

# Biochimie Structurale



SCIENCES DE LA  
VIE



## Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



## Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) 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

Biochimie  
structurale :



Les acides nucléiques

ADN



ARN



Boutaina BELQAT

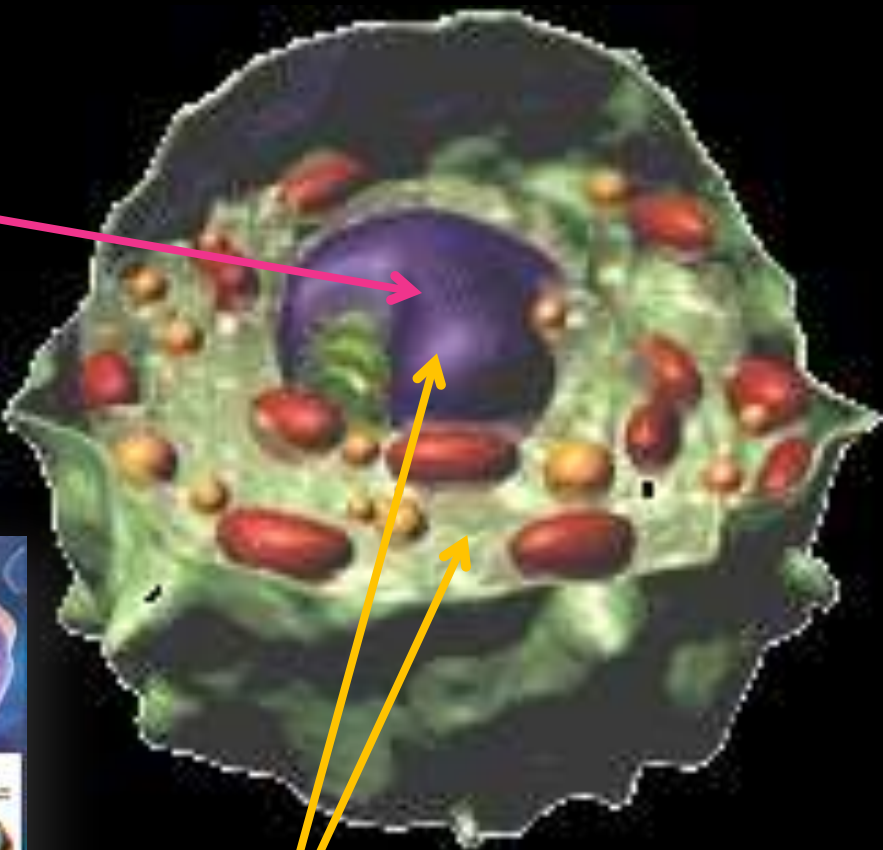
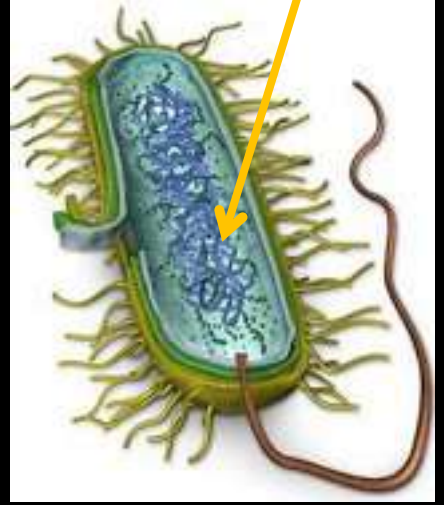
# Introduction

- **F. Miescher** (biologiste et physicien suisse):
- Première étude chimique systématique du **noyau** cellulaire (1868–1871).
- Il a isolé une substance contenant du **phosphore** à partir de noyaux cellulaires d'un pus (**leucocytes**) pris à partir de pansements chirurgicaux et à partir des **têtes de cellules spermatiques** de saumon. Il nomma cette substance nucléique : **nucléine**.
- **Nucléine :**
  - une partie acide, que nous appelons aujourd'hui DNA
  - une partie basique, protéique.
- C'est donc grâce à Miescher que s'ouvrait la voie à la biologie moléculaire :
  - par l'isolement de la nucléine
  - en lui présentant un rôle **héréditaire** à une époque où les rôles du noyau cellulaire étaient encore très mal compris.

# Les acides nucléiques

- À partir de 1900, le terme de **nucléine** fut remplacé par celui **d'acide nucléique** dont on confirma l'existence de deux types dans toutes les cellules :
- Les **acides désoxyribonucléiques** ou **ADN** (ou **DNA**)
- Les **acides ribonucléiques** ou **ARN** (ou **RNA**)
- Entre 1900 et 1930, la composition des acides nucléiques fut fixée par un certain nombre de chercheurs et dans les années 1950, fut établie l'importance considérable des acides nucléiques en clarifiant leur **structure** et leur **rôle** dans la **transmission** et **l'expression de l'information héréditaire** notamment par Watson et Crick.

**ADN**



**ARN**



**ADN**

**ARN**

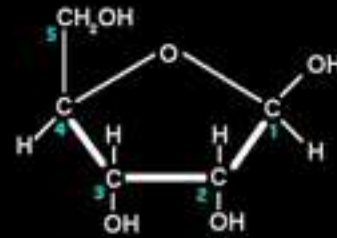
# But du cours:

- **Connaître la structure des acides nucléiques,**
- **Connaître leurs propriétés physicochimiques,**
- **Savoir reconnaître les molécules simples dont ils sont constitués et,**
- **Classer molécules simples d'après leurs fonctions.**

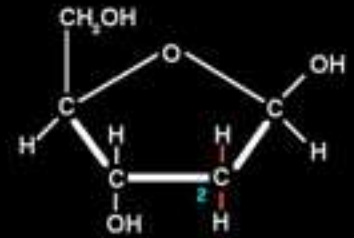


# I- Structure des acides nucléiques

## I-1- Molécules simples



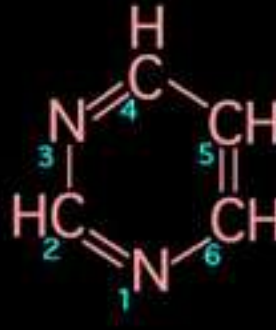
$\beta$ -D-Ribose



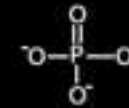
2-désoxy- $\beta$ -D-Ribose



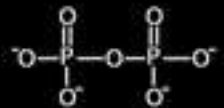
Purine



Pyrimidine

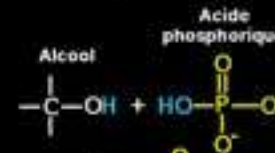


Phosphate  
inorganique  
= Pi

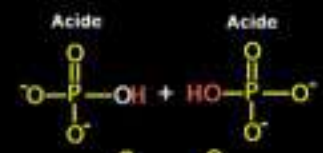


Pyrophosphate  
= PPi

Phosphates



Liaison ester

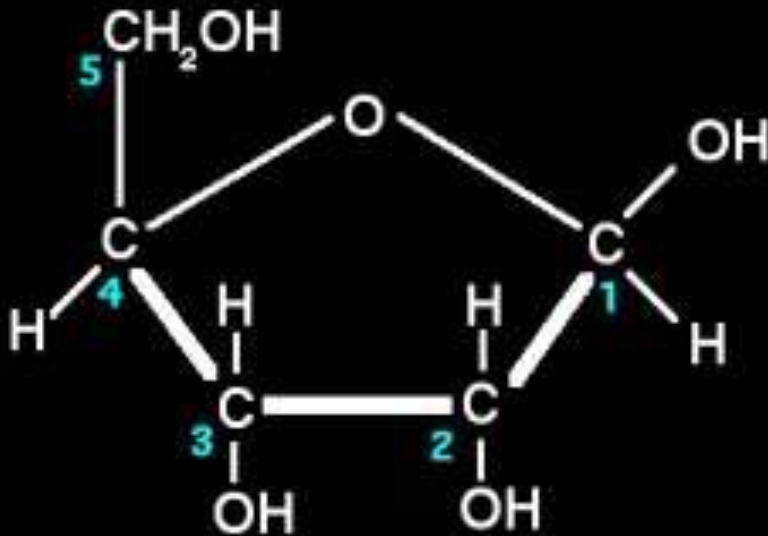


Liaison anhydride d'acides

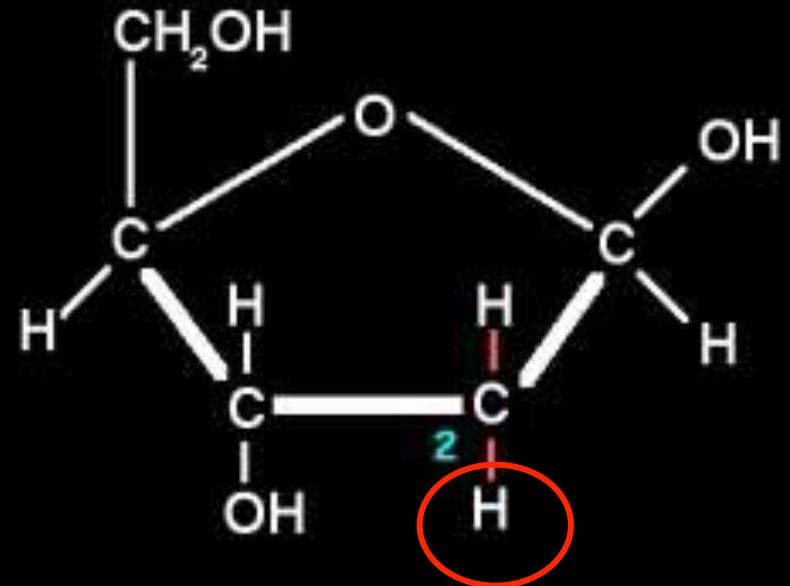


## Sucres: Ribose, désoxyribose

Les carbones du ribose et désoxyribose sont numérotés : 1', 2', 3', 4' et 5' pour ne pas les confondre avec les atomes des bases.



$\beta$ -D-Ribose  
**(ARN)**

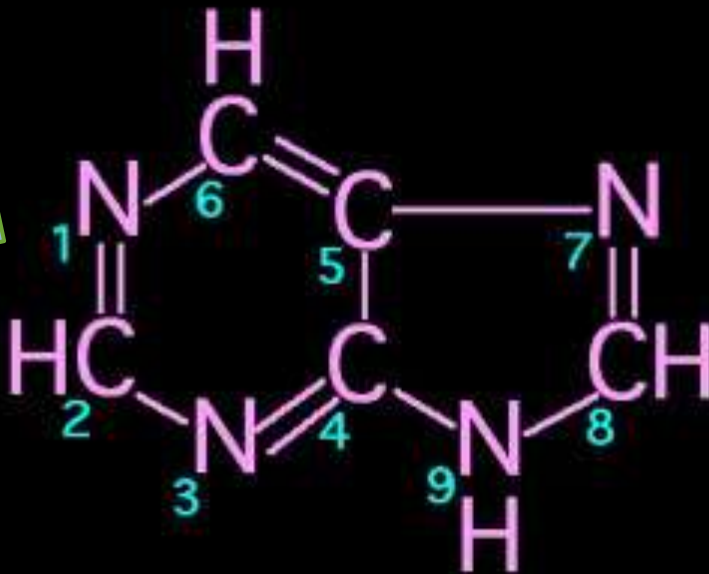


2-désoxy- $\beta$ -D-Ribose  
**(ADN)**



# Bases azotées

Noyau purique, Noyau pyrimidique



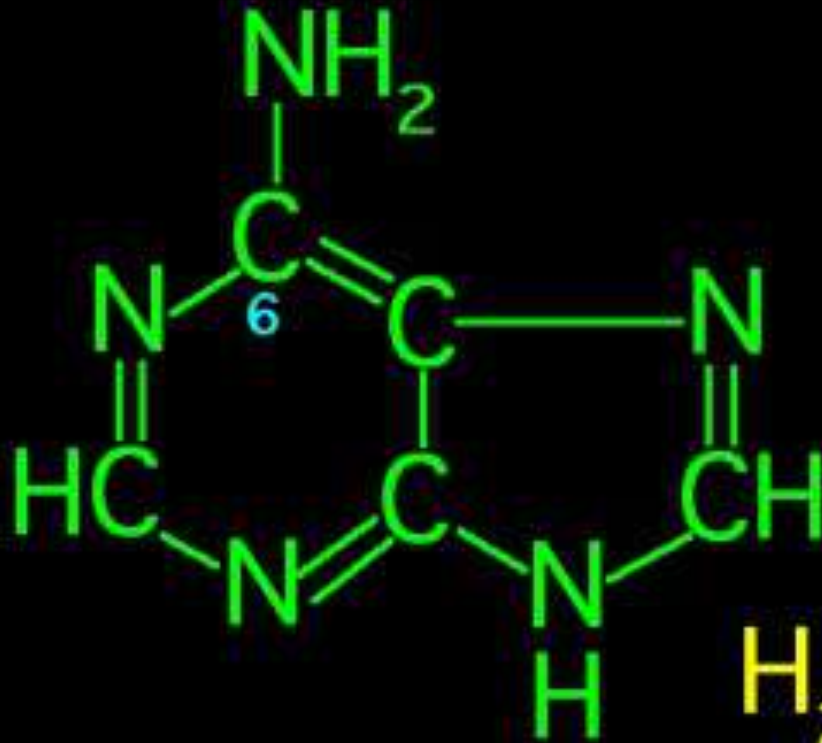
Purine



Pyrimidine

**A**dénine = **6**-aminopurine.

**G**uanine = **2**-amino-**6**-oxypurine.



Adénine

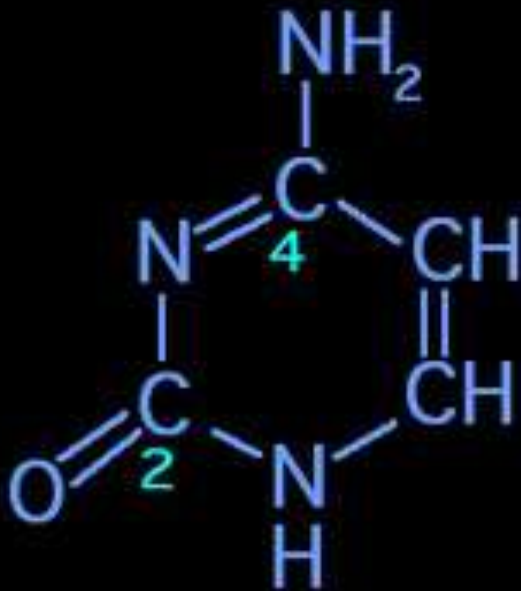


Guanine

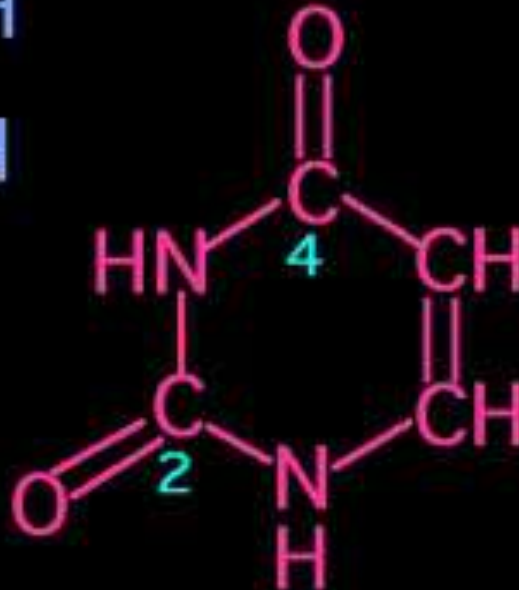
**Cytosine** = 2-oxy-4-aminopyrimidine

**Uridine** = 2,4-dioxypyrimidine

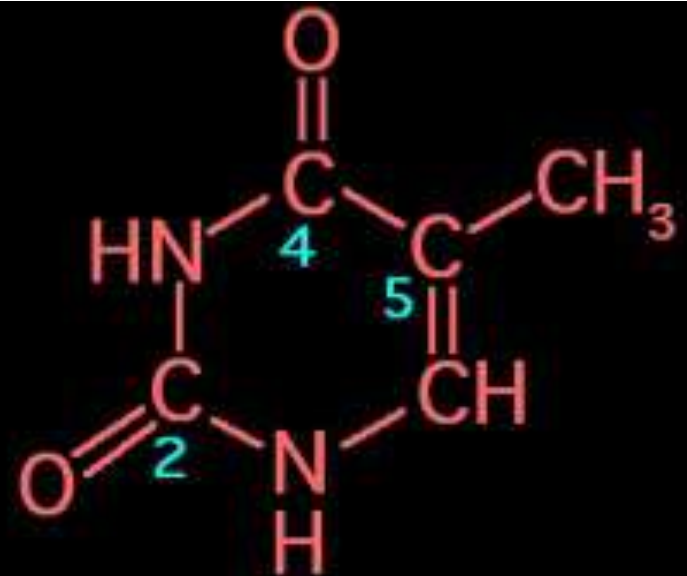
**Thymidine** = 2,4-dioxy-5-méthylpyrimidine



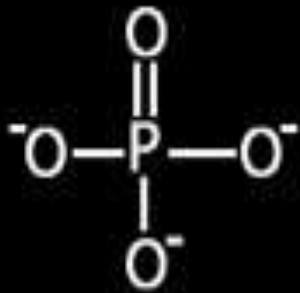
**Cytosine**



**Uracile**

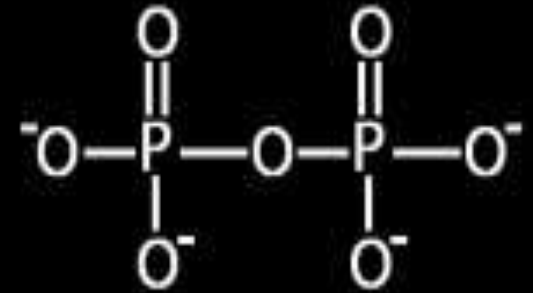


**Thymine**



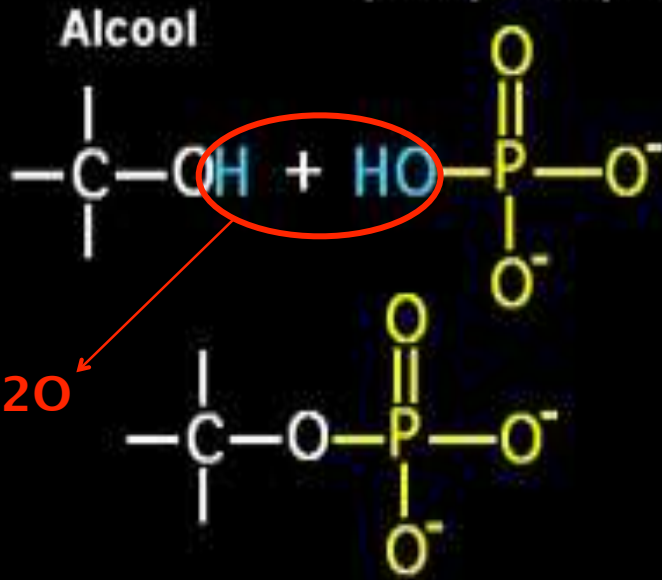
Phosphate  
inorganique  
= Pi

# Phosphates



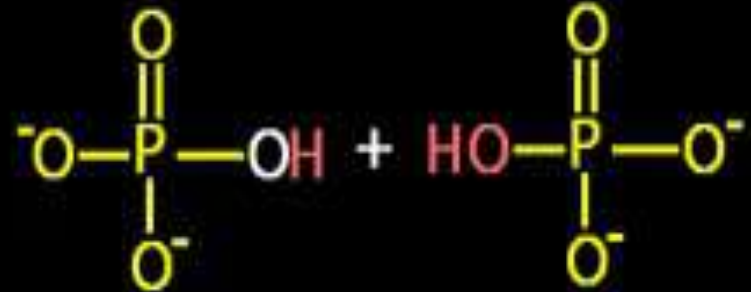
Pyrophosphate  
= PPi

Acide  
phosphorique



Liaison ester

Acide

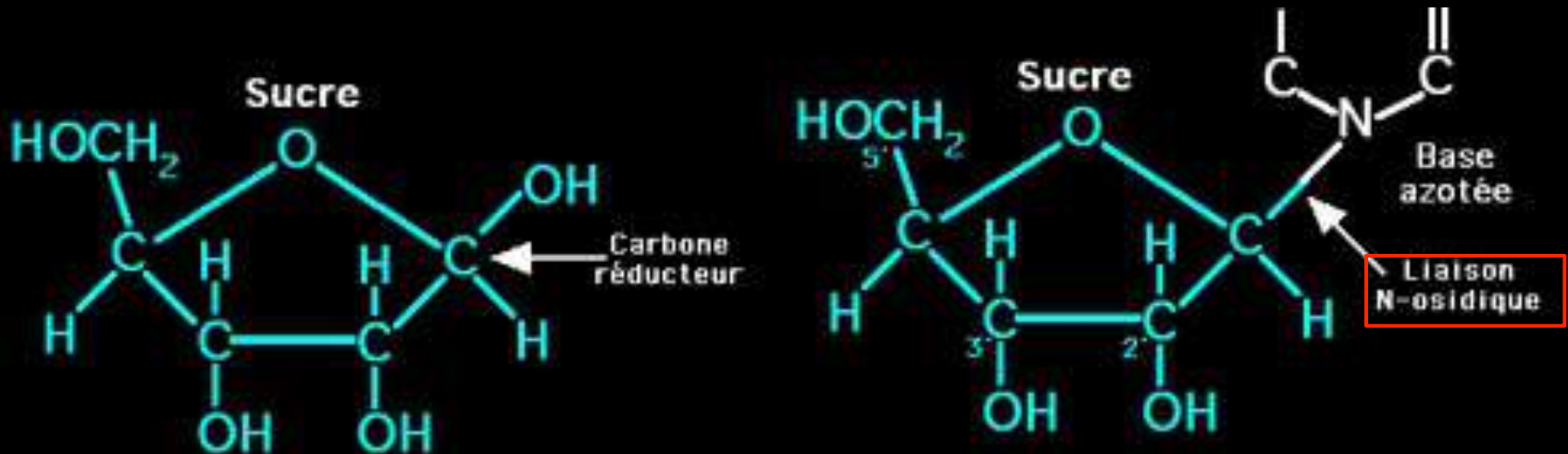


Acide



Liaison anhydride d'acides

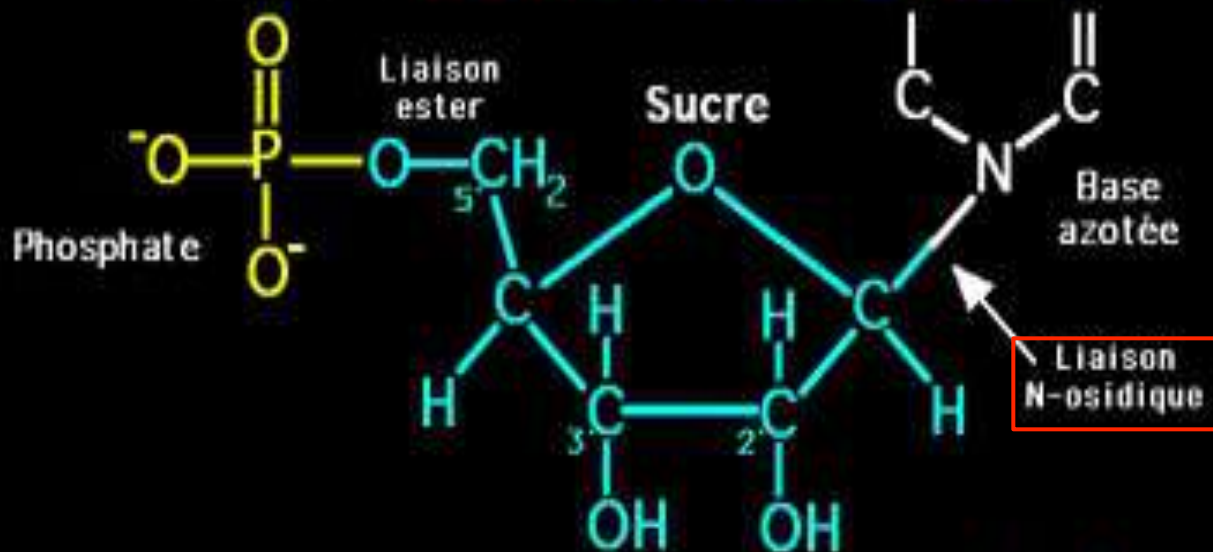
# Nucléoside



Dans chaque cas, les molécules de ribose et de désoxyribose sont liées aux bases par une liaison dite : **N-glycosidique** entre le **C-1** du glucide et **un** des atomes d'azote de la base.

- Si la base est **purique**, la liaison se fait avec le **N-9** de la base.
- Si la base est **pyrimidique**, la liaison se fait avec le **N-1** de la base.

## Nucléotides



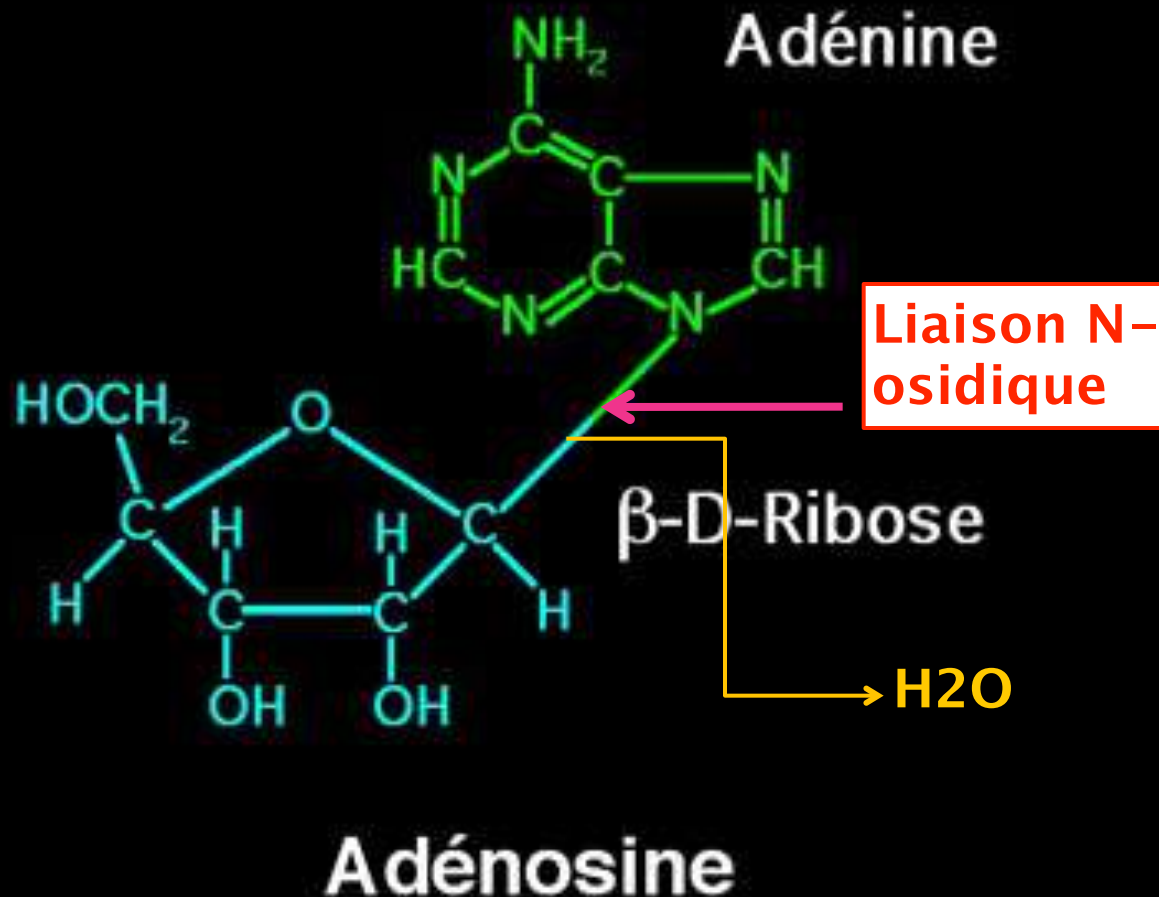
**BASE + SUCRE + PHOSPHATE = NUCLÉOTIDE**



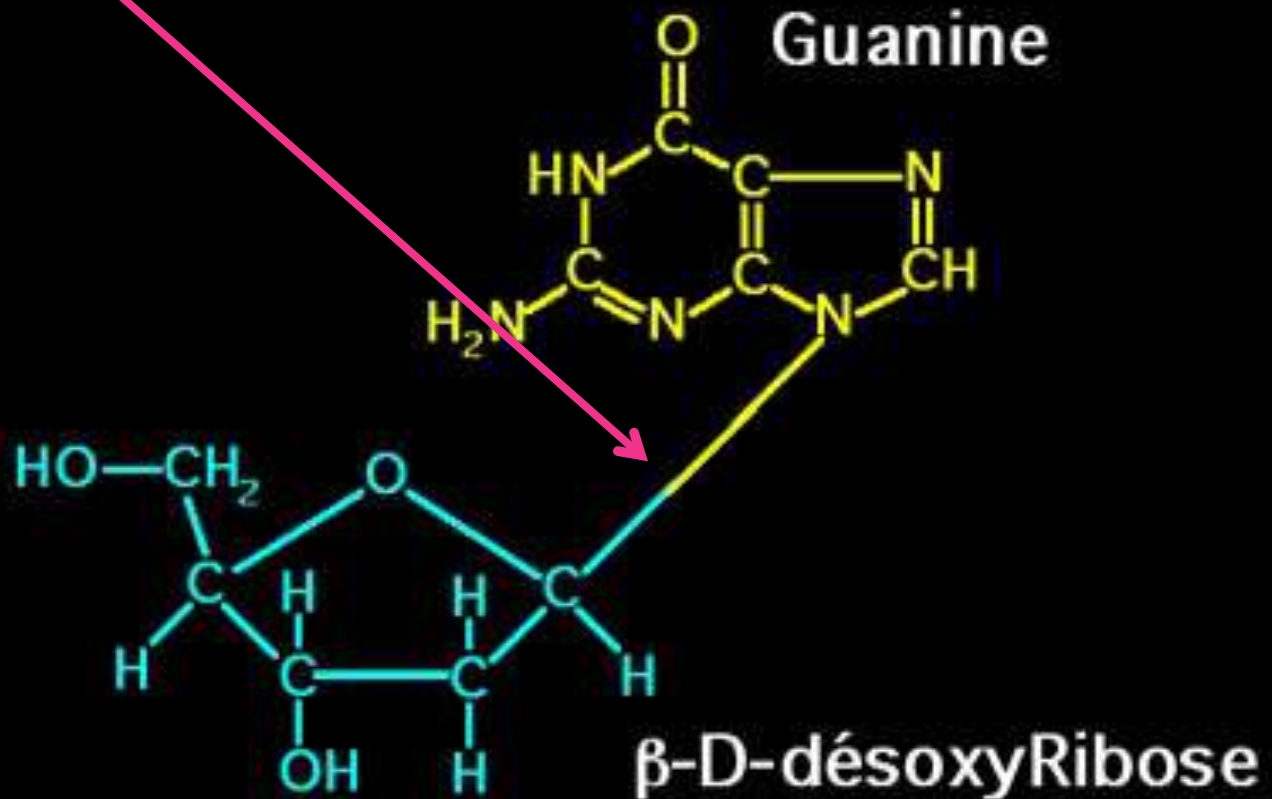
# Nomenclature des unités nucléotidiques

Bases	Nucléosides	Nucléosides 5'-mono, di, triphosphates	Unités nucléotidiques des acides nucléiques
<b>A = Adénine</b>	<b>(désoxy-) adénosine</b>	<b>AMP, ADP, ATP dAMP, dADP, dATP</b>	<b>(d-) adénylate</b>
<b>G = Guanine</b>	<b>(désoxy-) guanosine</b>	<b>GMP, GDP, GTP dGMP, dGDP, dGTP</b>	<b>(d-) guanylate</b>
<b>C = Cytosine</b>	<b>(désoxy-) cytidine</b>	<b>CMP, CDP, CTP dCMP, dCDP, dCTP</b>	<b>(d-) cytidylate</b>
<b>U = Uracile</b>	<b>uridine</b>	<b>UMP, UDP, UTP</b>	<b>uridylate</b>
<b>T = Thymine</b>	<b>désoxy- thymidine</b>	<b>dTMP, dTDP, dTTP</b>	<b>d-thymidylate</b>

Un nucléoside est une molécule composée d'un **pentose** (ribose ou désoxyribose) lié par une **liaison N-osidique** à une **base azotée**.

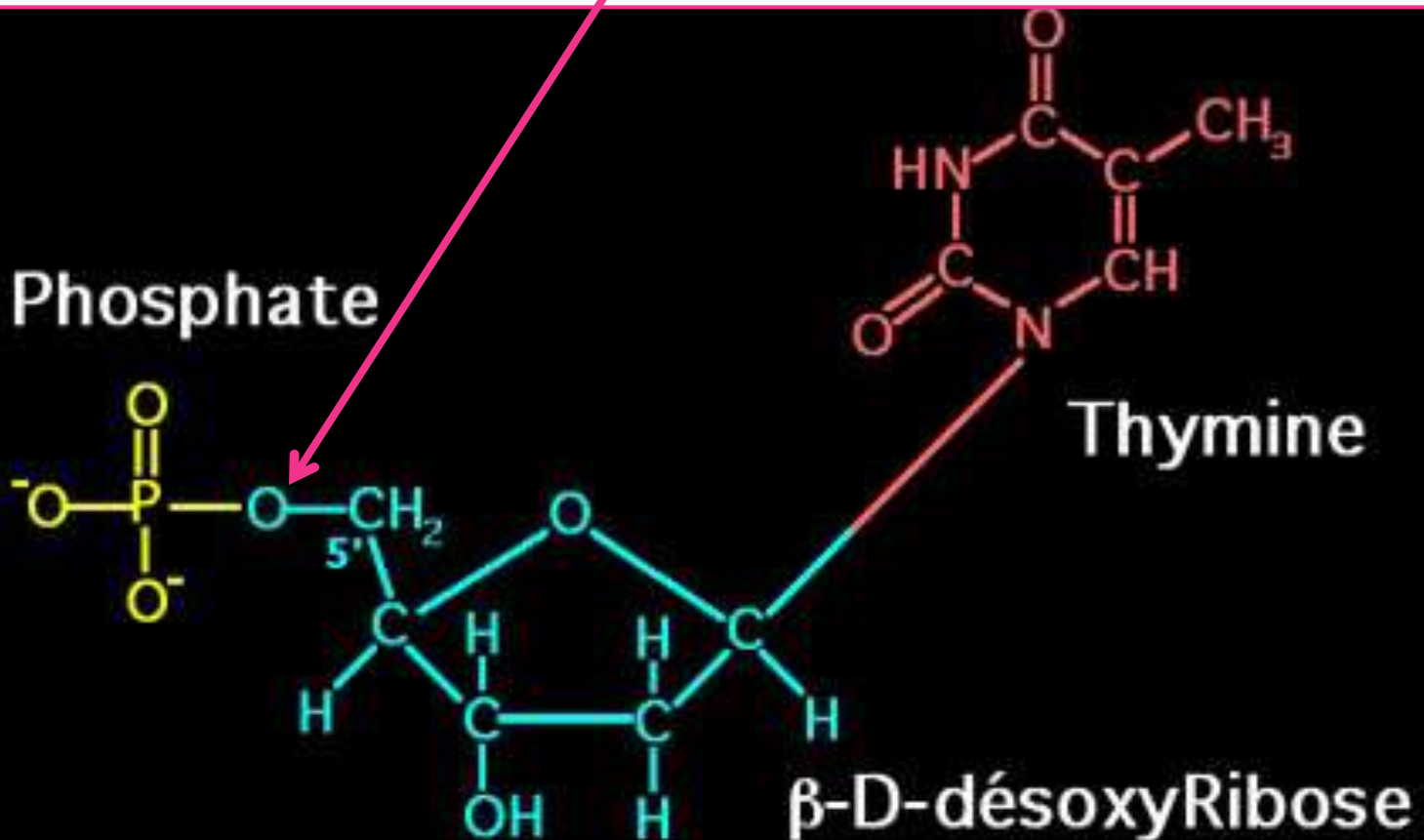


La désoxyguanosine est un nucléoside composé. Sa structure comporte une **base azotée** (la guanine), liée par une liaison **N-osidique** au  **$\beta$ -D-ribose**.



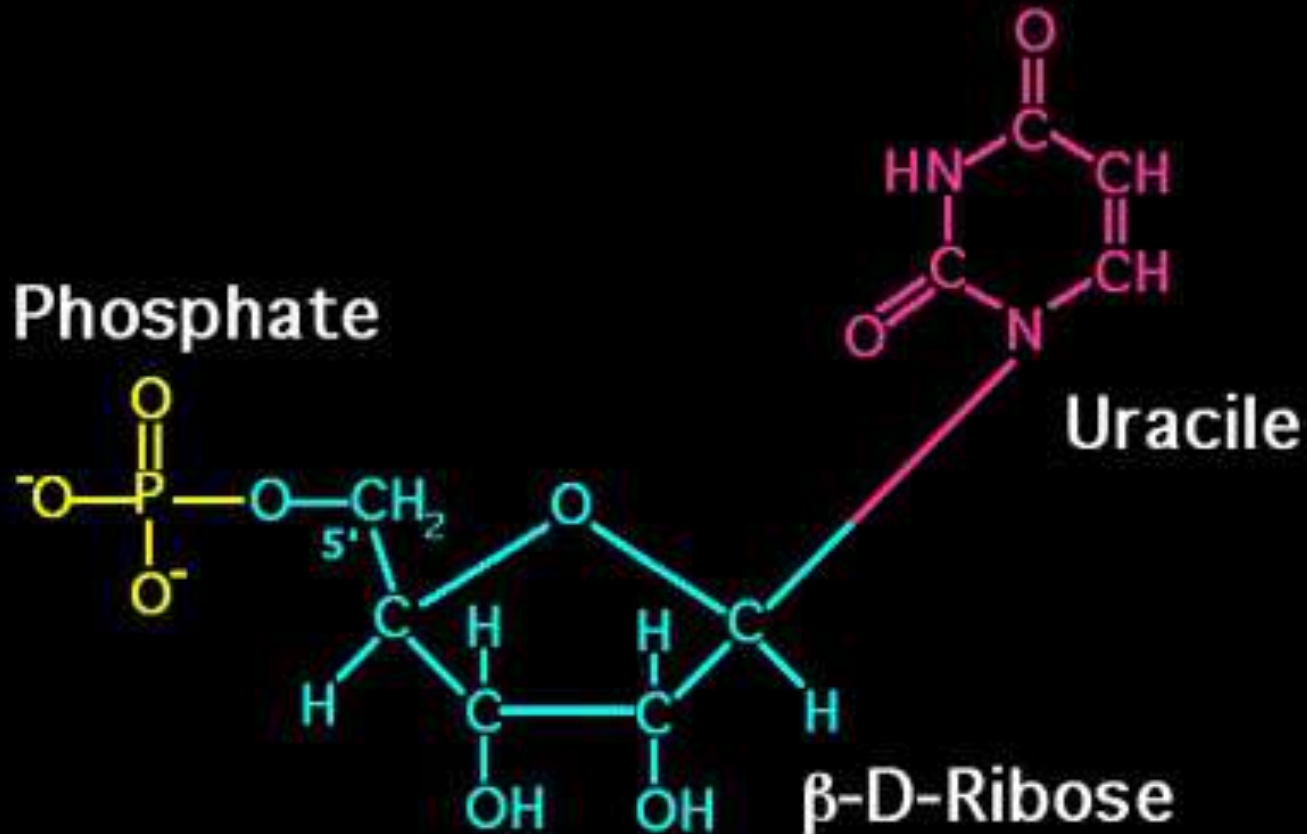
Désoxyguanosine

Un nucléotide est une molécule composée d'un nucléoside lié par une liaison **ester** à un **acide phosphorique**.



L'uridine monophosphate est un nucléotide composé.

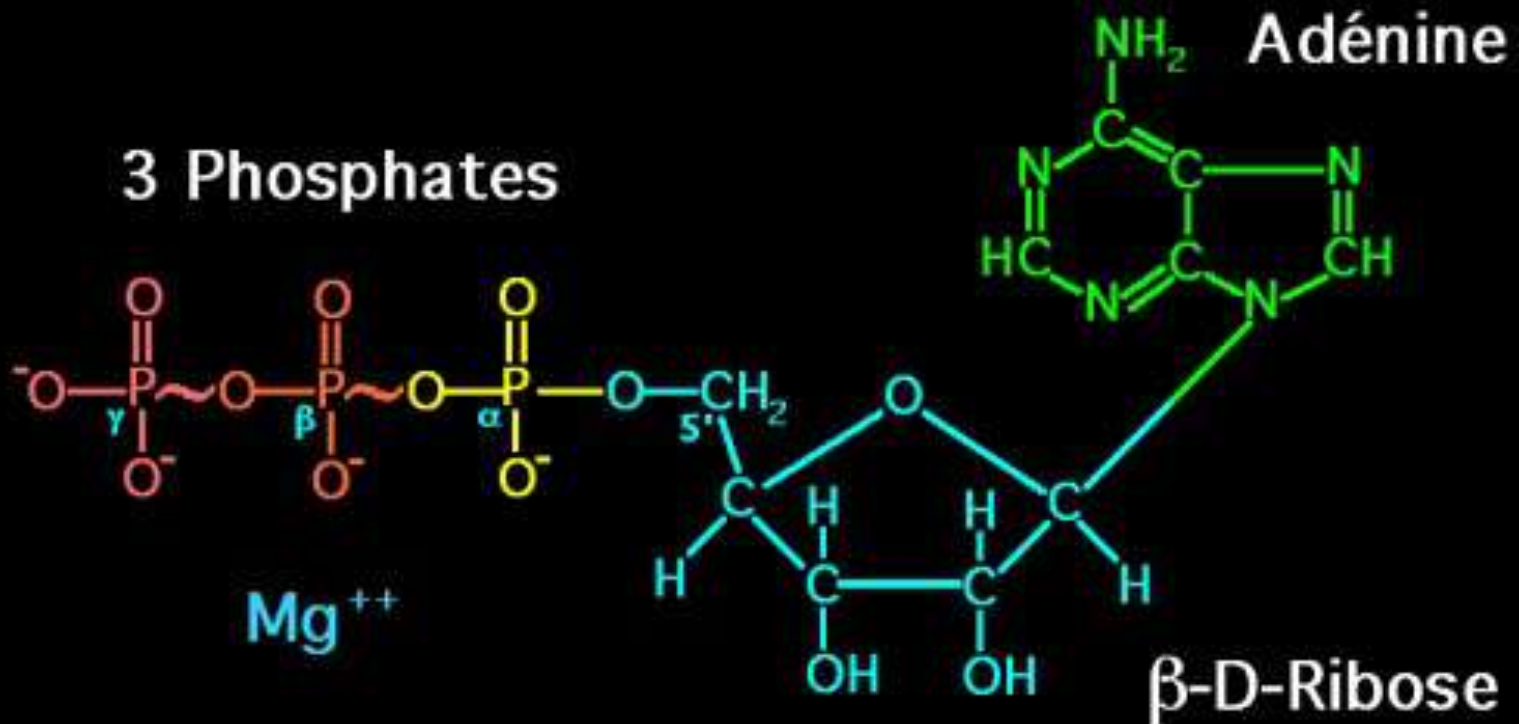
Sa structure comporte une **base azotée** (l'uracile), liée par une liaison **N-osidique** au  **$\beta$ -D-ribose** et



**Uridine Mono Phosphate = Uridylate**



L'adénosine triphosphate est un nucléotide composé. Sa structure comporte une **base azotée** (l'adénine), liée par une liaison **N-osidique** au  **$\beta$ -D-ribose** et trois **phosphates**.

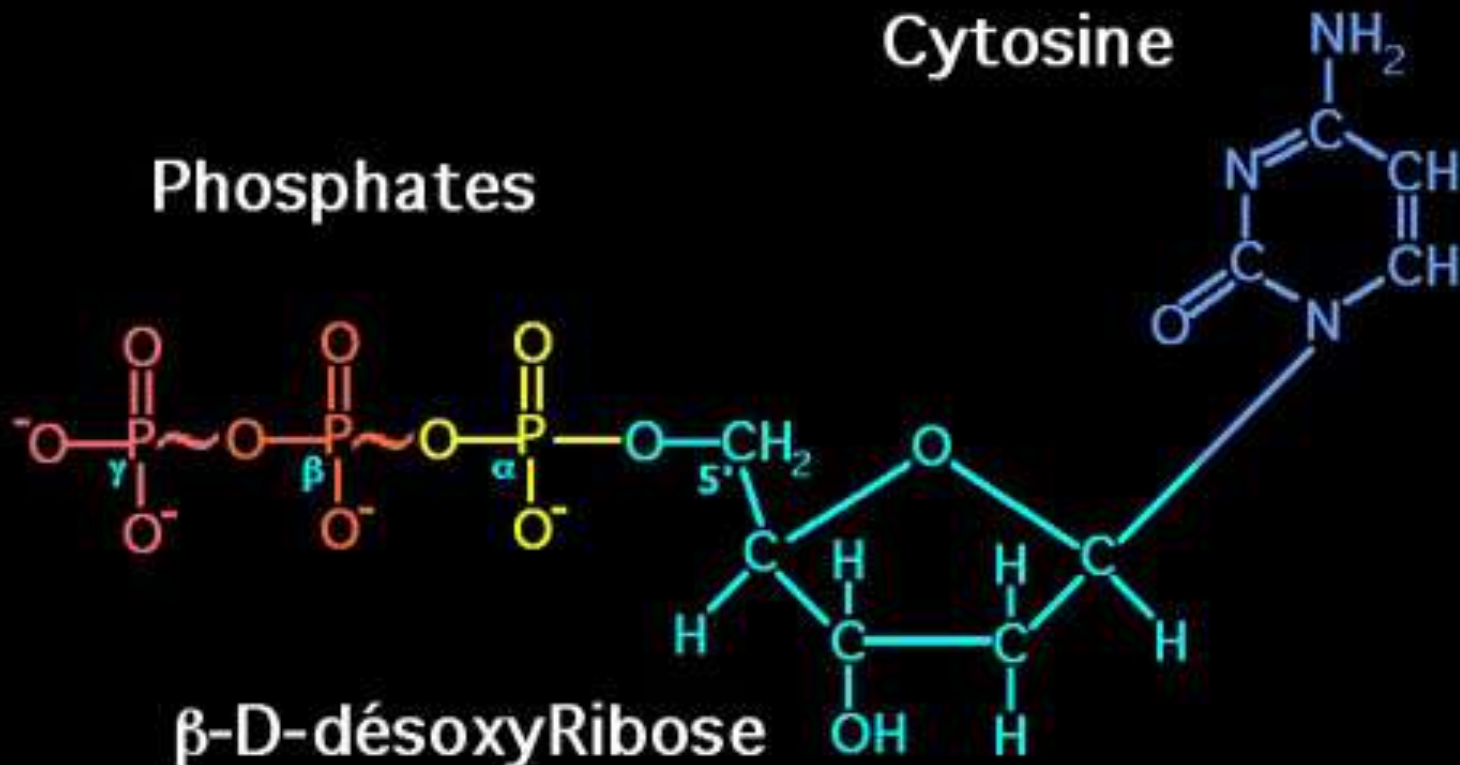


**Adénosine Tri Phosphate**



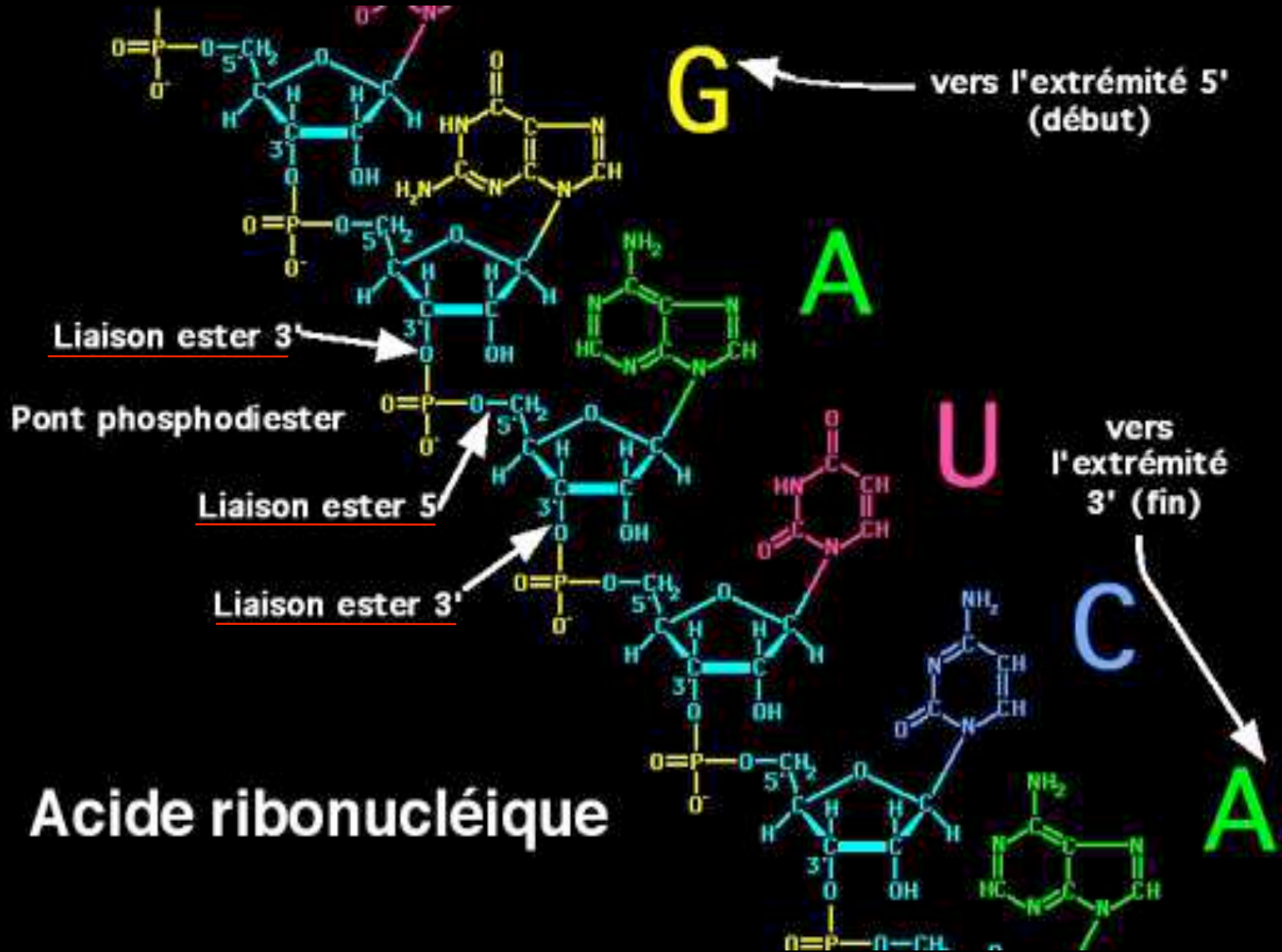
La désoxycytidine-triphosphate est un nucléotide composé.

Sa structure comporte une **base azotée** (la cytidine), liée par une liaison **N-osidique** au  **$\beta$ -D-ribose** et trois **phosphates**.

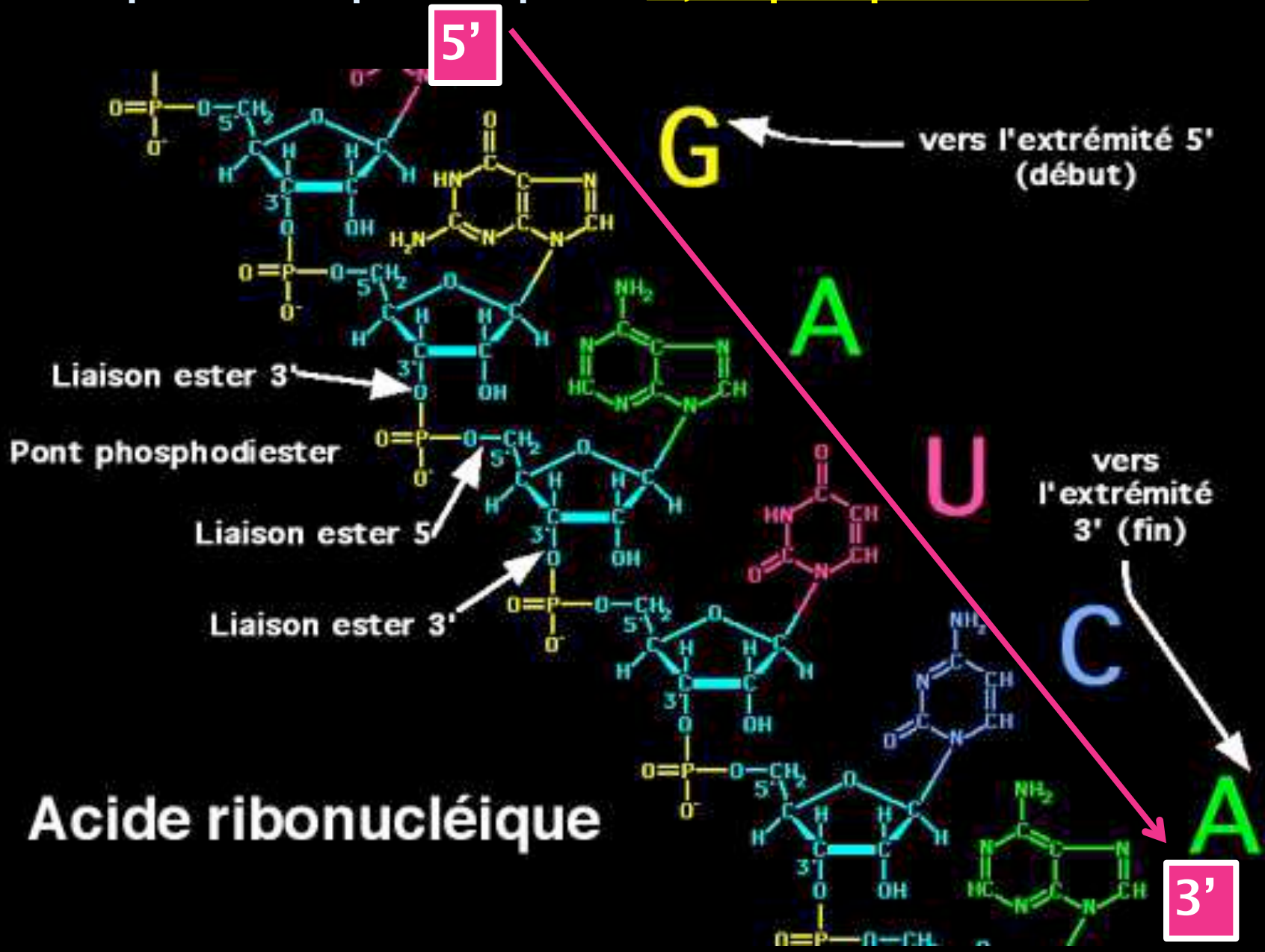


Désoxycytidine Tri Phosphate

L'ARN est un polymère de ribonucléotides puriques et pyrimidiques reliés par des ponts 3', 5'-phosphodiester

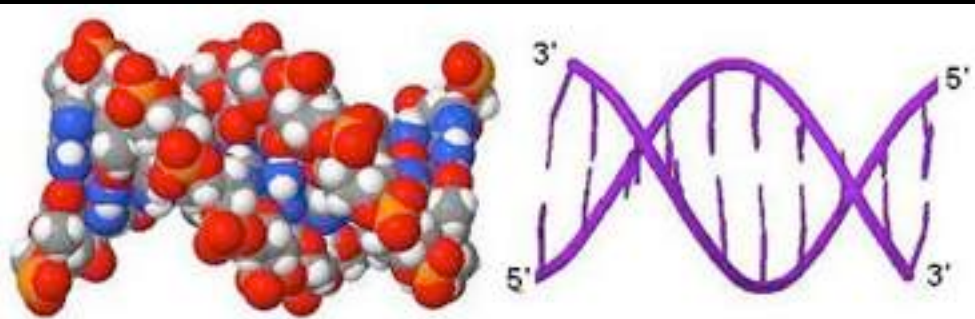


# II-1- ARN = polymère de ribonucléotides puriques et pyrimidiques reliés par des ponts 3', 5'-phosphodiester

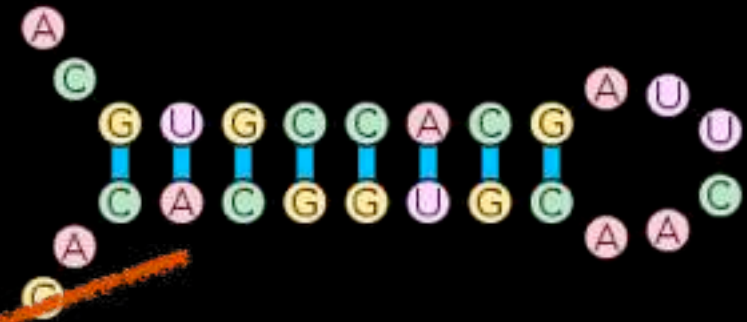


- Le **RNA natif** existe sous forme d'une molécule à un brin (**monocaténaire**) contrairement à l'ADN.
- Cependant, étant donné la séquence des bases complémentaires appropriées avec une polarité opposée, l'unique brin de RNA (Figure 17) est capable de se replier sur lui-même pour former une **épingle à cheveux**
- il acquiert ainsi les caractéristiques de la **structure bicaténaire**.

# ■ ARN: Structure en épingle à cheveux



حمض نووي ريبوزي ناقص الأوكسجين  
Acide désoxyribonucléique (ADN)



حمض نووي ريبوزي  
Acide ribonucléique (ARN)





Dans tous les organismes procaryotes et eucaryotes, **3 classes principales de molécules de RNA** sont produites par **transcription de l'ADN**. On distingue selon leurs fonctions :

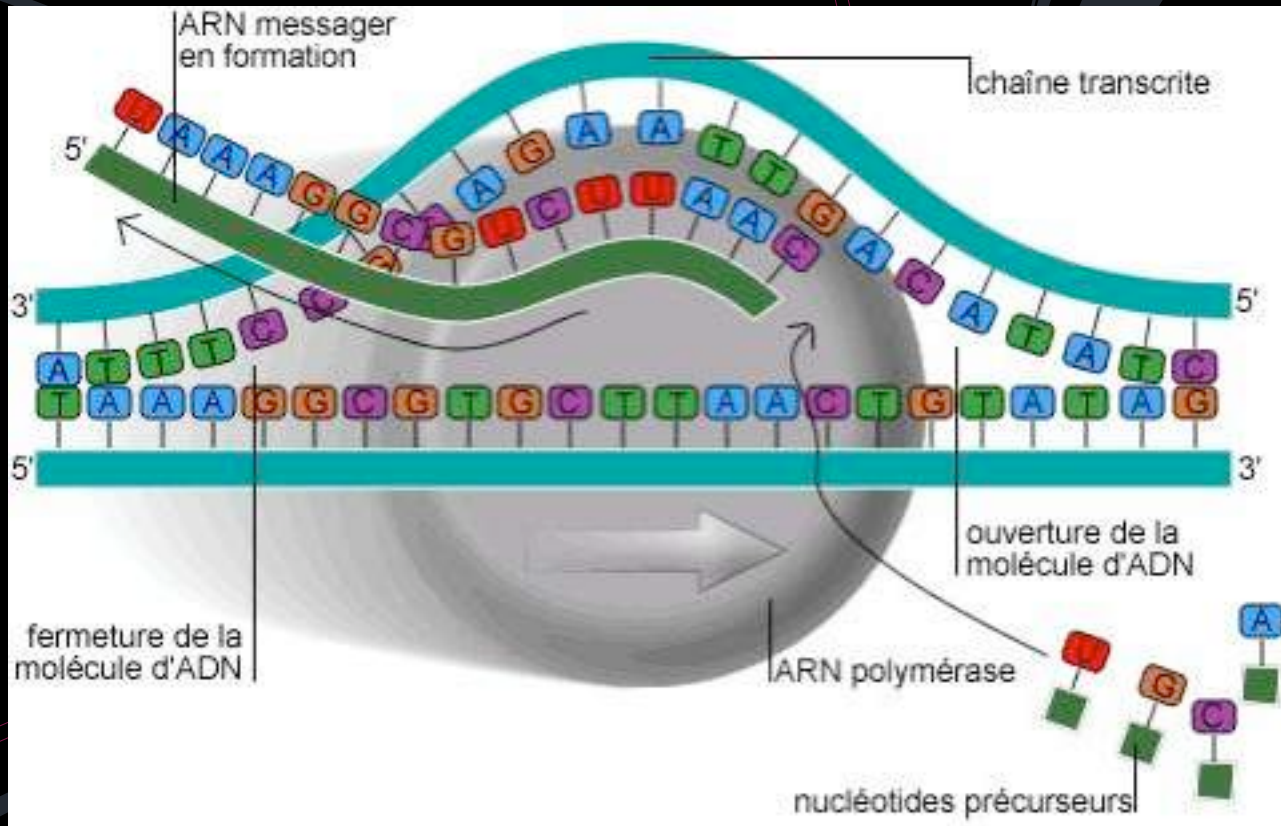
- **rRNA** (~ 80%) = acide ribonucléique **ribosomique**, qui participe à la structure des ribosomes ;
- **tRNA** (~ 15%) = acide ribonucléique de **transfert**, transporteur des acides aminés activés pour la traduction ;
- **mRNA** (~ 5%) = acide ribonucléique **messenger**, produit de la transcription d'un gène qui porte l'information à traduire.



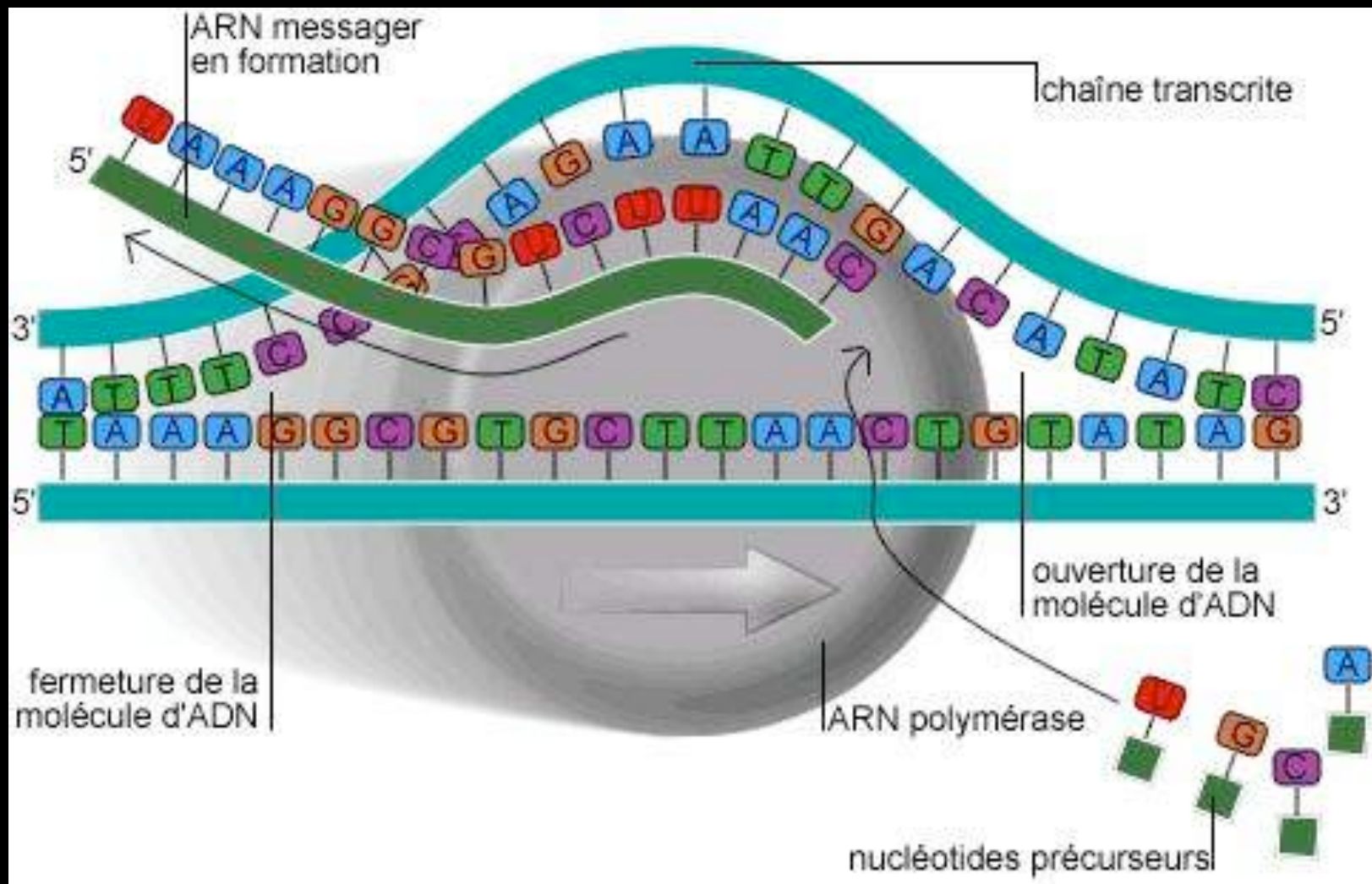
# II-1-1- Différentes classes d'ARN

## II-1-1-1- ARN messenger

**ARN messenger** = brins **monocaténaire**s et complémentaires du brin moule de leurs gènes structuraux respectifs  
La classe de mRNA est la plus **hétérogène**.

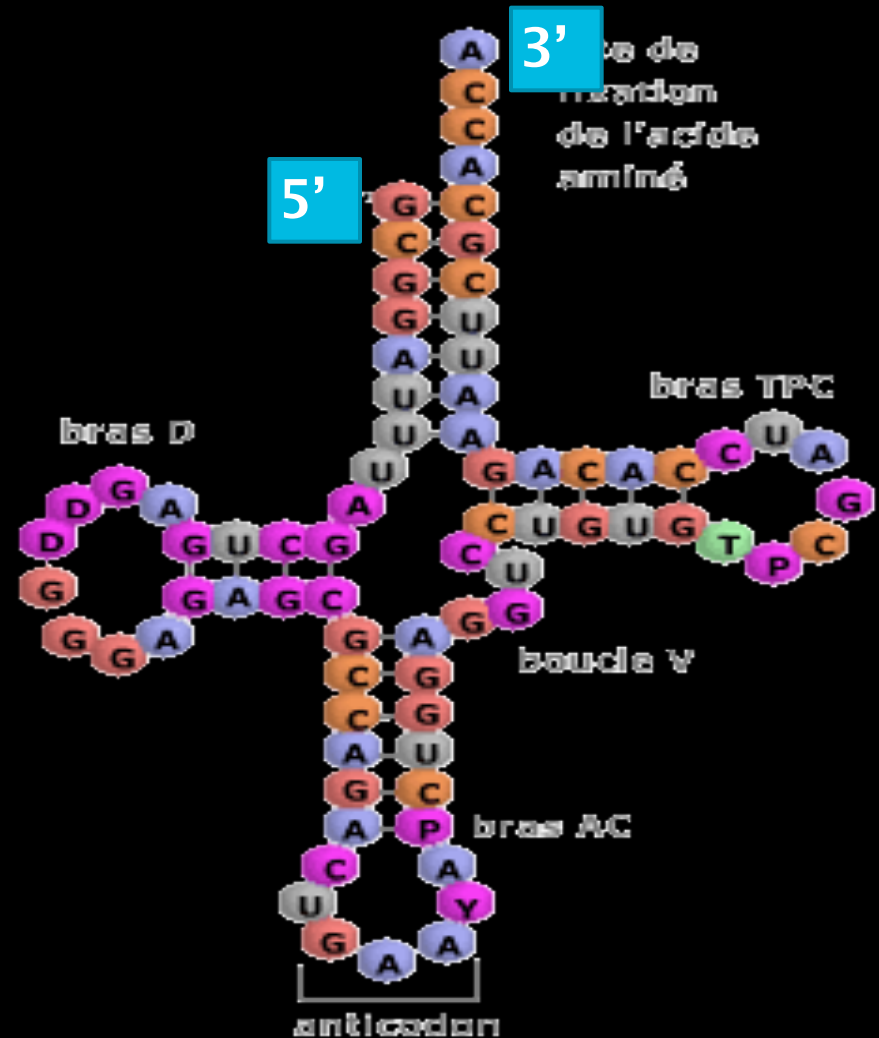


- ARNm sert de matrice pour la synthèse des protéines, - Sa taille dépend de la longueur de la ou des chaîne(s) polypeptidique(s) pour laquelle il code.



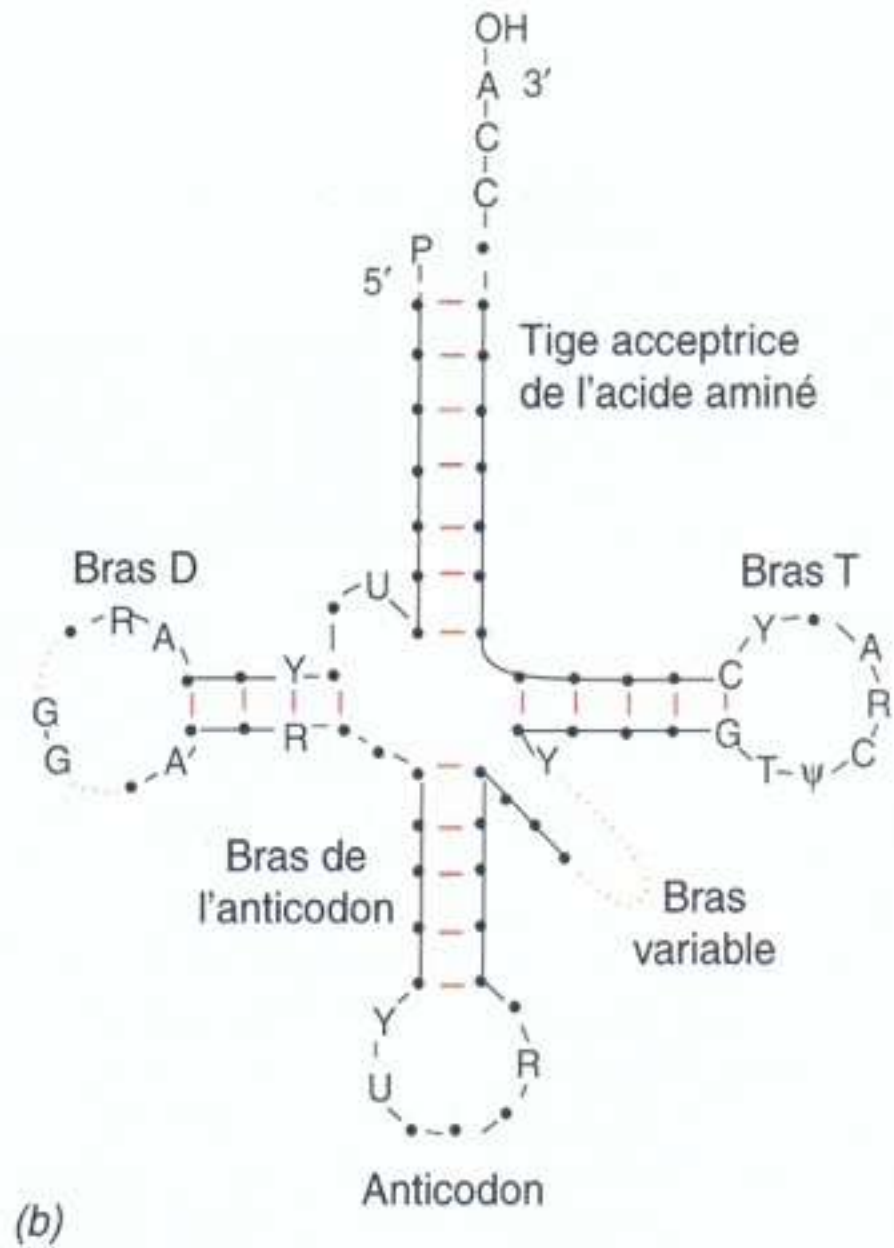
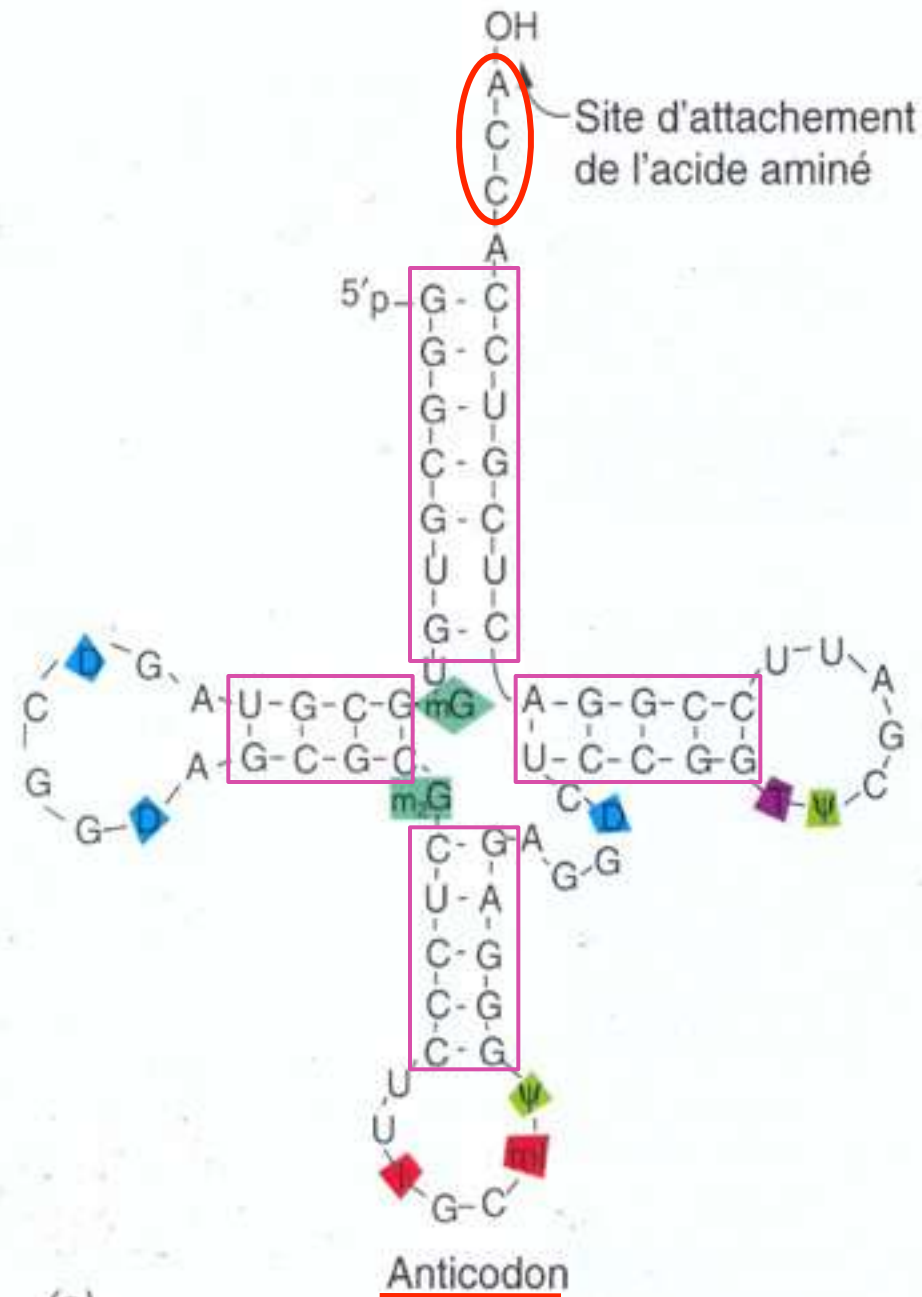
## II-1-1-2- ARN de transfert

- Elles servent de molécules adaptatrices pour la traduction en acides aminés spécifiques de l'information contenue dans la séquence nucléotidique du mRNA ; les codons mRNA ne reconnaissant pas directement les acides aminés qu'ils déterminent.









## II-1-1-3- ARN ribosomique

- Les ARN d'un ribosome sont appelés ARN ribosomiques (ou ARNr) et, comme les ARNm, ils sont transcrits à partir d'un des brins d'un gène.
- Les ARNr ne portent pas d'information, mais ils sont capables de reconnaître et de s'unir à d'autres molécules, d'apporter un support structural et de catalyser la réaction chimique permettant de réunir les acides aminés.



## II-1-2- Détermination de la composition en bases de l'ARN

- Cette détermination se fait soit:
  - par hydrolyse chimique totale de la molécule en milieu basique, soit
  - par hydrolyse enzymatique suivie d'une chromatographie ou d'une électrophorèse dans le but de déterminer la nature des bases.

## II-1-2-1- Hydrolyse alcaline

- L'hydrolyse prolongée de l'ARN par la **soude** ou la **potasse** libère les **ribonucléotides** constitutifs sous forme **2'** et **3'-** **monophosphate.**

# II-1-2-2- Hydrolyse enzymatique

Elle est réalisée par des **exonucléases** qui attaquent la chaîne nucléotodique à partir de **l'extrémité**, libérant progressivement tous les **mononuléotides**.

– La **phosphodiesterase de venin de serpent** commence son hydrolyse à partir d'un 3'-OH terminal libérant ainsi des nucléosides 5'-monophosphates.

– La **phosphodiesterase de rate de bœuf** initie son hydrolyse à partir de l'extrémité 5'-OH terminal libérant progressivement des nucléotides 3'-monophosphates.

## II-1-3- Détermination de la séquence des bases de l'ARN

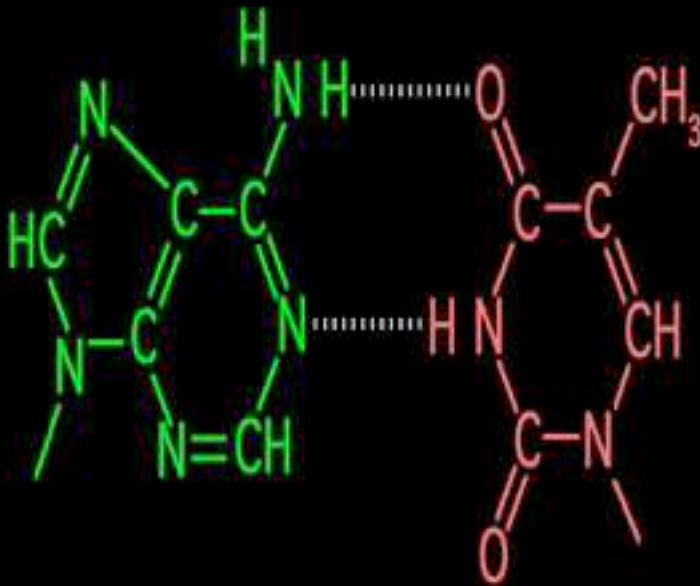
- Elle se réalise grâce à des **hydrolyses enzymatiques spécifiques** donnant des fractions oligonucléotides à partir de l'ARN initial.
- Les divers fragments sont alors recoupés pour déterminer la séquence de l'ARN.
- La détermination des **extrémités** se faisant grâce aux **exonucléases** (phosphodiesterase de venin et de rate) les coupures à l'intérieur de la chaîne par l'intermédiaire des **endonucléases**.

Les **endonucléases** scindent les polyribonucléotides en divers endroits à **l'intérieur de la chaîne** et généralement de **façon spécifique** au niveau de **bases déterminées**.

- La RNase pancréatique : coupe la liaison phosphodiester à droite d'un nucléotide à base pyrimidique (Cytosine, Uracile).
- La RNase T1 : provoque une coupure de la liaison phosphodiester à droite d'un nucléotide à Guanine.
- La RNase T2 : scinde la liaison phosphodiester à droite d'un nucléotide à Adénine.

Les oligonucléotides ainsi obtenus sont séparés par électrophorèse sur gel de polyacrylamide et la structure du fragment initial est établie.

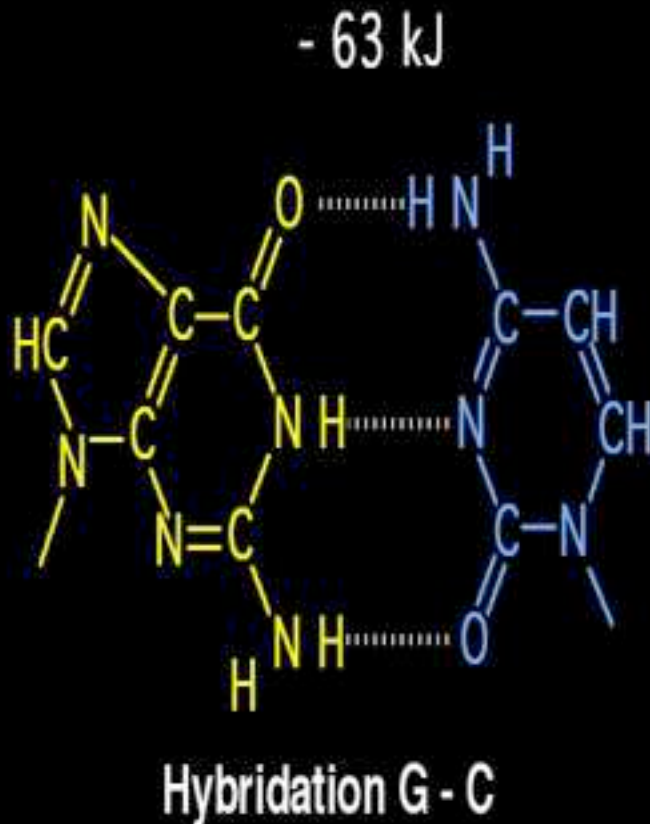
- 21 kJ



Hybridation A - T

- Lorsqu'un acide nucléique est en solution les molécules forment des liaisons hydrogènes associant les nucléotides deux par deux, de sorte qu'un nucléotide à adénine se lie avec un nucléotide à thymine (ou à uracile dans un ARN) et un nucléotide à guanine avec un nucléotide à cytosine.



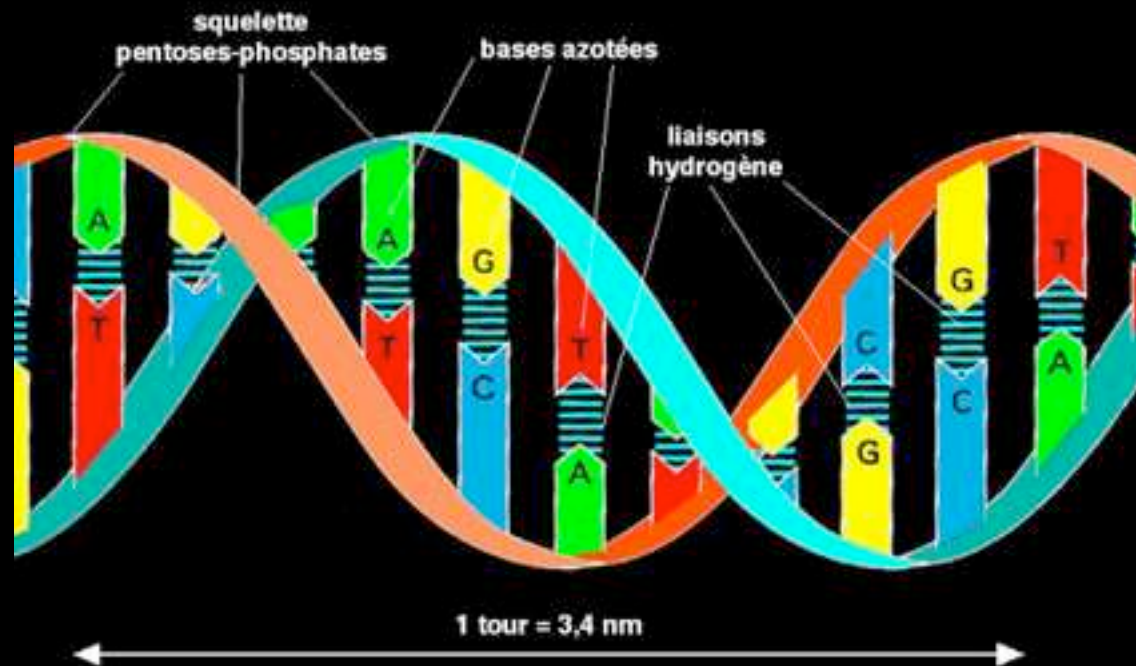


- L'hybridation A-T est moins stable (2 liaisons hydrogène) que celle entre G et C.
- L'hybridation G-C est plus stable (3 liaisons hydrogène) que celle entre A et T.

## II-5- Acide désoxyribonucléique (ADN)

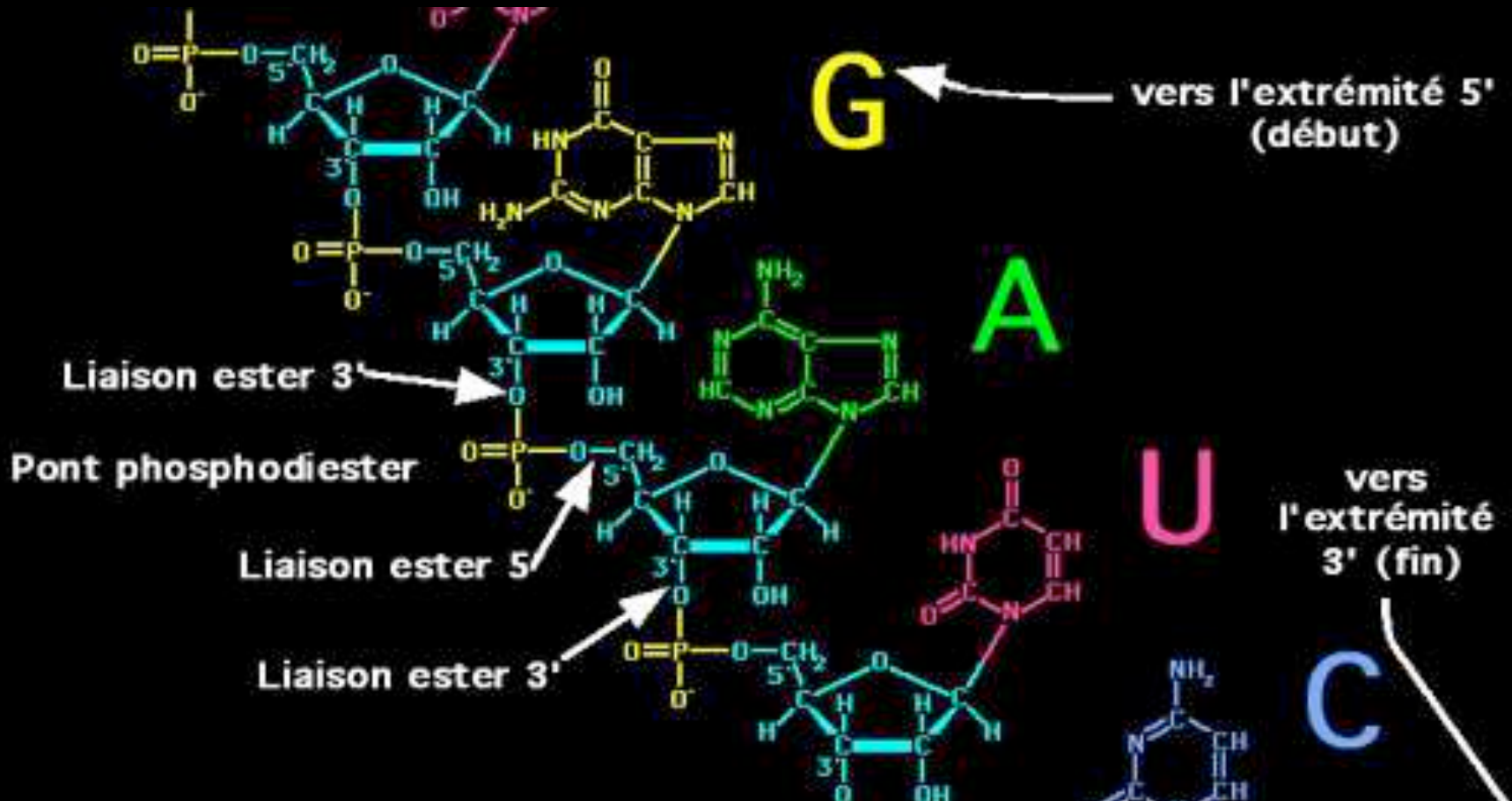
### II-5-1- Caractéristiques de l'ADN

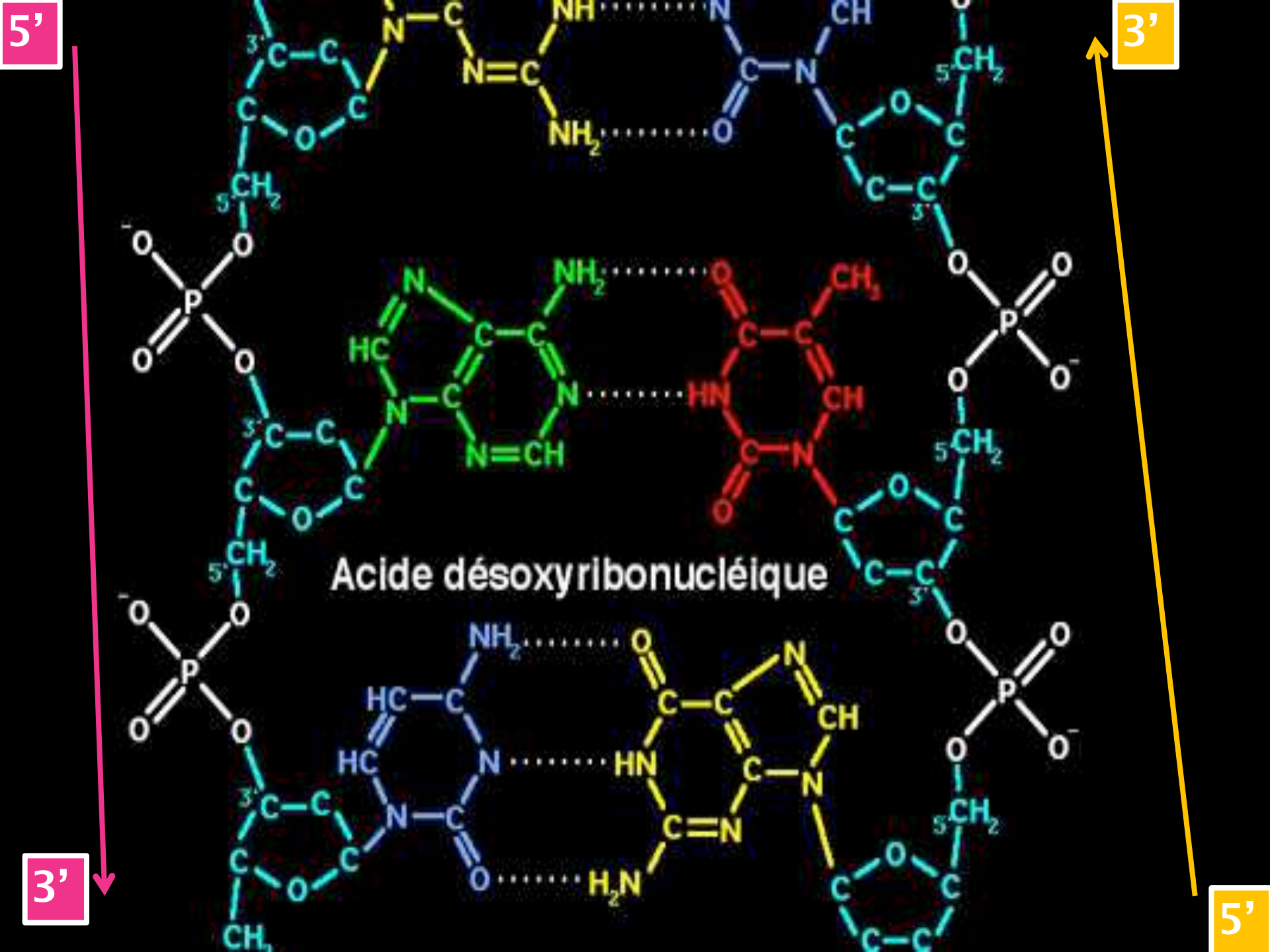
- Les molécules d'acide désoxyribonucléiques sont formées de deux chaînes (brins) appariées de nucléotides, enroulées en une double hélice.
- Le squelette de chaque brin est un polymère sucré répété de phosphate et de désoxyribose. Les liaisons **sucre-phosphate** étant assurées par les liaisons **phosphodiesters**.



## II-5-1- Caractéristiques de l'ADN

- Chaque squelette sucre-phosphate a une **polarité 5'-3'** : une partie de la liaison phosphodiester est établie entre le phosphate et le carbone 5' du désoxyribose, alors que l'autre se trouve entre le phosphate et le carbone 3' du désoxyribose.





# Complémentarité des bases

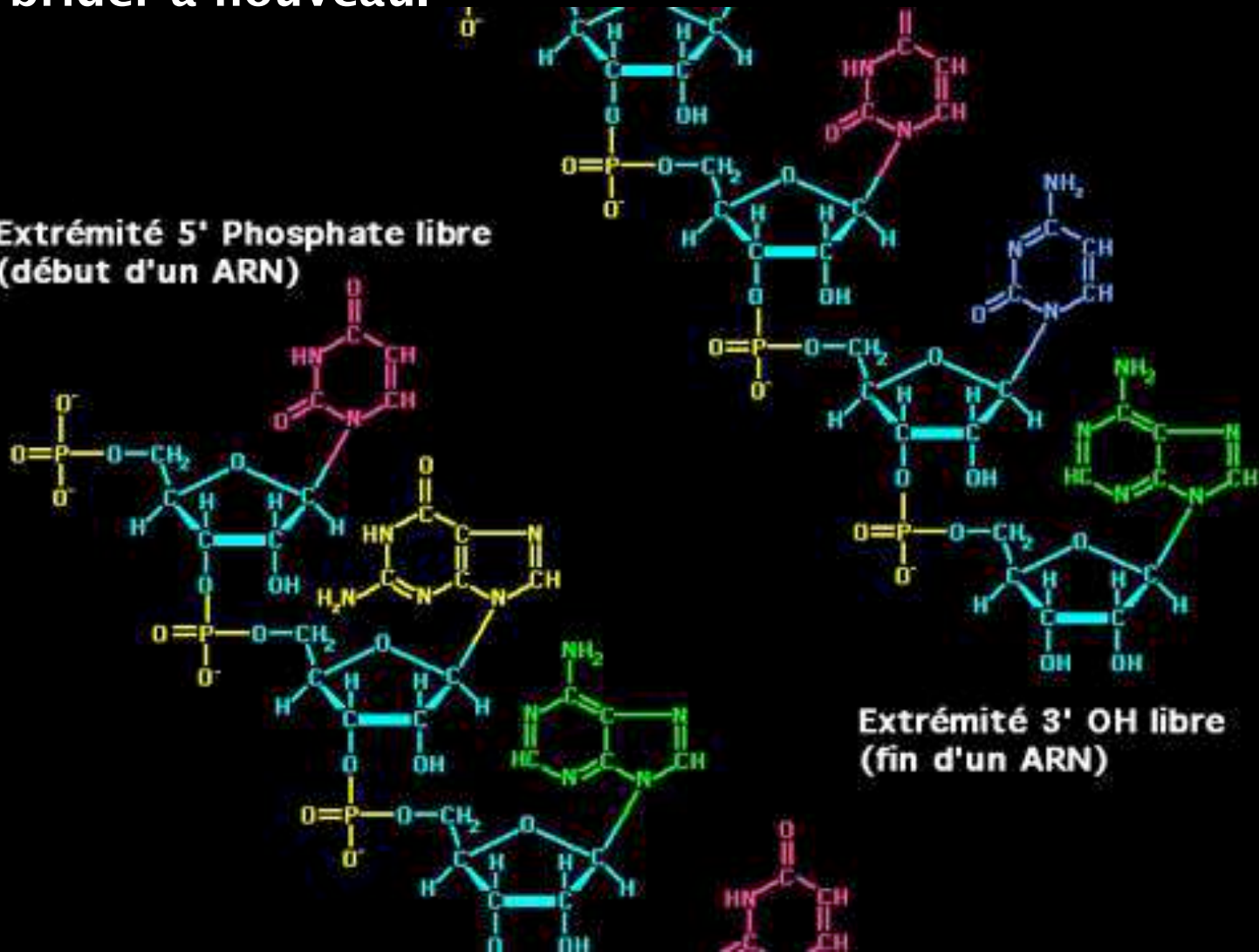
- Si, par exemple, un brin a la séquence **AGAGTCGTCTCGAGTCA** (lue dans le sens 5' vers 3'), alors on sait automatiquement que son brin complémentaire aura la séquence **TCTCAGCAGAGCTCAGT** (dans le sens 3' vers 5') ; on peut donc lire sur cette figure le texte suivant :
  - **5' AGAGTCGTCTCGAGTCA...3'**  
**... 3'TCTCAGCAGAGCTCAGT...5'**



# Dénaturation de l'ADN

La chaleur peut dissocier les deux chaînes : c'est la fusion de l'ADN. Cette fusion est réversible : les deux chaînes peuvent s'hybrider à nouveau.

Extrémité 5' Phosphate libre  
(début d'un ARN)

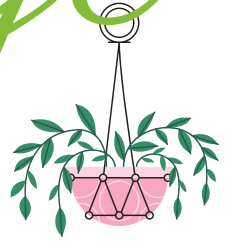




## II-5-2- Propriétés de l'ADN

- De haut poids moléculaire, les ADN peuvent atteindre près de  $3 \cdot 10^{12}$  daltons chez l'ADN des eucaryotes ; leur longueur varie entre  $1 \mu$  et  $1 \text{ m}$  ;
- Ils sont solubles dans les solutions salines et précipitent dans l'alcool ;
- Ils ont un maximum d'absorption à  $260 \text{ nm}$  ;
- Les forces qui assurent la cohésion de la double hélice sont :
  - les liaisons hydrogènes entre les bases des deux brins ;
  - les interactions hydrophobes entre les plans des bases empilées.
- Des agents tels que, pH extrême, chaleur, alcool et urée, provoquent la rupture des liaisons hydrogènes par dénaturation de l'ADN. Il s'ensuit le déroulement et la dissociation des deux brins.

# 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

