

# **Le Plan du cours de Biologie Cellulaire**

## **EVOLUTION et HISTOIRE DES SCIENCES**

### **I – ORIGINE DE LA VIE ET DES STRUCTURES CELLULAIRES**

### **II - LA DÉCOUVERTE DES CELLULES**

## **LA MEMBRANE PLASMIQUE**

### **I - INTRODUCTION**

- 1 - Définition
- 2 - Origine des membranes
- 3 - Rôle de la membrane plasmique

### **II - COMPOSITION ET ORGANISATION MOLÉCULAIRE DE LA MEMBRANE**

- 1 - La double couche lipidique
  - 2 - Les protéines membranaires
- 3 - Le glycocalyx

# **STRUCTURE ET FONCTION DU CYTOSQUELETTE**

---

## **I - LES MICROFILAMENTS D'ACTINE**

- 1 - Cortex cellulaire
- 2 - Monomères d'actine G
- 3 - Structure des microfilaments
- 4 - Cinétique des microfilaments
- 5 - Microvillosités
- 6 - Protéines de liaison à l'actine
- 7 - La membrane de l'hématie
- 8 - La contraction musculaire

## **II - LES MICROTUBULES**

- 1 - Structure
- 2 - Polarité et cinétique
- 3 - Microtubules cytoplasmiques
- 4 - Les MAP
- 5 - Le transport des organites
- 6 - Cils et flagelles
  - a - généralité
  - b - l'axonème
  - c - motilité
- 7 - Corpuscule basal et centriole
- 8 - Cytosquelette et cycle cellulaire

## **III - LES FILAMENTS INTERMÉDIAIRES**

- 1 - Généralités
- 2 - Structure
- 3 - Types I, II, III, IV

## **JONCTIONS ET ADHERENCE**

---

### **I - LES JONCTIONS CELLULAIRES**

- 1 - Introduction
- 2 - Jonctions étanches
- 3 - Jonctions adhérentes
- 4 - Jonctions communicantes "gap junctions"

### **II - ADHERENCE INTERCELLULAIRE**

- 1 - Introduction
- 2 - Cadhérines et adhérence  $Ca^{++}$  -dépendante
- 3 - N-CAM et adhérence  $Ca^{++}$  -indépendante

## **LES ORGANITES SEMI-AUTONOMES**

---

### **I. MITOCHONDRIES**

- Introduction
- Morphologie
- Ultrastructure
- Mitochondries et synthèse d'ATP : la respiration cellulaire
- Transporteurs spécifiques de la membrane interne
- L'ADN mitochondrial
- Translocation des protéines du cytosol vers les mitochondries
- Mitochondries et apoptose
- Mitochondries : pathologie, criminalité et migrations humaines

### **II. CHLOROPLASTES et PHOTOSYNTHESE, PEROXYSOMES**

- Morphologie des plastes
- Ultrastructure des chloroplastes
- La photosynthèse
- I – Réaction photosynthétique de transfert d'électrons
- II- Réaction de fixation du carbone
- La semi-autonomie génétique des plastes
- Les peroxysomes

✓ [Les cours en ligne sur Moodle](#)



**L'origine de la vie  
et l'évolution  
du monde vivant.**

# Chapitre I .

## Origine des structures cellulaires

Depuis la nuit des temps, l'Homme s'interroge sur l'origine de la vie

*"Peut-on expliquer uniquement avec la physique et la chimie, ce qui se passe dans un organisme vivant ?*

*Erwin Schrödinger, Qu'est-ce que la vie ? 1944*

# Comment définir le vivant

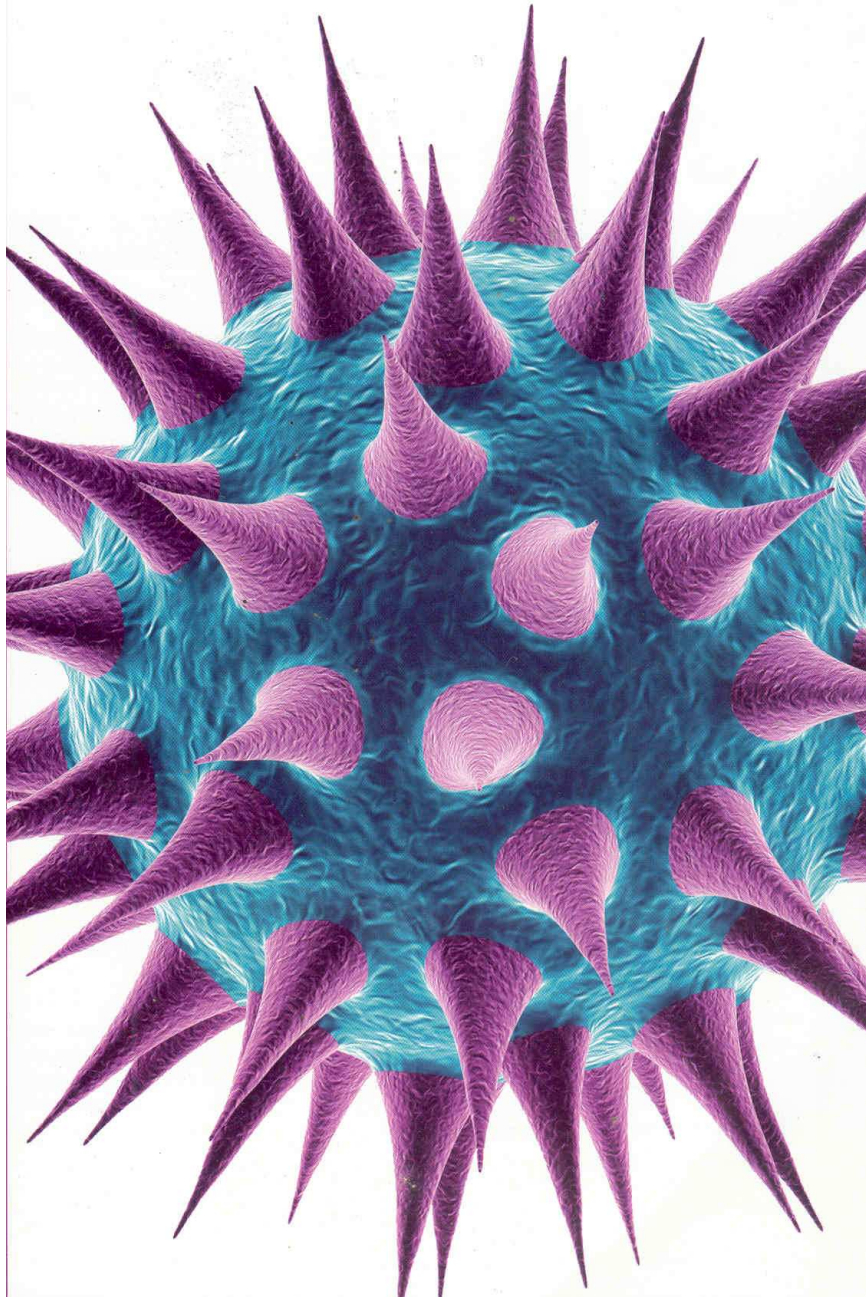
\*\*\*

- auto-conservation
- auto-régulation
- auto-organisation
- auto-reproduction

4 critères dépendant d'un métabolisme énergétique

*"La vie semble être un comportement ordonné de la matière"*

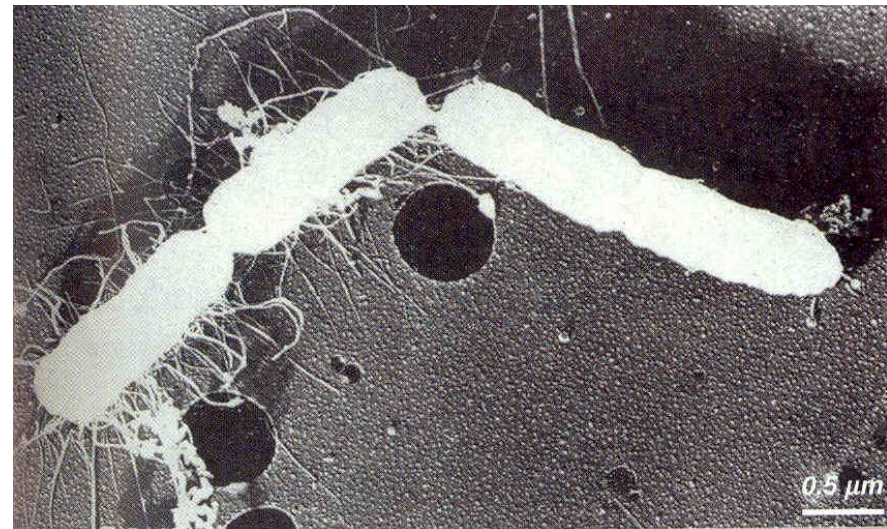
*Erwin Schrödinger, Qu'est-ce que la vie ? 1944*



**Un virus est-il vivant ?**

**La vie est apparue avec la formation des premières cellules,**

**les bactéries = procaryotes.**



## 1 - La génération spontanée



**Aristote (384-322 av. J.-C.)**



**René Descartes (1596-1650)**



**Isaac Newton (1642-1727)**



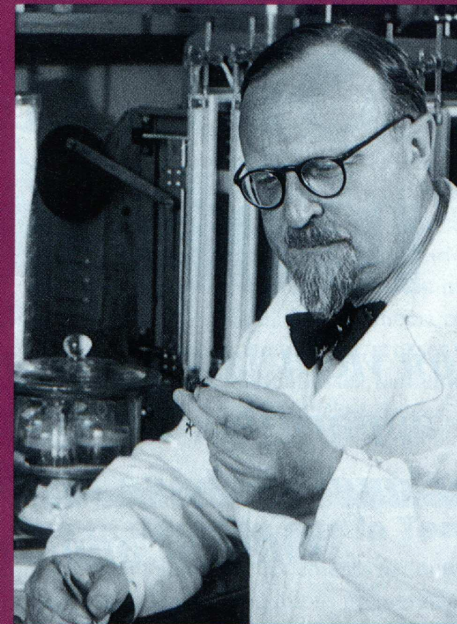
**Buffon (1707-1788)**

**Louis Pasteur (1822-1895)**

**La génération spontanée n'existe pas !**



## 2 - La soupe primitive



AGENCE NOVOSTI

### **LE THÉORICIEN INSPIRÉ**

Alexandre Oparin, chimiste et biologiste soviétique, a proposé en 1924 une théorie de l'origine de la vie à partir des composés chimiques de l'atmosphère terrestre primitive. La

**A. Oparine (1894-1980)**



## **Origine de l'Univers**

*(d'après François Jacob, La Souris , la Mouche et l'Homme, 1997*

---

La naissance de notre univers, il y a 15 milliards d'années, est considérée comme la conséquence de fluctuations d'énergie dans le vide initial.

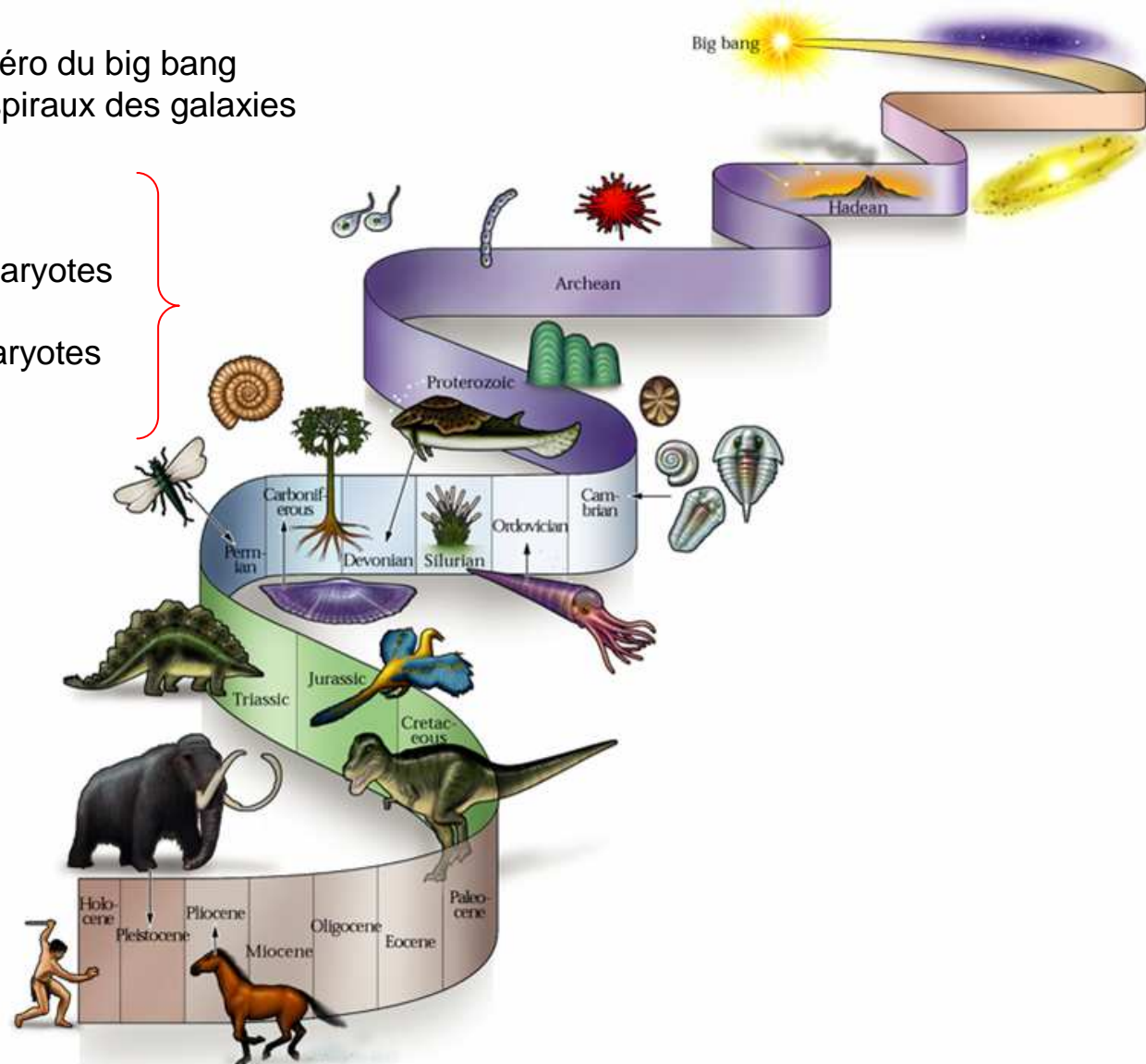
Ces fluctuations d'énergie auraient provoqué une explosion brutale (big bang), suivie de la création et de l'annihilation de particules élémentaires (électrons et quarks) et d'antiparticules, ainsi que de leur expansion, tout en se refroidissant.

Un léger excès d'électrons sur les anti-électrons (positrons) et de quarks sur les anti-quarks aurait été à l'origine de la formation de la matière constituant l'univers.

Les noyaux atomiques légers se seraient formés rapidement puis, après des millions d'années, les premiers atomes (hydrogène, hélium) formant le carburant des étoiles et bien plus tard, les éléments lourds (Fe, C etc..) et tous les éléments de bases de la matière que l'on trouve dans l'univers, dont le vivant.

# Où se situe l'apparition de la vie ?

- 15 milliards d'années : L'instant zéro du big bang
- 12 milliards d'années : Les bras spiraux des galaxies
- 4,6 Ga : Formation de la terre
- **3,6 Ga** : Premières traces de vie  
: Origine des cellules procaryotes
- 2,6 Ga : apparition de l'O<sub>2</sub> libre
- 1,6 Ga : Origine des cellules eucaryotes
- 0,6 Ga : Origine des métazoaires



## **Formation de molécules simples ...**

Les planètes comme la Terre résultent de la condensation d'une centaine d'éléments simples :

(C - H - O - N - Fe - S - P - Na - Ca - K - Cl etc..)

## Pendant le 1er milliard d'années de - 4,6 à - 3,6 Ga



*Les conditions qui régnaient sur terre à cette époque étaient très difficiles avec des éruptions volcaniques, des pluies torrentielles, des éclairs et surtout, pas d'oxygène libre et pas de couche d'ozone dans l'atmosphère pour absorber le rayonnement ultraviolet.*



**Alexandre Oparine**

## **Théorie de la soupe primitive (1924)**

---

*La vie serait apparue à partir des gaz présents dans l'atmosphère primitive et de l'eau liquide des océans primitifs.*

*Le méthane (CH<sub>4</sub>), l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) et la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) proviennent de l'atmosphère solaire, tandis que le dégazage de la terre qui se refroidit produit le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et l'hydrogène sulfureux (H<sub>2</sub>S)*

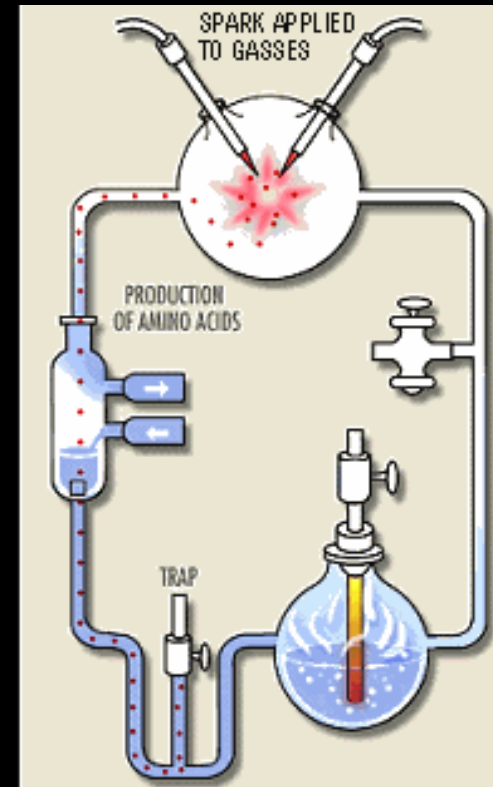
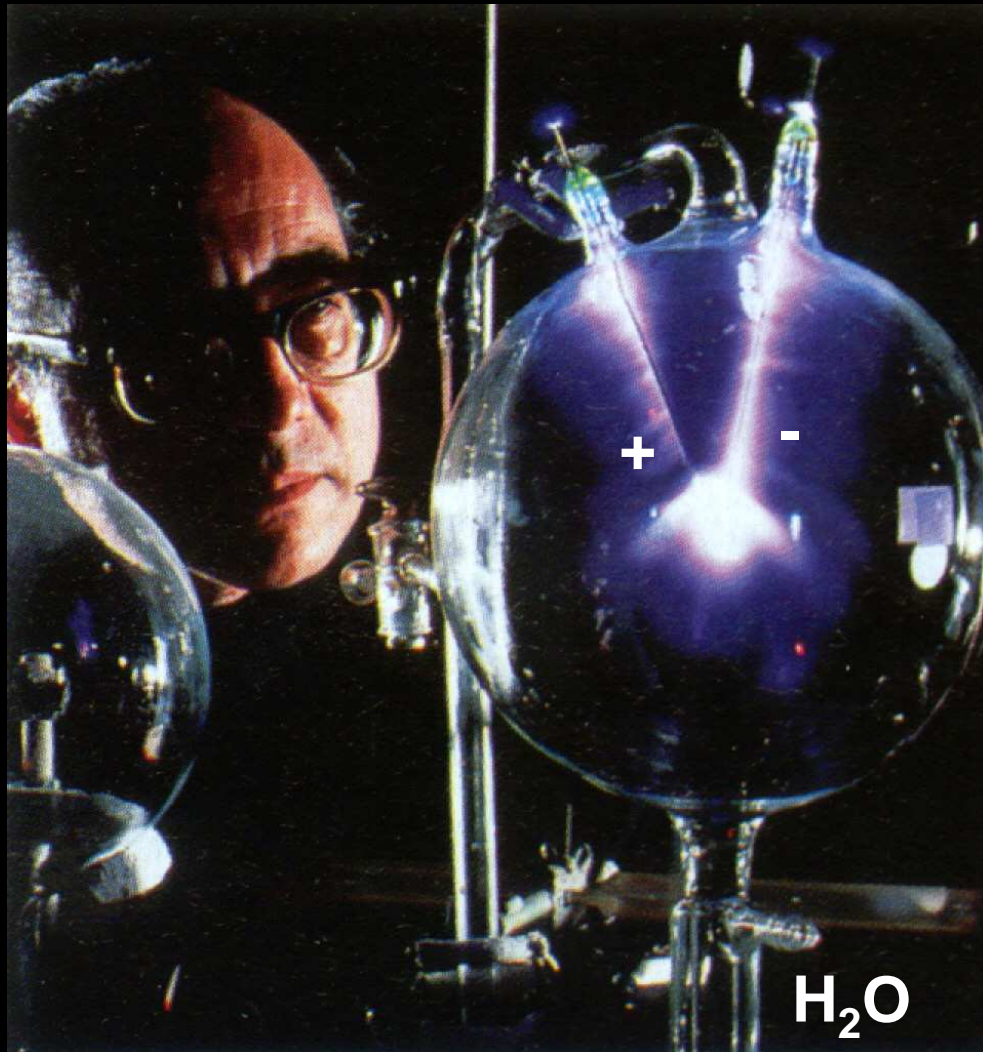
*Dans une telle atmosphère, les rayons UV et les décharges électriques des éclairs libèrent des radicaux très réactifs qui se combinent pour former des molécules simples composées de C-H-O-N, ce sont les molécules organiques qui sont entraînées par l'eau et forment la soupe primitive des océans.*

# Stanley Miller (1953)

---

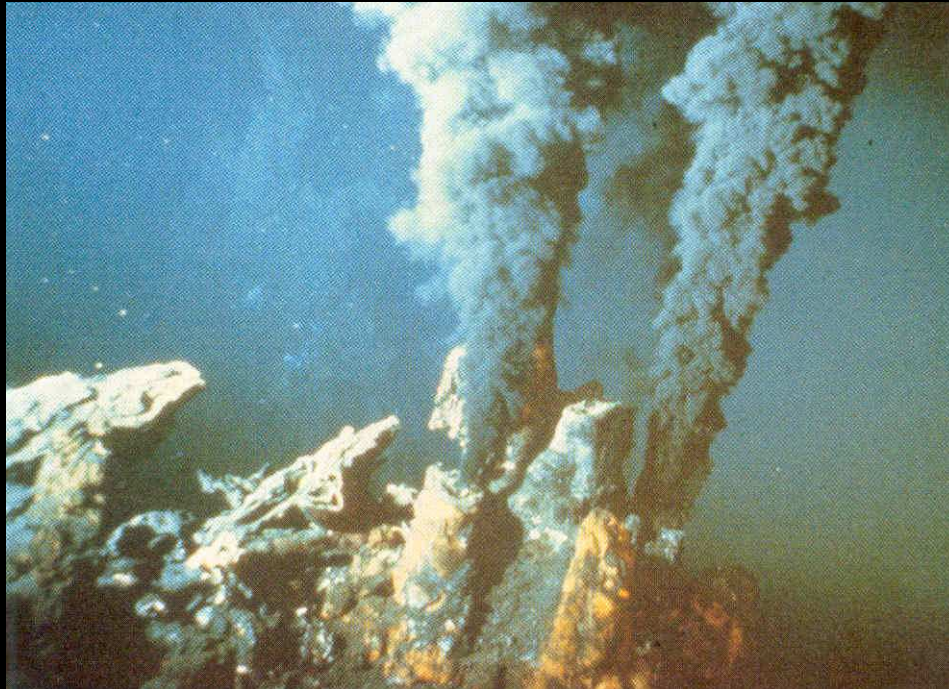
*Il a fallu attendre le milieu des années 50 pour qu'un jeune doctorant à Chicago, Stanley Miller, se lance dans une aventure des plus périlleuses...*

*tenter de reconstituer en laboratoire, les conditions de l'atmosphère initiale et la formation de la soupe primitive, postulées par Oparine 30 ans plus tôt.*

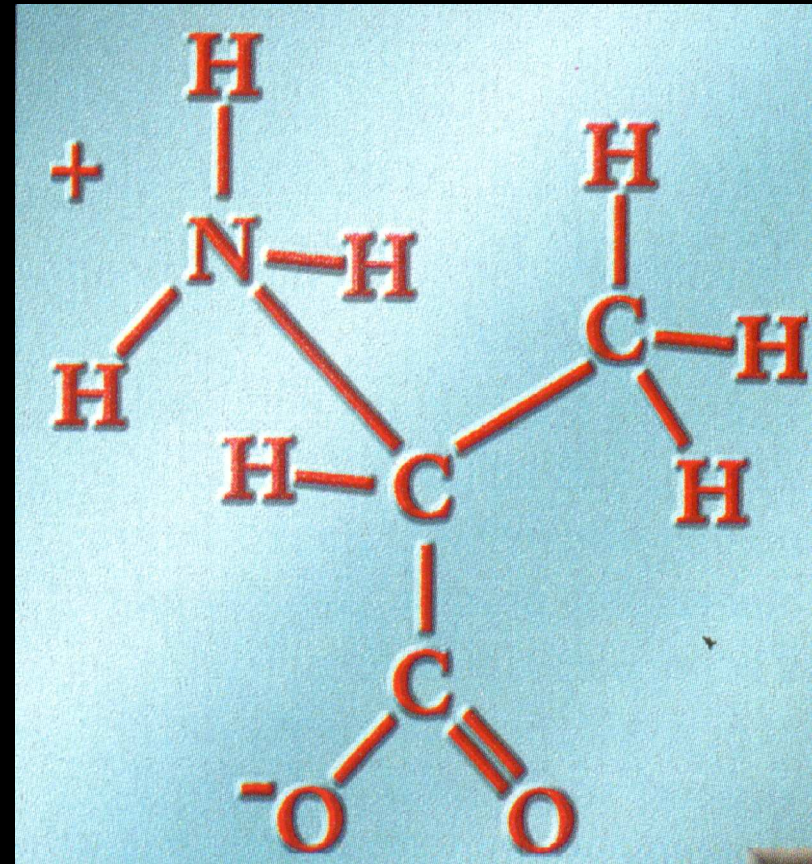


# Formation de molécules simples ... des acides aminés

---

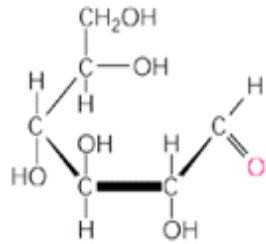


Les sources hydrothermales (fumeurs) à 2000 m de profondeur sur la dorsale du Pacifique qui crachent des eaux sous pression à plus de 300°C, chargées de molécules carbonées, constituent un environnement propice à l'apparition de la vie.

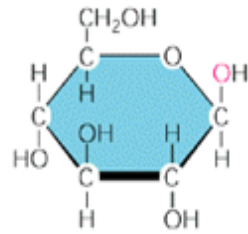


**Alanine**

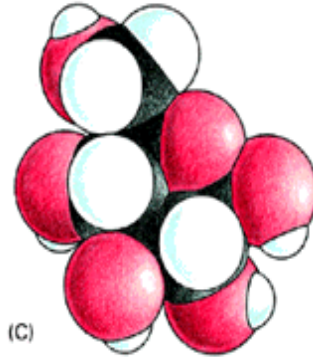
## Des sucres



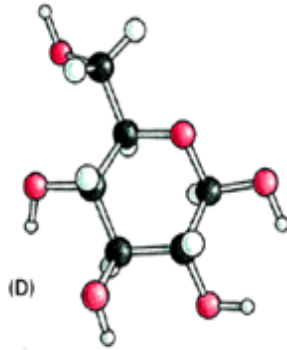
(A)



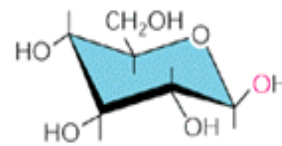
(B)



(C)



(D)

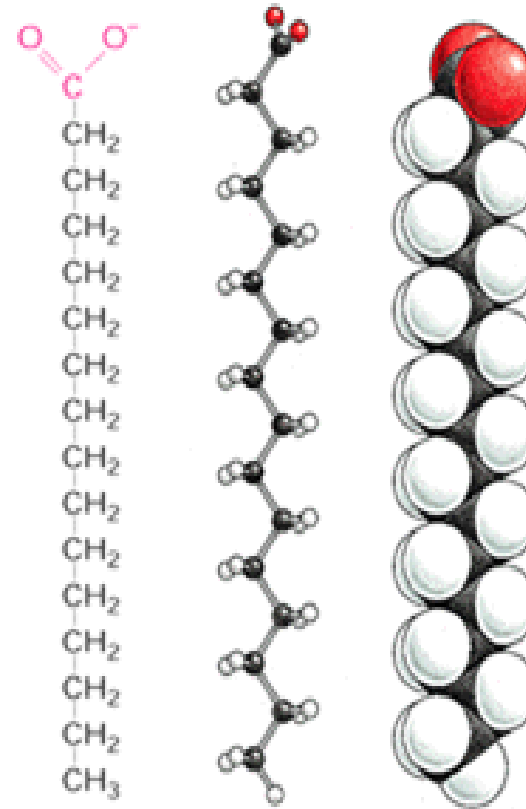


(E)

## Glucose

(molécule organique à 6 carbones)

## Des acides gras

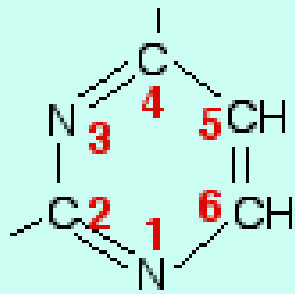


## Acide palmitique

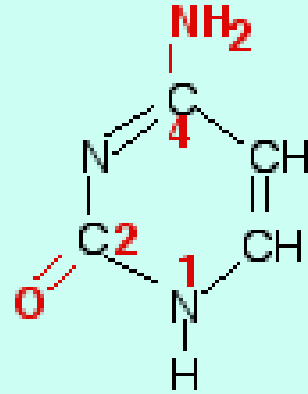
(molécule organique à 16 carbones)



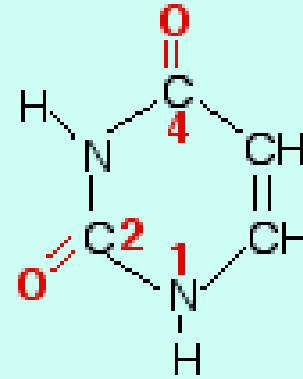
# Les bases azotées ....des acides nucléiques (ADN et ARN)



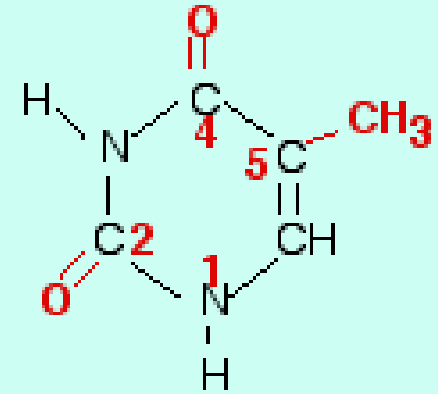
noyau pyrimidique



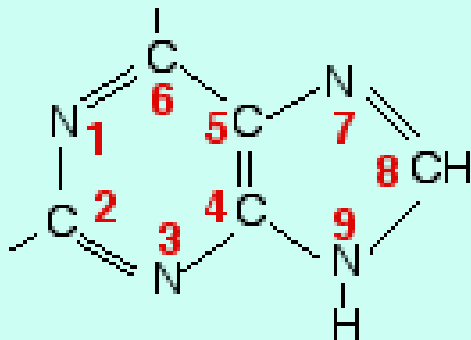
Cytosine



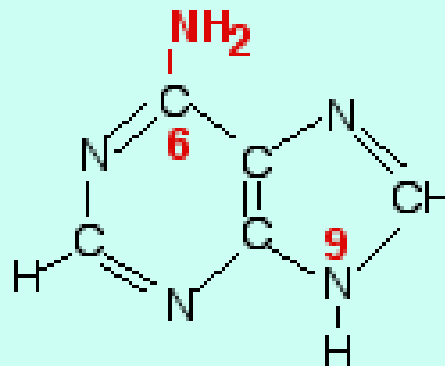
Uracile



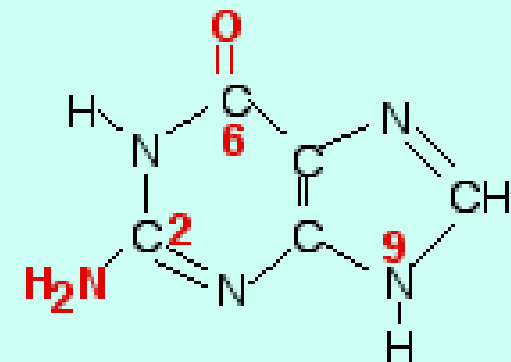
Thymine =  
uracile méthylée



noyau purique  
(pyrimidine + imidazole)

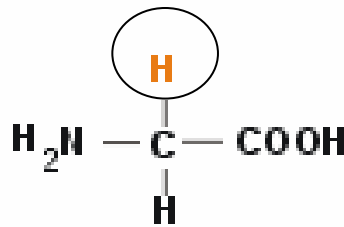


Adénine

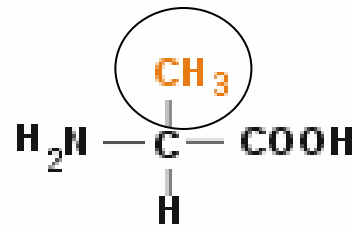


Guanine

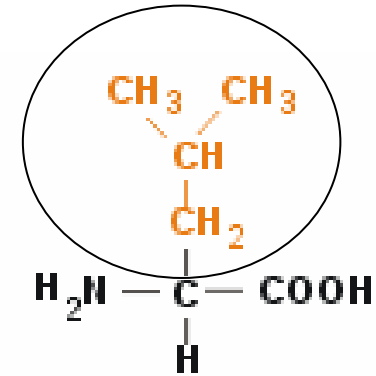
# Les acides aminés



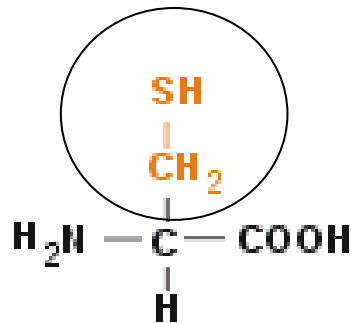
Glycine (Gly)



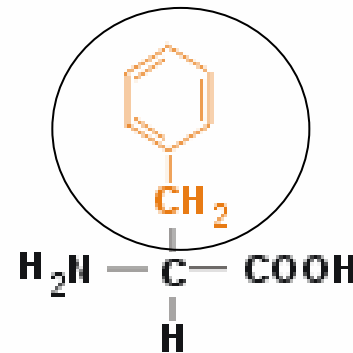
Alanine (Ala)



Leucine (Leu)



Cystéine (Cys)



Phénylalanine (Phé)

Les acides aminés sont des molécules organiques simples, caractérisées par un squelette carboné avec un radical variable et deux fonctions :

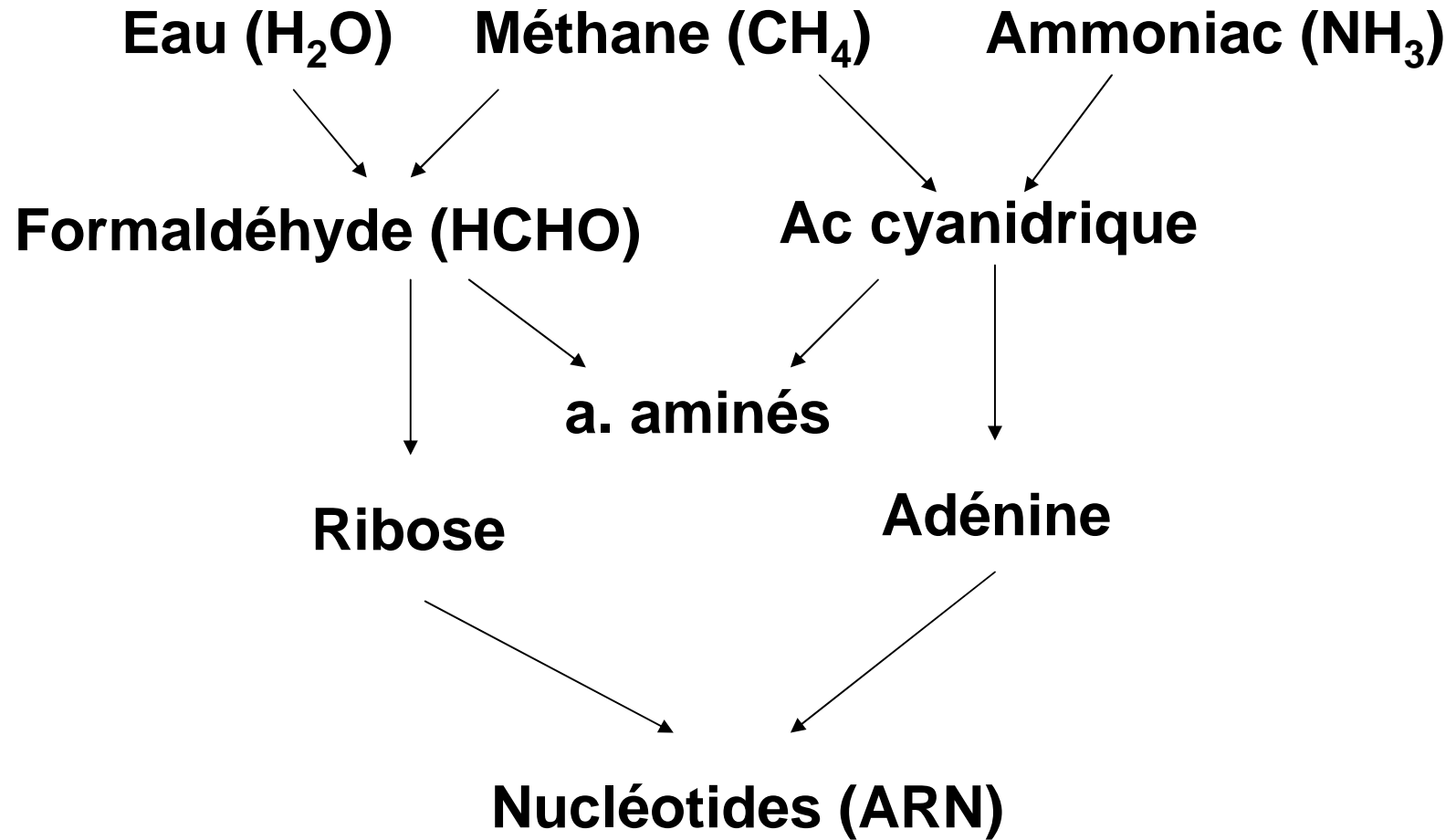
- ☐ une fonction amine (**NH<sub>2</sub>**)
- ☐ une fonction acide carboxylique (**COOH**).

Les acides aminés sont les unités structurales de base des protéines.



# Exemple de Chimie Pré-biotique

---

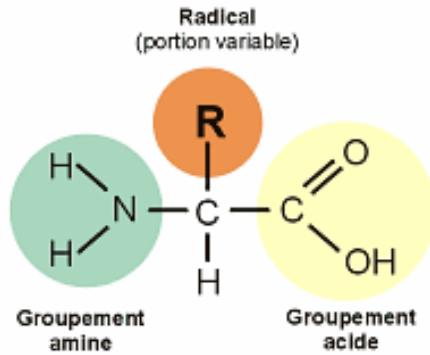


**Formation de molécules complexes ...**

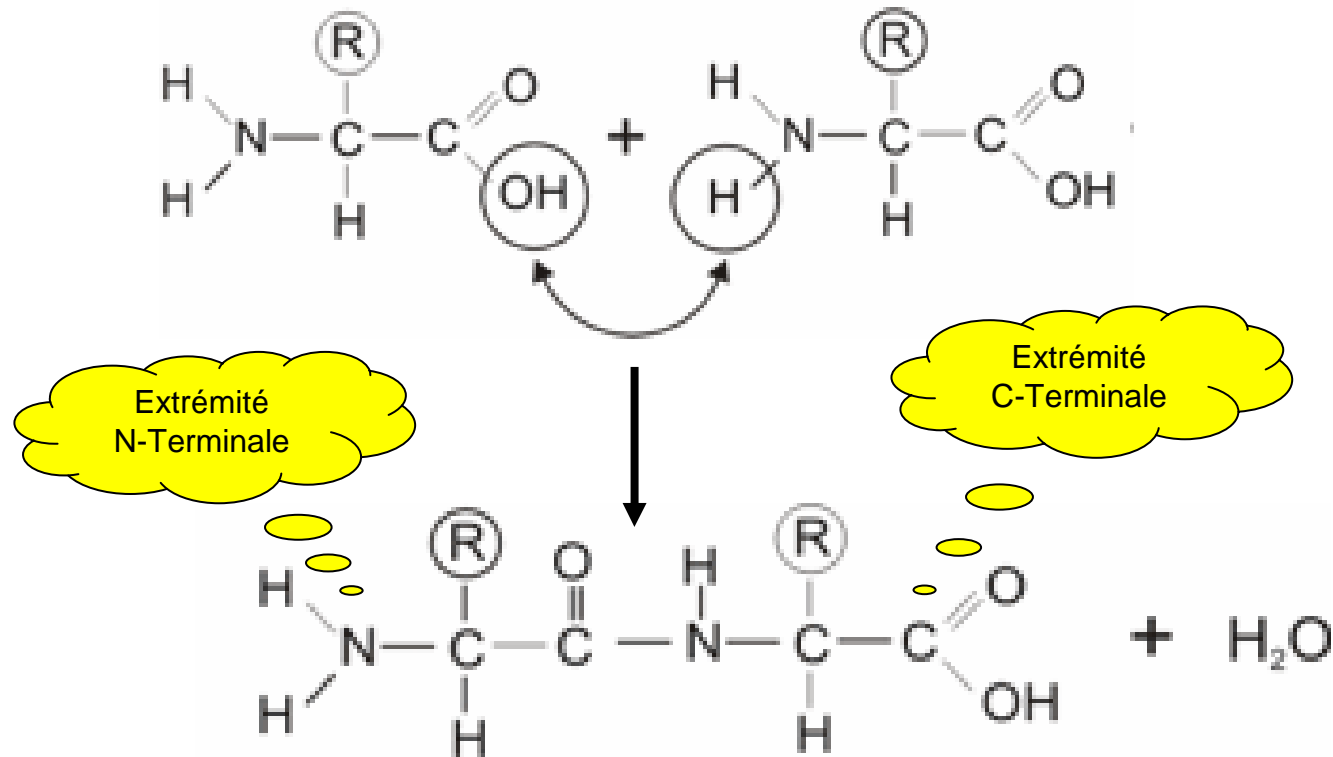
---

*Les acides aminés s'assemblent en polymères pour donner des protéines*

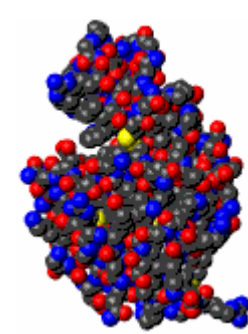
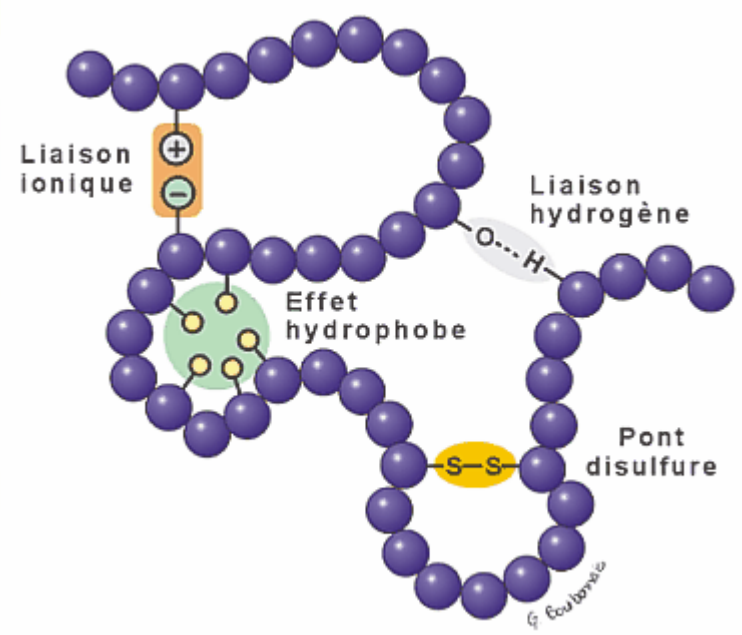
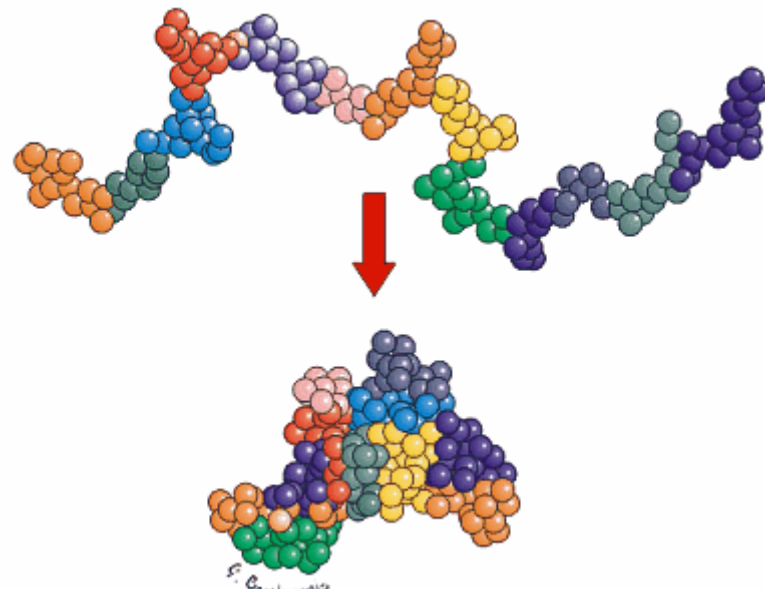
# La liaison peptidique entre 2 acides aminés



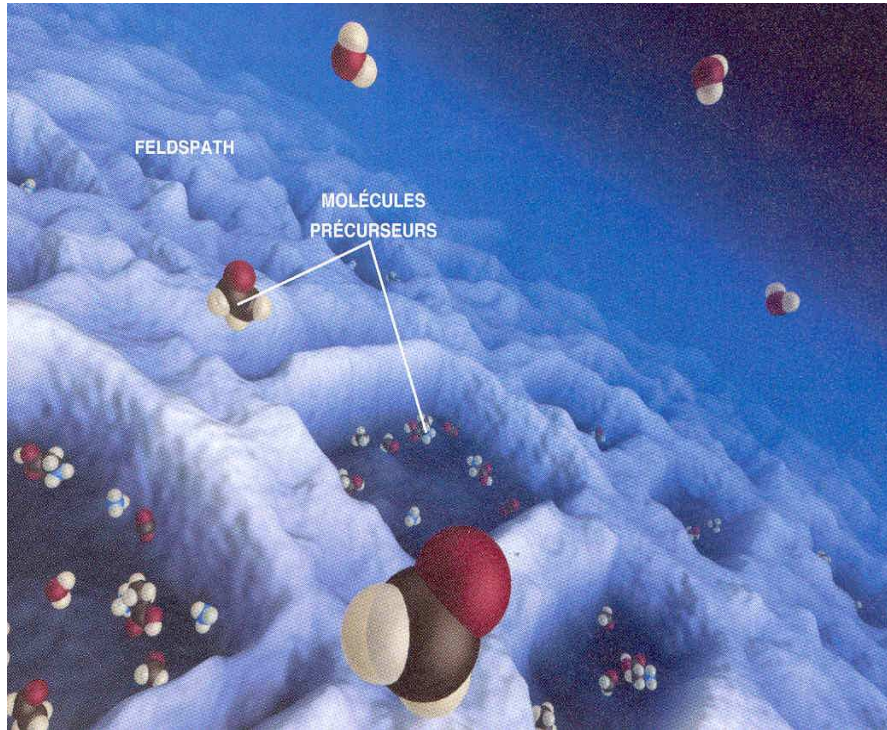
Une liaison peptidique est une **liaison covalente** formée entre le **groupe amine** (-NH<sub>2</sub>) d'un acide aminé et le groupe **carboxylique** (-COOH) d'un autre acide aminé. Elle est formée par élimination d'une molécule d'eau (H<sub>2</sub>O).



# Les Protéines



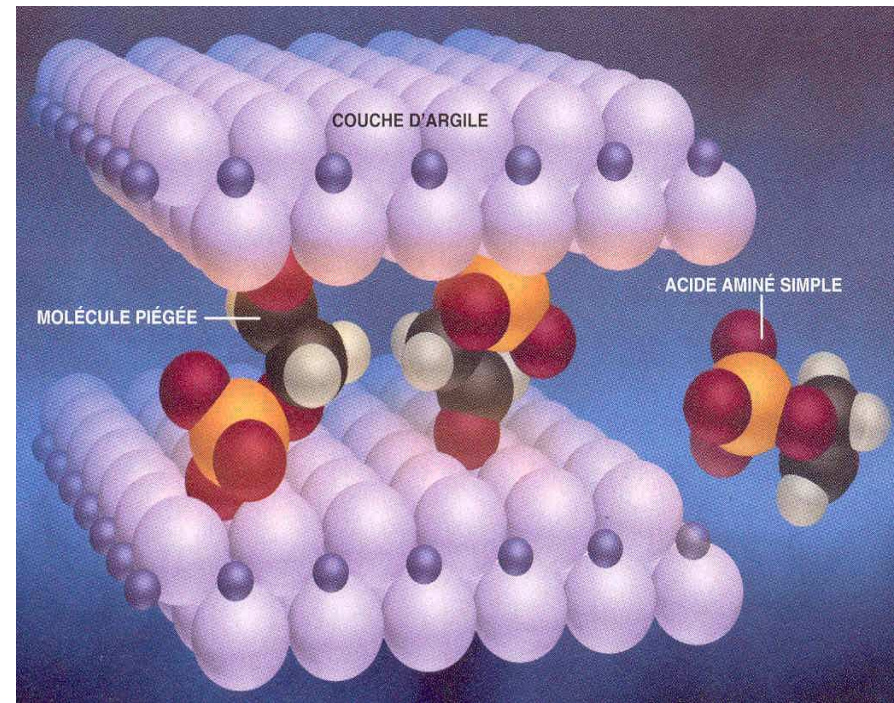
Séquence des acides aminés et repliement pour former la protéine



*La formation des molécules complexes comme les protéines n'est pas spontanée et demande la participation de catalyseurs pour assembler les acides aminés en polymères ...*

**Quels sont les catalyseurs ?**

**Les minéraux ont probablement servi d'abris pour catalyser la formation des molécules complexes**

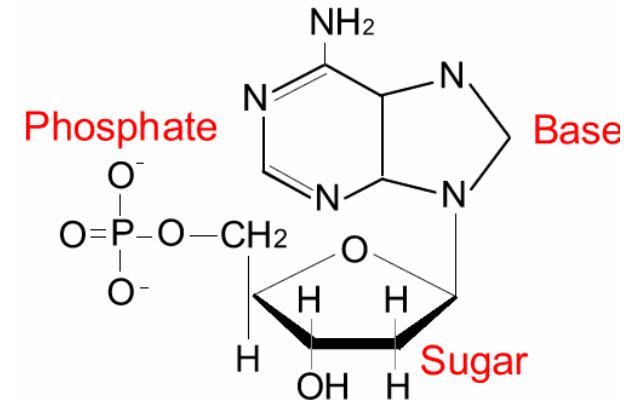




# Les nucléotides s'assemblent en polymères pour donner les acides nucléiques (ARN, ADN)

---

*Un nucléotide est composé d'une base azotée, d'un sucre (le ribose ou le desoxyribose) et de un ou plusieurs groupements phosphates*



## **Ribonucléotides :**

monophosphates : (AMP • TMP • UMP • GMP • CMP)  
diphosphates (ADP • TDP • UDP • GDP • CDP)  
triphosphates (ATP • TTP • UTP • GTP • CTP)  
cycliques (cAMP • cGMP)

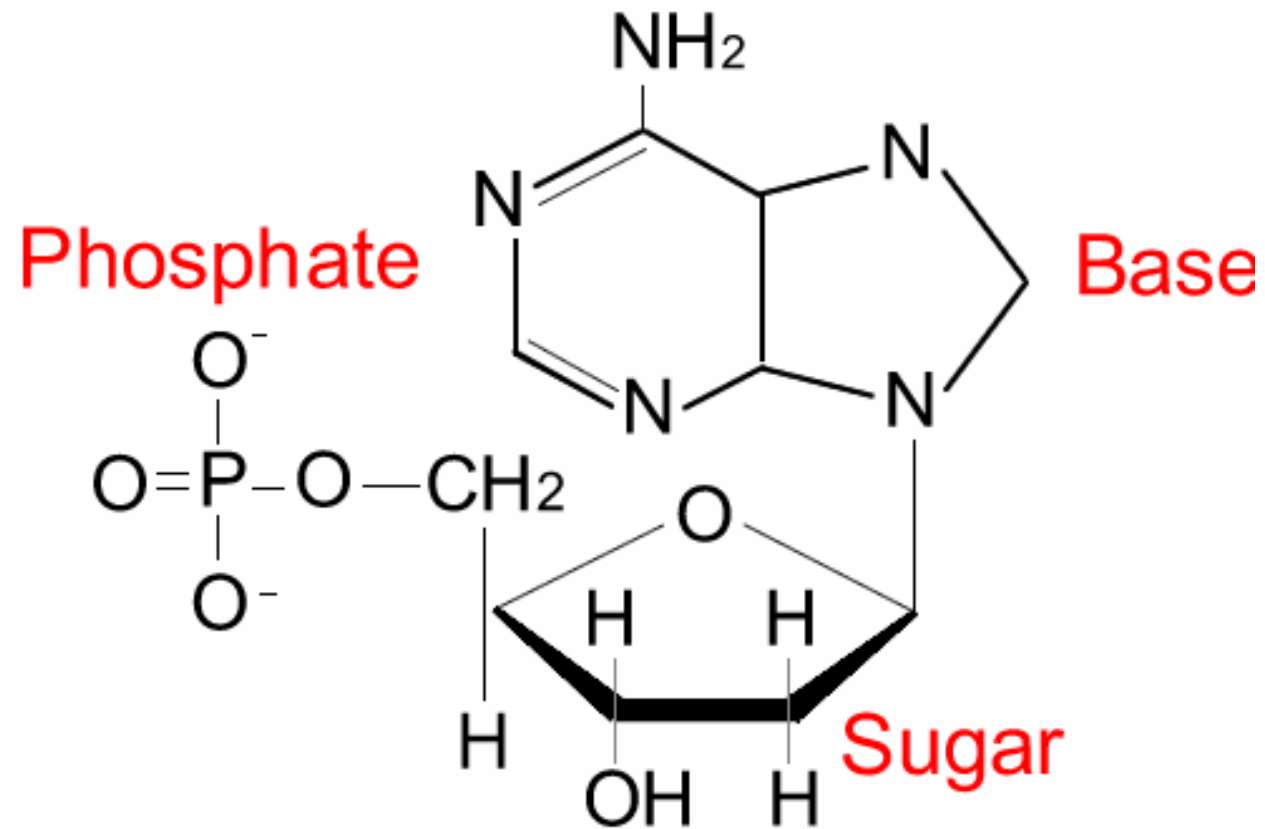
## **Désoxyribonucléotides :**

monophosphates (dAMP • dTMP • dUMP • dGMP • dCMP)  
diphosphates (dADP • dTDP • dUDP • dGDP • dCDP)  
triphosphates (dATP • dTTP • dUTP • dGTP • dCTP)

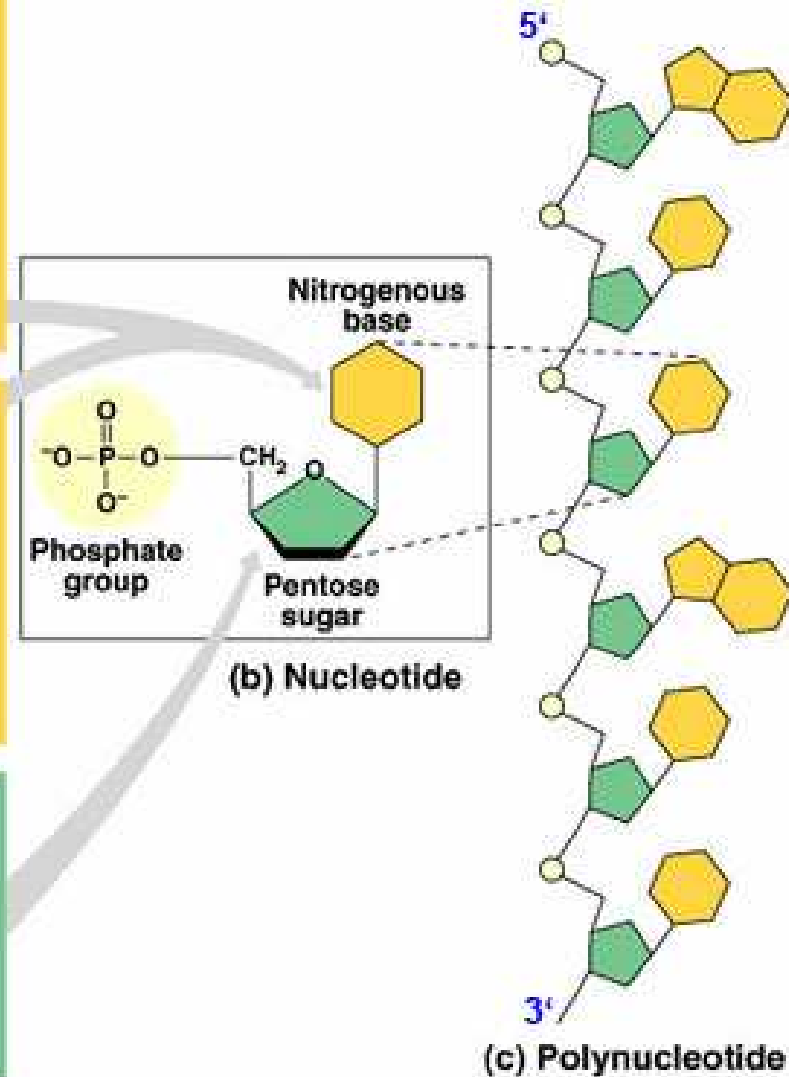
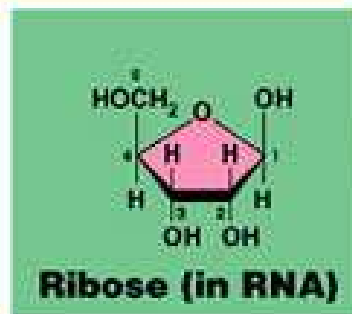
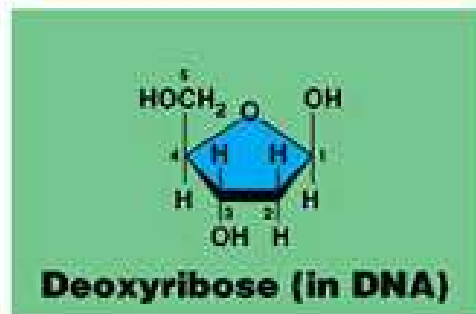
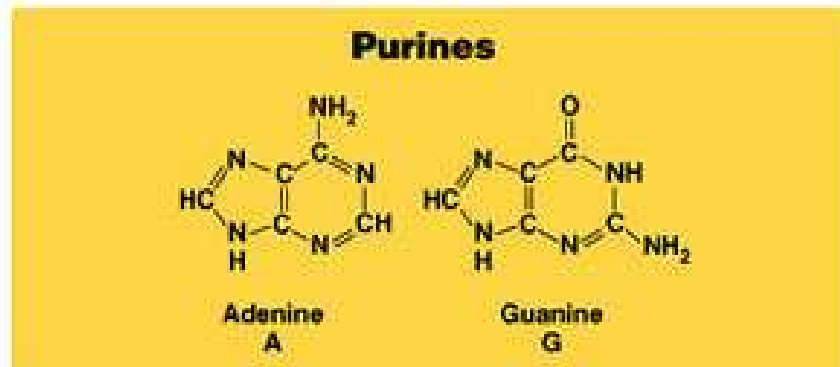
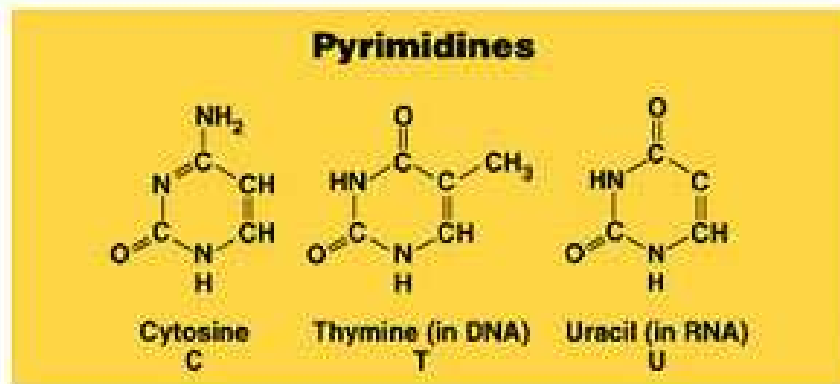
## **Acides nucléiques :**

ADN • ADNn - ADNmt • ADN chloroplastique • ADNc  
ARN • ARNm • ARN non codant • miARN • ARNr • ARNt • shARN • siARN • ARNpn •  
snARN • ARNtm

# Structure d'un nucléotide

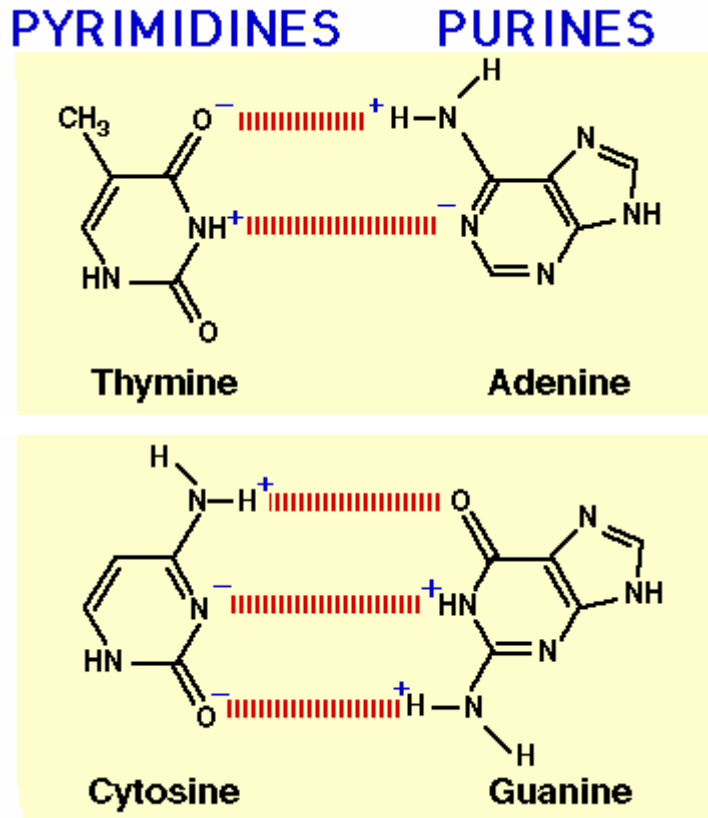


# Les 5 bases azotées (A , T, G, C et U )



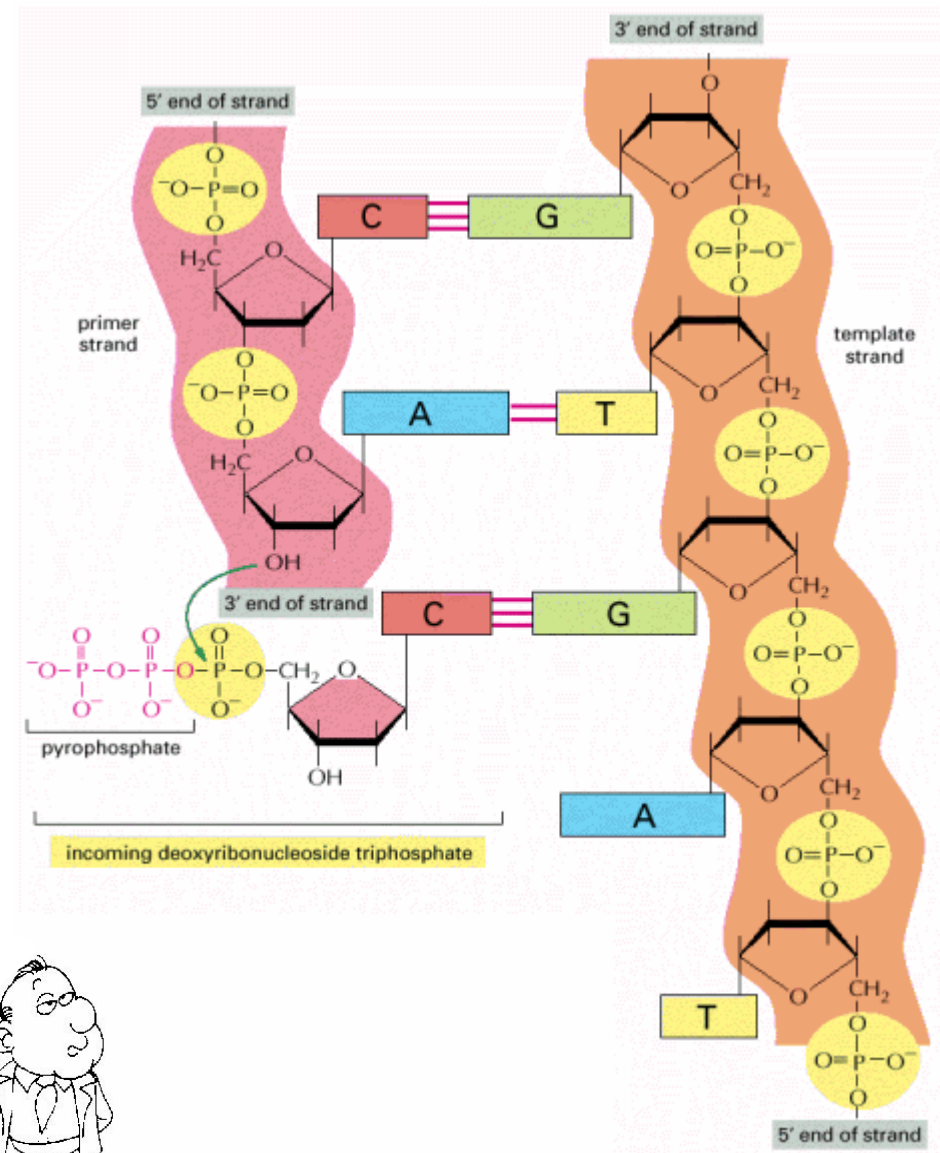
## Complémentarité des bases

## Polymérisation des nucléotides

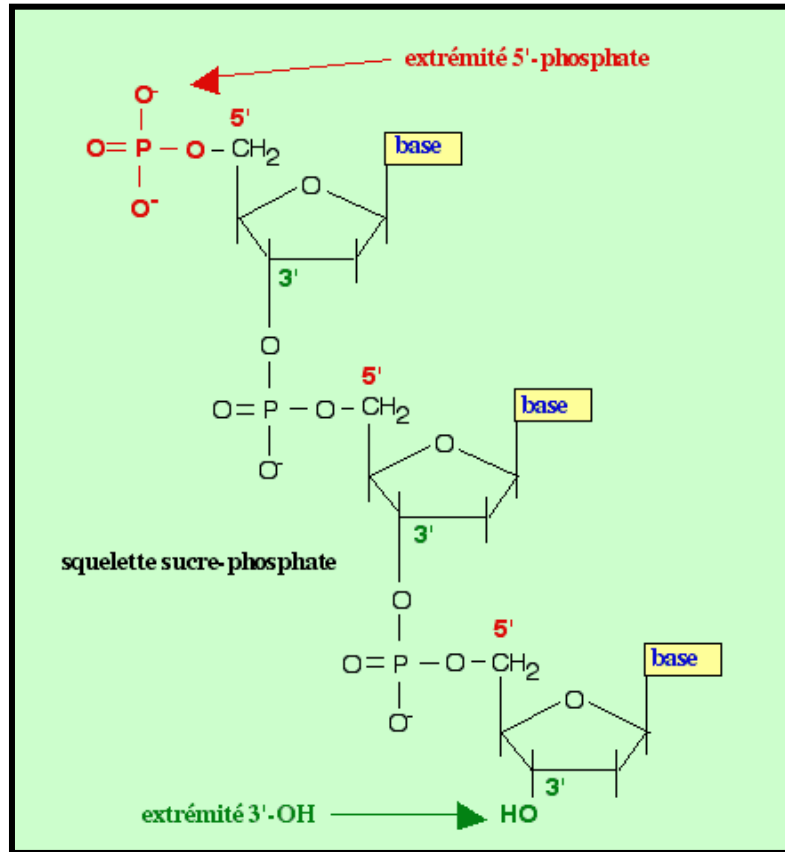


Les atomes électronégatifs (O-, N-) attirent les atomes d'hydrogène (H+) ce qui forme des liaisons hydrogènes.

- 2 liaisons hydrogène entre A et T (ou U)
- 3 liaisons hydrogène sen C et G

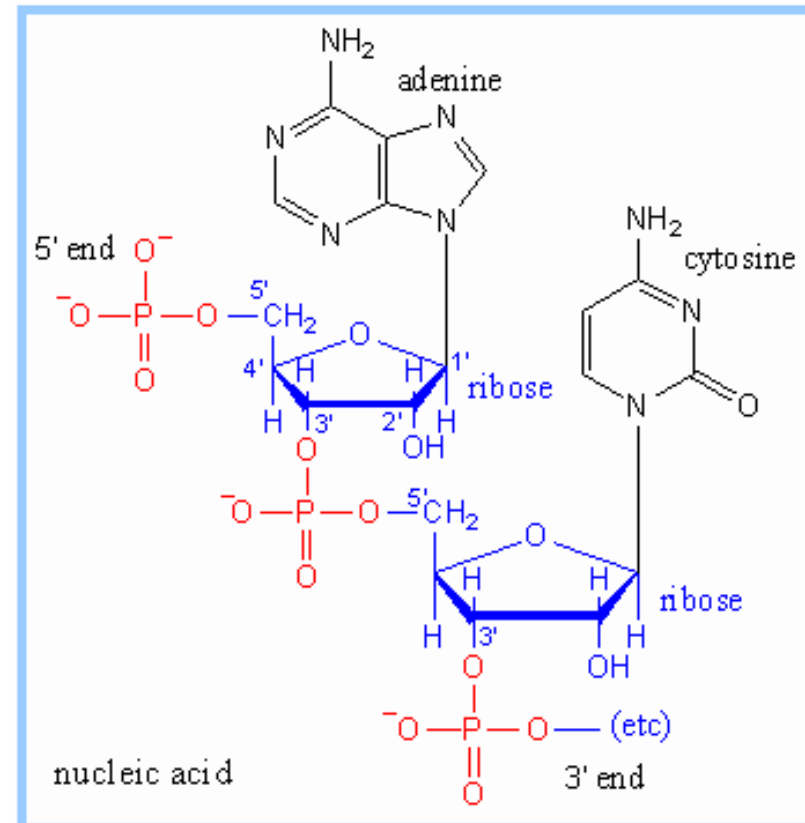


# Une liaison phosphodiester s'établit entre 2 nucléotides successifs

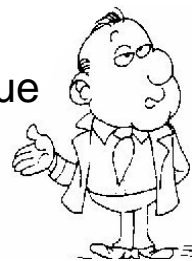


Un pont phosphodiester se forme entre

- le carbone 3'-OH du 1<sup>er</sup> nucléotide et
- le carbone 5'-OH du suivant.

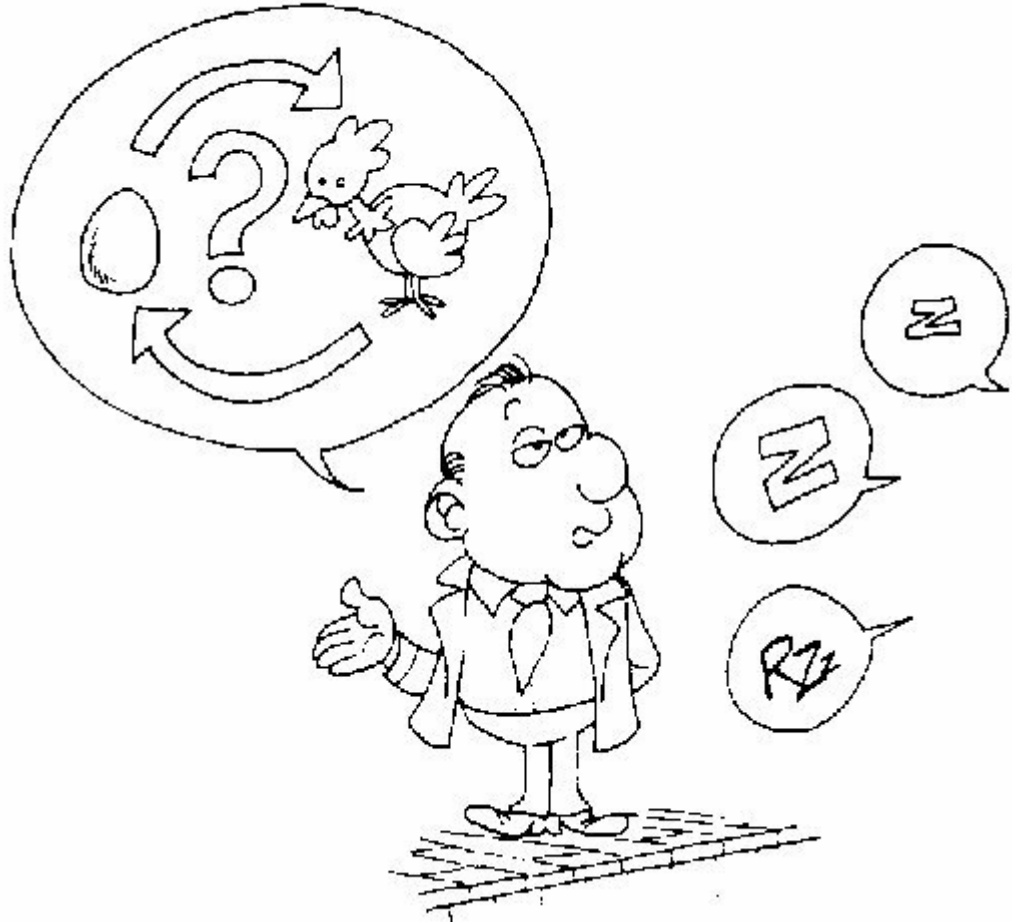


Les atomes de carbone de l'ose sont numérotés de 1' à 5' et l'acide nucléique est orienté dans le sens 5' – 3'





Quel est le premier, l'œuf ou la poule ?



L'ADN, l'ARN ou la protéine ?

# L'ARN

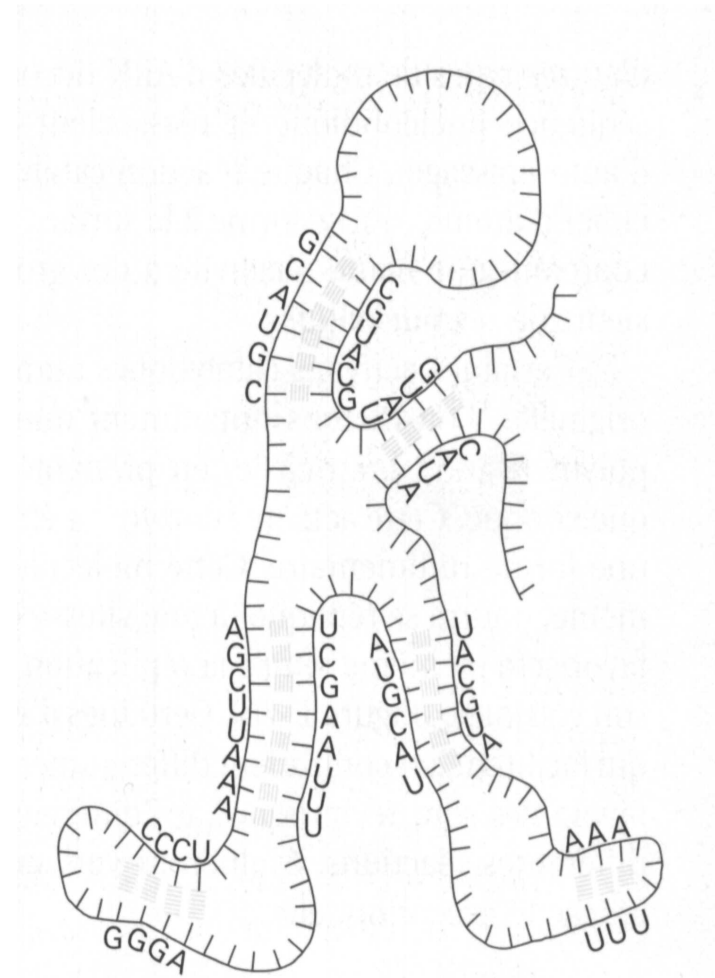
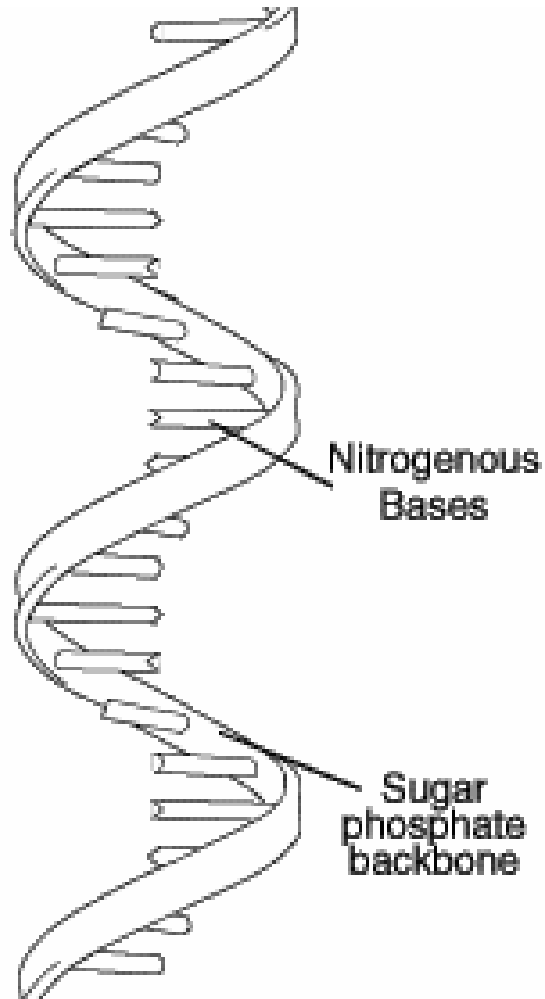
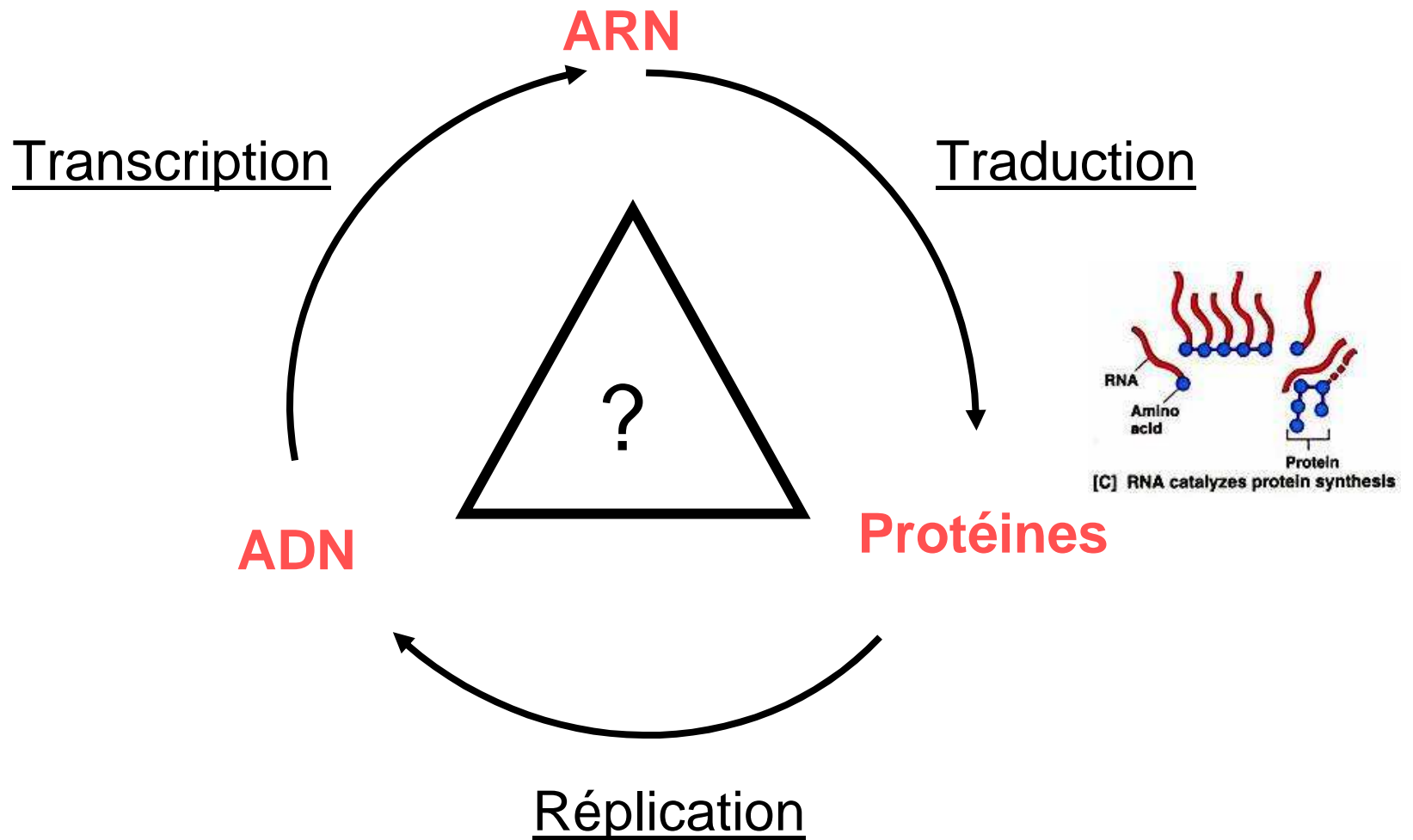


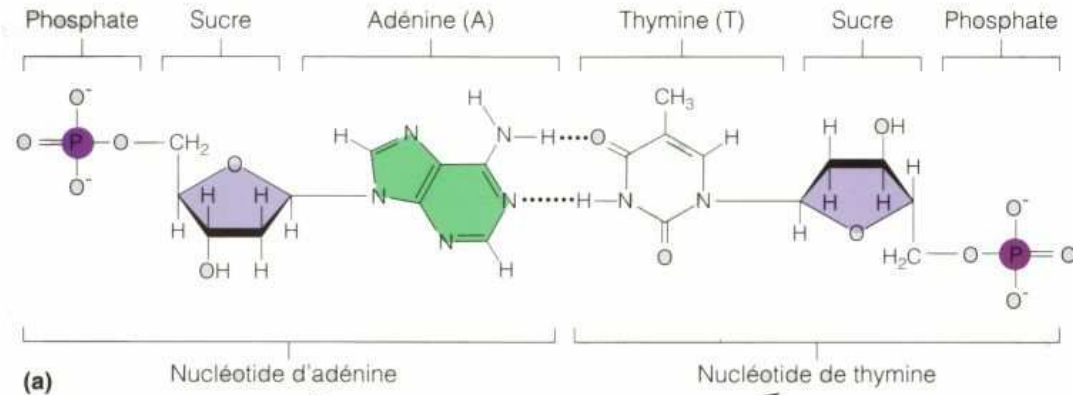
Figure 1-6 Conformation d'une molécule d'ARN. L'appariement de nucléotides entre différentes régions de la même chaîne polynucléotidique (ARN) conduit la molécule à adopter une conformation différente.

# "RNA World" : un monde à ARN



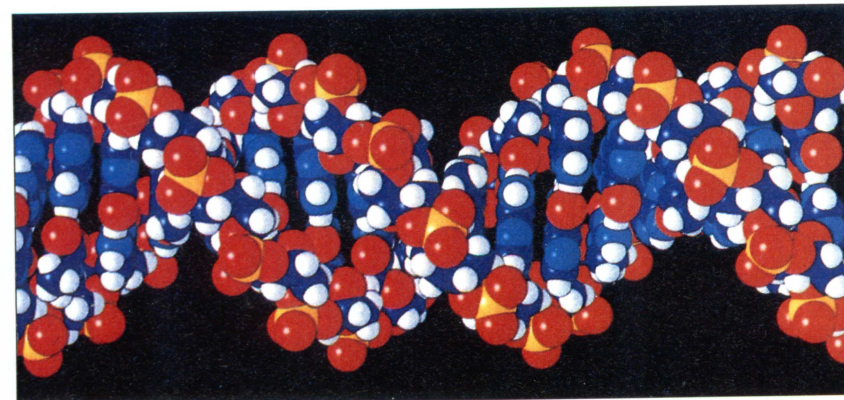
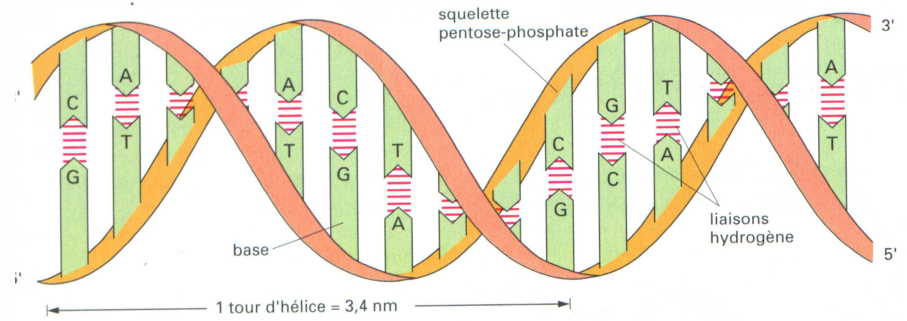
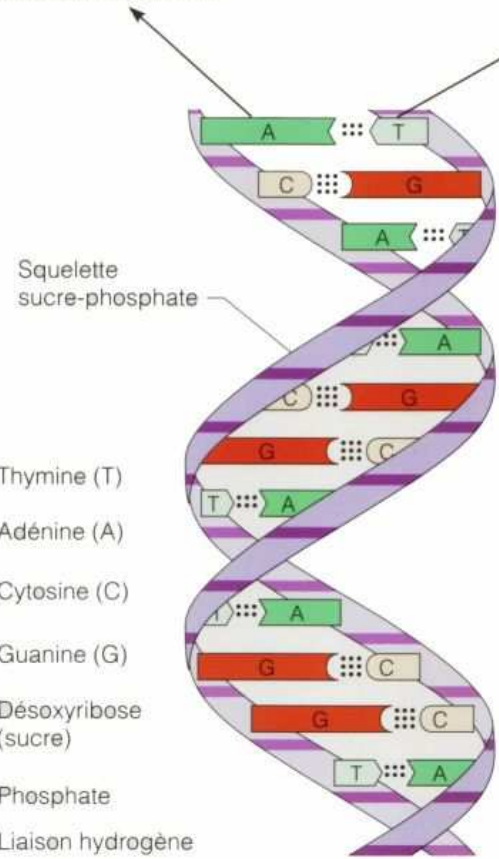


# L'ADN



**Légende :**

- Thymine (T)
- Adénine (A)
- Cytosine (C)
- Guanine (G)
- Désoxyribose (sucre)
- Phosphate
- Liaison hydrogène



grand sillon

petit sillon

# LE CODE GENETIQUE

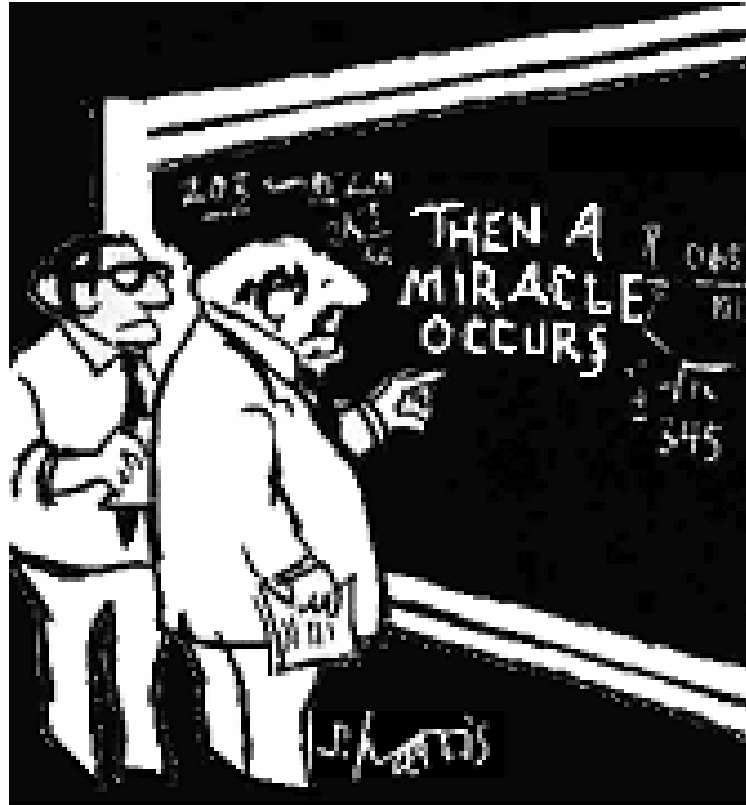
1st position (5' end) ↓	2nd position				3rd position (3' end) ↓
	U	C	A	G	
U	Phe Phe Leu Leu	Ser Ser Ser Ser	Tyr Tyr STOP STOP	Cys Cys STOP Trp	U C A G
C	Leu Leu Leu Leu	Pro Pro Pro Pro	His His Gln Gln	Arg Arg Arg Arg	U C A G
A	Ile Ile Ile Met	Thr Thr Thr Thr	Asn Asn Lys Lys	Ser Ser Arg Arg	U C A G
G	Val Val Val Val	Ala Ala Ala Ala	Asp Asp Glu Glu	Gly Gly Gly Gly	U C A G

## Quatre hypothèses existent actuellement sur l'origine de la vie

(adapté de François Jacob, *La Souris , la Mouche et l'Homme*, 1997)

---

- ❖ Les uns considèrent l'apparition spontanée d'une combinaison chimique vivante sur terre tellement improbable qu'elle serait venue de l'espace (panspermie). Cela déplace le problème mais ne le résout pas. Ils pensent donc qu'il y a d'autres vies ailleurs dans l'univers.
- ❖ D'autres considèrent que l'apparition spontanée d'une combinaison chimique vivante est tellement improbable qu'elle n'a pu se produire qu'une seule fois, en un seul endroit sur terre ce qui explique la grande homogénéité du monde vivant. Il n'y en aurait donc pas d'autres non plus ailleurs dans l'univers.
- ❖ Les derniers, enfin, considèrent que toutes les étapes chimiques qui mettent en place l'ARN, puis l'ADN puis les protéines sont assez ordinaires et si on leur laisse le temps elles n'ont pas manqué de se produire assez souvent à différents endroits et différents moments sur la planète. Par contre, il n'y aurait qu'une seule combinaison réellement viable ce qui explique l'unicité du vivant.
- ❖ Il y a évidemment aussi, selon les créationistes, l'hypothèse d'un " créateur" derrière tout ça, le "grand horloger de l'univers" seul capable de trouver cette combinaison exceptionnellement complexe du vivant.



*Les molécules complexes (polypeptides et polynucléotides) qui ont été sélectionnées au cours du temps, sont celles qui étaient à la fois douées de propriétés auto-répliquatives, pour elle-même, mais capables aussi de participer à la réplication des autres molécules, constituant ainsi de véritables  **systèmes auto-répliatifs**, par **coopération moléculaire**.*

*Pour que de tels mélanges auto-répliatifs puissent fonctionner, coopérer, il a fallu que ces molécules puissent rester, les unes à proximité des autres.  
L'apparition de cloisons – de **membranes semi-preméables** - enfermant ces mélanges auto-répliatifs, a permis l'émergence de la vie sous forme de **proto-cellules**.*