discontinue sur le brin « retardé »

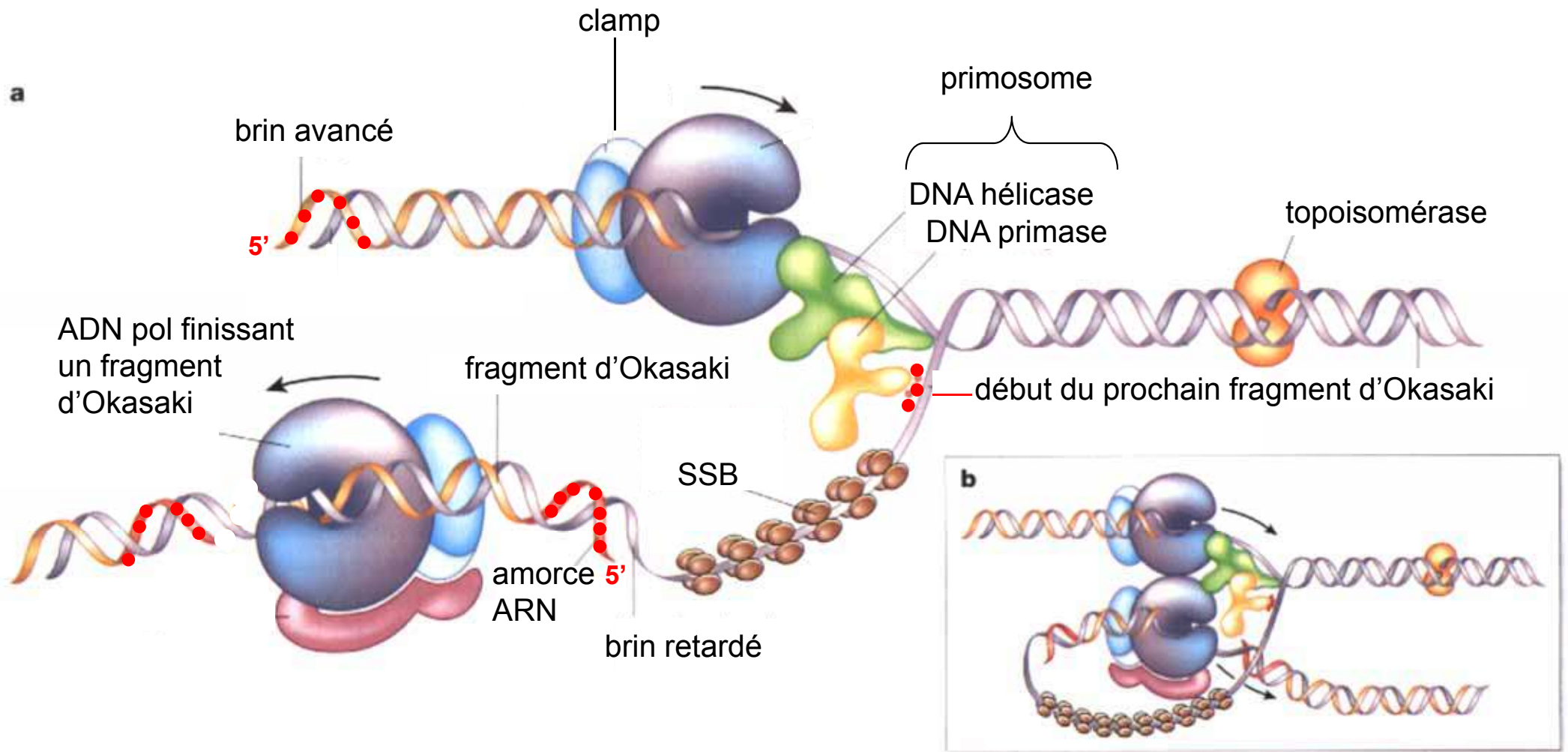




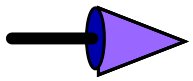
L'élongation est mono directionnelle  $5' \rightarrow 3'$  sur chacun des brins : la synthèse est continue sur le brin « avancé » et discontinue sur le brin « retardé »



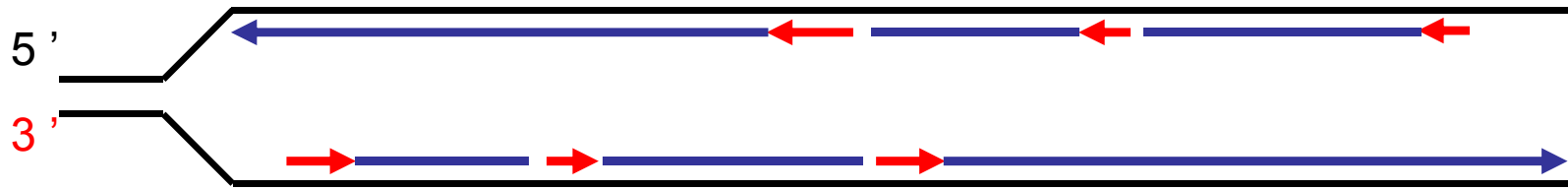
fragment d'Okasaki : ARN + ADN



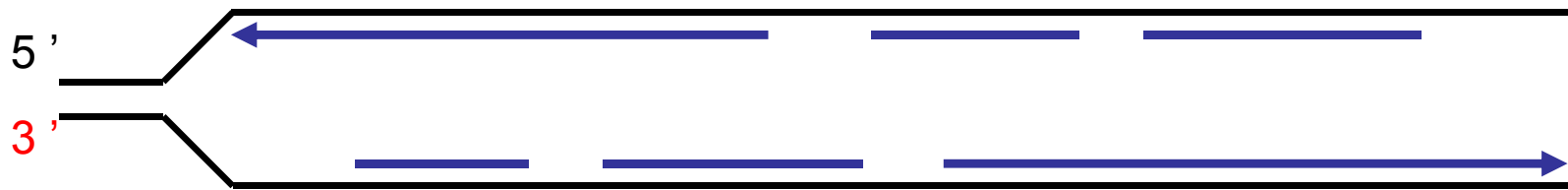
- **brin avancé** : extension continue
- **brin retardé** : extension discontinue du brin néosynthétisé par fragments d'Okasaki



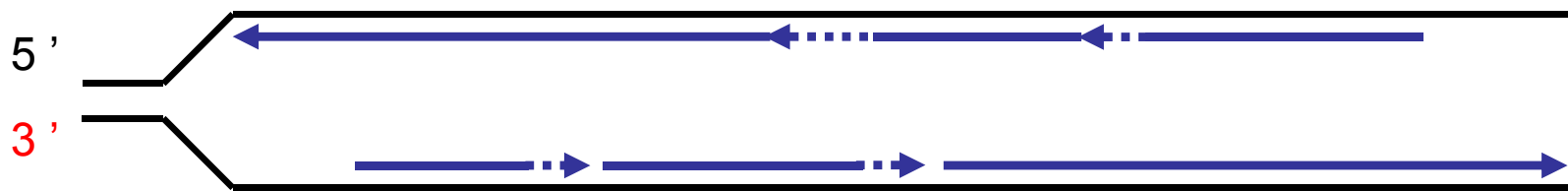
## finition du brin



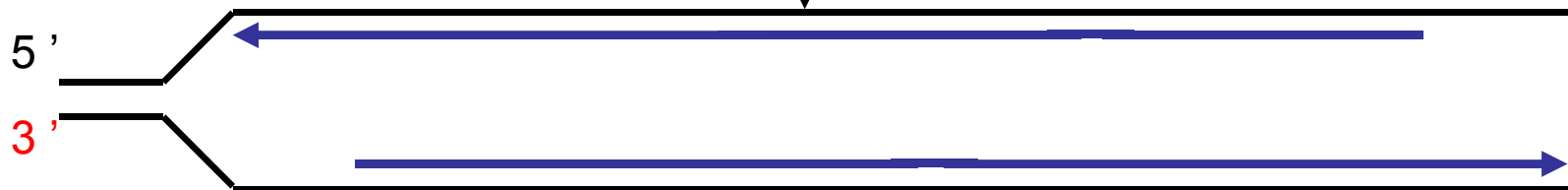
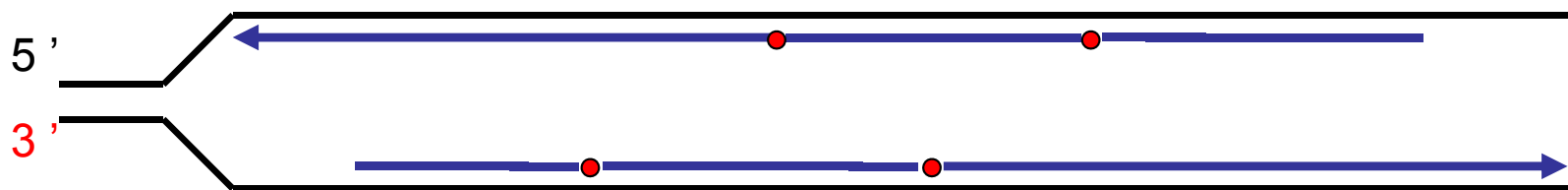
digestion des amorces ARN (RNase H, ADN pol I)



« reconstruction » par ADN Pol I ( 5'→3' )

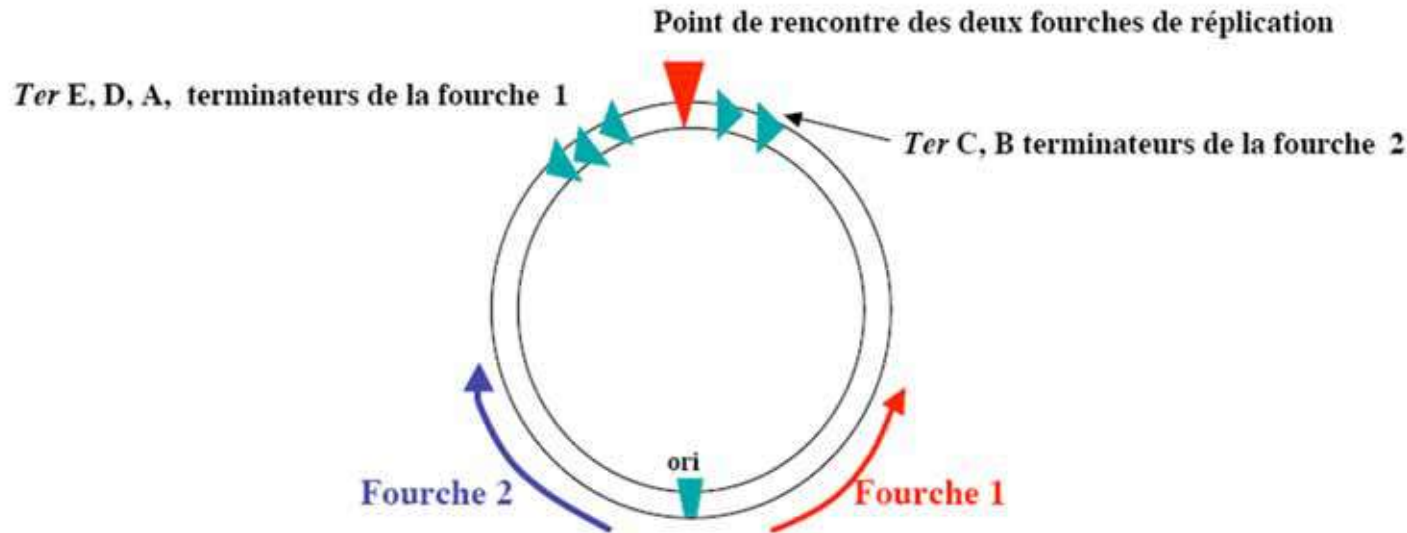


ligation des fragments (ligase + ATP )

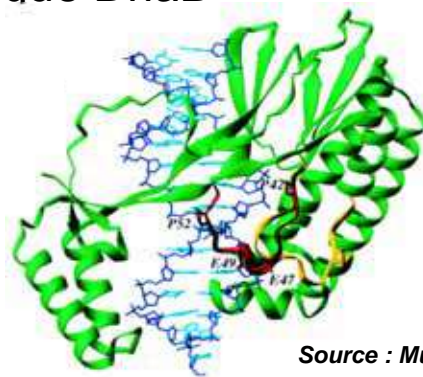


## 4. Terminaison

- ❖ Présence de séquences « terminator » pour chacune des deux fourches



- ❖ La protéine Tus (terminator utilisation substance) reconnaît les séquences d'arrêt de réplication et bloque DnaB

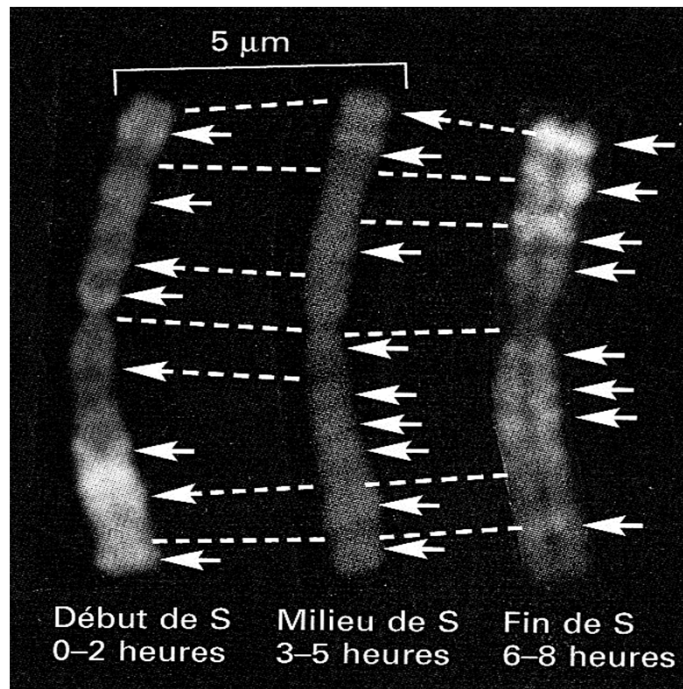


Source : Mulugu et coll., PNAS 2001

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

## II. La réplication chez les eucaryotes

- le mécanisme général est  $\approx$  de celui des procaryotes
- la réplication a lieu pendant la phase S du cycle cellulaire
- présence de nombreuses régions (20 à 30 000 chez l'homme) capable de fixer le complexe de reconnaissance de l'origine (ORC) et définissant des unités de réplication d' $\approx$  100 à 200 kpb: les réplicons.
- présence de « minichromosome maintenance proteins » (MCM)
- l'activation de ORC/MCM est régulé par les cyclines et les « cyclin-dependent protein kinases » (voir cours de Bio Cellulaire)

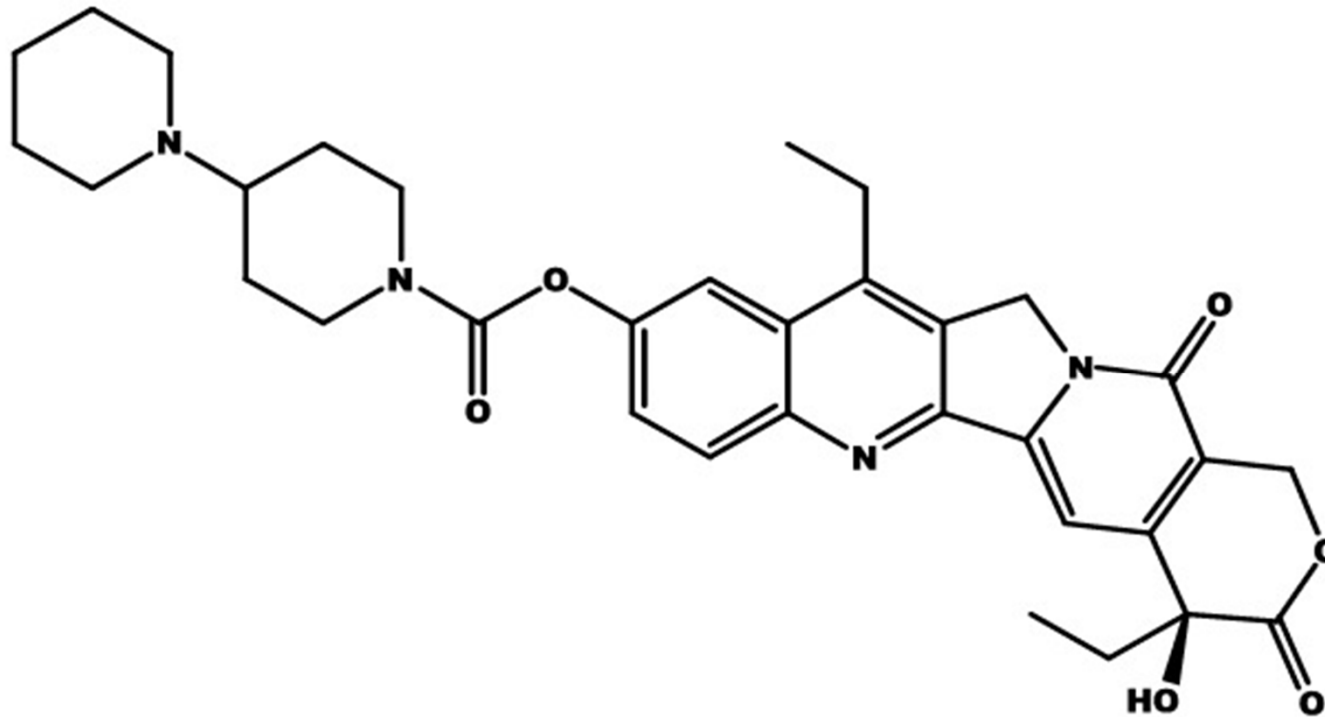


# 1. Les ADN polymérase

		localisation	équivalent procaryote	activité		activité 3'-5' exonucléase	facteurs associés
$\alpha$	= POLA	noyau	ADN Pol I	<u>initiation</u>	-		primase, RP-A
$\beta$	= POLB	noyau		<u>réparation</u> , finition		-	
$\gamma$	= POLG	<u>mitochondrie</u>		synthèse, réparation		+	
$\delta$	= POLD1	noyau	ADN Pol III	<u>synthèse</u> , finition		+	RF-C, PCNA
$\epsilon$	= POLE	noyau	ADN Pol II	synthèse, réparation		+	
$\kappa$	= POLK	noyau		liaison des cohésines		?	
$\eta, \iota, \zeta$	= POLH, I, Z	noyau		réparation "by-pass »		?	
$\theta, \lambda$	= POLQ, L	noyau		réparation		?	
$\sigma$	= POLS	noyau		cohésion des chromatides		?	

- ❖ élimination des amorces ARN par RNase H et l'exonucléase FEN1
- ❖ pas d'équivalent de séquence *ter* et de protéine TUS des procaryotes
- ❖ intervention de cohésines pour stabiliser les chromatides jusqu'à l'anaphase
- ❖ intervention de topo-isomérases de type I (A, B) et II
- ❖ répartition aléatoire des nucléosomes entre les deux nouveaux double brins

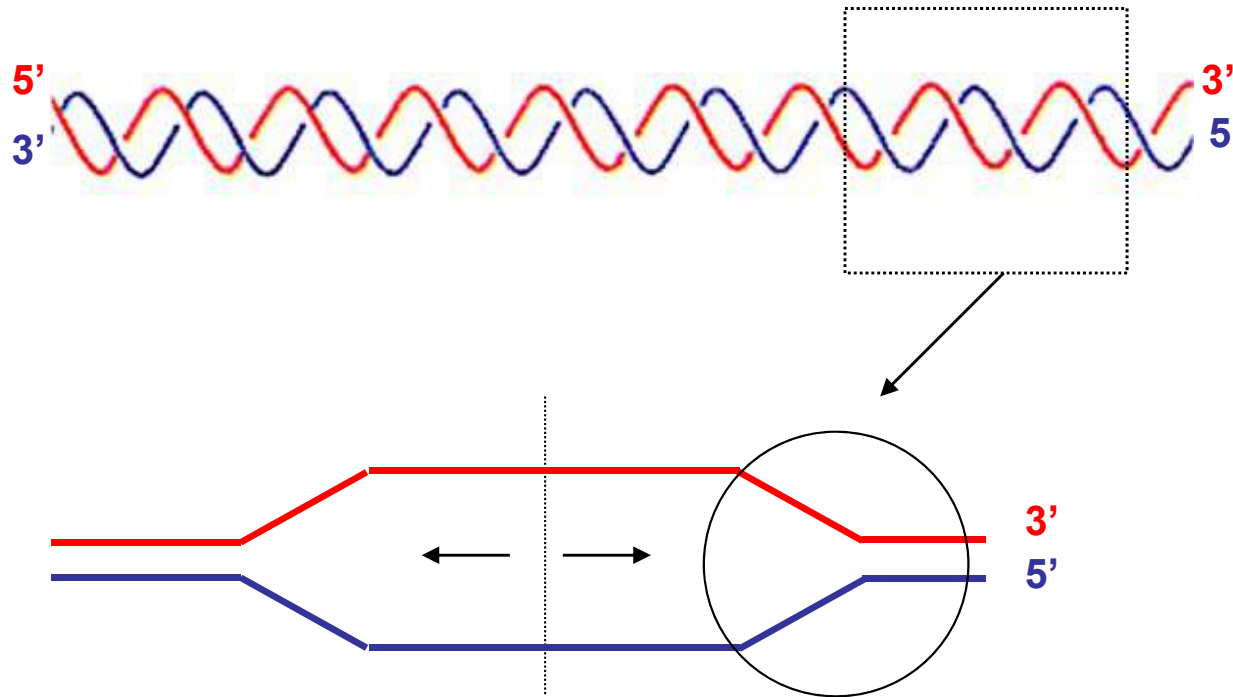
- ☒ Les topo-isomérases humaines sont la cible de certains agents de chimiothérapie anti-tumorale



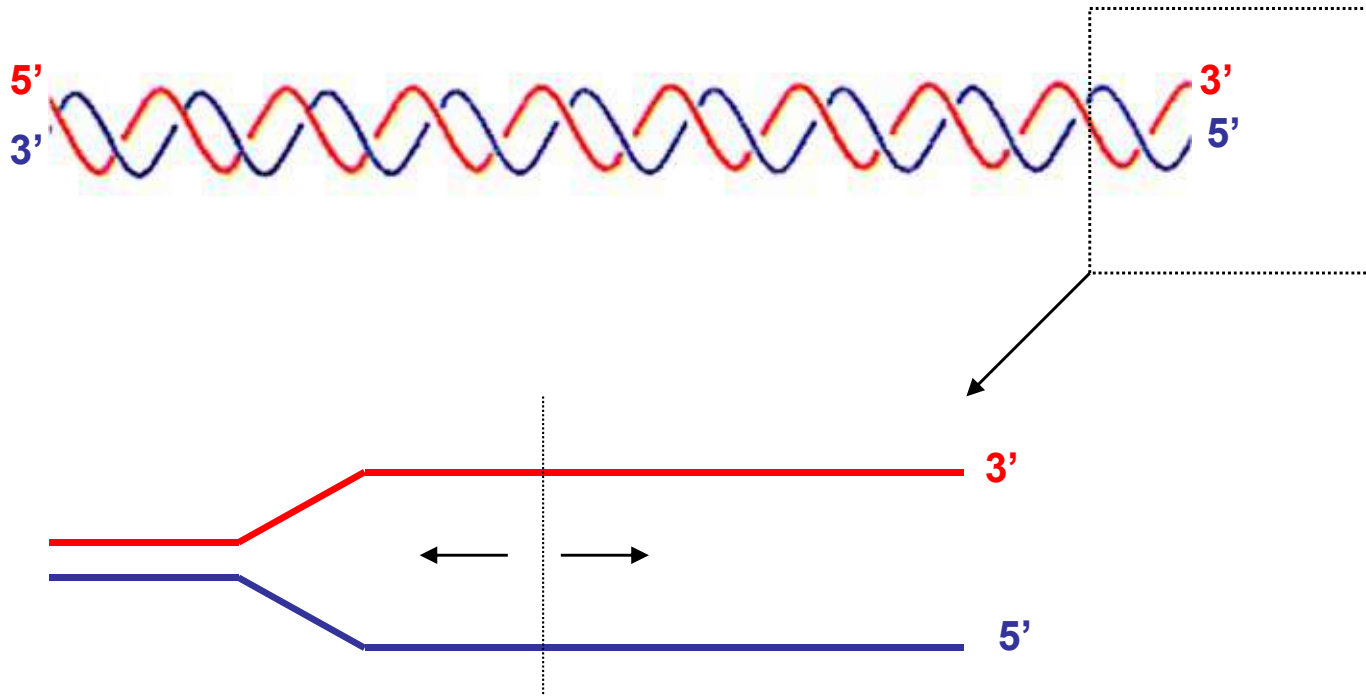
*Exemple : irinotecan® (inhibiteur de la topo I humaine)*

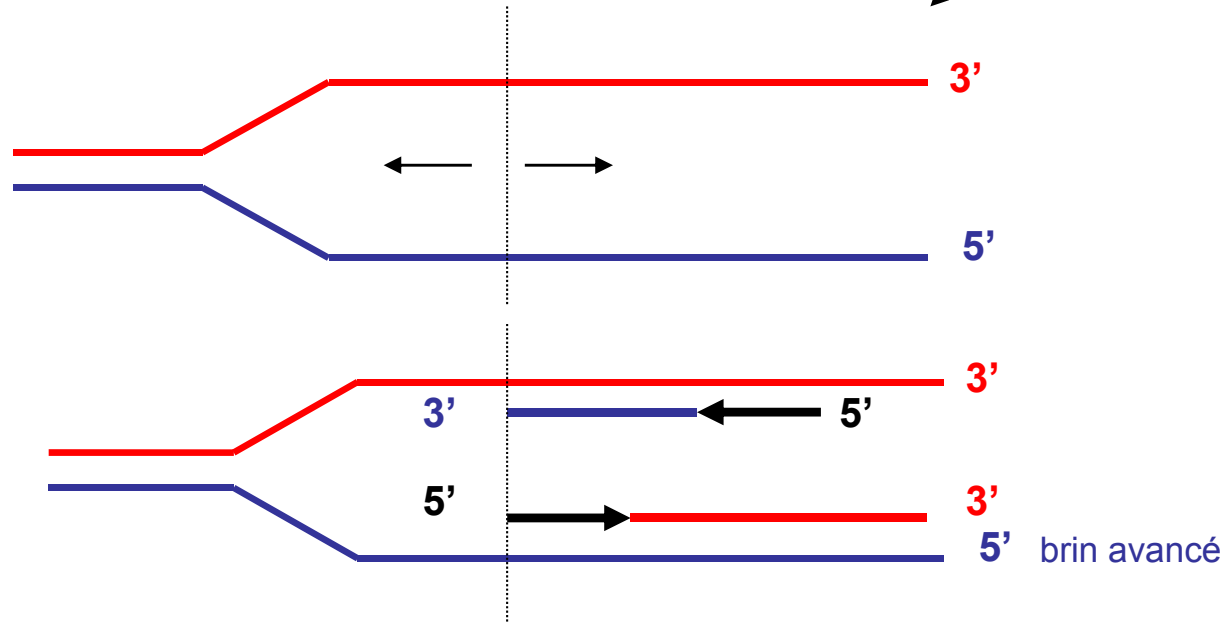
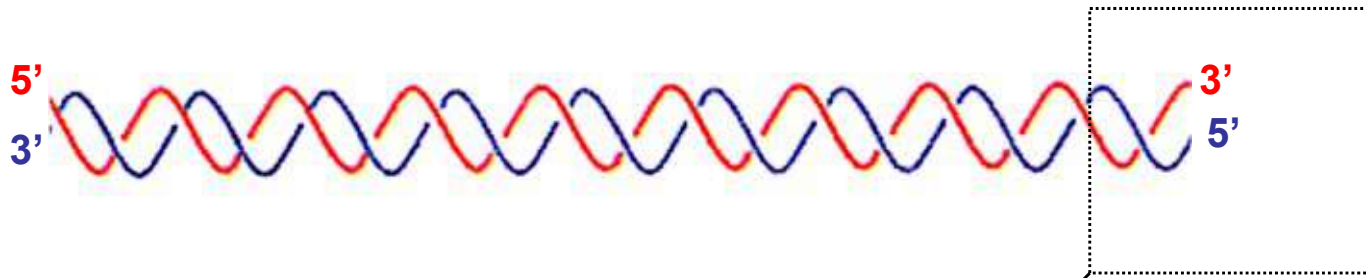


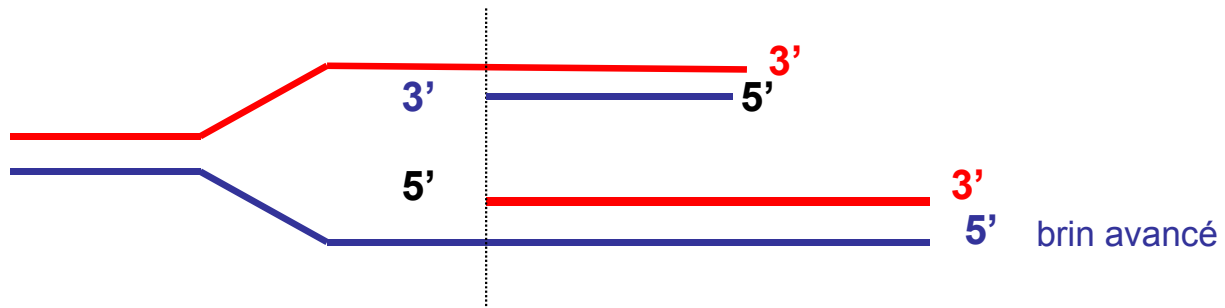
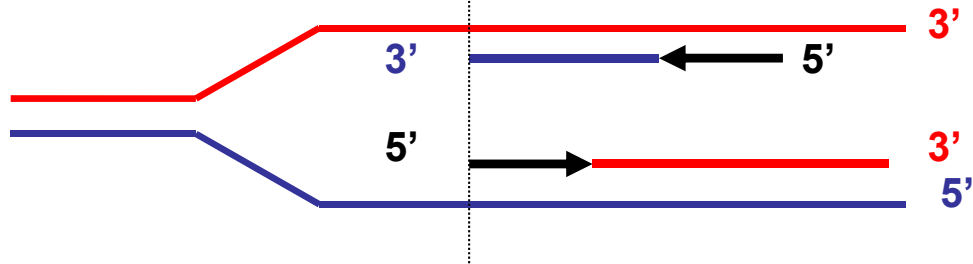
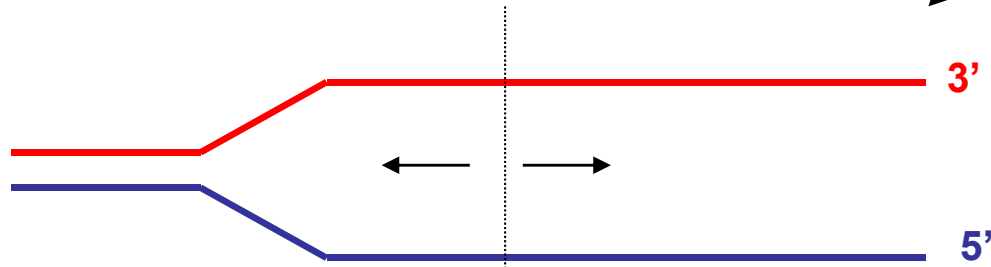
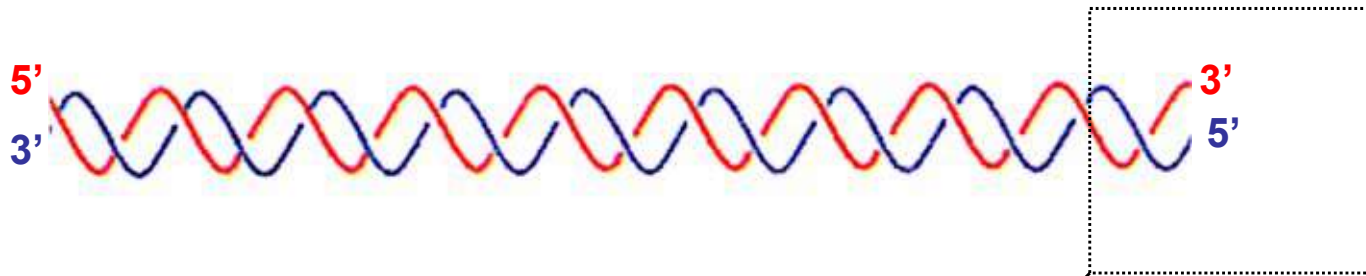
## 2. La réplication des extrémités télomériques



Le prix Nobel de Médecine et Physiologie 2009 est décerné à Elizabeth H Blackburn, Carol W Greider, Jack W Szostak pour « la découverte du mécanisme de protection des chromosomes par les télomères et la télomérase »



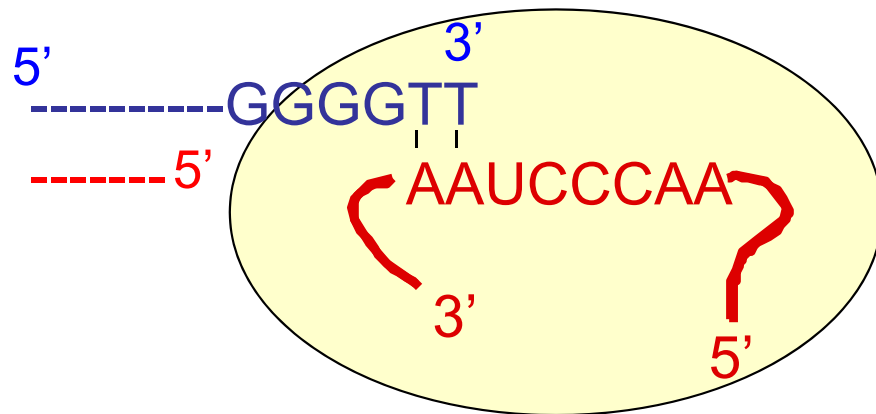
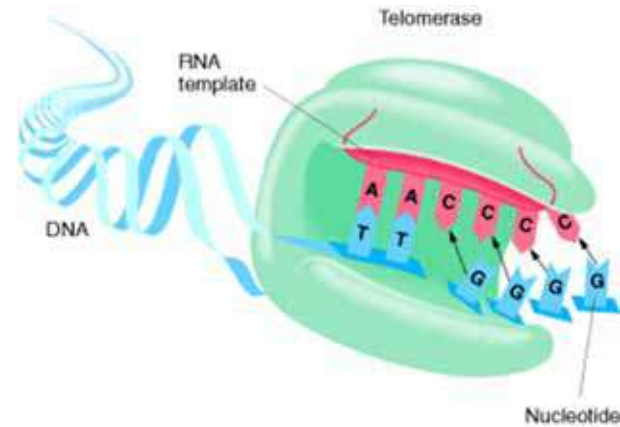




❖ L'ADN des télomères contient des séquences répétées



❖ télomérase à ARN possédant une activité reverse-transcriptase

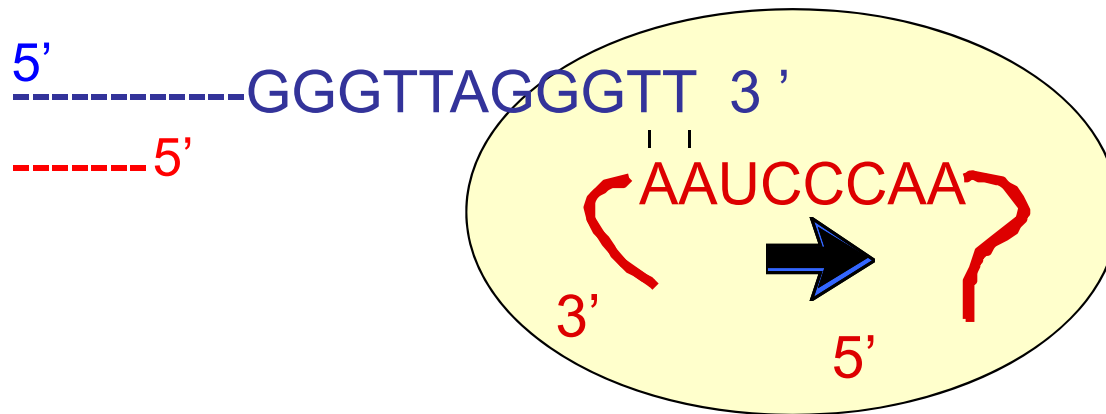
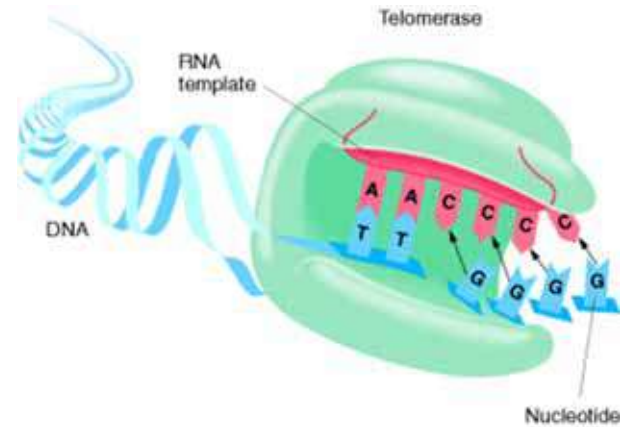


1. Appariement de l'ARN de la télomérase avec l'extrémité 3'

❖ L'ADN des télomères contient des séquences répétées



❖ télomérase à ARN possédant une activité reverse-transcriptase

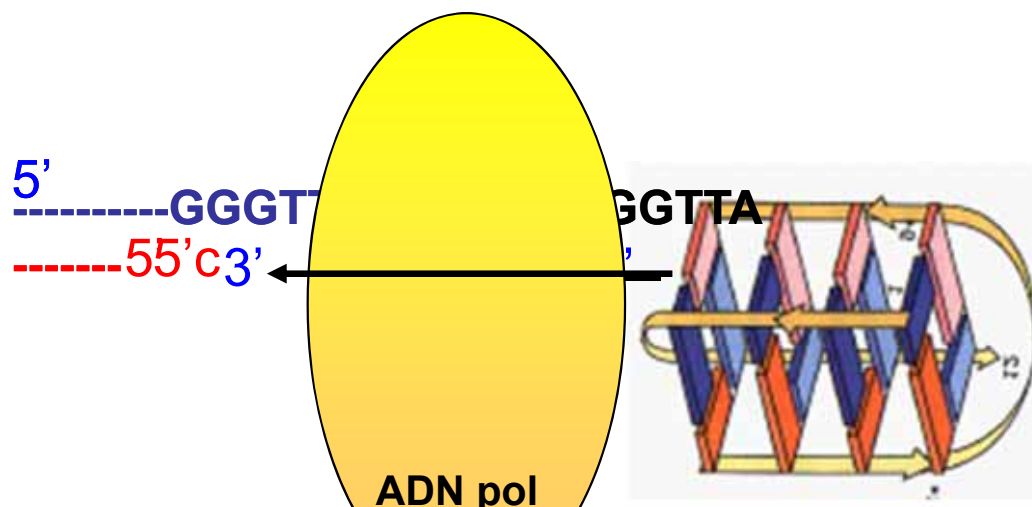
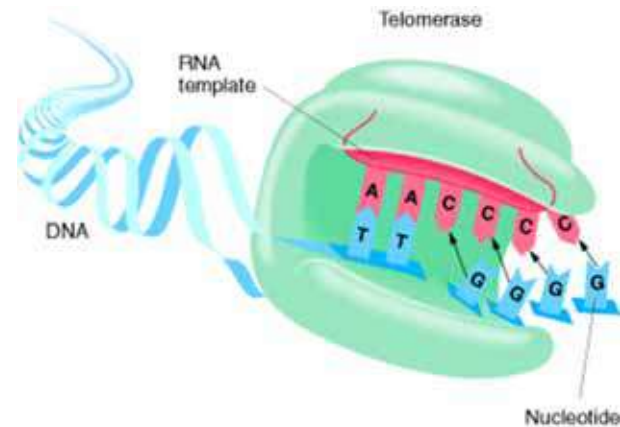


1. Appariement de l'ARN de la télomérase avec l'extrémité 3'
2. Elongation
3. Translocation

❖ L'ADN des télomères contient des séquences répétées



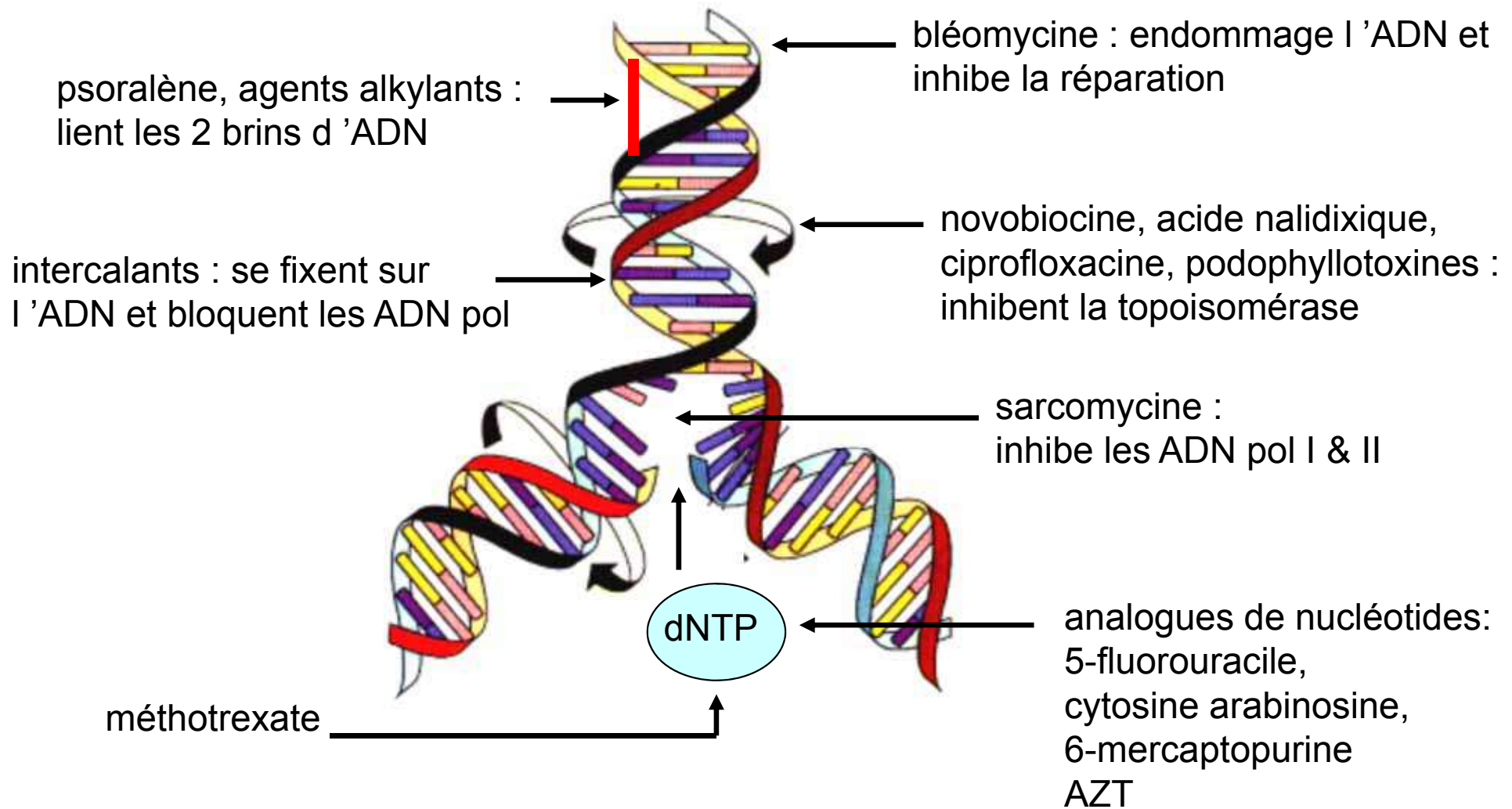
❖ télomérase à ARN possédant une activité reverse-transcriptase



1. Appariement de l'ARN de la télomérase avec l'extrémité 3'
2. Elongation
3. Translocation
4. Formation d'une structure III permettant la fixation de l'ADN pol

Le prix Nobel de Médecine et Physiologie 2009 est décerné à Elizabeth H Blackburn, Carol W Greider, Jack W Szostak pour « la découverte du mécanisme de protection des chromosomes par les télomères et la télomérase »

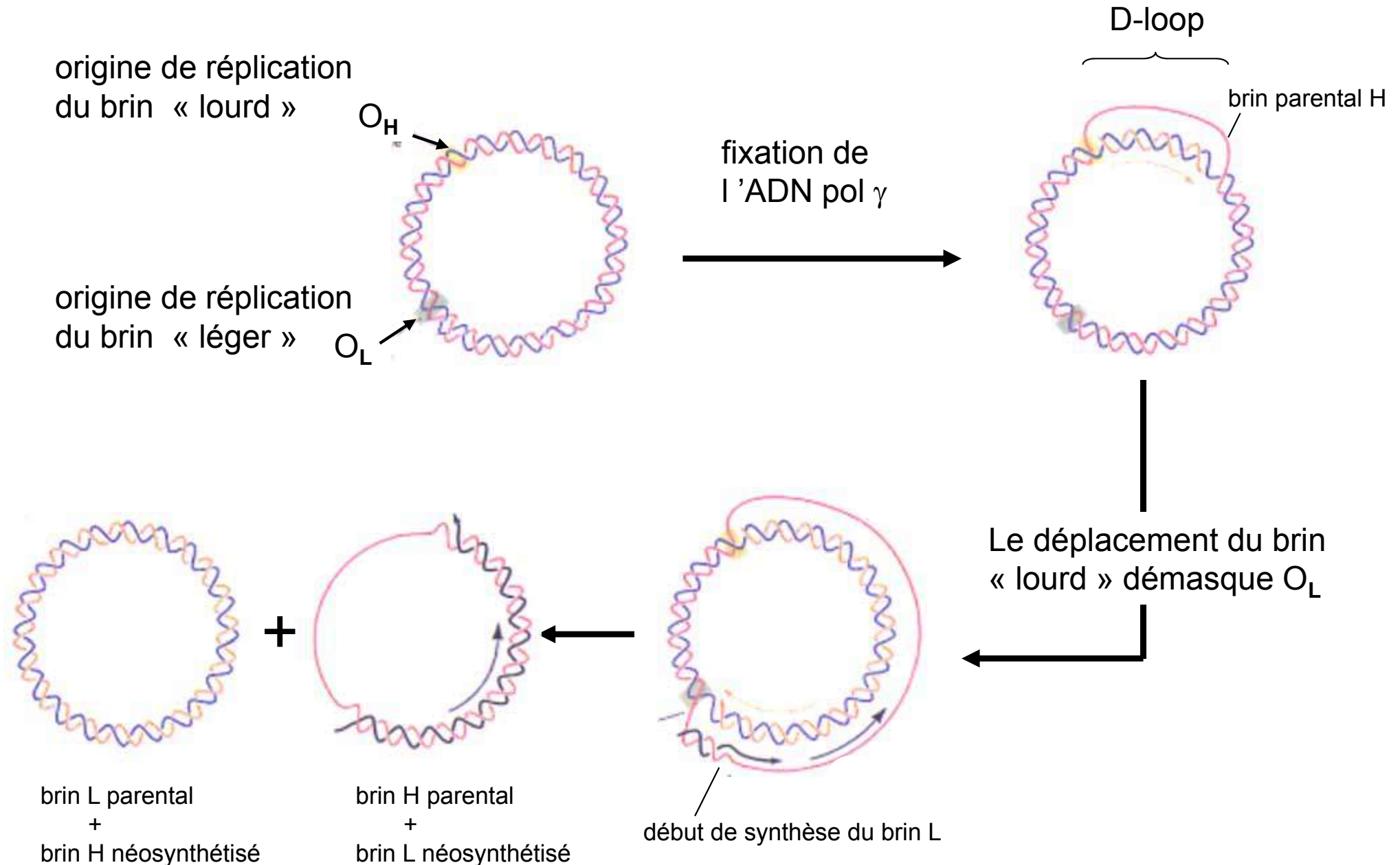
### 3. La réplication est une cible thérapeutique



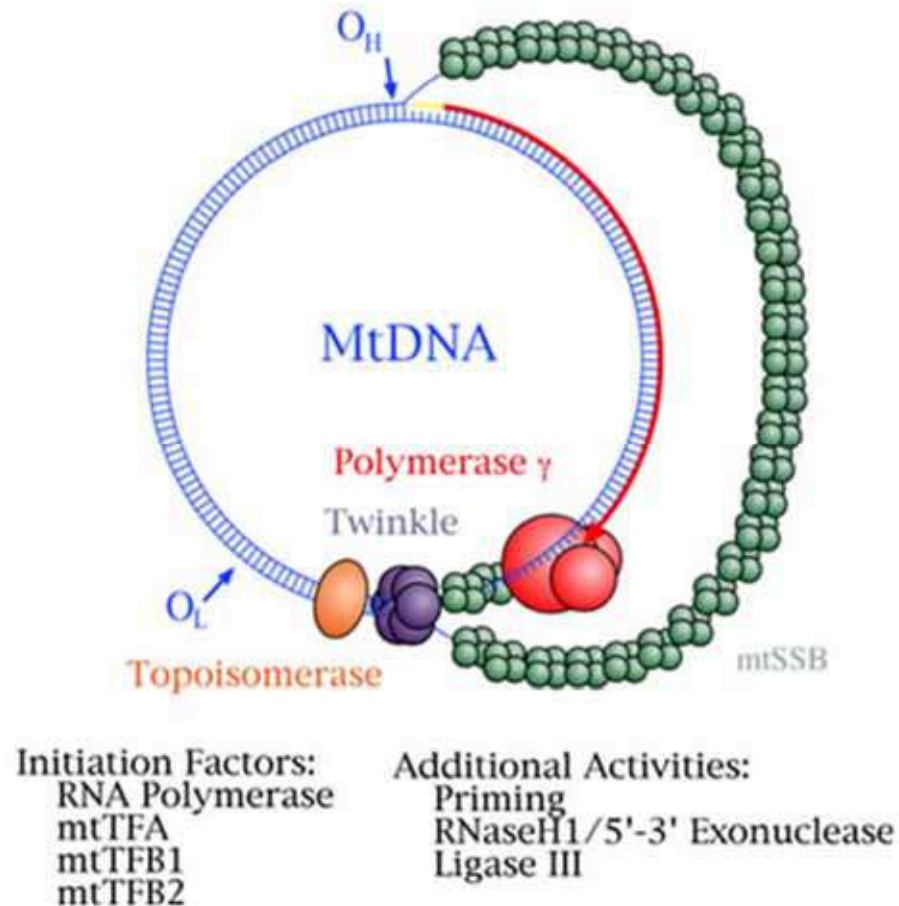


# III. Réplication de l'ADN mitochondrial

La réplication de l'ADN mitochondrial circulaire utilise 2 origines de réplication, une ADN pol  $\gamma$  et fait intervenir une structure intermédiaire à 3 brins.



- ❖ La réplication de l'ADNmit est contrôlée par des gènes nucléaires et fait intervenir de nombreux facteurs protéiques

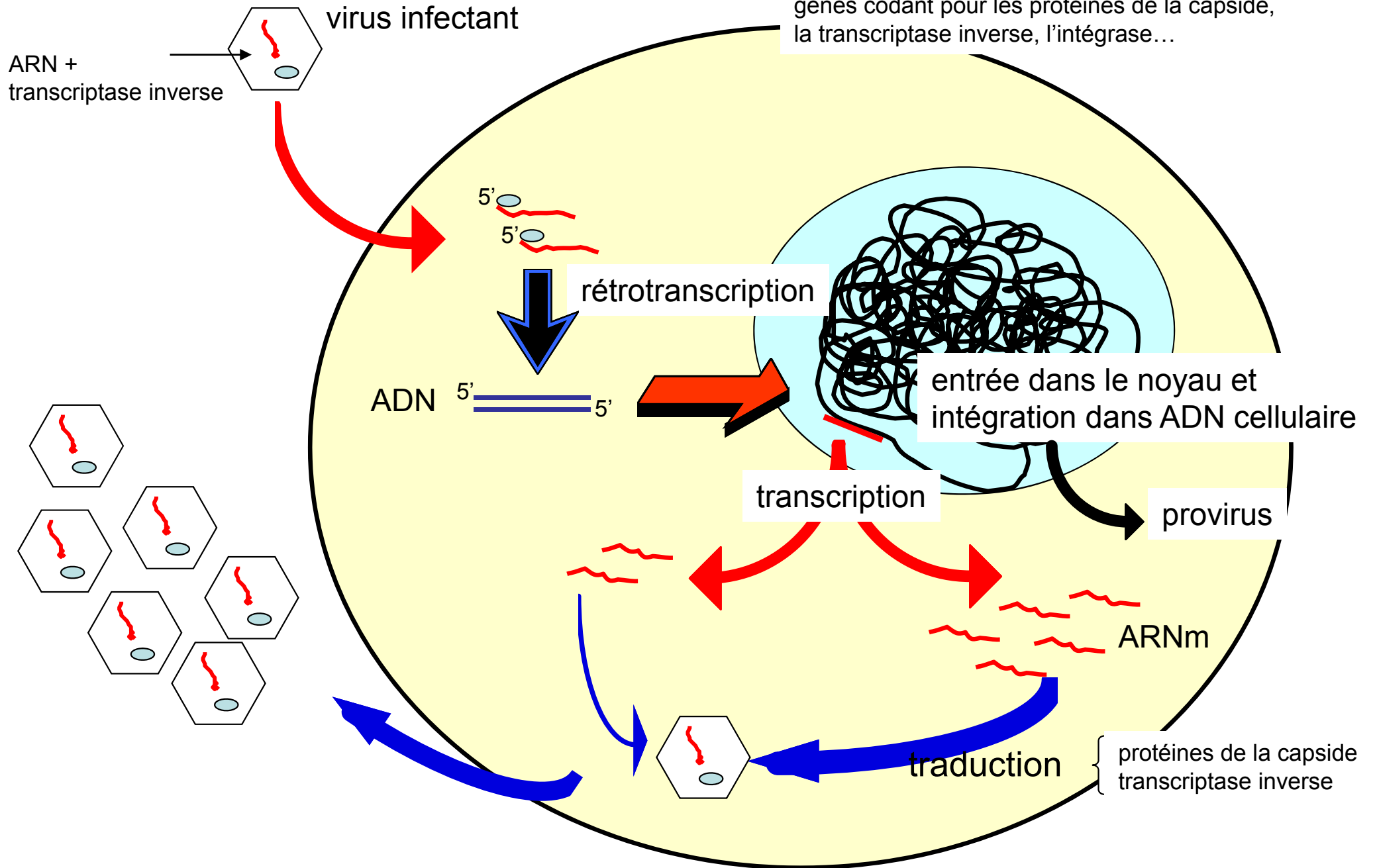


- ❖ La réplication de l'ADNmit n'est pas limitée à la phase S du cycle cellulaire

# IV. Réplication des rétrovirus :



gènes codant pour les protéines de la capsid, la transcriptase inverse, l'intégrase...



**+** la transcriptase inverse du virus HIV est inhibée par l'AZT, un analogue de nucléotide

# Que faut il retenir <sup>a</sup> :

## ❖ Réplication de l'ADN

- la réplication est semi-conservative et nécessite la dissociation de la double hélice
- la synthèse est polarisée (5'-3') et repose sur l'appariement de bases complémentaires
- savoir à quoi correspondent les différentes étapes de la réplication (initiation, élongation, terminaison)
- connaître les éléments nécessaires à la réplication (matrice, polymérase, Mg<sup>++</sup>, ...)
- savoir définir les termes de fourche de réplication, d'élongation mono-directionnelle, de brin avancé ou retardé, de fragments d'Okasaki, de facteurs associés de réplication
- connaître les principales différences entre la réplication chez les procaryotes et les eucaryotes (origines de réplifications, polymérase, facteurs associés...)

## ❖ Cas particuliers de la réplication du matériel génétique

- savoir expliquer le mécanisme de la réplication des extrémités télomériques
- savoir définir les spécificités de la réplication de l'ADN mitochondrial (origines de réplication, structure intermédiaire à 3 brins, ADN polymérase spécifique)
- connaître le principe de la réplication du matériel génétique des virus à ARN et savoir définir l'activité d'une reverse transcriptase

## ❖ Comprendre pourquoi la réplication est une cible potentielle pour les médicaments à visée anti-tumorale ou pour les antibiotiques

<sup>a</sup> : *les exemples numériques et de pathologies sont destinés à illustrer le cours et à permettre une meilleure intégration des connaissances, de même les détails des séquences ou des protéines ainsi que les noms des médicaments cités à titre d'exemples ne sont pas à apprendre systématiquement*

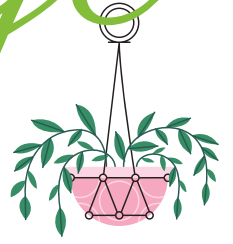
# Mentions légales

L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Ce document est interdit à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'université Joseph Fourier de Grenoble.

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits en 1<sup>ère</sup> année de Médecine ou de Pharmacie de l'Université Joseph Fourier de Grenoble, et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.

# Bon courage



## LIENS UTILES 🙌

### Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

