

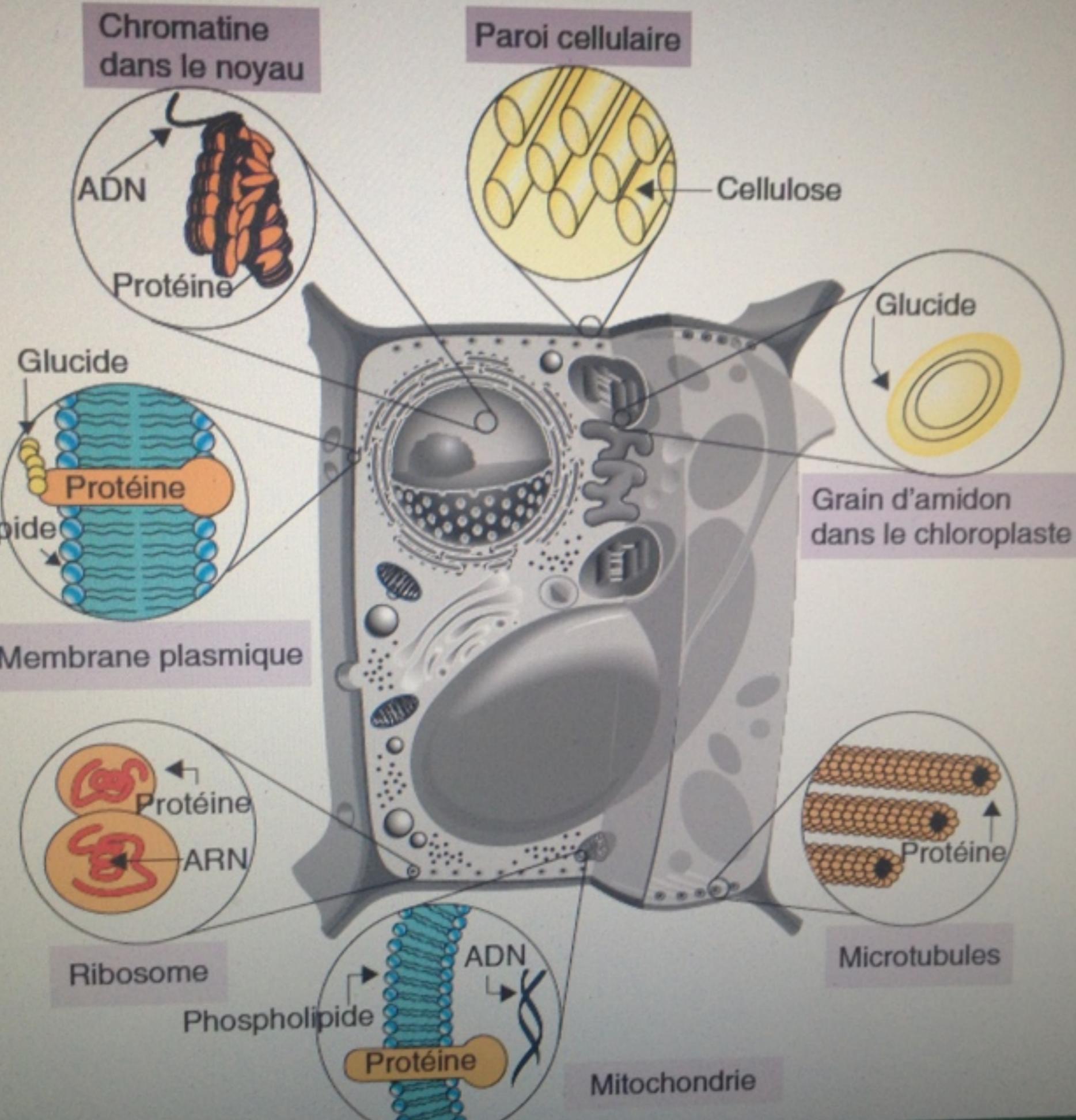
Chimie de la cellule

Macromolécules de la cellule

M^{me} Boutaina BELQAT

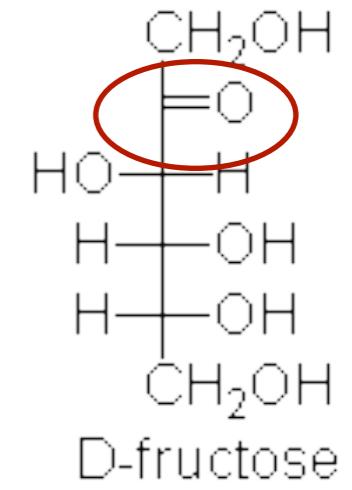
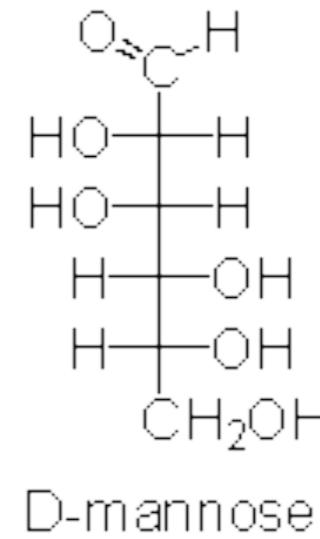
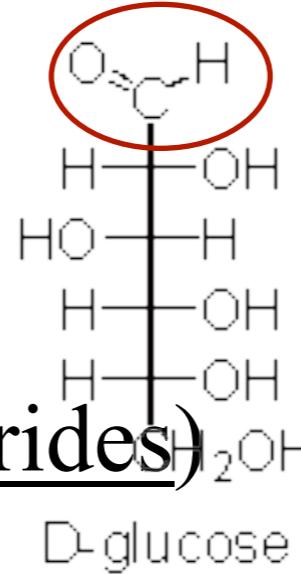
INTRODUCTION

- * Analyse chimique d'un broyat de tissu (animal/végétal):
 - * Fraction organique des cellules vivantes est composée de 4 grandes classes de molécules biologiques:
 - * **Protéines**
 - * **Lipides**
 - * **Glucides**
 - * **Acides nucléiques (ADN/ARN).**
 - * **Eau**
 - * **Ions minéraux.**



Glucides

- * Sucres simples (monosaccharides)



- * Polymères (polysaccharides).

- * Rôles principaux:

- * Energétique
- * Structural
- * Métabolique...
 - * Anabolisme des glucides lors du cycle de Calvin (Cellules végétales)
 - * Catabolisme des glucides lors de la glycolyse et du cycle de Krebs

Glucides

Carbohydrates - Monosaccharides, disaccharides



Carbohydrates:

- Polymères de sucres
- Molécules contenant C, H, O
- Atomes H, le double de C ou O ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)

Monosaccharides

- Les plus simples carbohydrates

- = sucres :

C = 3 = trioses,

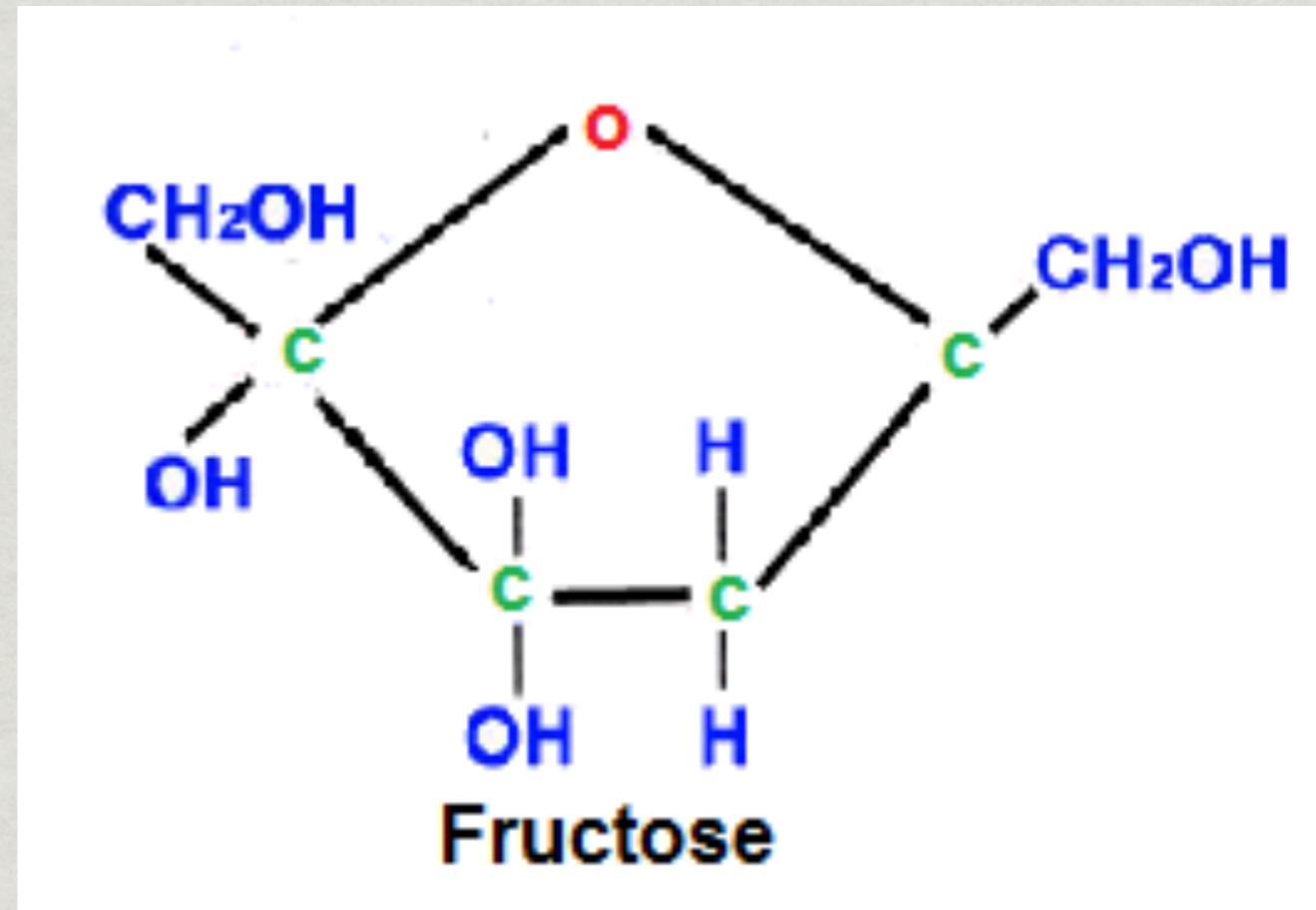
C = 4 = tétroses,

C = 5 = pentoses,

C = 6 = hexoses

- Exemples d'héxose : glucose, fructose, galactose (C₆H₁₂O₆)

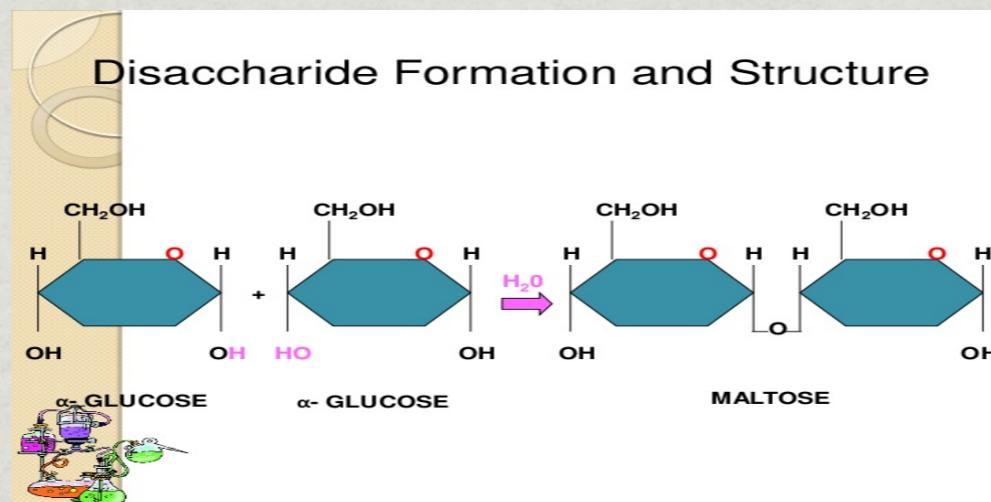
- Molécules souvent en forme d'anneau formé d'atomes de C et O.



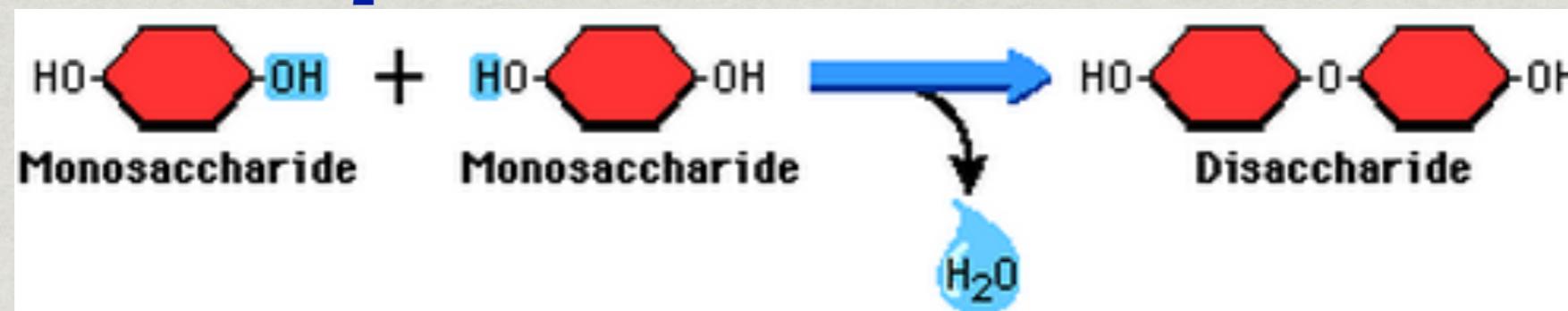
Disaccharides

- Différents disaccharides pouvant être formés liant différents monosaccharides par des liaisons glycosidiques.

Disaccharide	Monosaccharide
Maltose	Glucose + Glucose
Lactose	Glucose + Galactose
Sucrose	Glucose + Fructose

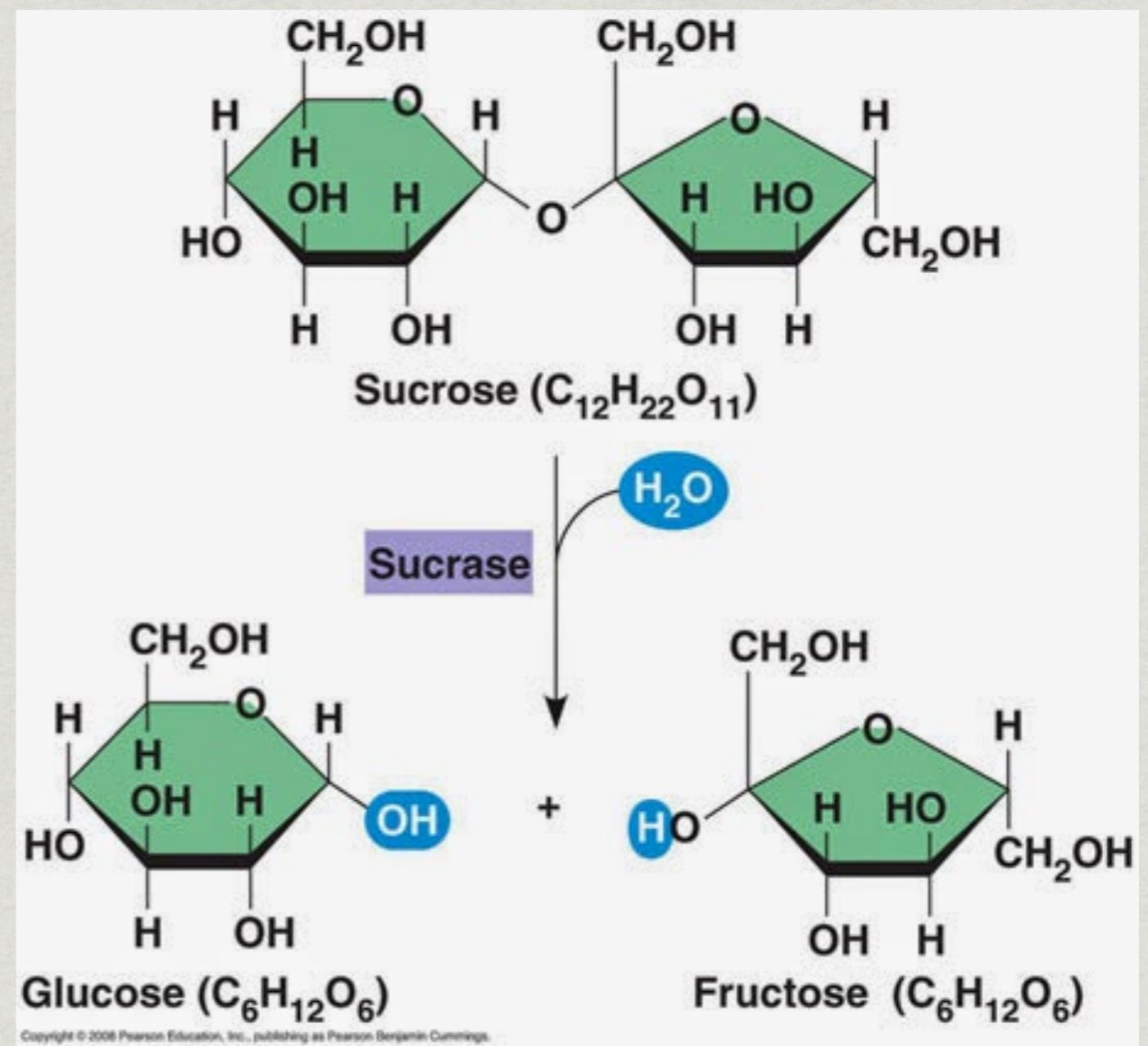
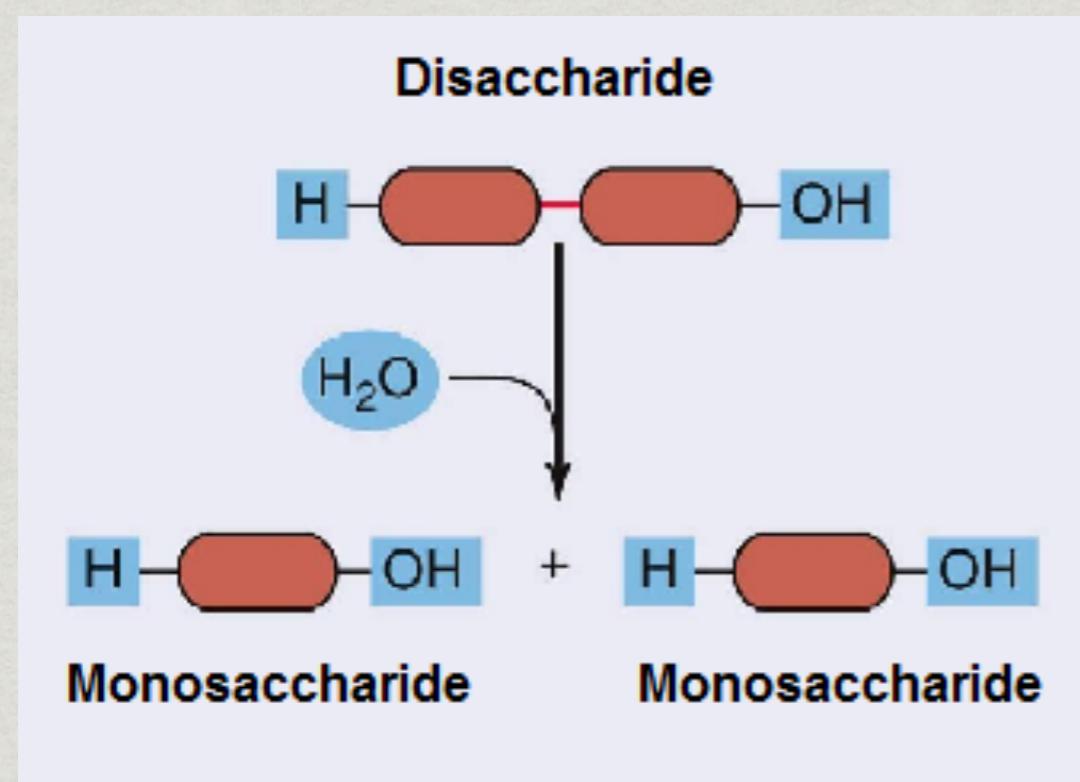


- Réactions de Condensation (réhydratation): 2 monosaccharides liés par des liaisons covalentes ; H_2O est formé.



Disaccharides

- Réactions d'Hydrolyse (fractionnement par l'eau): les disaccharides sont divisés en 2 monosaccharides par rupture de la liaison glycosidique; Une molécule de H_2O est ajoutée.

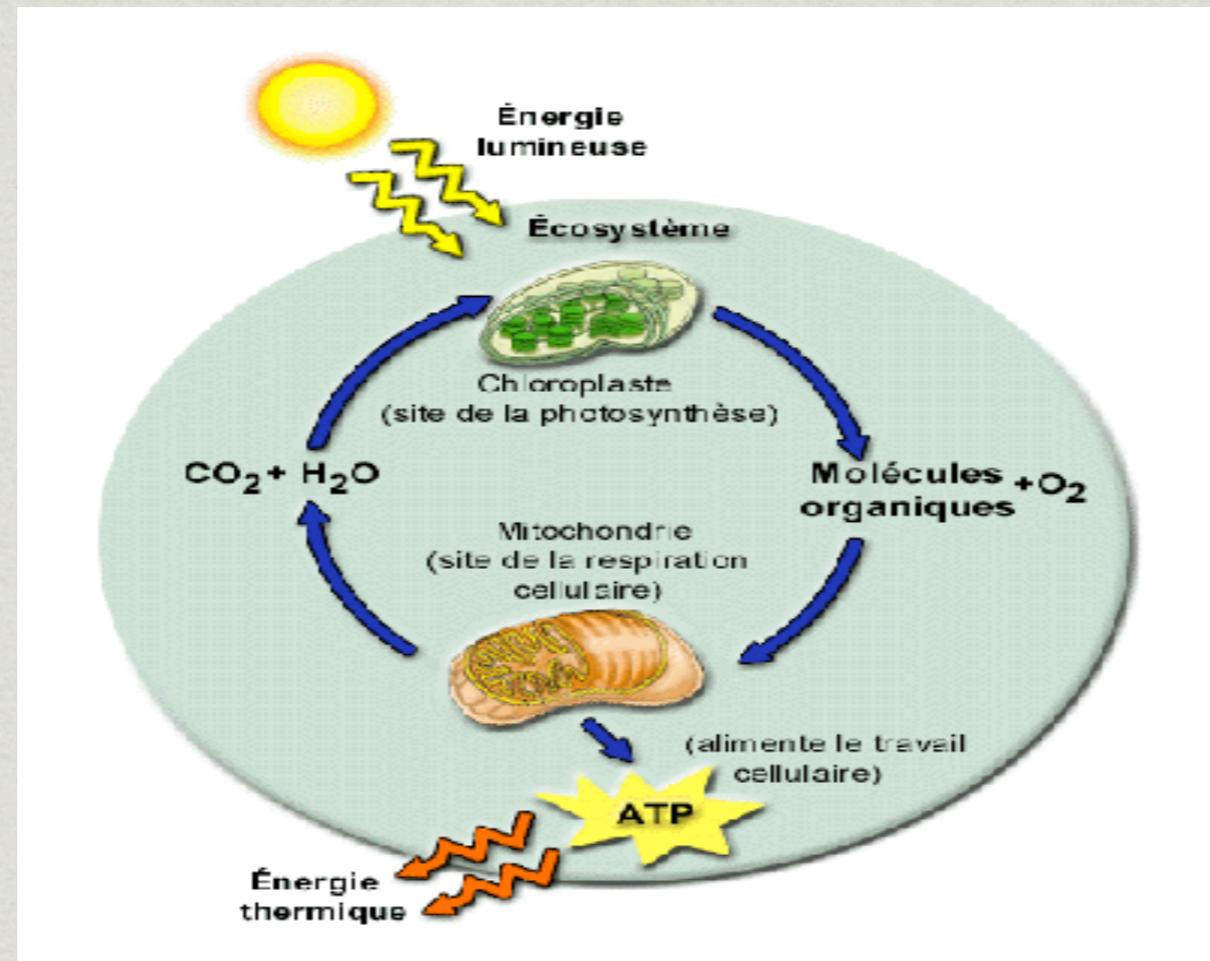


Fonctions des monosaccharides et des disaccharides

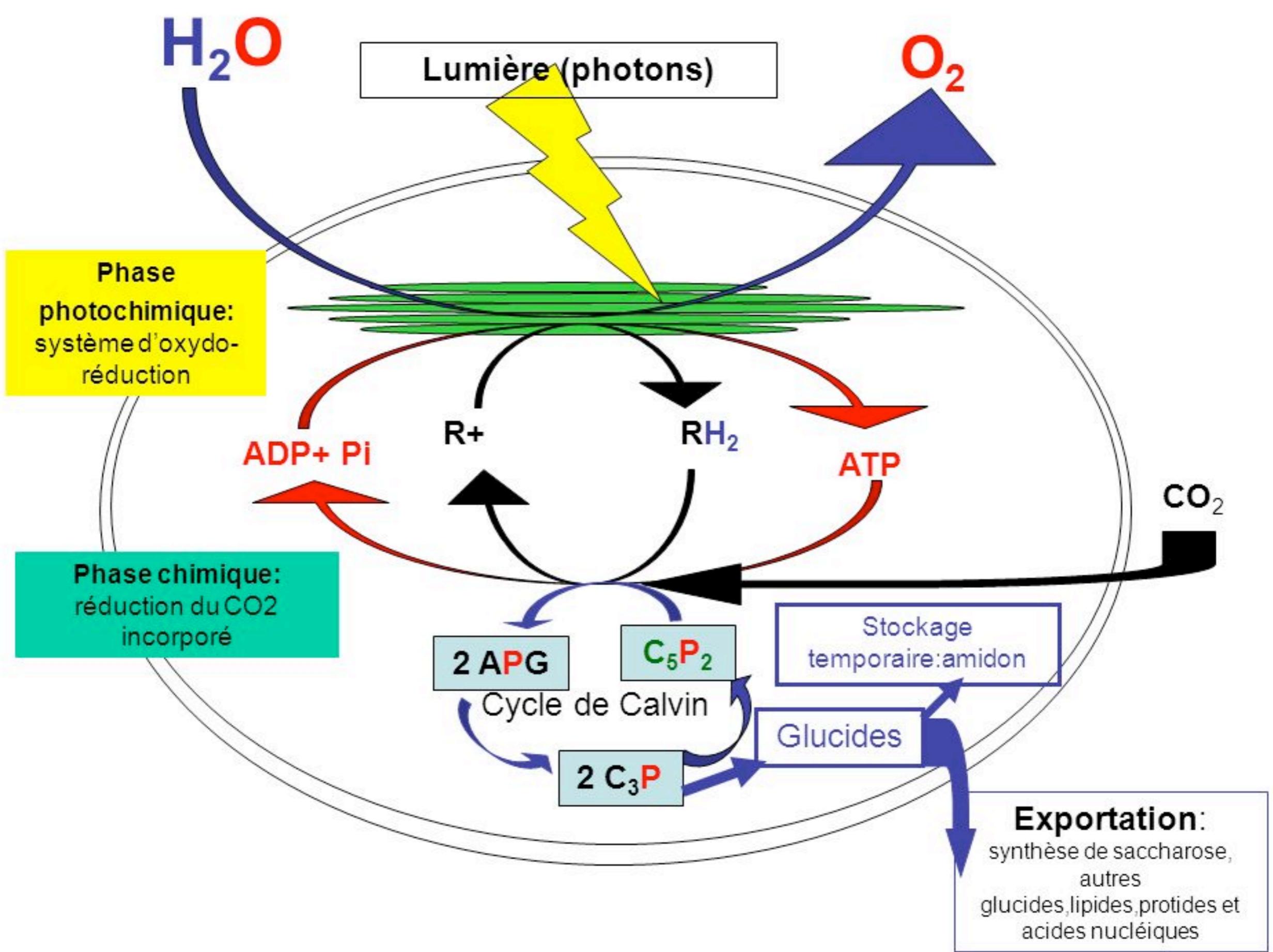
- **Bonnes sources d'énergie dans les organismes vivants, utilisées dans la respiration pour fabriquer de l'ATP.**
- **Transportable à travers le corps en raison de la solubilité: le glucose est transporté dissous dans le plasma sanguin (animaux), le saccharose est transporté dans la sève (plantes).**

Fonctions des monosaccharides et des disaccharides

- Bonnes sources d'énergie dans les organismes vivants, utilisées dans la respiration pour fabriquer de l'ATP.

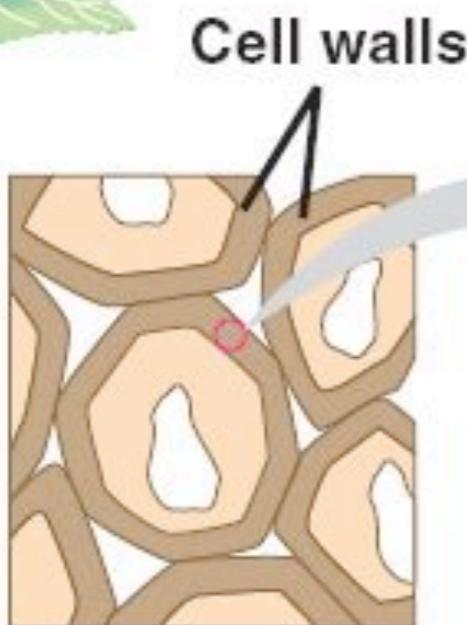


- Transportable à travers le corps en raison de la solubilité: le glucose est transporté dissous dans le plasma sanguin (animaux), le saccharose est transporté dans la sève (plantes).



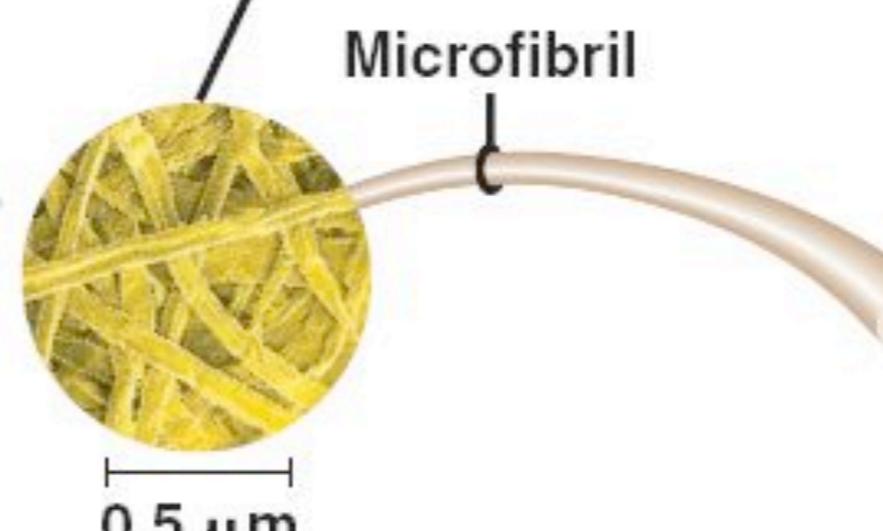
Classification des Glucides

- * Deux familles:
 - Sucres simples (directement assimilables par l'organisme):
 - Hydrolysés par les enzymes salivaires et digestives.
 - =monosaccharides (Glucose, Fructose, galactose)
 - = disaccharides.
 - Sucres complexes (polysaccharides):
 - Amidon
 - Glycogène (fabriqué par notre organisme (glycogenèse) et stocké au niveau du foie et des muscles. = sucre de réserve de l'homme.



Plant cells

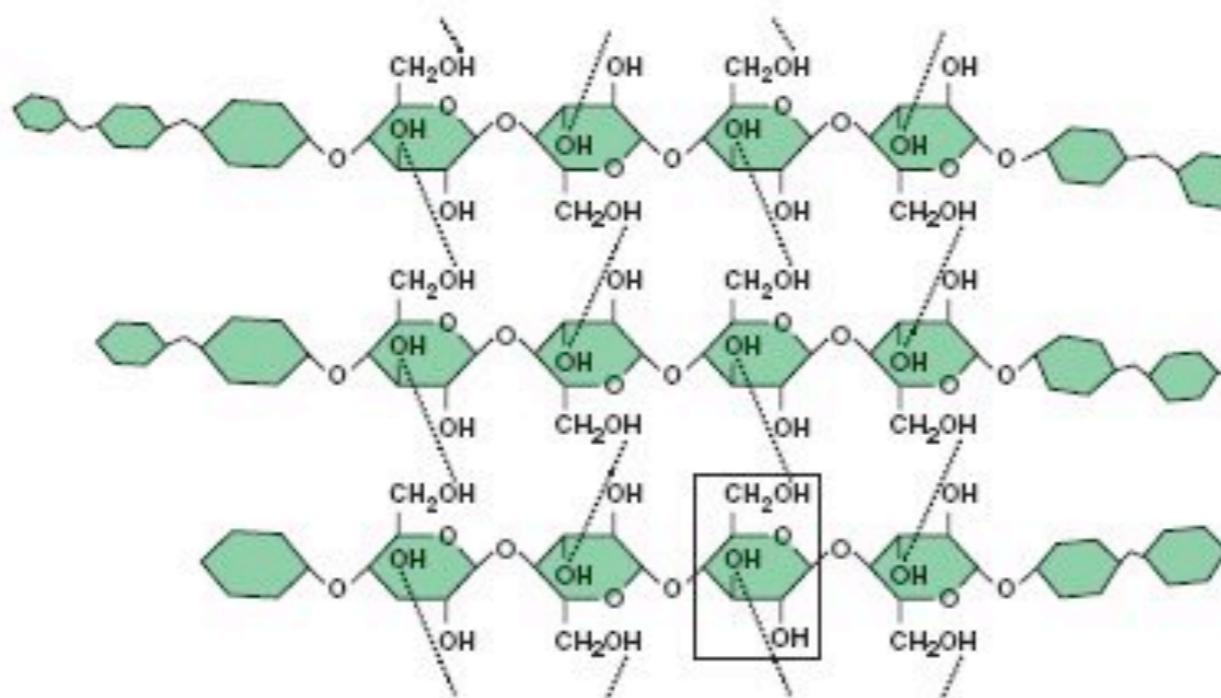
Cellulose microfibrils in a plant cell wall



Microfibril

0.5 μm

Cellulose molecules



β Glucose monomer

Lipides

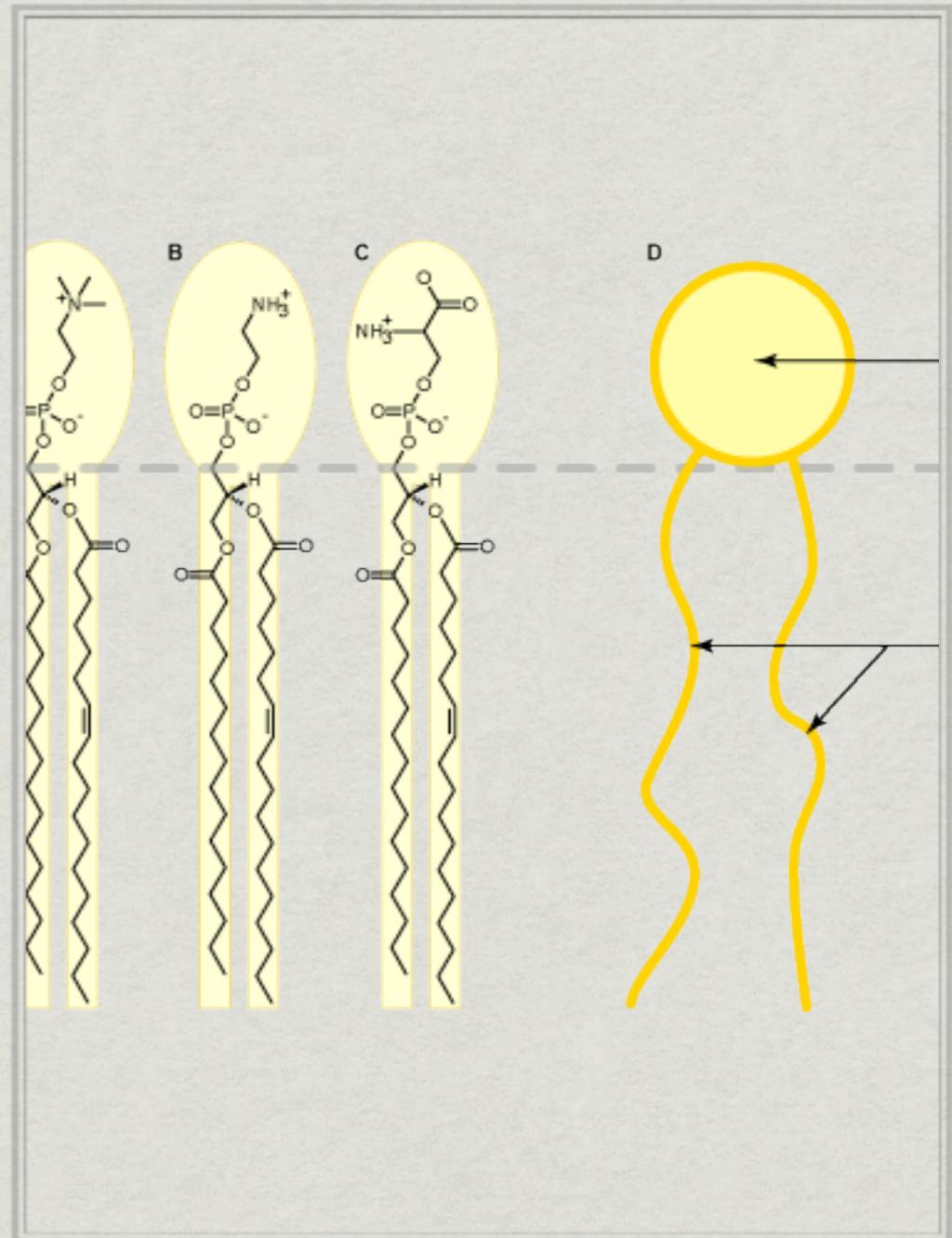
* = corps gras insolubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques.

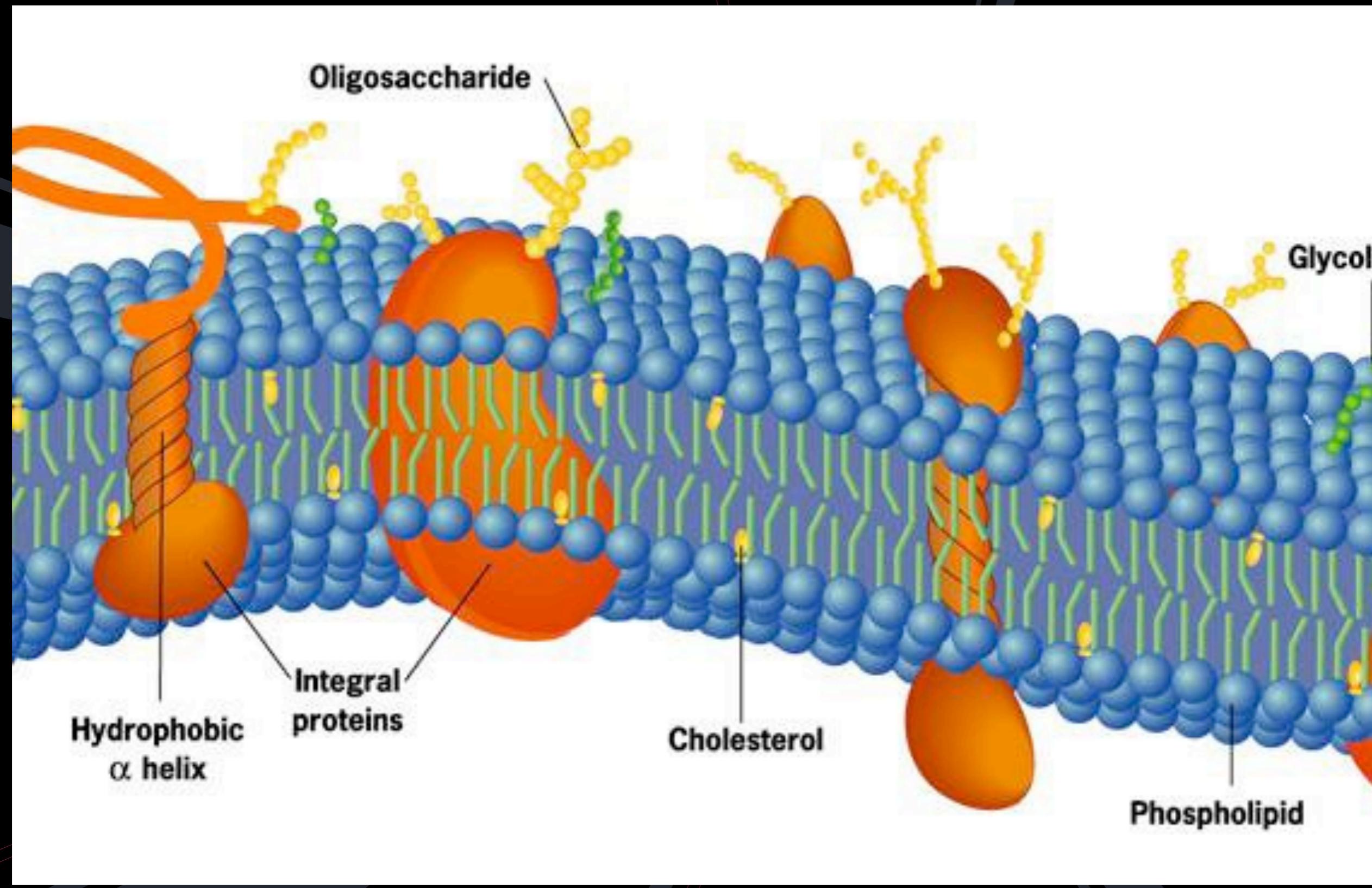
* Classés en 8 catégories différentes :

- * Acides gras,
- * Acylglycérols,
- * Phosphoglycérides,
- * Sphingolipides,
- * Glycolipides,
- * Polycétides,
- * Stérols
- * Prénols

* Rôles principaux:

- * Structure,
- * Réserve d'énergie (lipogenèse),
- * Protection...







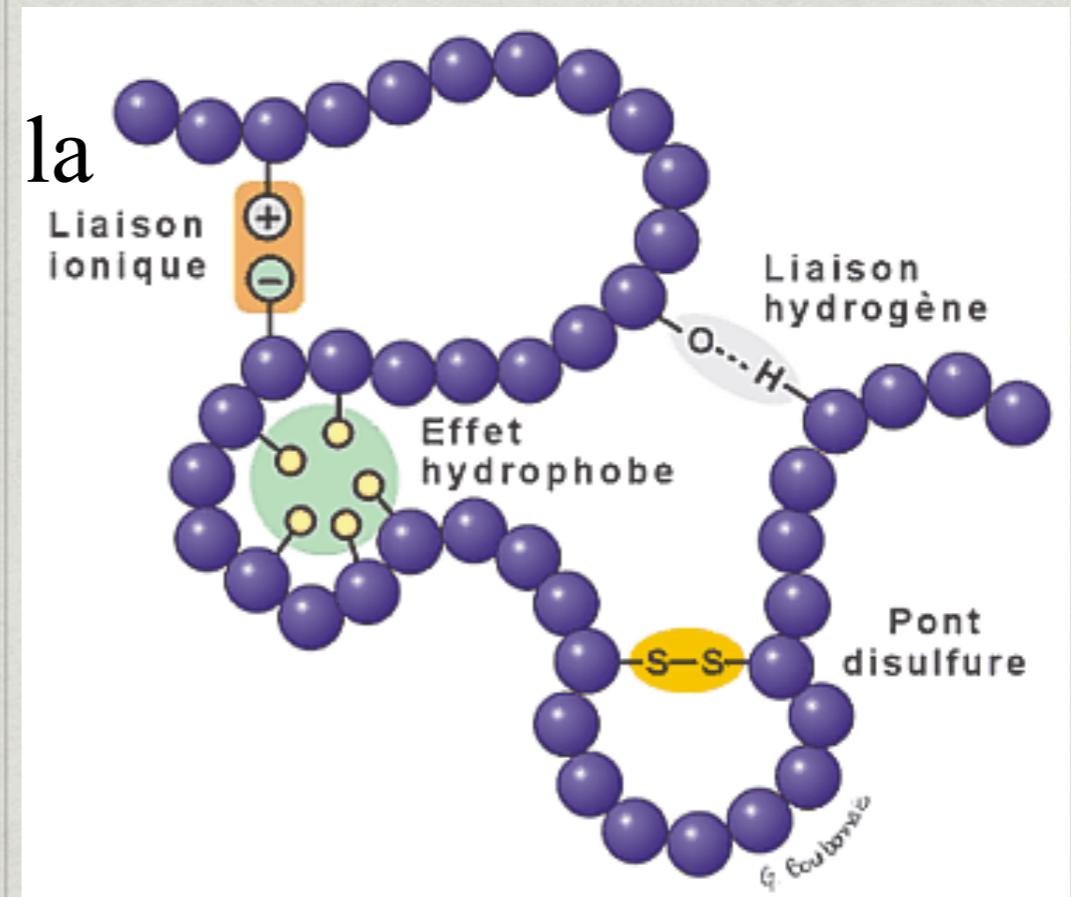
Glycogène

Globule lipidique

Lipides, oxydés activement et dégradés pour fournir des radicaux acétyles utilisés dans le cycle de Krebs.

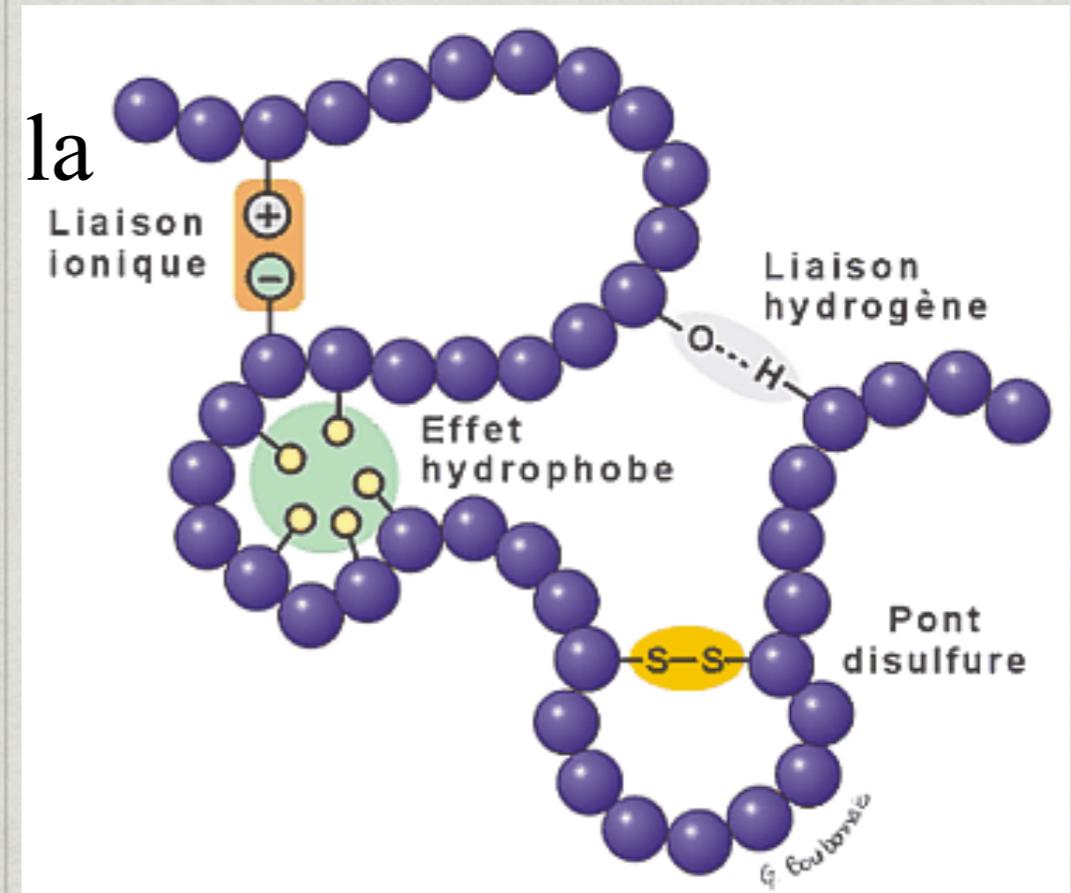
Protéines

- * = Polymères d'acides aminés aux propriétés diverses qui assurent presque toutes les activités dans la cellule.
- * Rôles principaux:
 - * Structure,
 - * Catalyse,
 - * Transport,
 - * Signal intra—et extracellulaire.
 - * Réserve,
 - * Mouvement,
 - * Défense

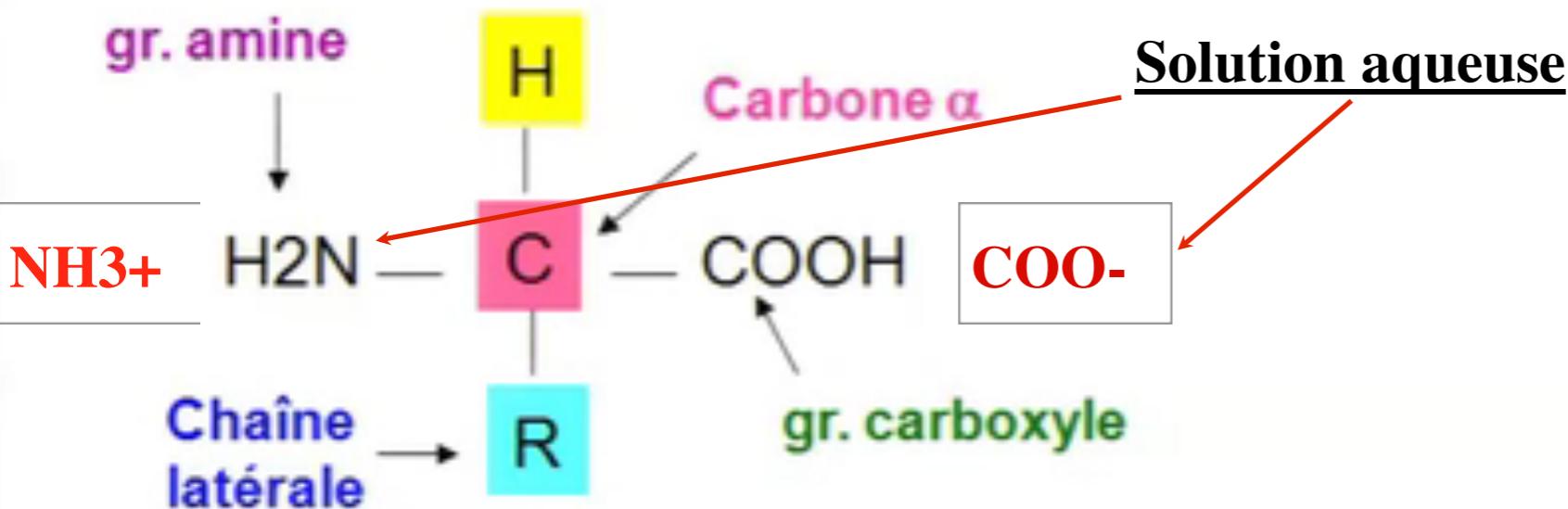


Protéines

- * = Polymères d'acides aminés aux propriétés diverses qui assurent presque toutes les activités dans la cellule.
- * Rôles principaux:
 - * Structure,
 - * Catalyse,
 - * Transport,
 - * Signal intra—et extracellulaire.
 - * Réserve,
 - * Mouvement,
 - * Défense



Les amino acides: formule générale



Les aminoacides ont 3 caractères structuraux fondamentaux:

1= la configuration du C α : asymétrique + centre de chiralité

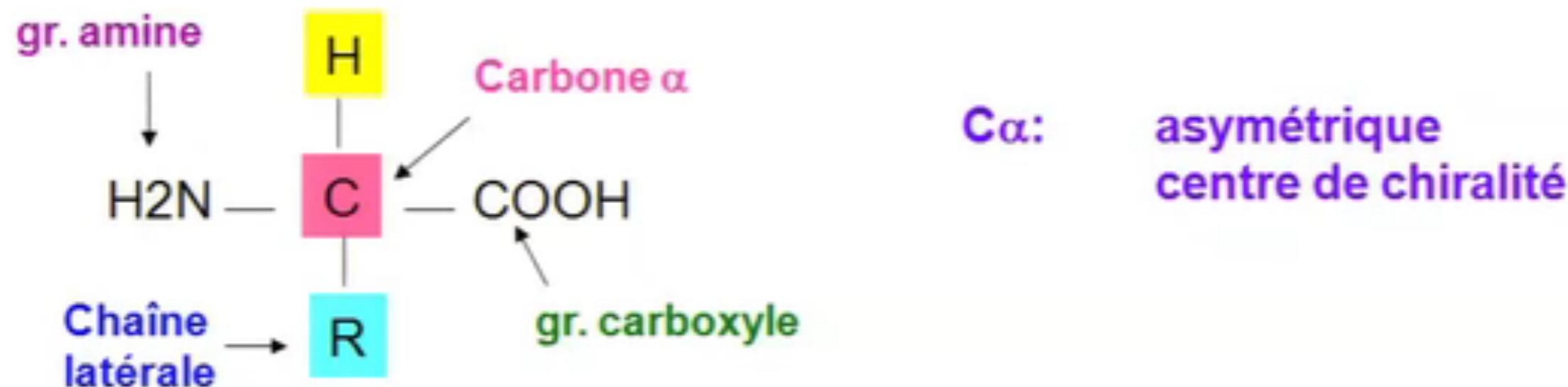
2= la fonction aminoacide:

-Ionisation

-Formation de la liaison peptidique

3= la nature de la chaîne latérale

Les amino acides: formule générale



Les aminoacides ont 3 caractères structuraux fondamentaux:

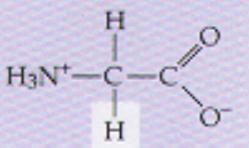
1= la configuration du C α

2= la fonction aminoacide: -Ionisation des groupements fonctionnels
-Formation de la liaison peptidique

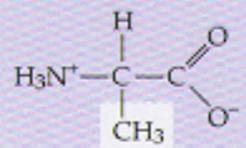
3= la nature de la chaîne latérale

Radicaux

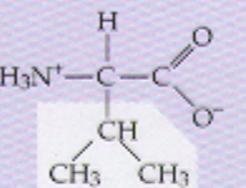
- * **20 acides aminés essentiels subdivisés en différentes catégories en fonction de leurs propriétés physico-chimiques:**
- * **Radicaux hydrophiles (polaires : acide, basique)**
- * **Radicaux neutres (non polaires)**
- * **Radicaux soufrés.**

NON POLAIRES

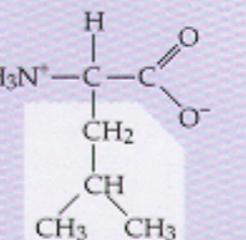
GLYCINE (Gly)



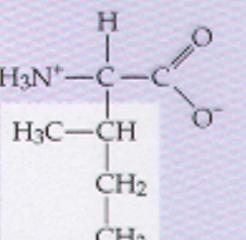
ALANINE (Ala)



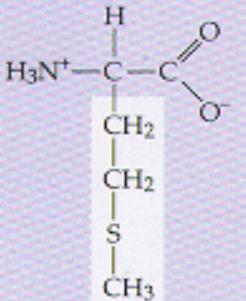
VALINE (Val)



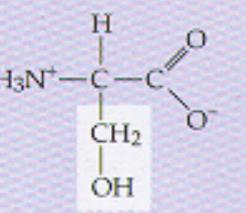
LEUCINE (Leu)



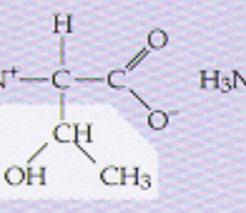
ISOLEUCINE (Ile)



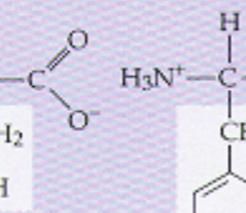
MÉTHIONINE (Met) PHÉNYLALANINE (Phe) TRYPTOPHANE (Trp ou Try) PROLINE (Pro)

POLAIRES

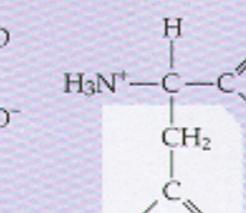
SÉRINE (Ser)



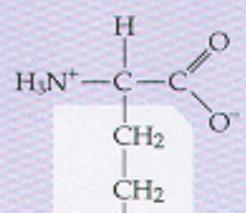
THRÉONINE (Thr)



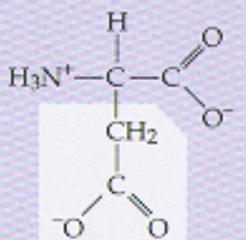
CYSTÉINE (Cys)



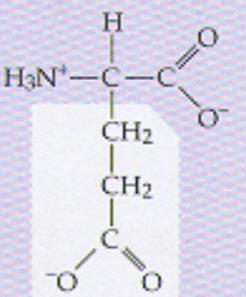
TYROSINE (Tyr)



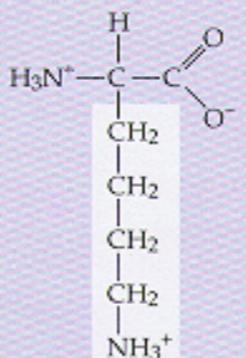
ASPARAGINE (Asn) GLUTAMINE (Gln)

CHARGÉS

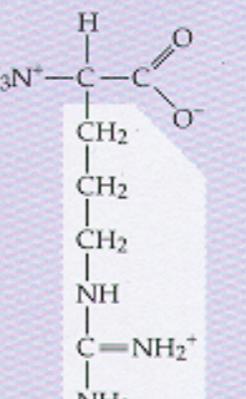
ACIDE ASPARTIQUE (Asp)



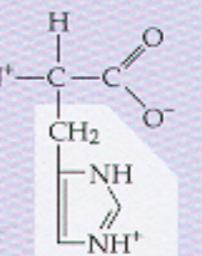
ACIDE GLUTAMIQUE (Glu)



LYSINE (Lys)



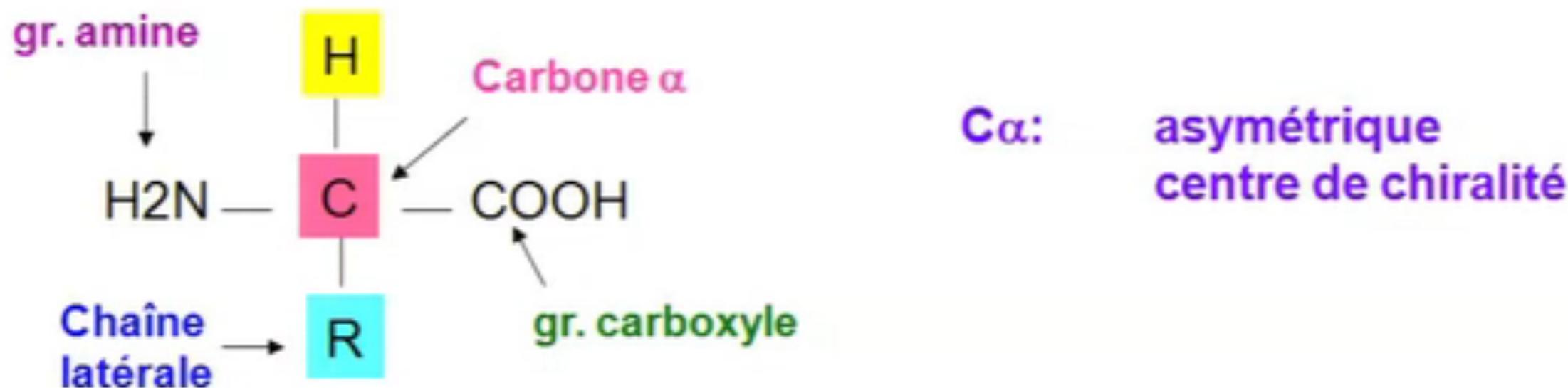
ARGININE (Arg)



HISTIDINE (His)

BASIQUES

Les amino acides: formule générale



C α : asymétrique
centre de chiralité

Les aminoacides ont 3 caractères structuraux fondamentaux:

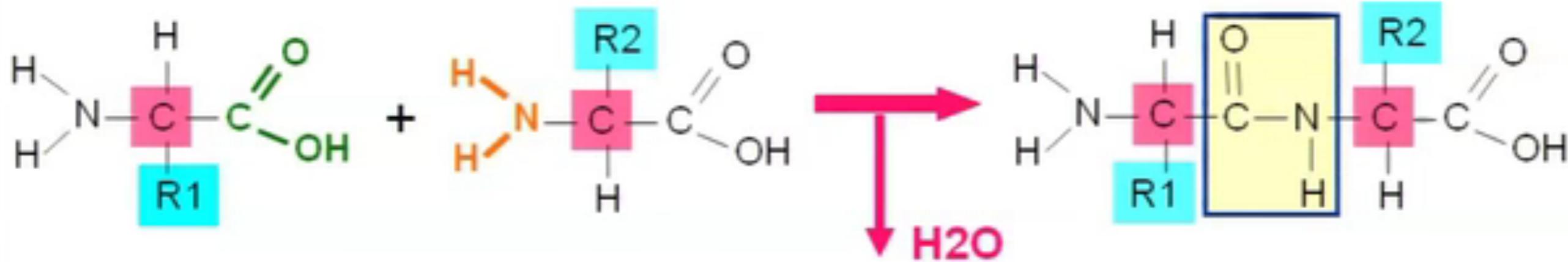
1= la configuration du C α

2= la fonction aminoacide: -Ionisation des groupements fonctionnels

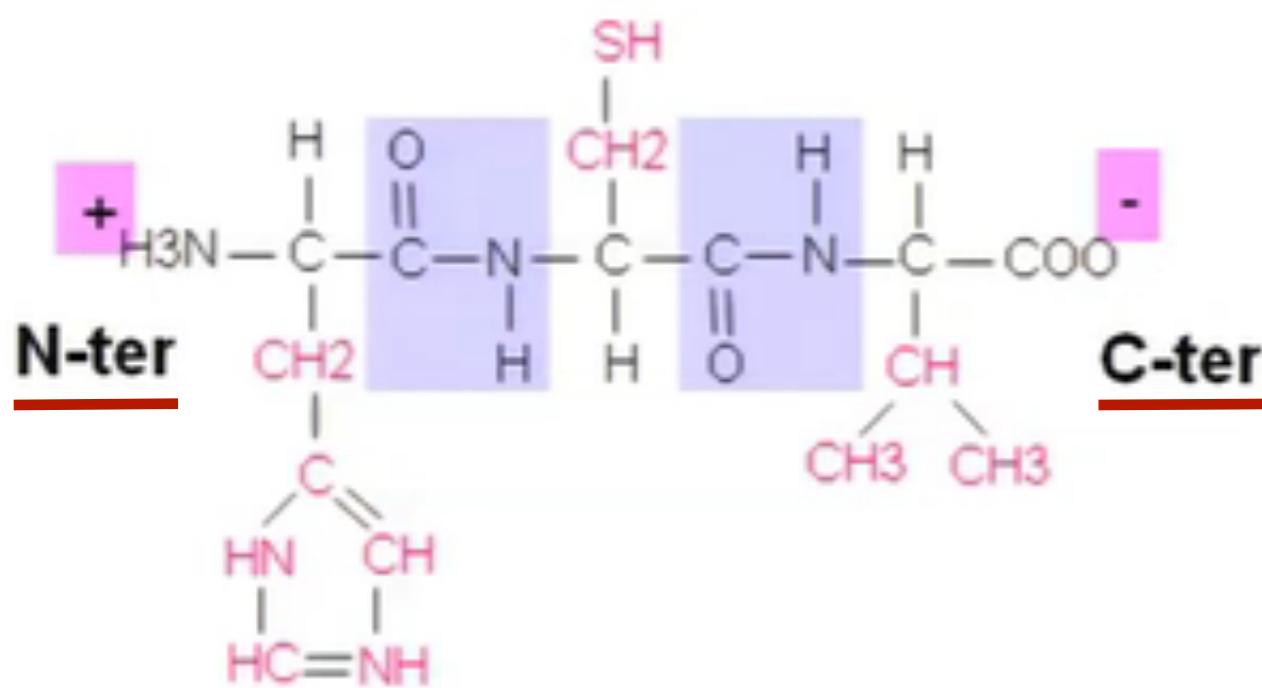
-Formation de la liaison peptidique

3= la nature de la chaîne latérale

La liaison peptidique est plane, rigide et polaire



polypeptide histidine-cystéine-valine



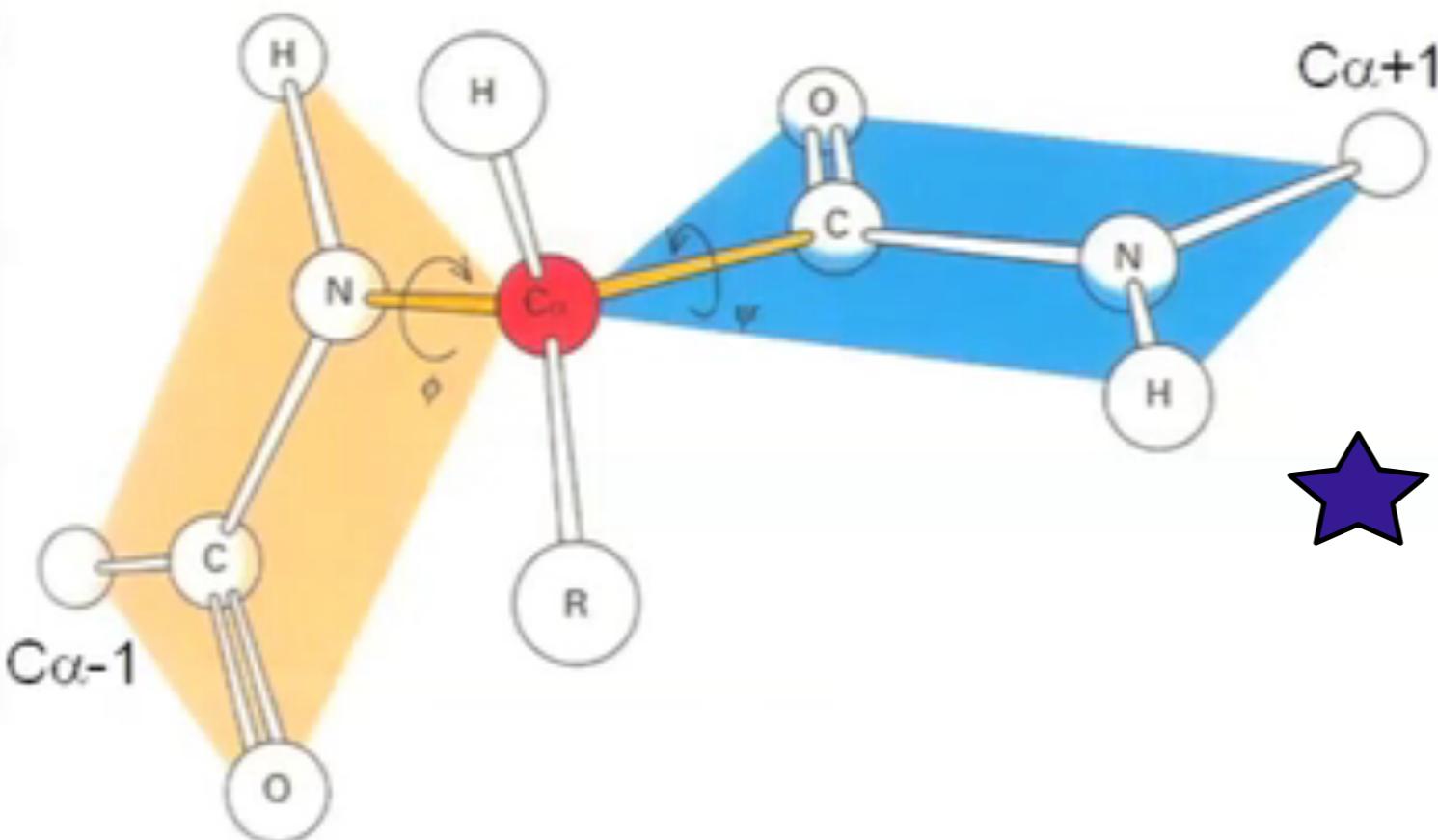
Chaîne polypeptidique:

- Orientée et,
- Polarisée

(2 extrémités de la chaîne, 1 groupement NH₃⁺ terminal libre, 1 groupement COO⁻ libre).

La liaison peptidique est plane

Les 4 atomes de la liaison peptidique ainsi que $C\alpha$ et $C\alpha+1$ sont dans le même plan



★ Liaison peptidique présente deux caractéristiques essentielles qui conditionnent les propriétés biologiques des protéines:

- Structure plane
- Rigide.

★ Le carbone asymétrique (-NH₂ et -COOH) offre une rotation libre autour de laquelle les radicaux pivotent librement.

Hierarchisation de la structure des protéines

La structure des protéines est décomposée

Gr fonctionnels:
ionisation
prop spécifiques

caractérisé par

Struc primaire= séq des aa

conduit à

Struc secondaire= réarrang. régulier des aa dans la struc prim

conduit à

Struc tertiaire= forme 3D de la chaîne repliée

peut conduire à

Struc quaternaire= assemblé de plusieurs s/u dans la protéines

Forme Native

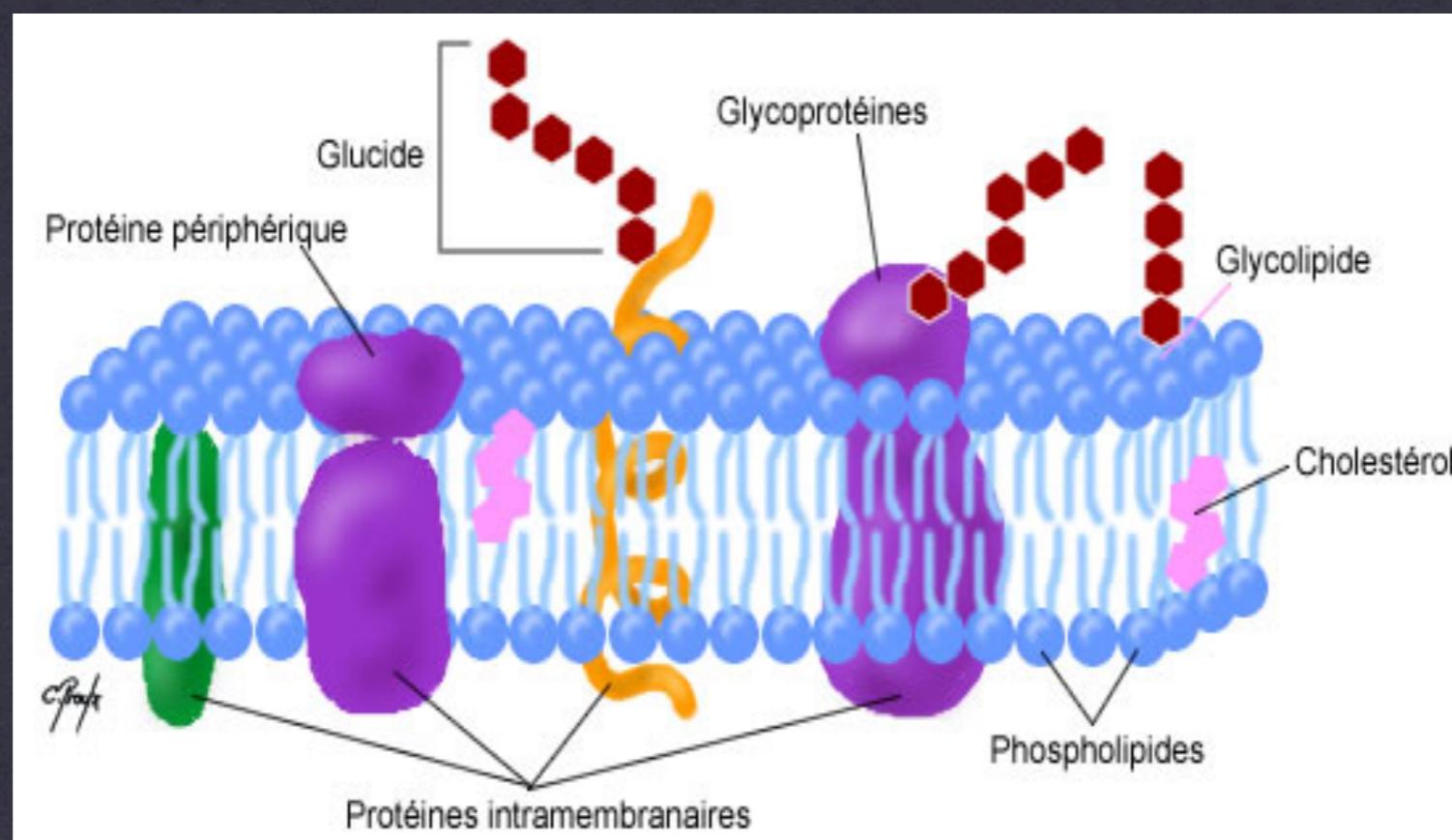
- F. biologique
- Catalyse
 - Protection
 - Regulation
 - Signal transduction
 - Storage
 - Structural
 - Transport

- Rotation possible des aa autour des C, la chaîne des aa peut se replier et adopter une conformatio n tridimensionnelle, les structures II et III.

Fonctions et localisations

Deux catégories principales :

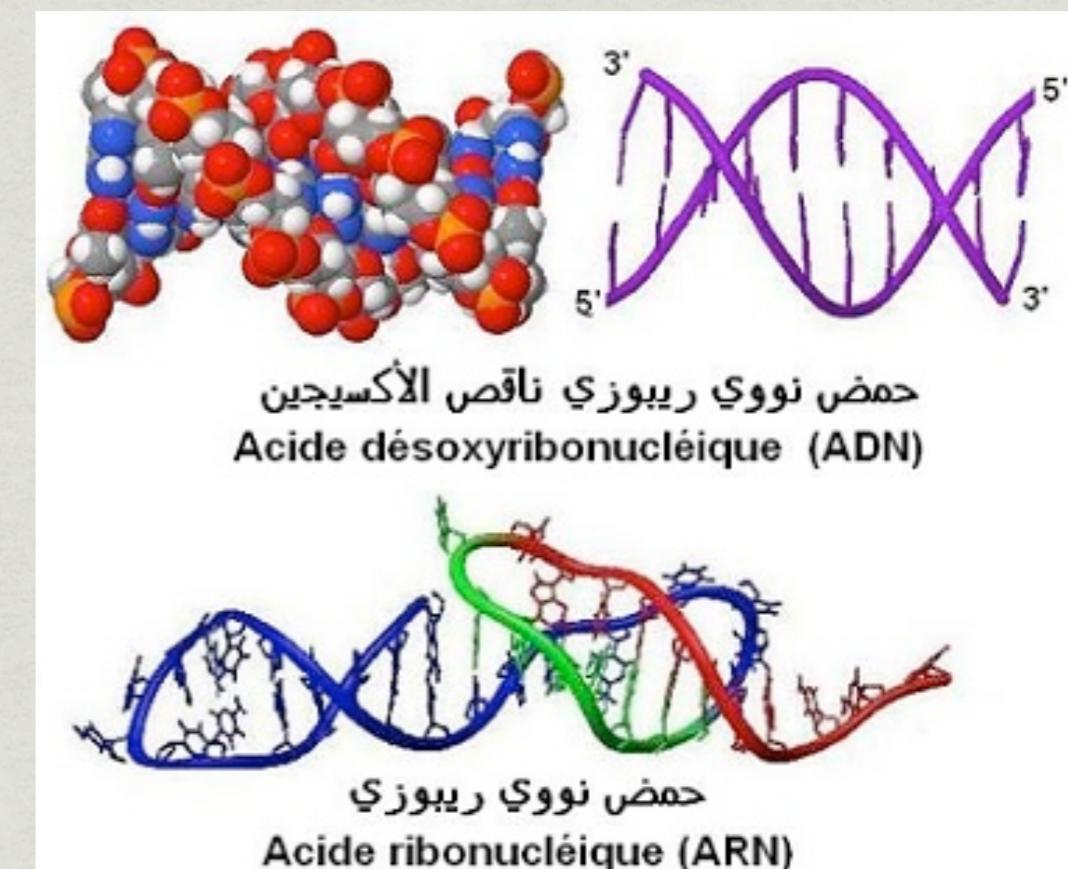
- Protéines de structure



- Protéines enzymatiques (= une enzyme a la même fonction qu'un catalyseur dans une réaction chimique et est hautement spécifique.

Acides nucléiques

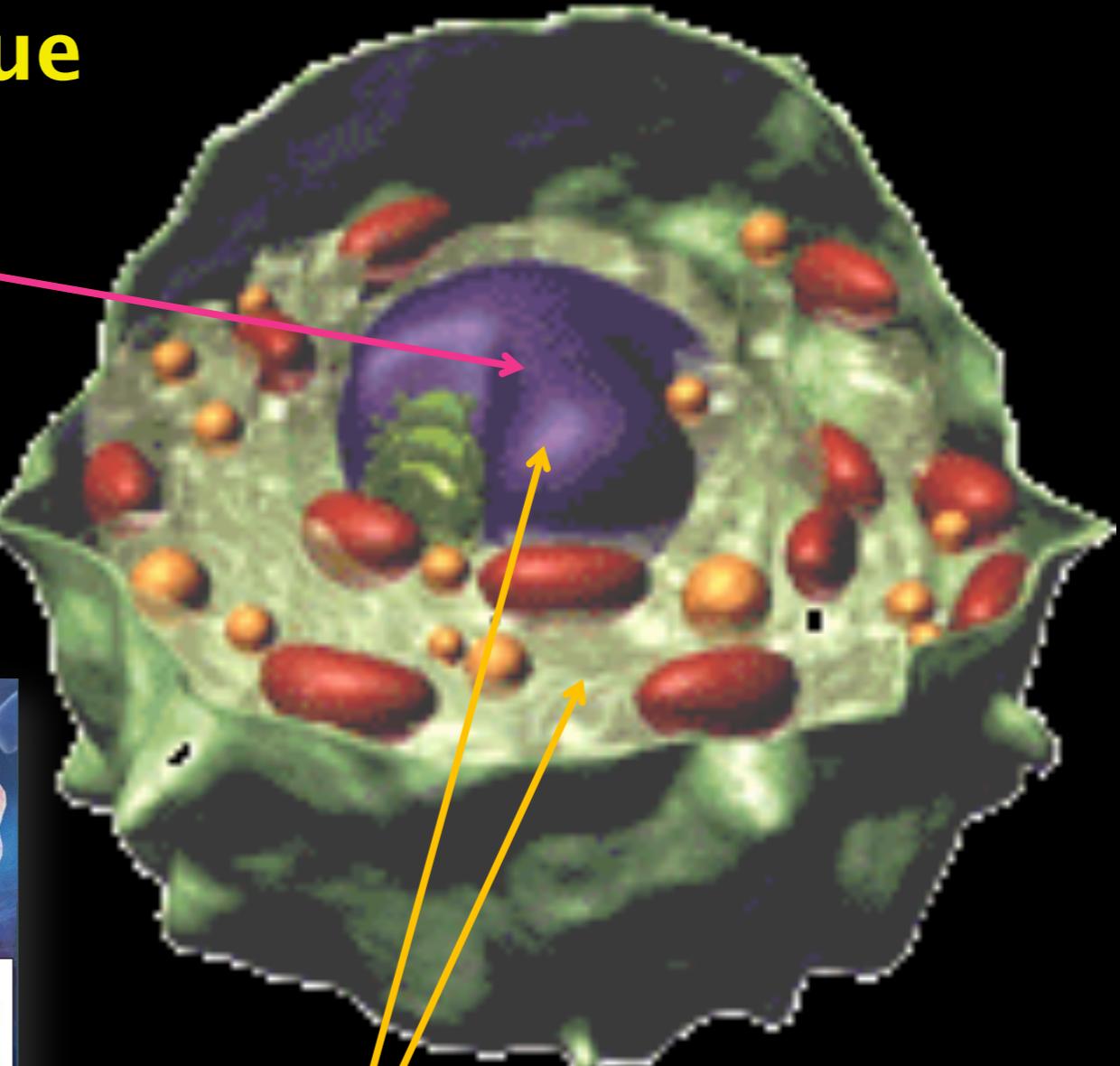
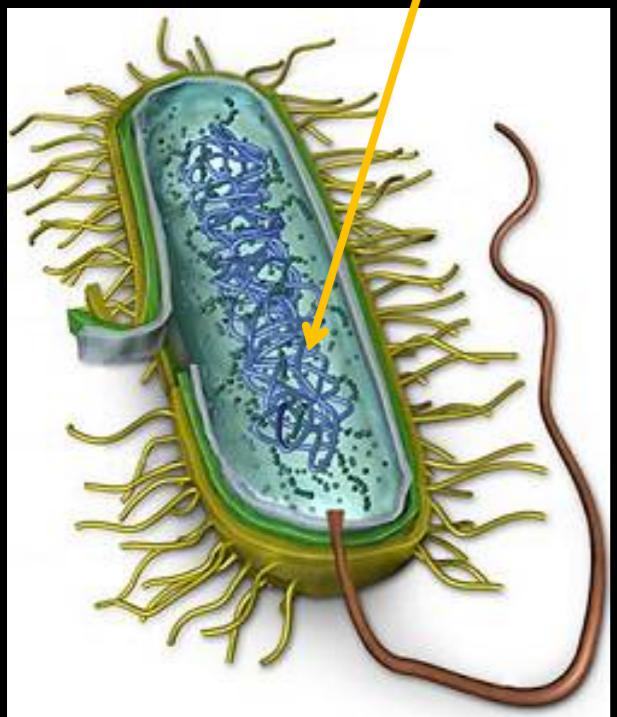
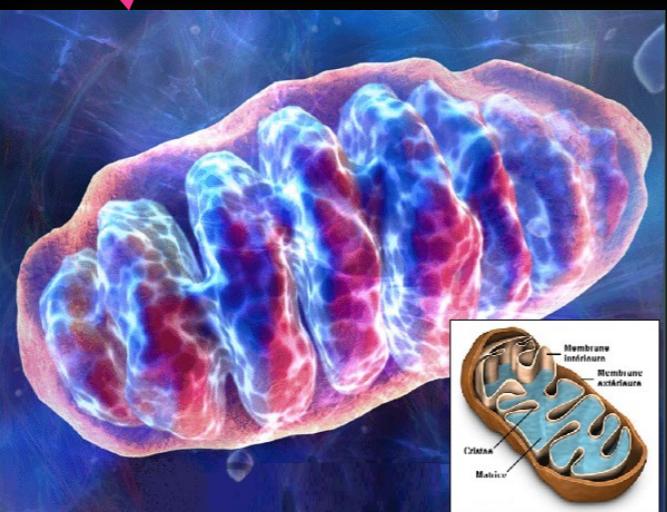
- * = Polymères de nucléotides.
- * Rôle principal:
 - * Stockage,
 - * Transmission de l'information génétique.
- * Autres fonctions:
 - * Structure
 - * Catalyse



Les acides nucléiques

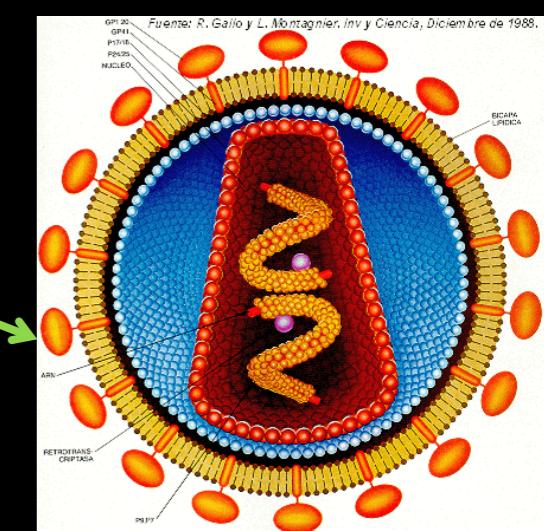
- acide désoxyribonucléique

ADN



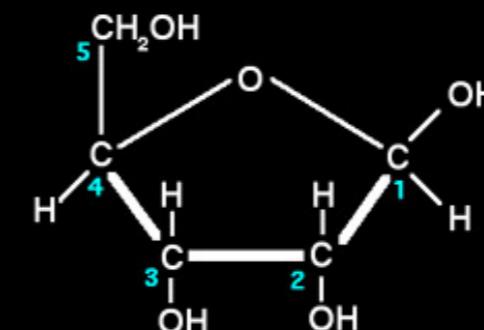
ARN

- acide ribonucléique

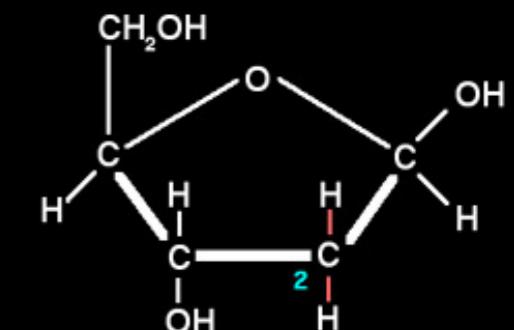


I- Structure des acides nucléiques

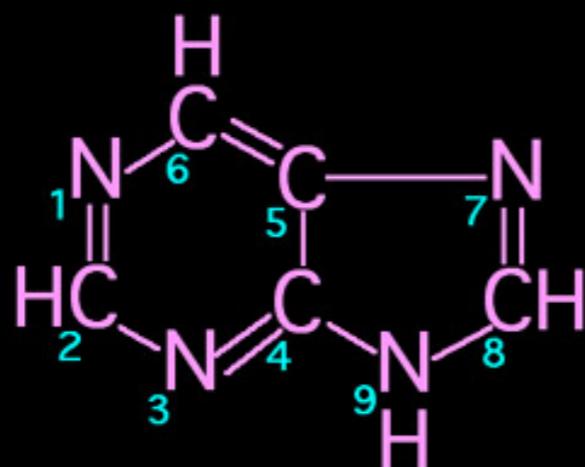
I-1- Molécules simples



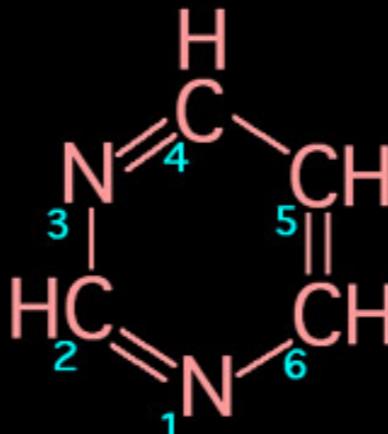
β-D-Ribose



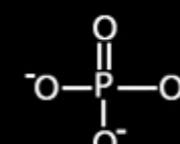
2-désoxy-β-D-Ribose



Purine

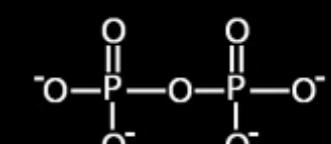


Pyrimidine

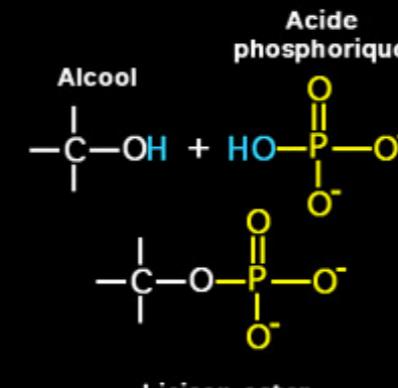


Phosphate
inorganique
= Pi

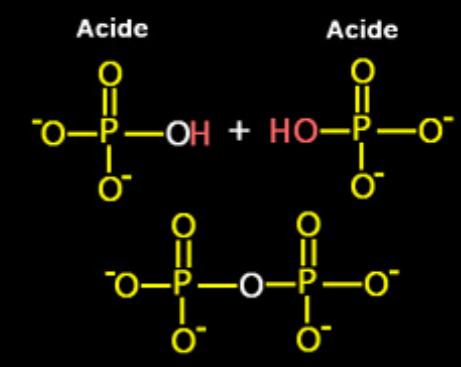
Phosphates



Pyrophosphate
= PPi



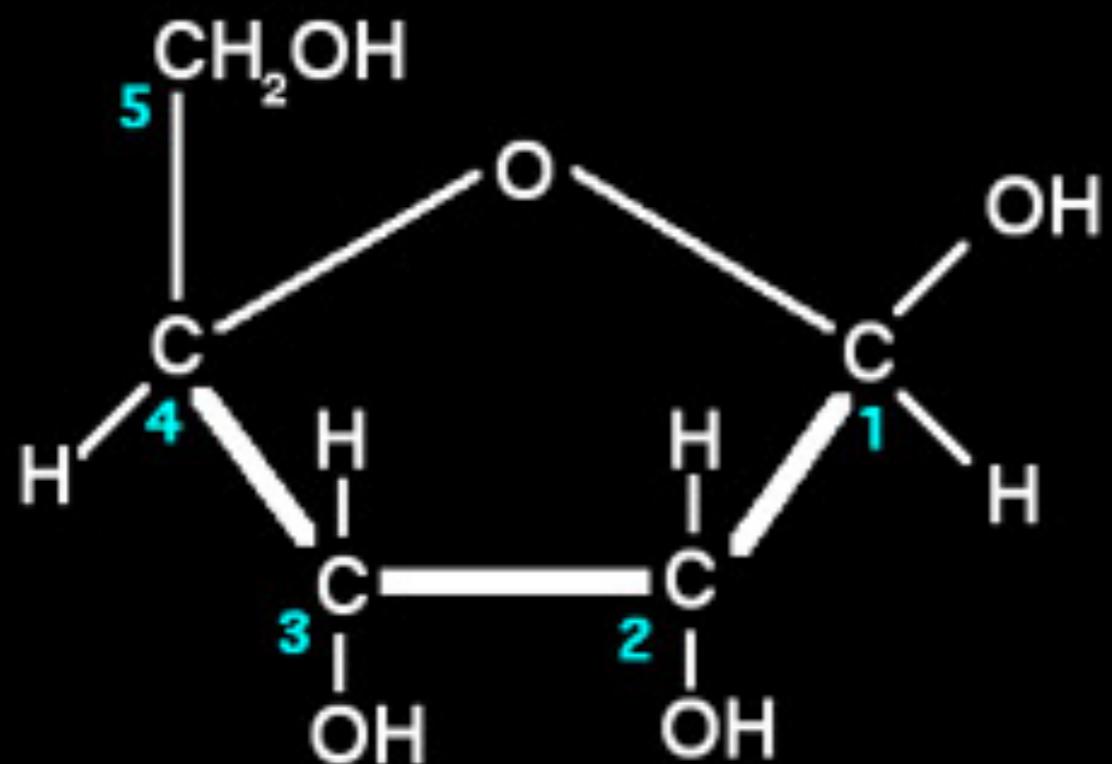
Liaison ester



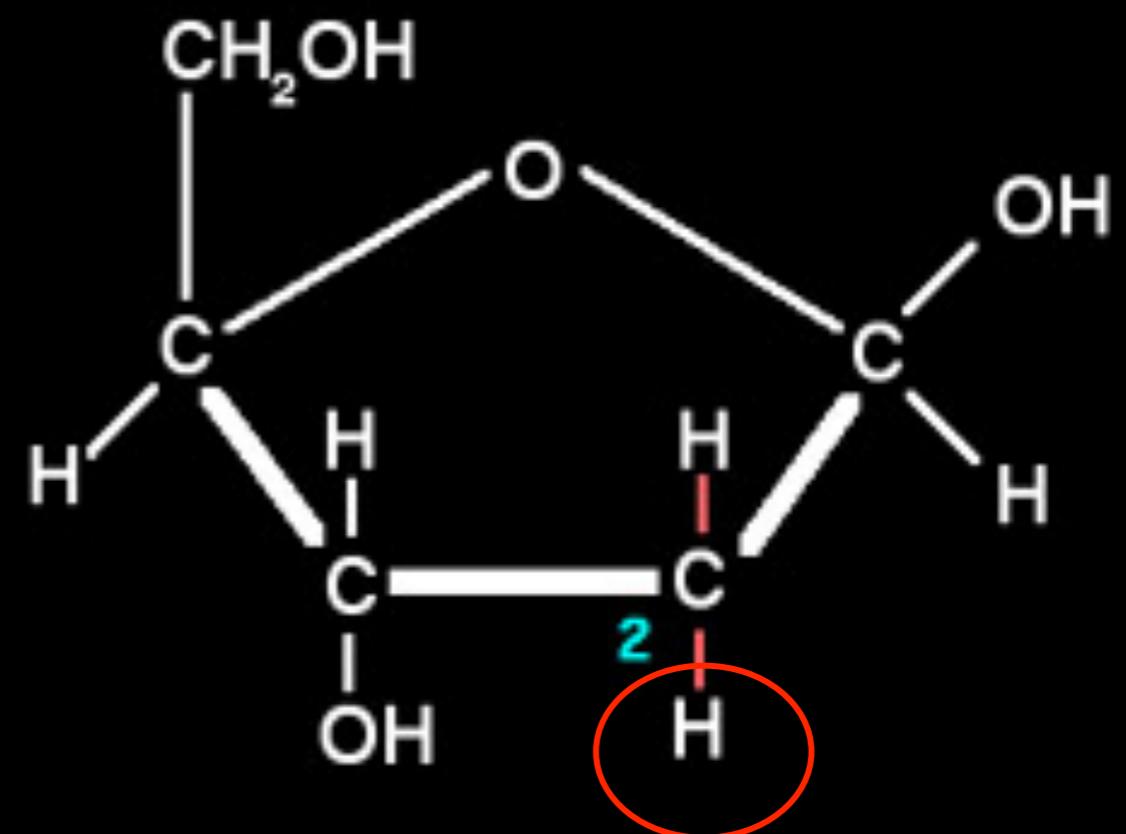
Liaison anhydride d'acides

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.



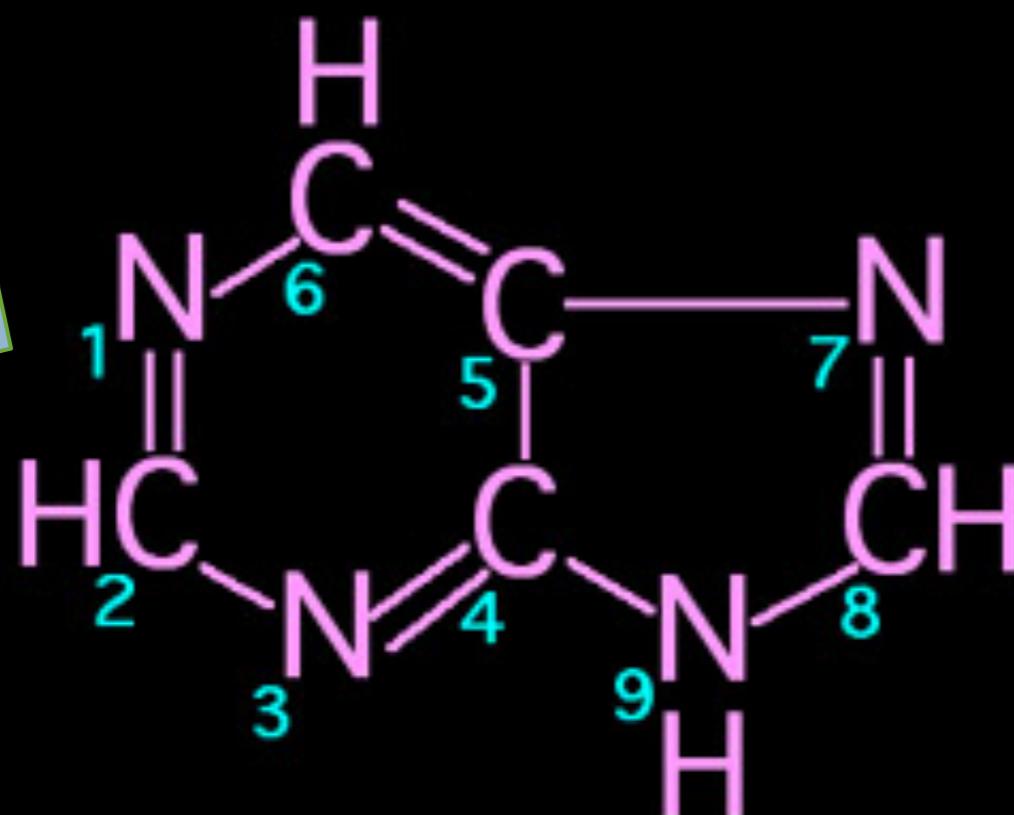
β -D-Ribose
(ARN)



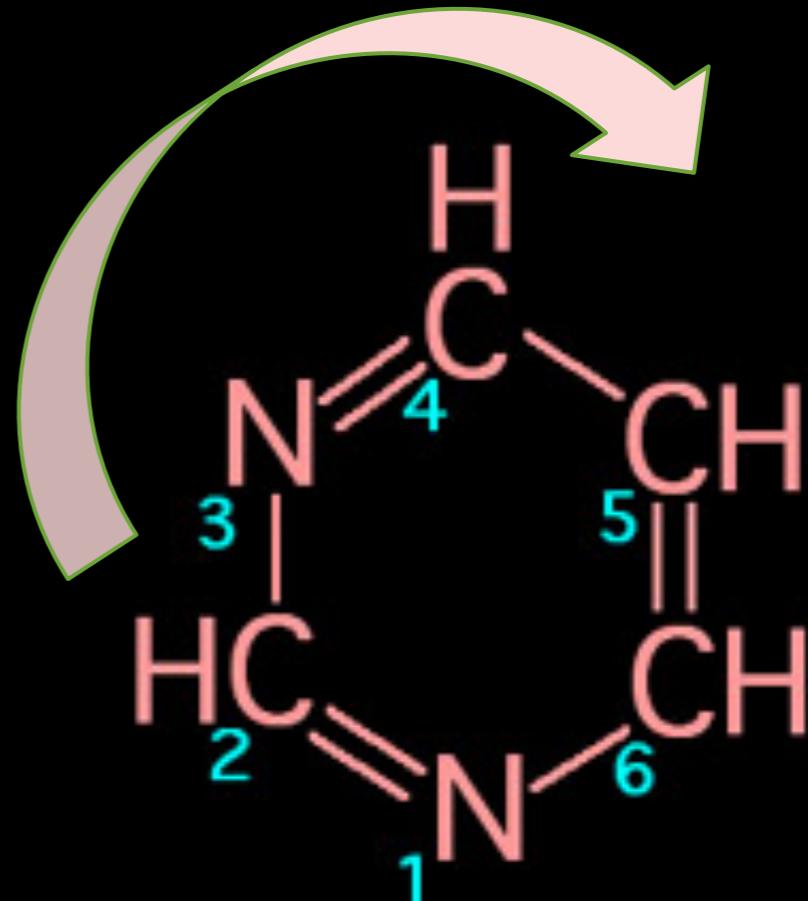
2-désoxy- β -D-Ribose
(ADN)

Bases azotées

Noyau purique, Noyau pyrimidique



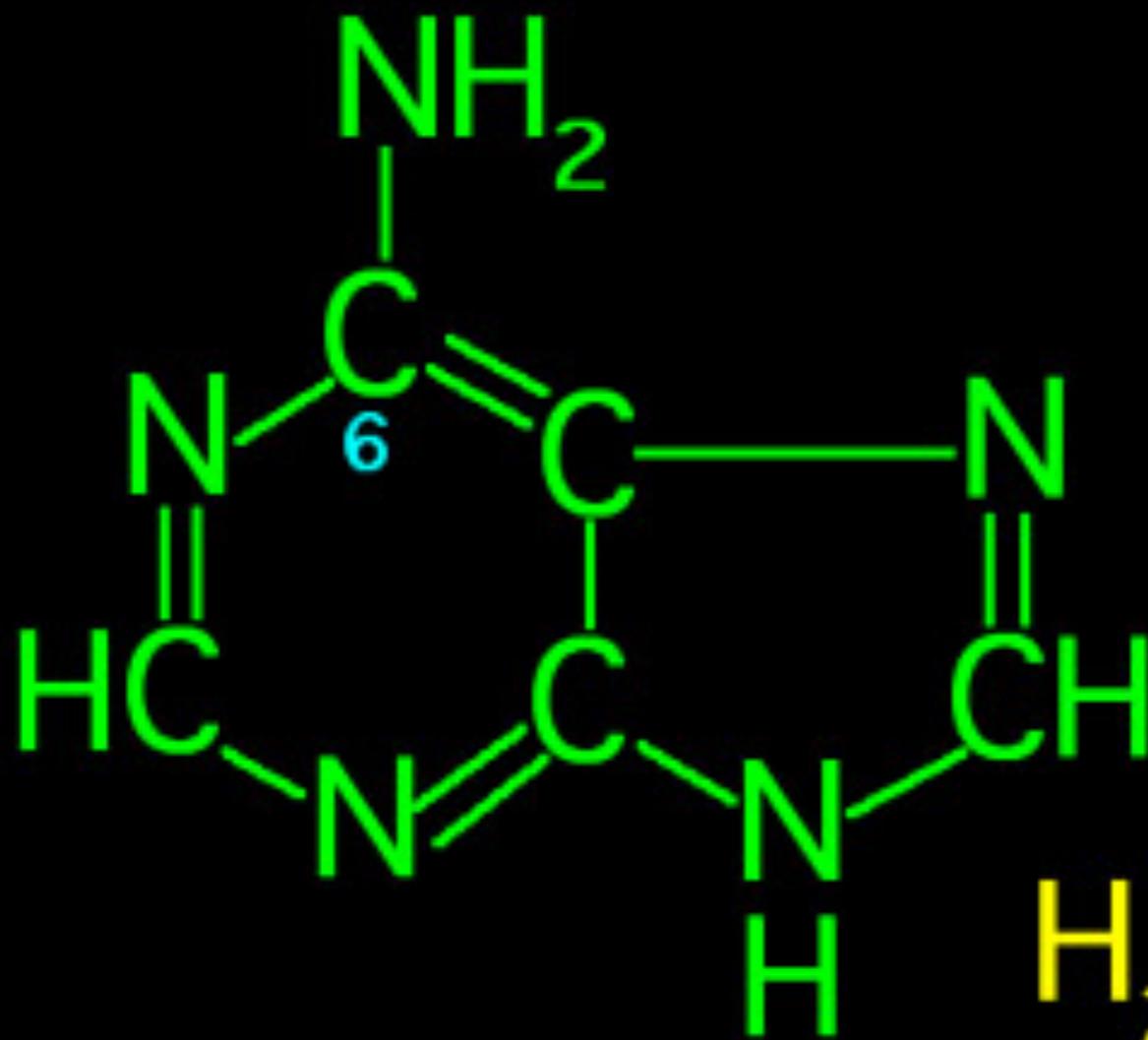
Purine



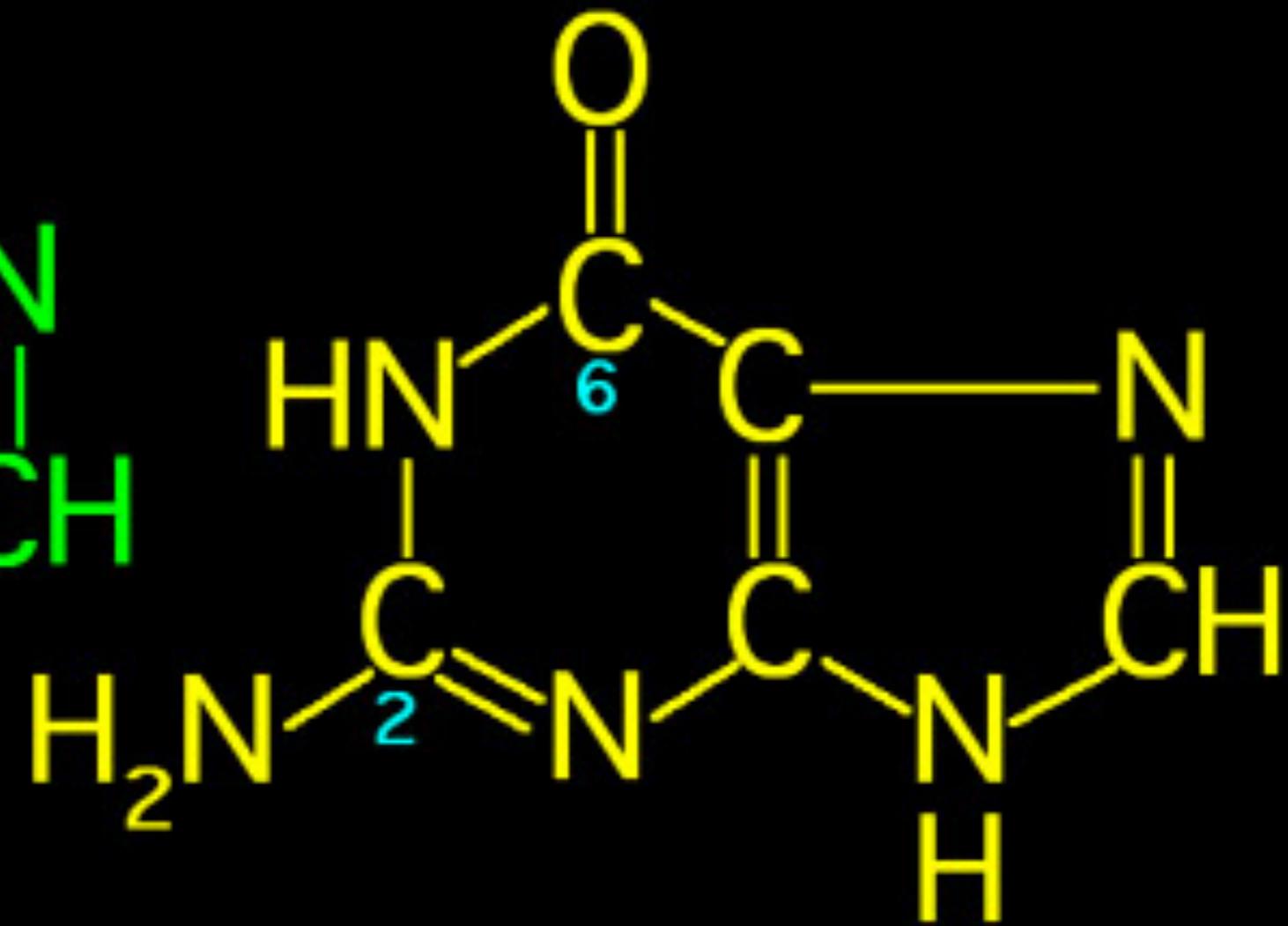
Pyrimidine

Adénine = 6-aminopurine.

Guanine = 2-amino-6-oxypurine.



Adénine



Guanine

Cytosine = 2-oxy-4-aminopyrimidine.

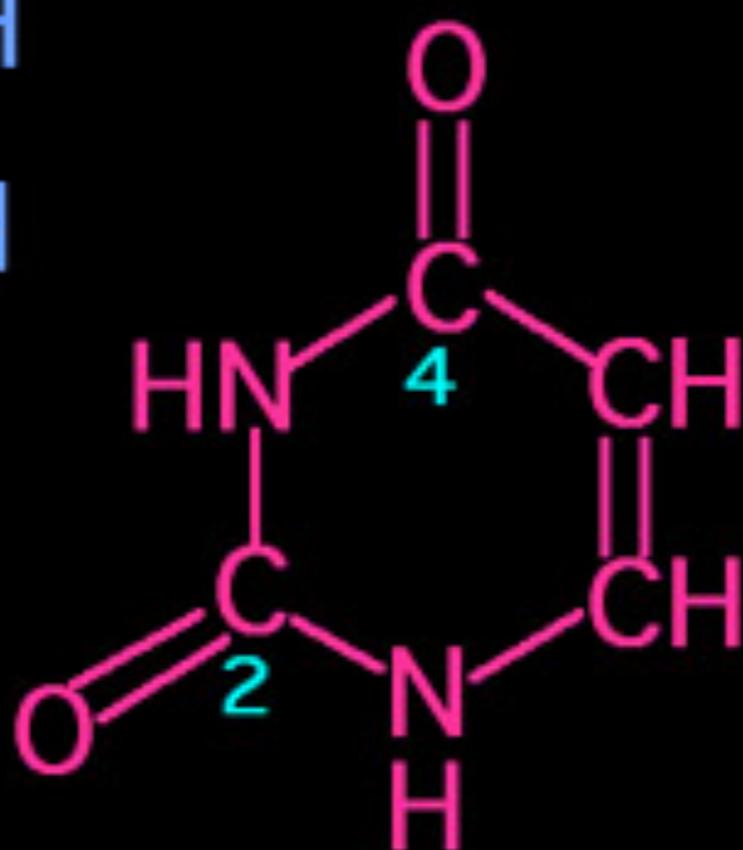
Uridine = 2, 4-dioxypyrimidine.

Thymidine = 2, 4-dioxy-5-

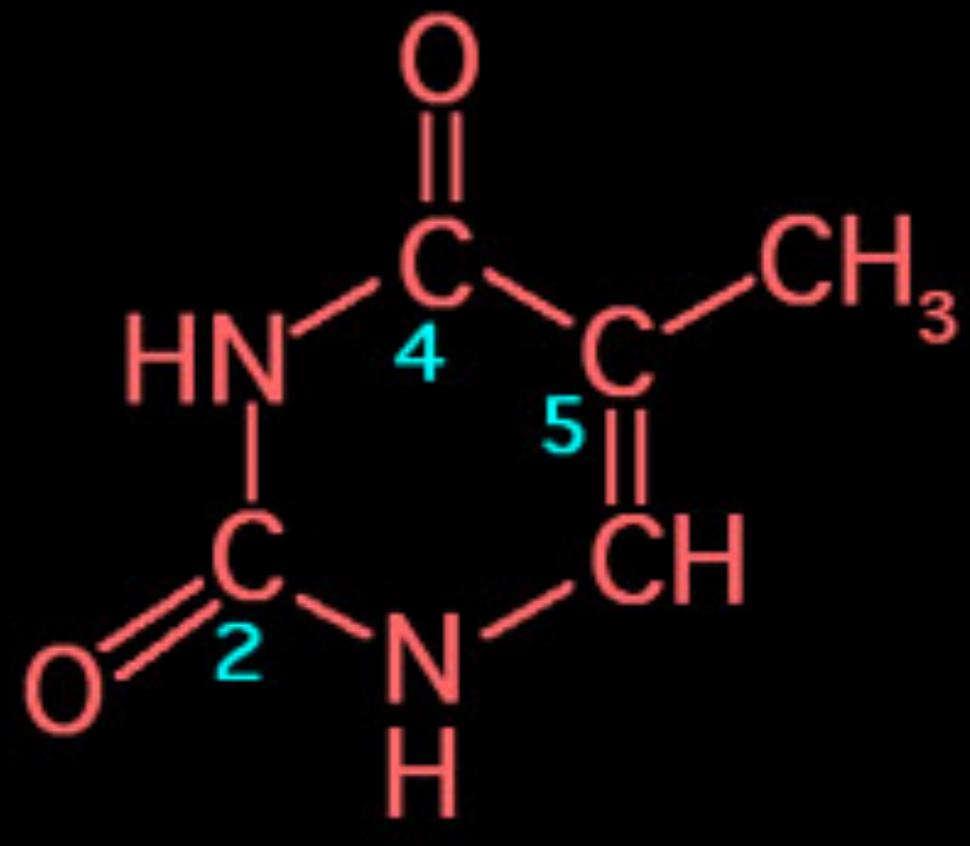
méthylpyrimidine.



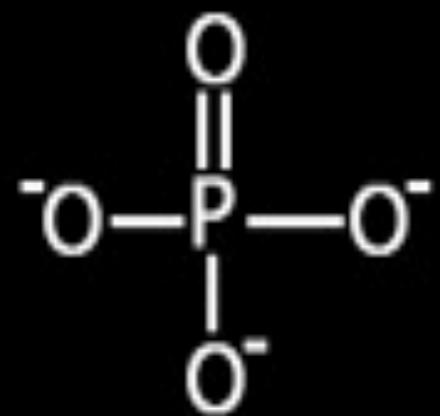
Cytosine



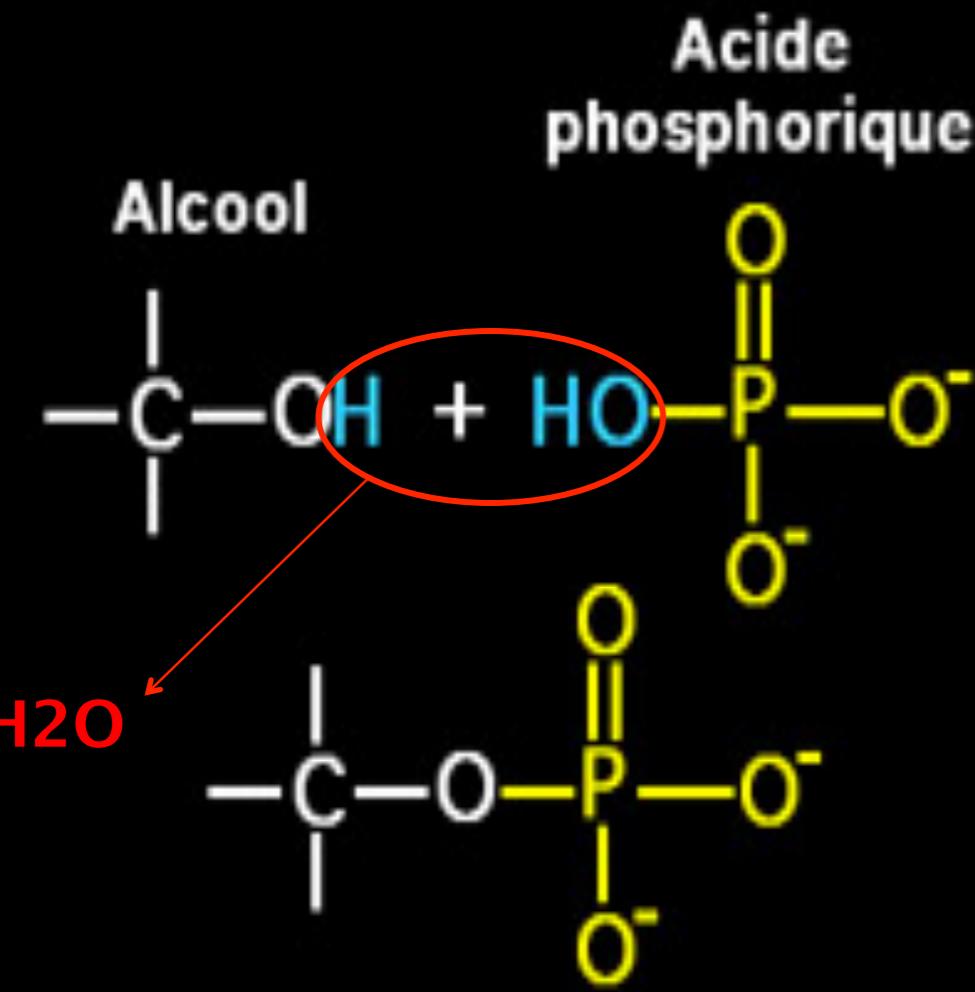
Uracile



Thymine

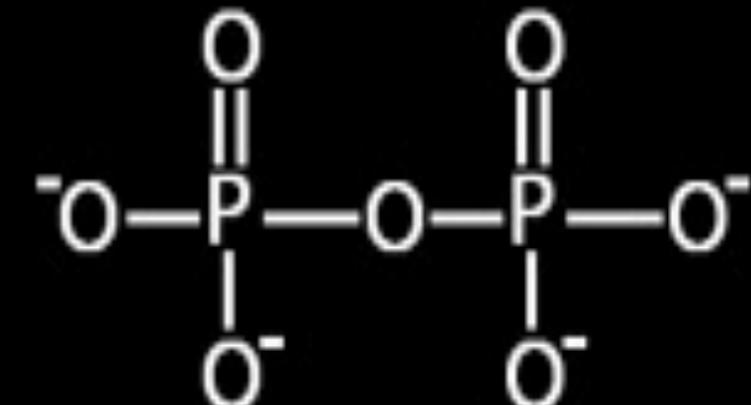


Phosphate
inorganique
= Pi

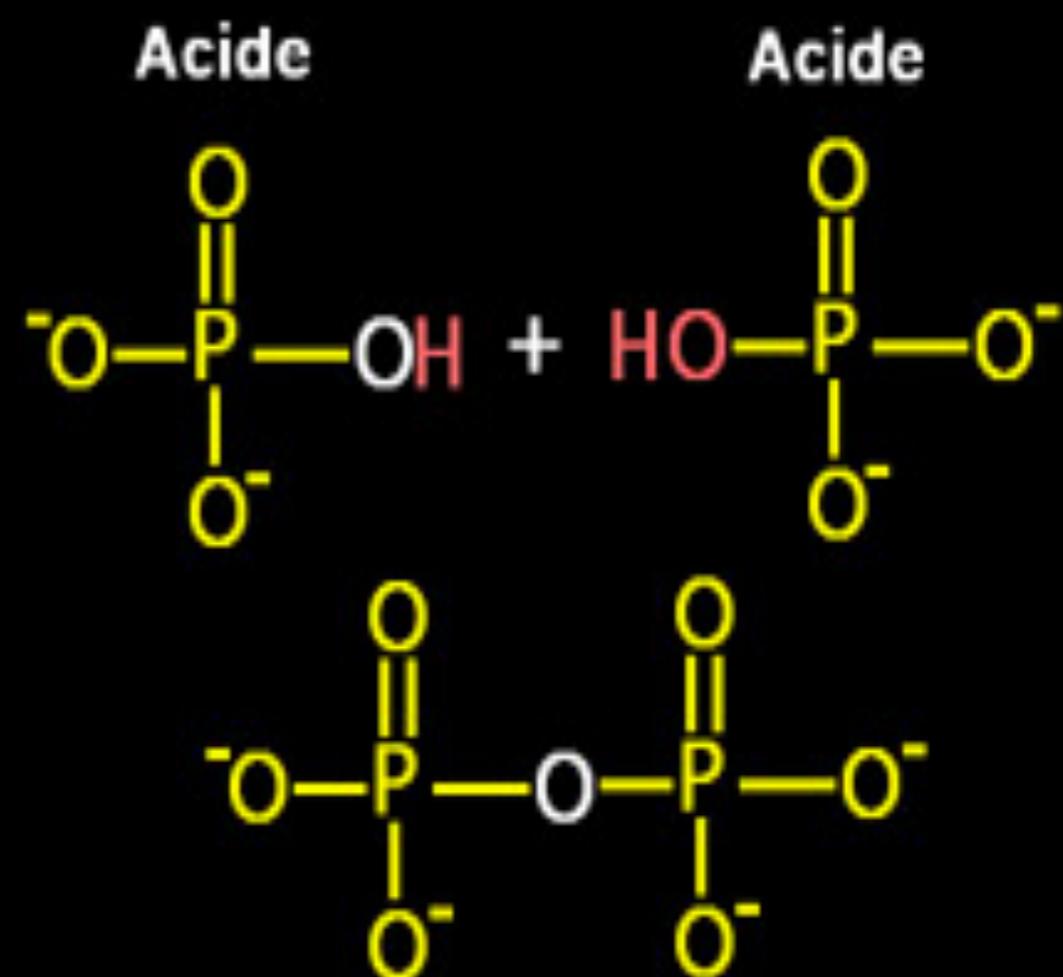


Liaison ester

Phosphates

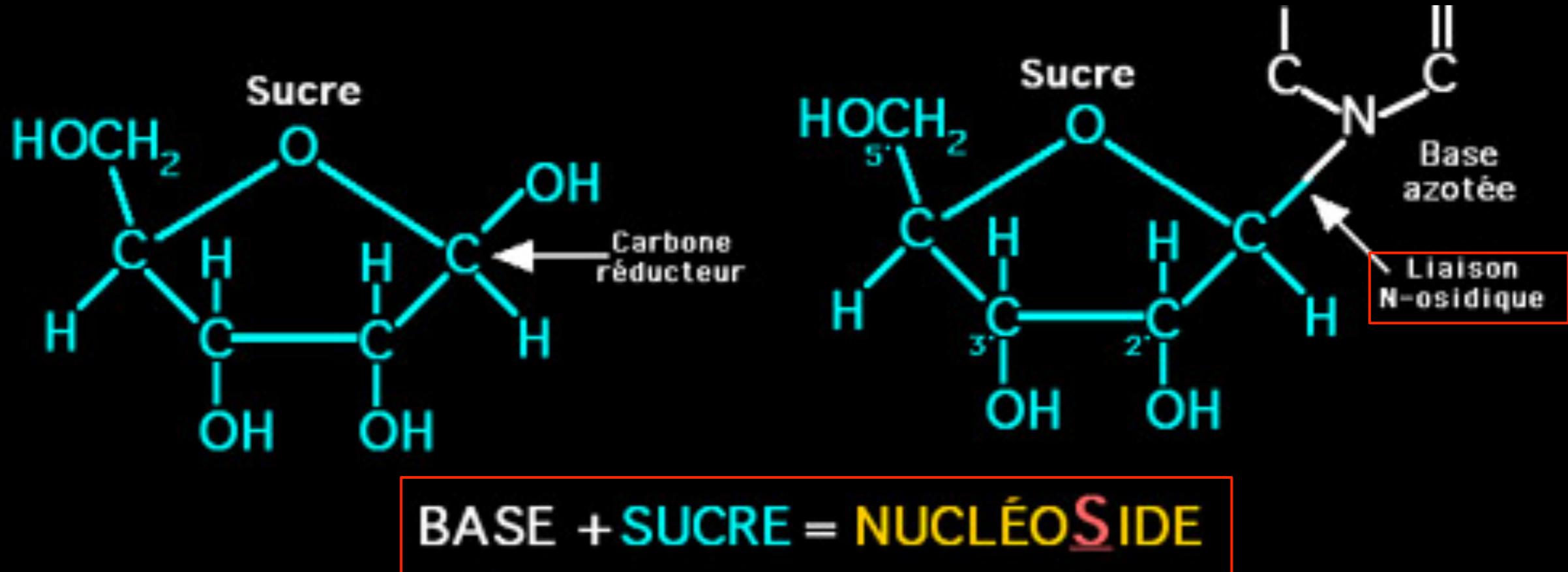


Pyrophosphate
= PPI



Liaison anhydride d'acides

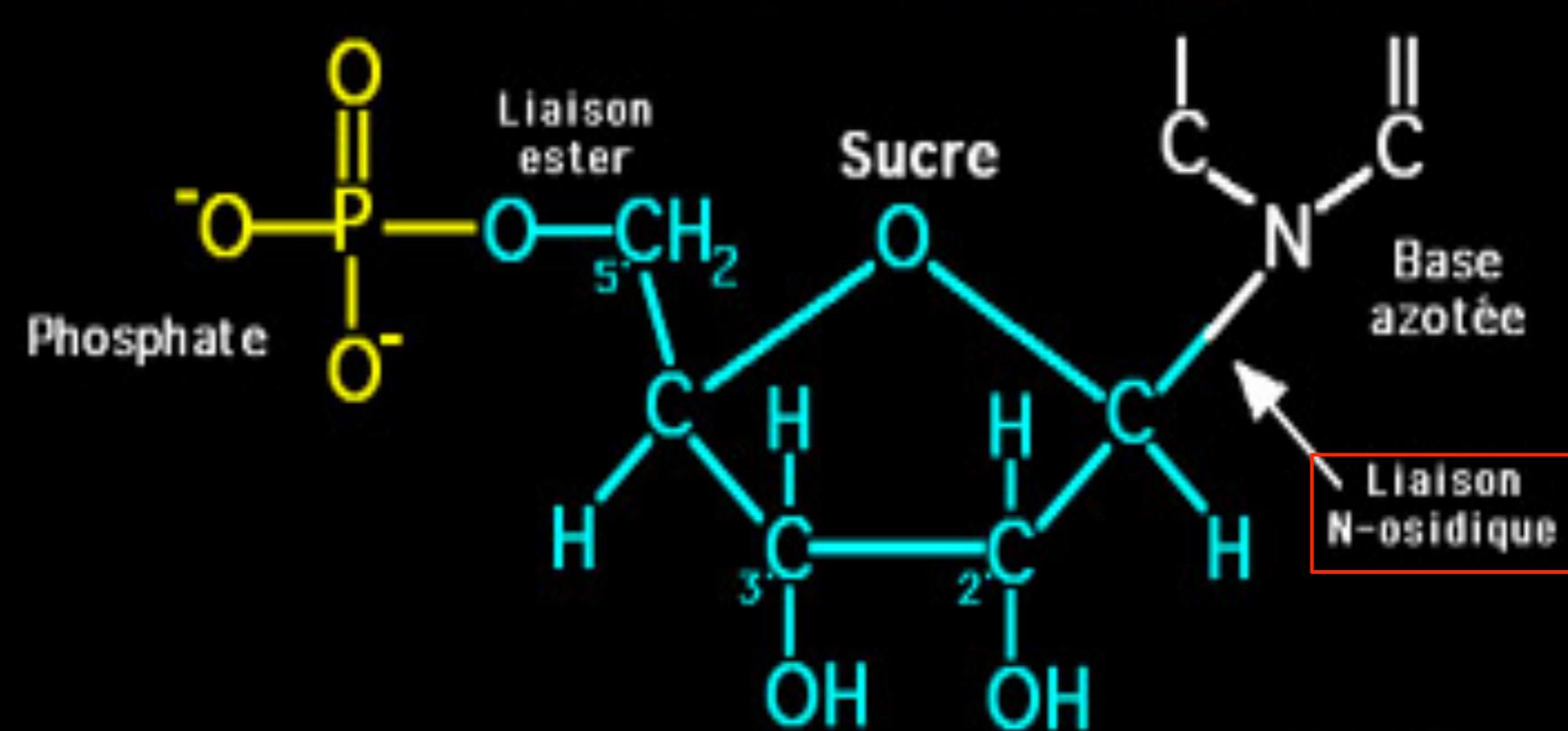
Nucléosides



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 **puriq**ue**, la liaison se fait avec le **N-9** de la base.**
- Si la base est **pyrimidiq**ue**, la liaison se fait avec le **N-1** de la base.**

Nucléotides

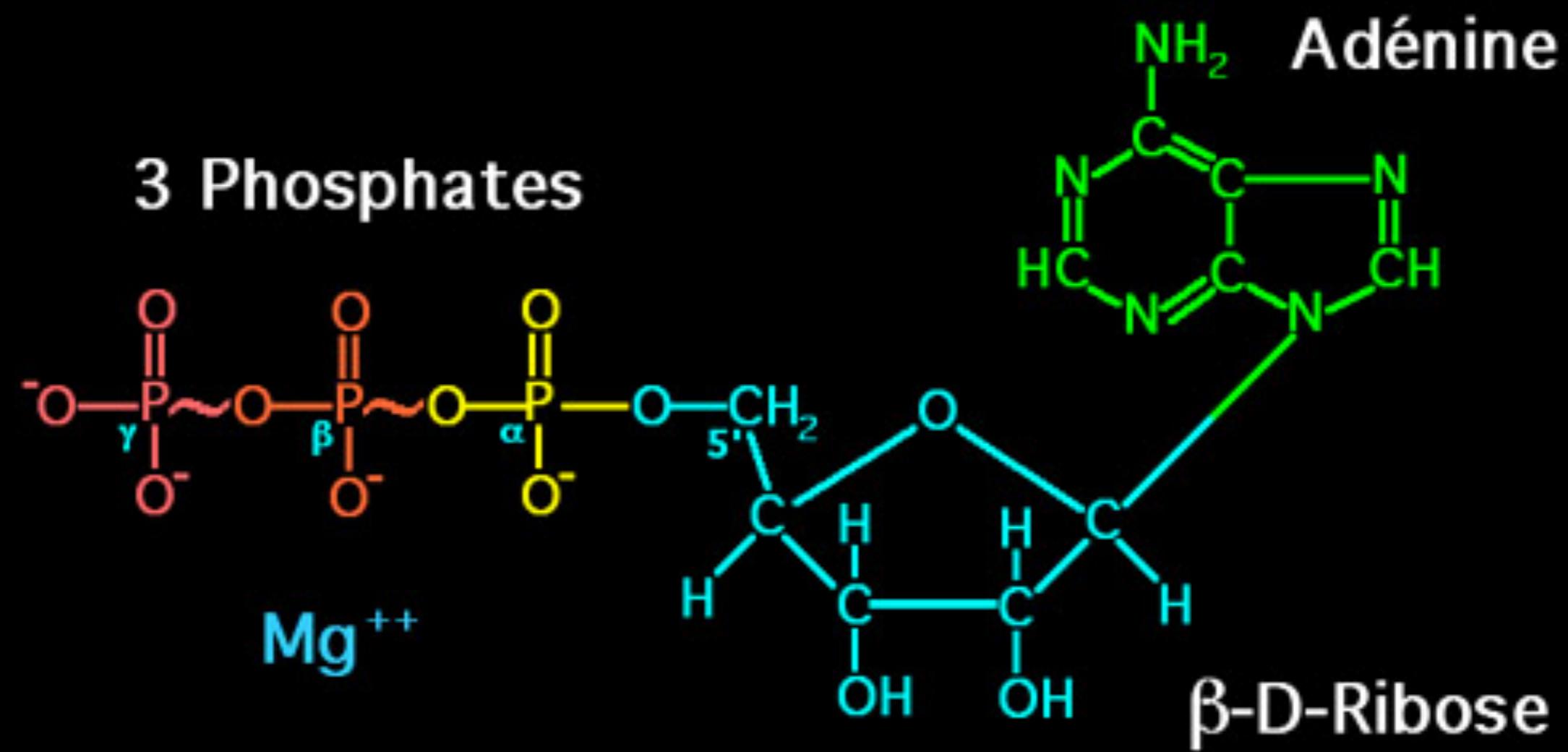


BASE + SUCRE + PHOSPHATE = NUCLÉOTIDE

Nomenclature des unités nucléotidiques

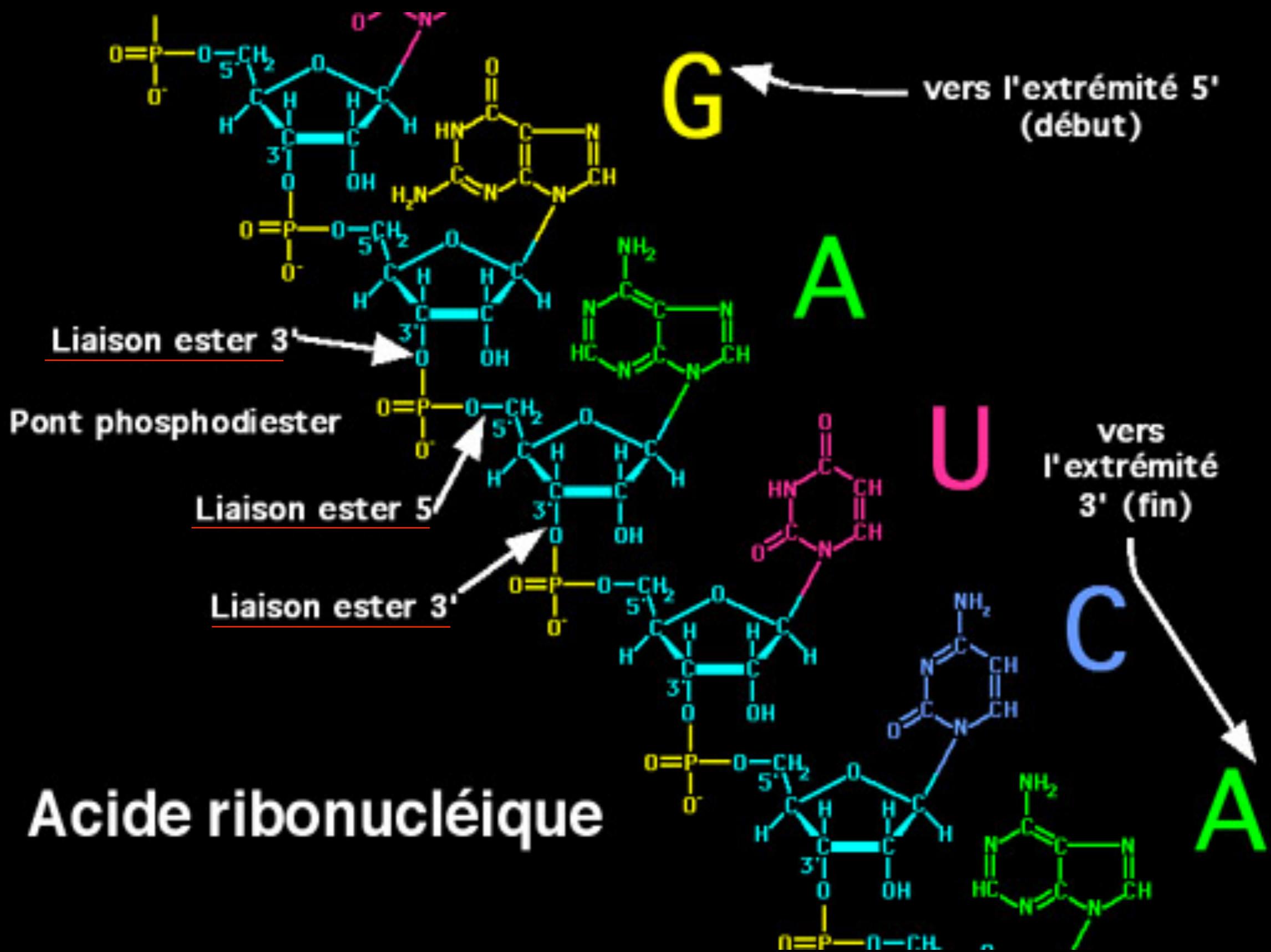
Bases	Nucléosides	Nucléosides 5'-mono, di, triphosphates	Unités nucléotidiques des acides nucléiques
A = Adénine	(désoxy-) adénosine	AMP, ADP, ATP dAMP, dADP, dATP	(d-) adénylate
G = Guanine	(désoxy-) guanosine	GMP, GDP, GTP dGMP, dGDP, dGTP	(d-) guanylate
C = Cytosine	(désoxy-) cytidine	CMP, CDP, CTP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

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



Adénosine Tri Phosphate

L'ARN est un 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** est capable de se replier sur lui-même pour former une épingle à cheveux (voir plus loin) ;
- il acquiert ainsi les caractéristiques de la **structure bicaténaire**.

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 **messager**, 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 messager

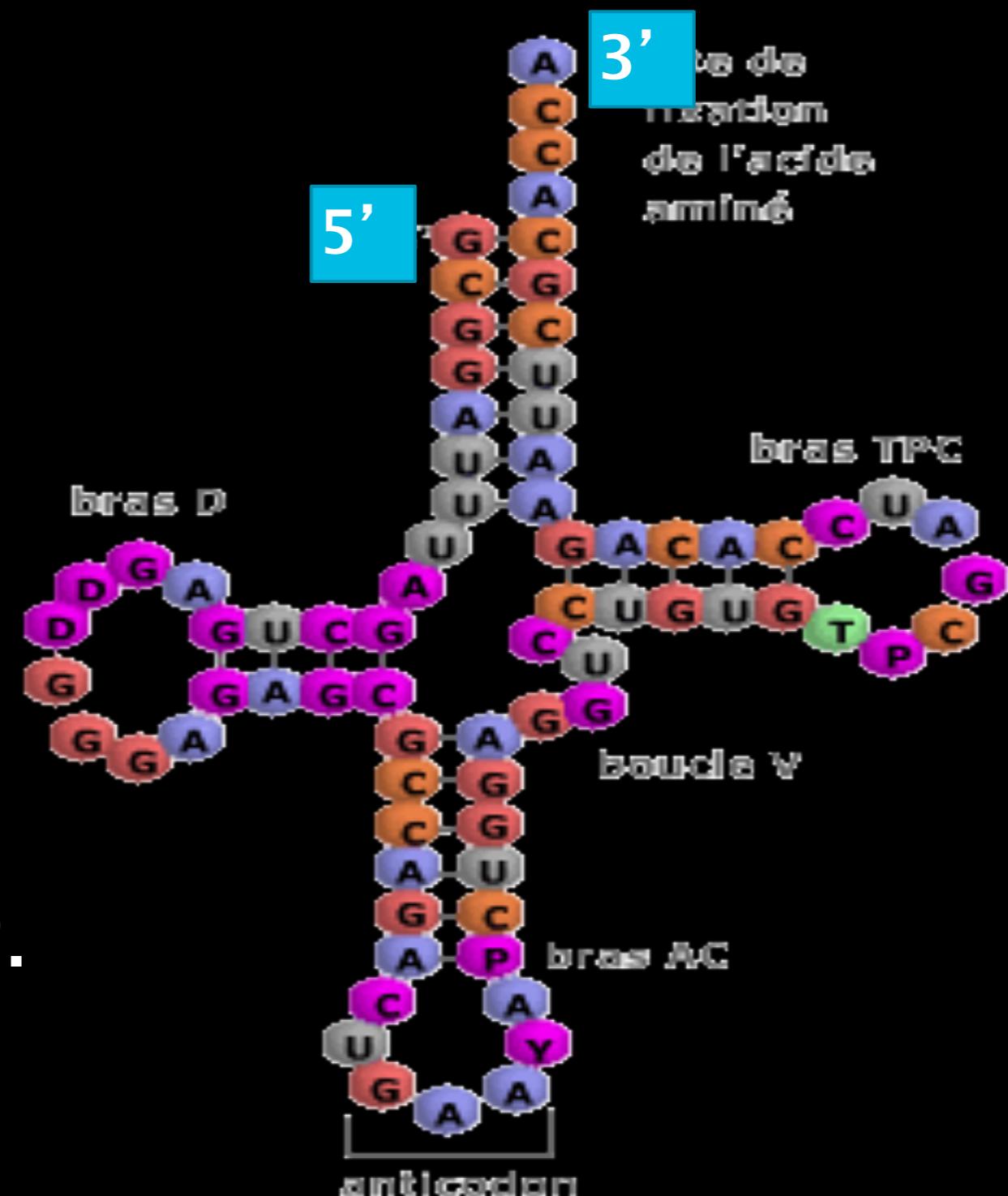
La classe de mRNA est la plus hétérogène. L'ARN messager servant de matrice pour la synthèse des protéines, la taille de la molécule dépend de la longueur de la ou des chaîne(s) polypeptidique(s) pour laquelle il code.

Les différents ARNm d'une cellule sont donc hétérogènes quant à la population de molécules qui les représentent et quant à leur séquence nucléotidique.

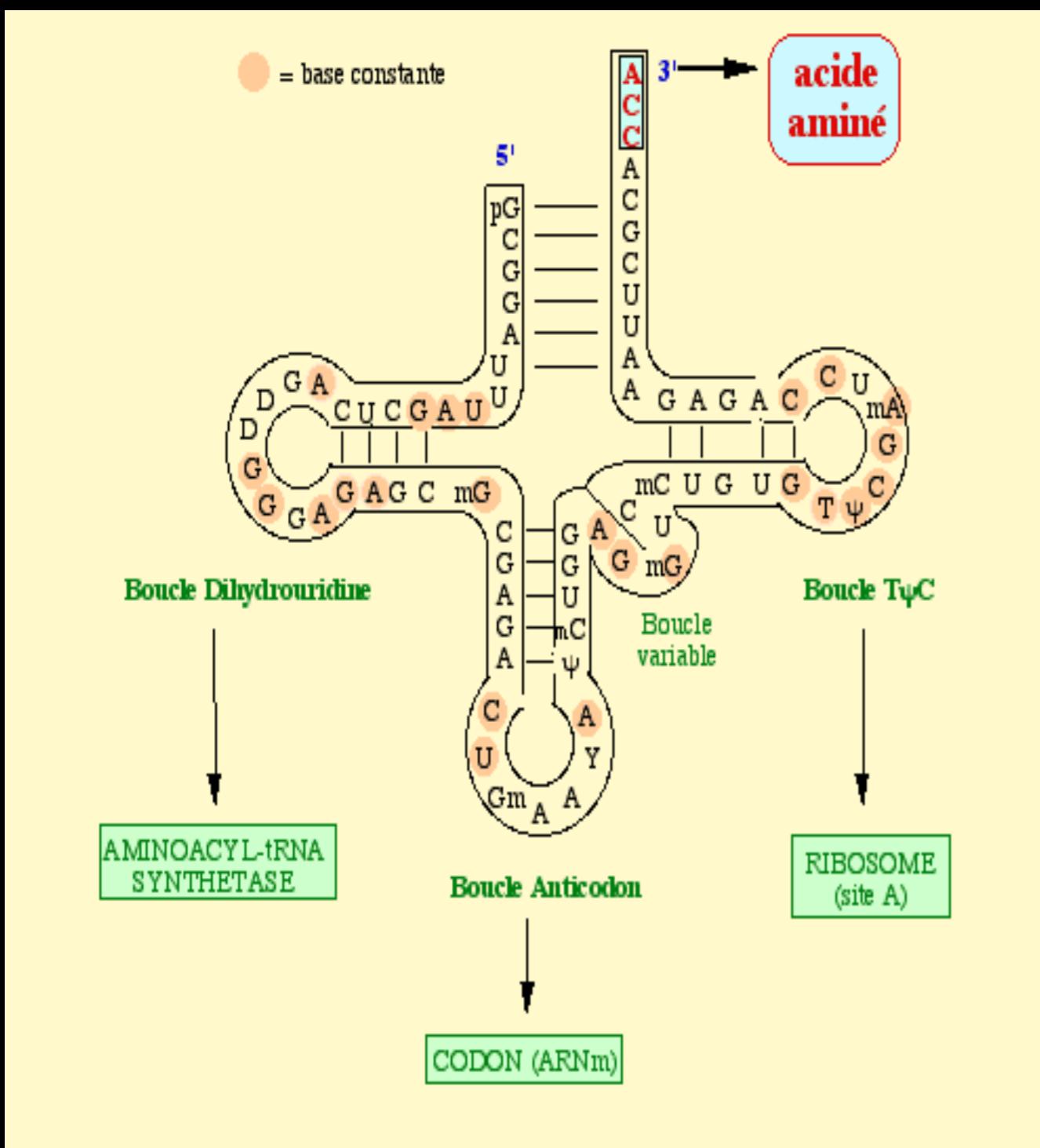
Les mRNA sont monocaténaires et complémentaires du brin moule de leurs gènes structuraux respectifs

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.



Il existe au moins 20 molécules de tRNA dans chaque cellule, une pour chacun des 20 acides aminés requis pour la synthèse des protéines.



- Même si les tRNA diffèrent les uns des autres par leurs séquences nucléotidiques, ils possèdent plusieurs caractéristiques en commun, notamment une **conformation tridimensionnelle** repliée ressemblant à une **feuille de trèfle**.
- La séquence nucléotidique de toutes les molécules de tRNA (structure I^{aire}) permet un vaste repliement dont la cohésion est assurée par **l'appariement des bases complémentaires** entre certains des résidus nucléotidiques de la même chaîne (structure II^{aire}).

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.

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 **messager**, produit de la transcription d'un gène qui porte l'information à traduire.

* Eléments minéraux

- - Les macro-éléments
- 2 types :
- Cations = ions chargés positivement : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+
- Anions = ions chargés négativement : Cl^- , PO_4^{3-} (surtout HPO_4^{2-} et H_2PO_4^-), HCO_3^- , SO_4^{2-}
- On distingue classiquement :
- Eléments majeurs :
- C, H, O, N (P, S) des molécules organiques ;
- P, S, Na, Cl, Mg, K, Ca des sels minéraux ;
- Oligoéléments
- = Eléments présents en très petites quantités dans l'organisme (cuivre, du cobalt, du manganèse, du zinc, du fer, du fluor, du silicium, du molybdène, du chlore...)