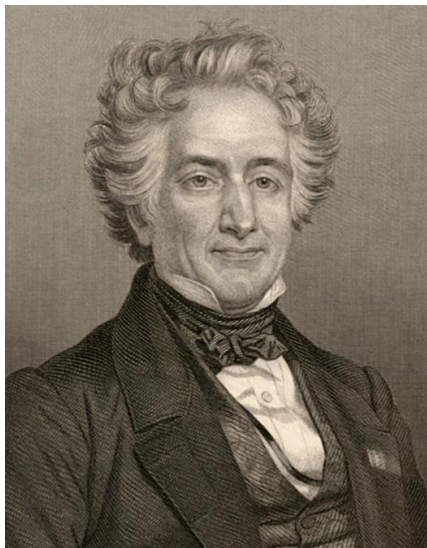


- Description et caractérisation des entités chimiques organiques -

<i>Notions et contenus</i>	<i>Capacités exigibles</i>
Familles d'entités chimiques organiques - Familles fonctionnelles en chimie organique : amine, amide, cétone, aldéhyde, alcool, thiol, ester, acide carboxylique, hémiacétal et acétal, anhydride phosphorique. - Familles d'entités chimiques intervenant dans la chimie du vivant : ◦ sucres (ou oses) et autres glucides ; ◦ acides gras, triglycérides, phosphoglycérides et autres lipides ; ◦ acides aminés, peptides et protéines ; ◦ nucléosides, nucléotides, acides nucléiques.	- Reconnaître et nommer les familles fonctionnelles présentes dans la représentation d'une entité chimique. - Reconnaître et nommer la famille à laquelle appartient une entité chimique intervenant dans la chimie du vivant.
Spectroscopies d'absorption UV-visible et infrarouge - Nature des transitions associées aux spectroscopies UV-visible et infrarouge, domaine du spectre des ondes électromagnétiques correspondant. - Transmittance, absorbance.	- Relier la longueur d'onde du rayonnement absorbé à la nature et à l'énergie de la transition associée. - Identifier, à partir du spectre infrarouge et de tables de nombres d'onde de vibration, une liaison ou un groupe caractéristique dans une entité chimique organique.
Spectroscopie de résonance magnétique nucléaire du proton - Exploitation de spectres RMN ^1H . Déplacement chimique, intégration. - Multiplicité d'un signal : couplages du premier ordre A_mX_p et $A_mM_pX_q$.	- Confirmer ou attribuer la structure d'une entité à partir de données spectroscopiques infrarouge et/ou de résonance magnétique nucléaire du proton et de tables de nombres d'onde ou de déplacements chimiques caractéristiques.

Michel-Eugène
CHEVREUL
(1786-1889)



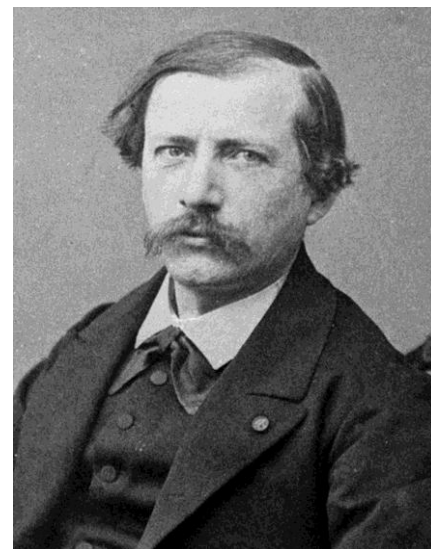
**Transformation
des corps gras en
savons**

Friedrich
WÖHLER
(1800-1882)



**Synthèse de
l'urée**

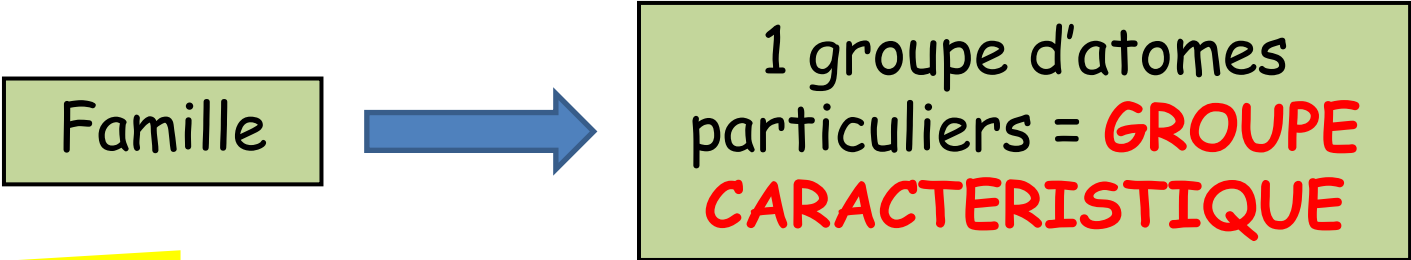
Marcelin
BERTHELOT
(1827-1907)



**Synthèse du
méthane, du
méthanol, du
benzène ...**

I- Les familles d'entités chimiques organiques

1) Familles fonctionnelles en chimie organique



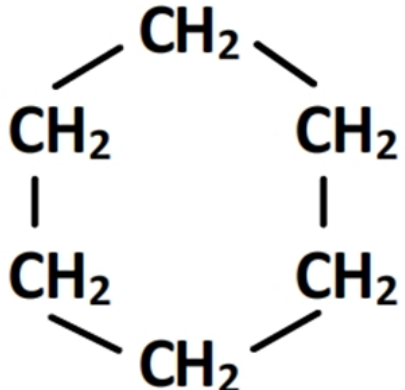
a/ Les **ALCANES** :



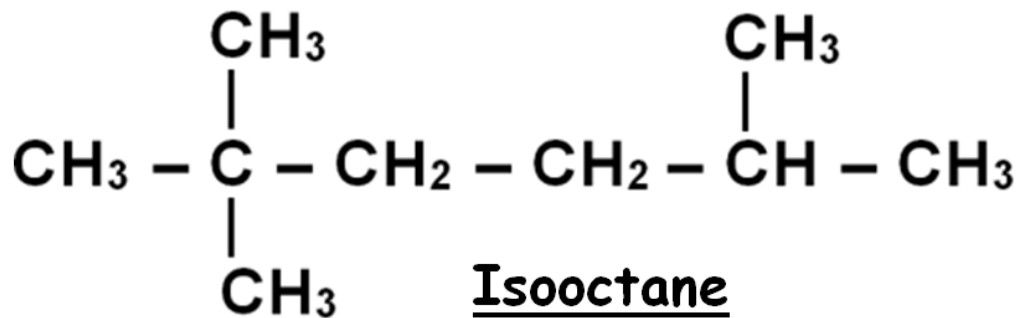
Méthane
(gaz naturel)



Butane
(gaz domestique)



Cyclohexane (solvant)



Isooctane
(carburant)

☛ Ils sont constitués **uniquement** d'atomes de **carbone** reliés par des **liaisons simples** et d'**hydrogène** (on parle d'hydrocarbures).

a/ Les **ALCANES** :

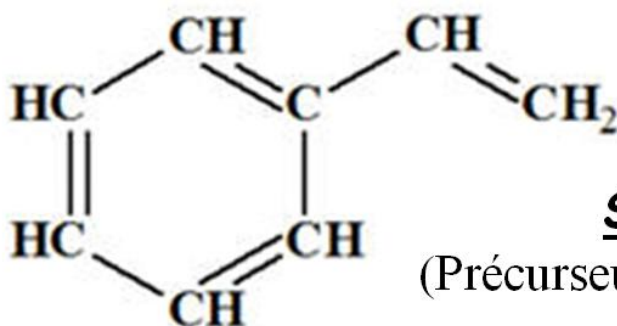
- Ils sont constitués **uniquement** d'atomes de **carbone** reliés par des **liaisons simples** et d'**hydrogène** (on parle d'**hydrocarbures**).

b/ Les **ALCENES** :



Hex-1-ène

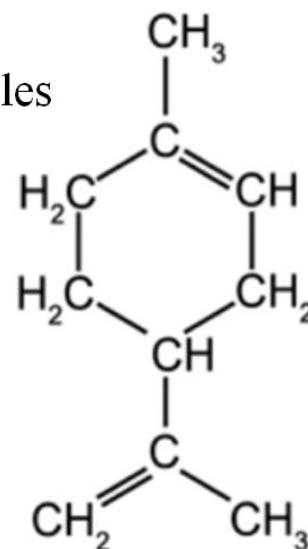
(Précurseur de lubrifiants)



Styrène

(Précurseur du polystyrène)

Limonène
(Huiles essentielles
d'agrumes)



- Ils possèdent une ou plusieurs **double(s) liaison(s) C = C**.

c/ Les **DERIVES HALOGENES** :



Iodométhane (Gaz émis par le riz)



1-chlorobutane (vermifuge)

b/ Les **ALCENES** :

☛ Ils possèdent une ou plusieurs **double(s) liaison(s) C = C**.

c/ Les **DERIVES HALOGENES** :

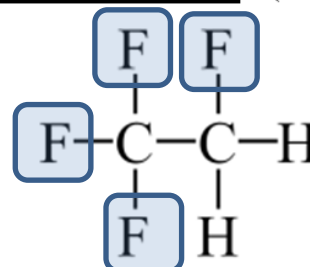


Iodométhane (Gaz émis par le riz)



1-chlorobutane (vermifuge)

1,1,1,2-tétrafluoroéthane
(Fluide réfrigérant)

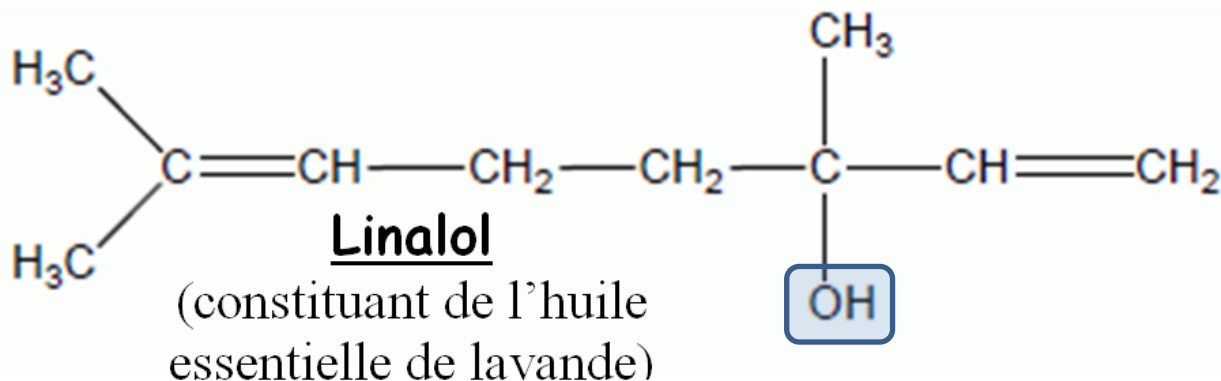


☛ Ils possèdent le groupe caractéristique **F (fluoro)**, **Cl (chloro)**, **Br (bromo)** ou **I (iodo)**.

d/ Les **ALCOOLS** :



Ethanol (alcool du vin)



c/ Les **DERIVES HALOGENES** :

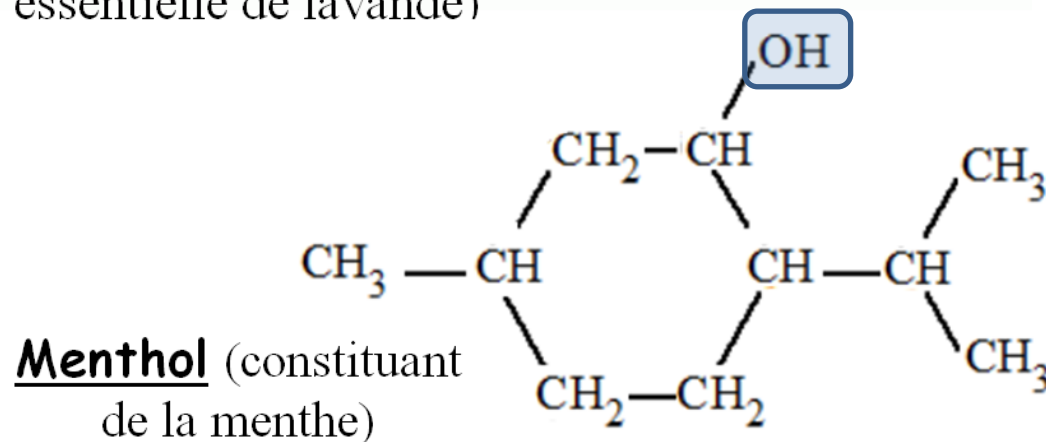
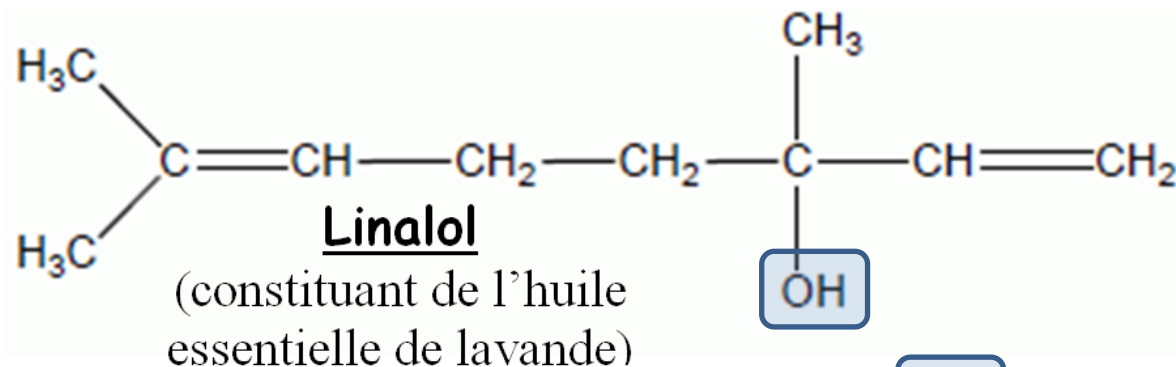
- ☛ Ils possèdent le groupe caractéristique **F (fluoro)**, **Cl (chloro)**, **Br (bromo)** ou **I (iodo)**.

d/ Les **ALCOOLS** :



Ethanol (alcool du vin)

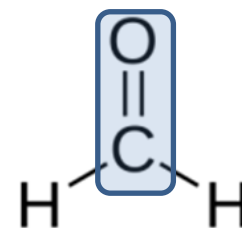
- ☛ Ils possèdent le groupe caractéristique **OH (HYDROXYLE)** attaché à un carbone ayant 4 liaisons simples.



e/ Les **ALDEHYDES** :



Hexanal (Utilisé dans l'industrie des arômes)

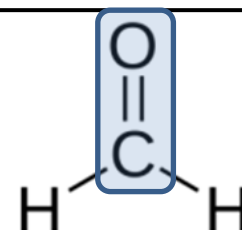
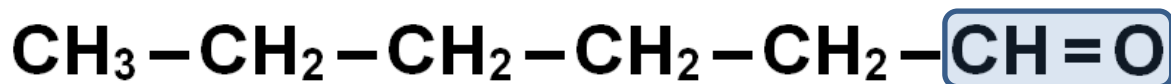


Formol (liquide de conservation des tissus utilisé en taxidermie)

d/ Les **ALCOOLS** :

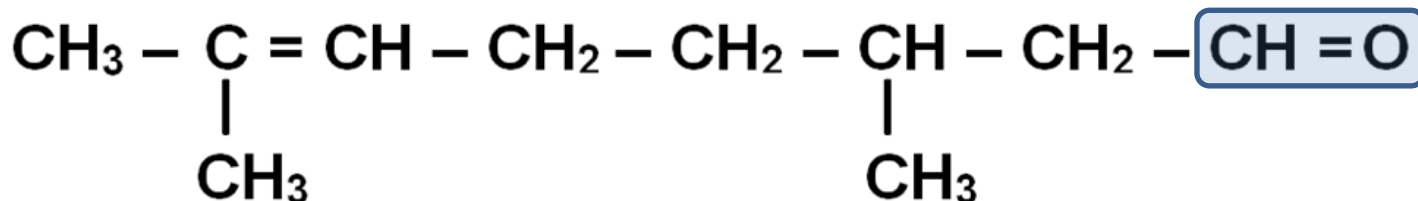
- Ils possèdent le groupe caractéristique **OH (HYDROXYLE)** attaché à un carbone ayant 4 liaisons simples.

e/ Les **ALDEHYDES** :



Hexanal (Utilisé dans l'industrie des arômes)

Formol (liquide de conservation des tissus utilisé en taxidermie)

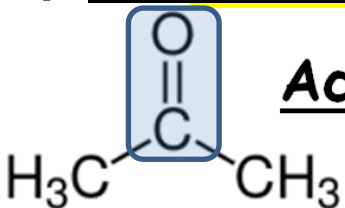


Citronellal

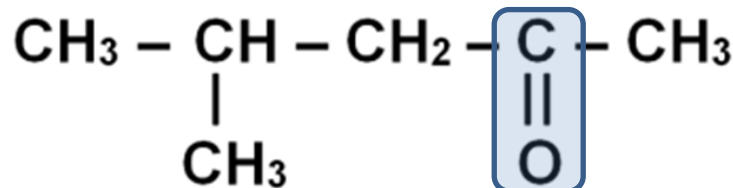
(constituant de l'huile essentielle de citronnelle)

- Ils possèdent le groupe caractéristique **C=O (CARBONYLE)** à l'extrémité d'une chaîne carbonée.

f/ Les **CETONES** :



Acétone (Solvant)

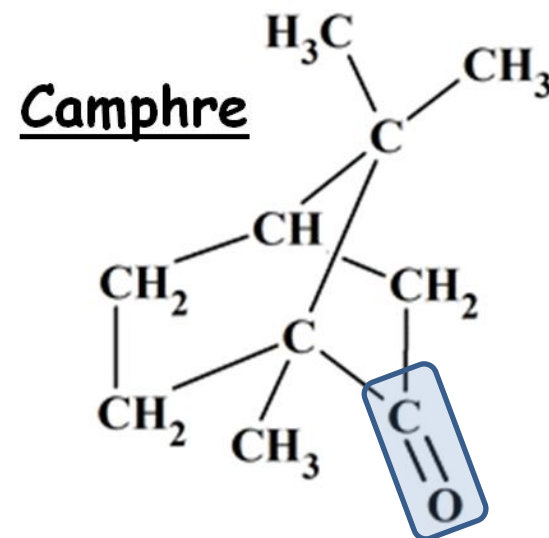
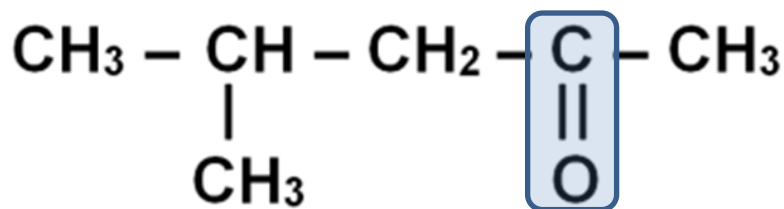
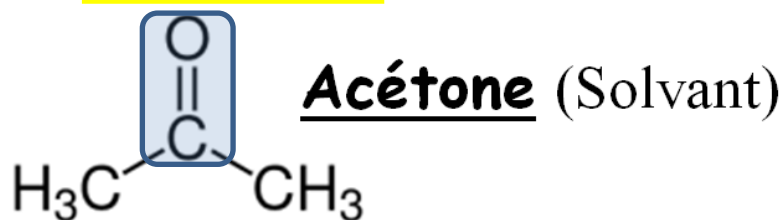


Méthylisobutylcétone (Solvant pour vernis et peintures)

e/ Les **ALDEHYDES** :

- Ils possèdent le groupe caractéristique **C=O (CARBONYLE)** à l'extrémité d'une chaîne carbonée.

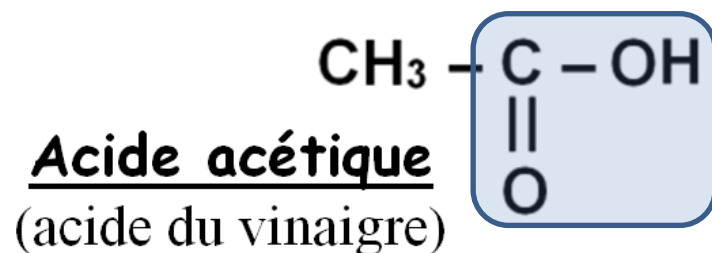
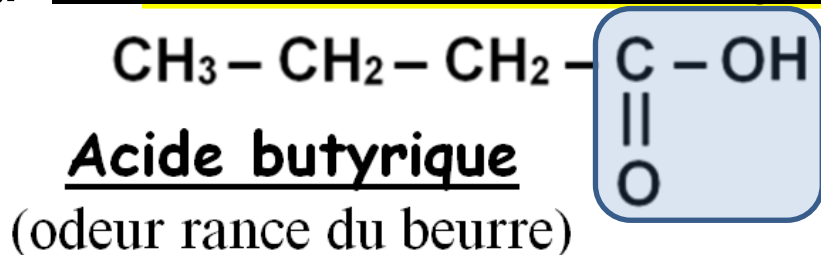
f/ Les **CETONES** :



Méthylisobutylcétone (Solvant pour vernis et peintures)

- Elles possèdent le groupe caractéristique **C=O (CARBONYLE)** « coincé » entre deux atomes de carbone.

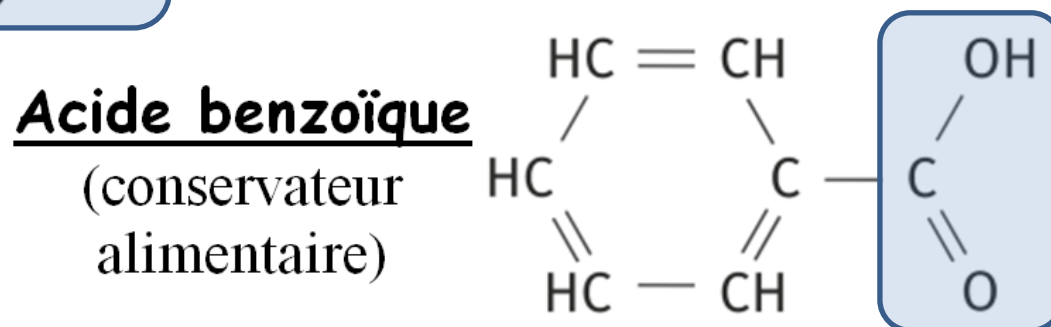
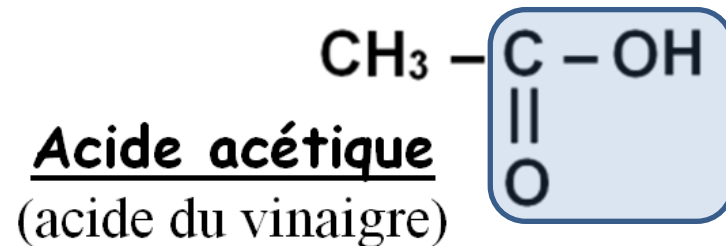
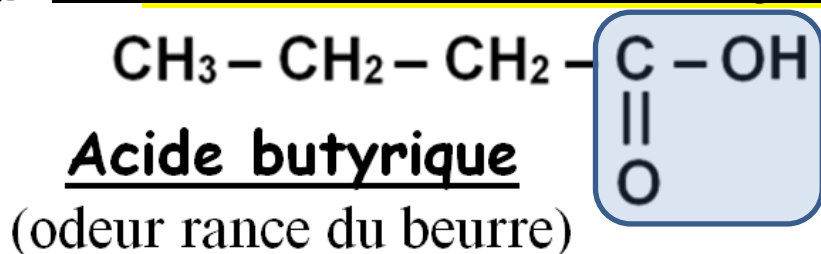
g/ Les **ACIDES CARBOXYLIQUES** :



f/ Les **CETONES** :

- Elles possèdent le groupe caractéristique **C=O** (**CARBONYLE**) « coincé » entre deux atomes de carbone.

g/ Les **ACIDES CARBOXYLIQUES** :



- Ils possèdent le groupe caractéristique **COOH** (**CARBOXYLE**)

h/ Les **AMINES** :



Cadaverine (produit lors de la putréfaction d'animaux et de végétaux)

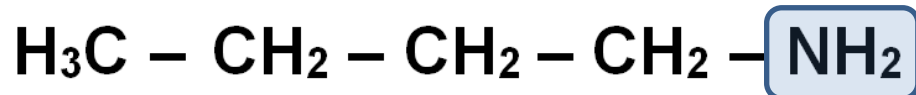
Butan-1-amine



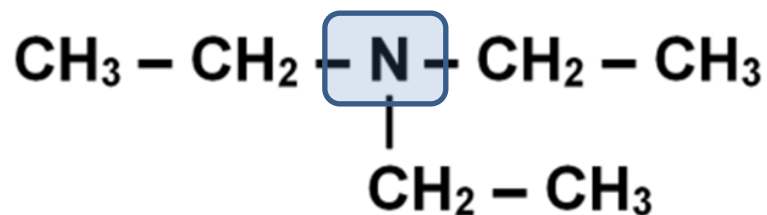
g/ Les **ACIDES CARBOXYLIQUES** :

☛ Ils possèdent le groupe caractéristique **COOH** (**CARBOXYLE**)

h/ Les **AMINES** :



Butan-1-amine (précurseur de
pesticide et de médicaments)



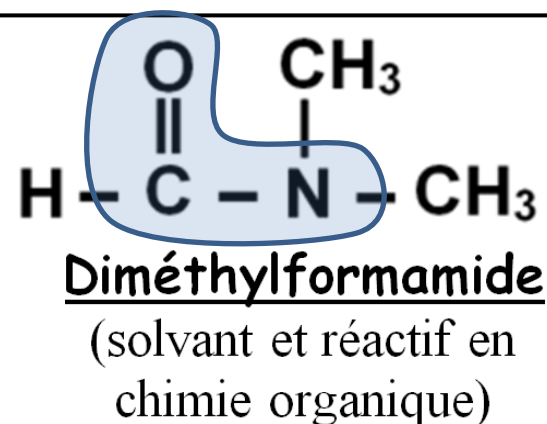
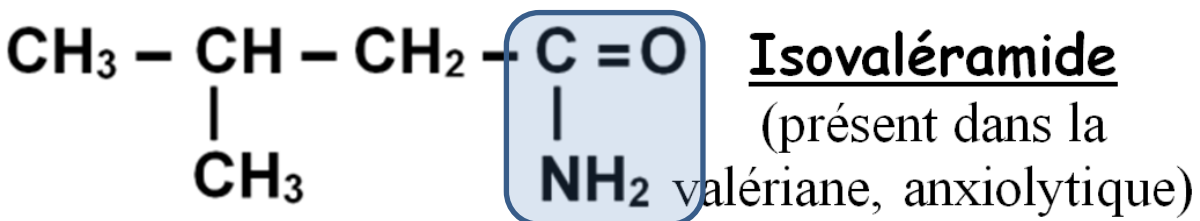
Triéthylamine (solvant)



Cadaverine (produit lors de la putréfaction
d'animaux et de végétaux)

☛ Elles possèdent le groupe caractéristique **NH₂** (**AMINO**) pour lequel les atomes d'hydrogène peuvent être remplacés par des chaînes carbonées.

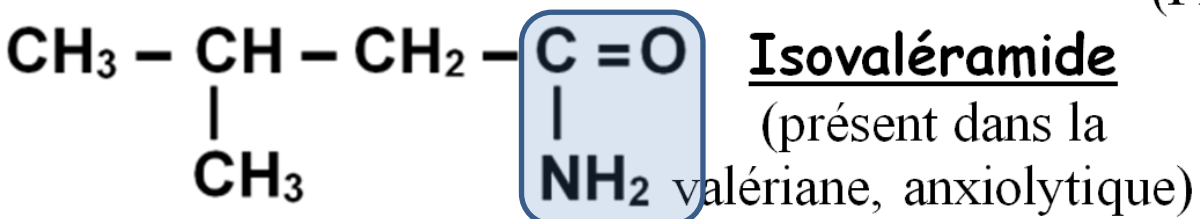
i/ Les **AMIDES** :



h/ Les AMINES :

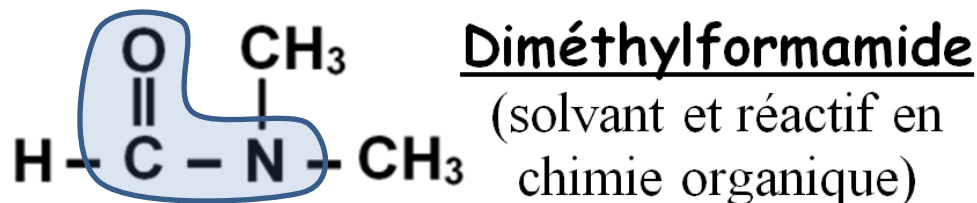
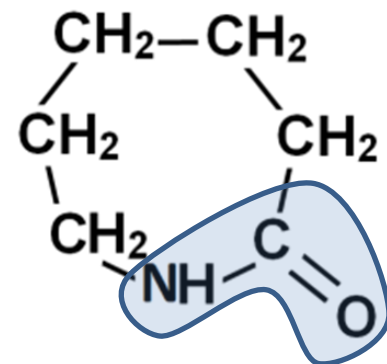
- Elles possèdent le groupe caractéristique **NH₂** (**AMINO**) pour lequel les atomes d'hydrogène peuvent être remplacés par des chaînes carbonées.

i/ Les AMIDES :



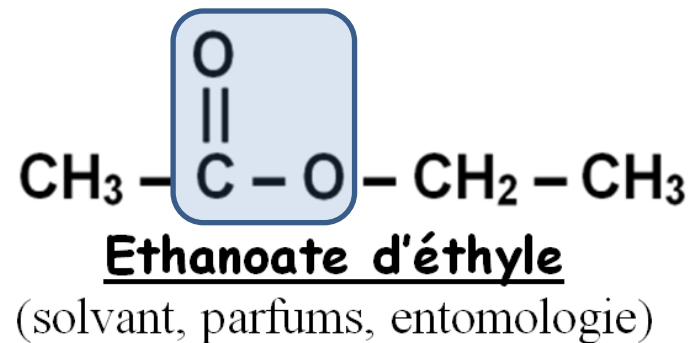
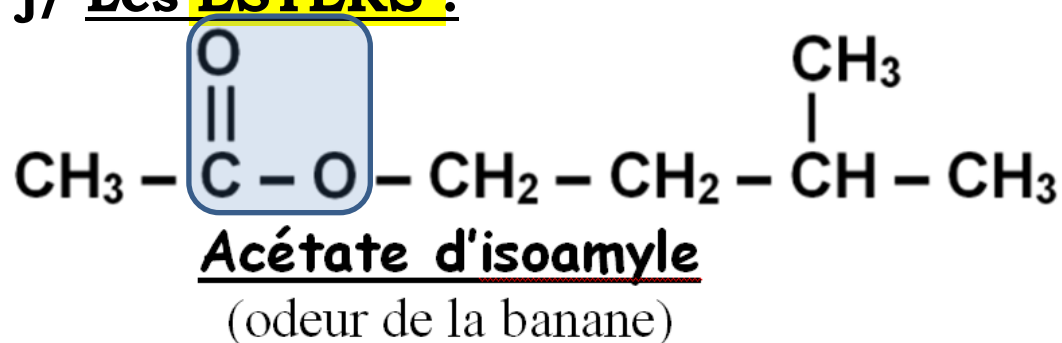
Caprolactame

(Précurseur du nylon)



- Elles possèdent le groupe caractéristique **CONH₂** (**AMIDO**) pour lequel les atomes d'hydrogène peuvent être remplacés par des chaînes carbonées.

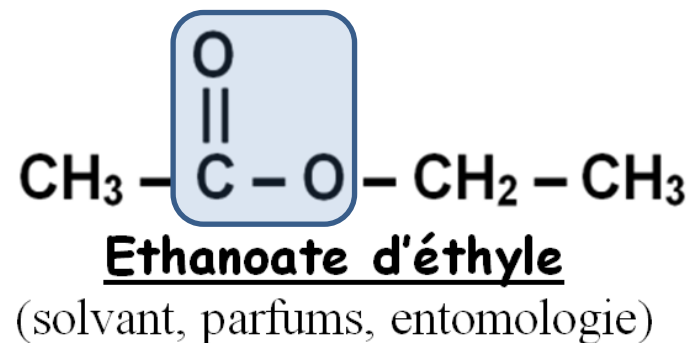
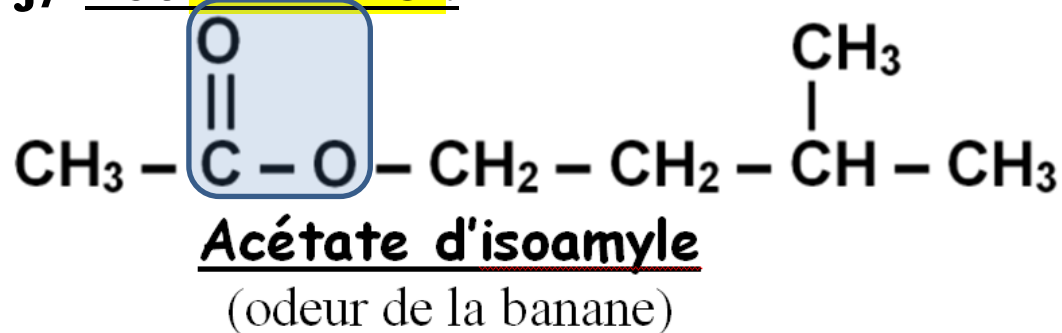
j/ Les ESTERS :



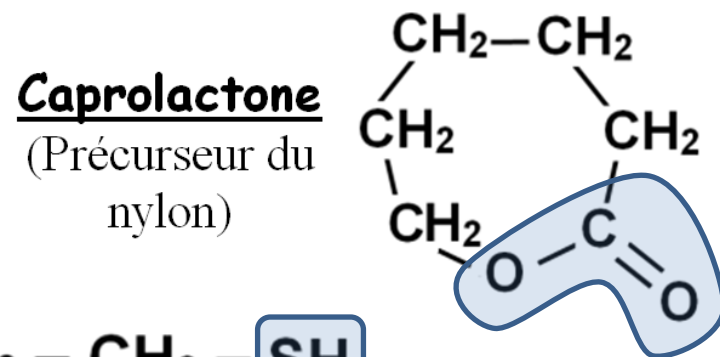
i/ Les **AMIDES** :

- Elles possèdent le groupe caractéristique **CONH₂** (**AMIDO**) pour lequel les atomes d'hydrogène peuvent être remplacés par des chaînes carbonées.

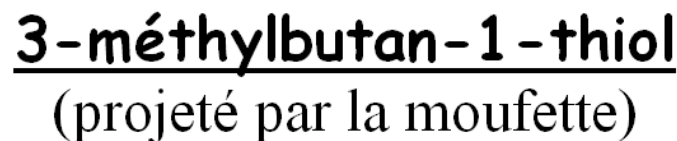
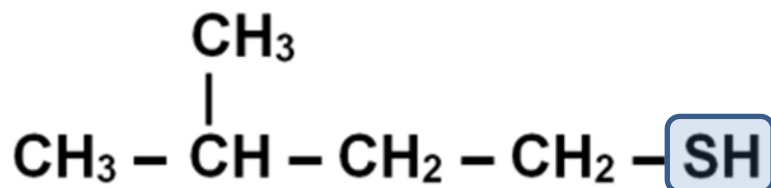
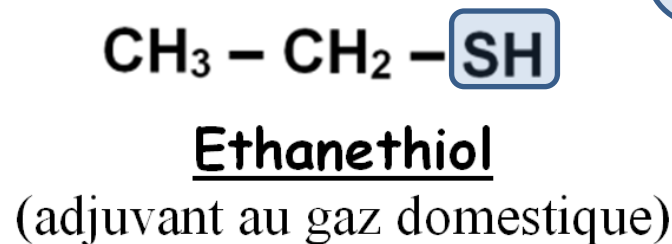
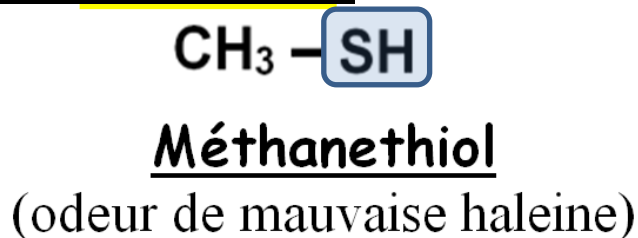
j/ Les **ESTERS** :



- Ils possèdent le groupe caractéristique **COOR** (**ESTER**) avec **R ≠ H**.



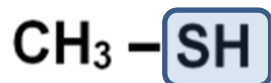
k/ Les **THIOLS** :



j/ Les **ESTERS** :

☛ Ils possèdent le groupe caractéristique **COOR** (**ESTER**) avec $R \neq H$.

k/ Les **THIOLS** :



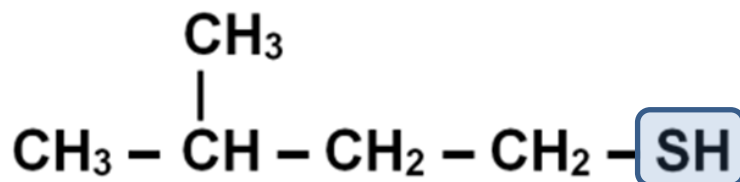
Méthanethiol

(odeur de mauvaise haleine)



Ethanethiol

(adjuvant au gaz domestique)



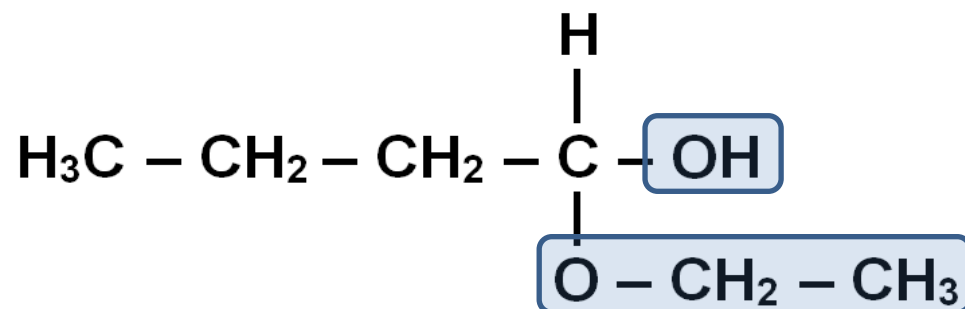
3-méthylbutan-1-thiol

(projeté par la moufette)

☛ Ils possèdent le groupe caractéristique **SH** (**SULFHYDRILE**).

l/ Les **HEMIACETALS** :

☛ Ils portent les groupes d'atomes **OH** et **OR** sur le même atome de carbone.

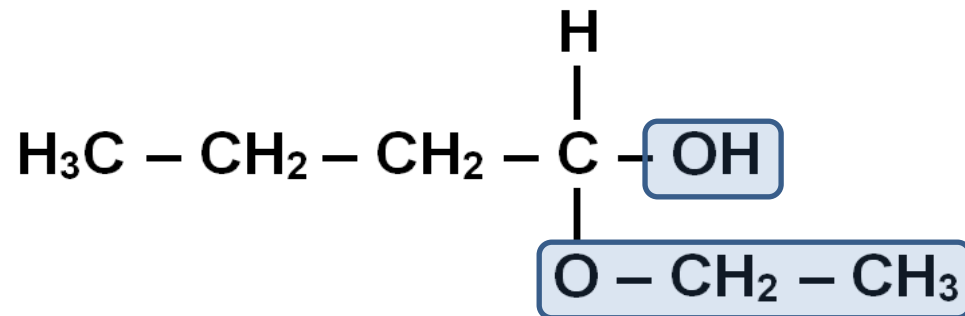


k/ Les **THIOLS** :

- ☛ Ils possèdent le groupe caractéristique **SH** (**SULFHYDRILE**).

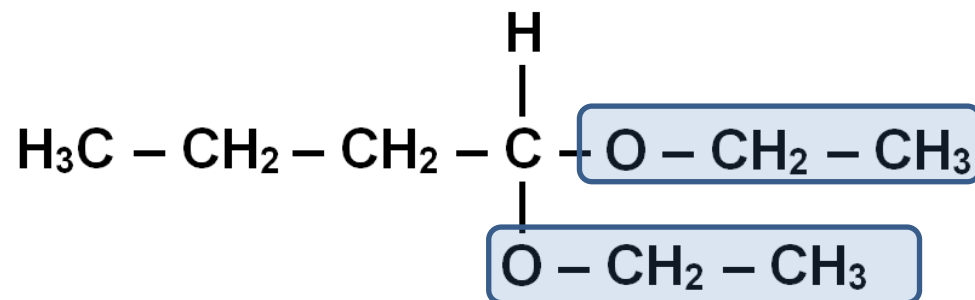
1/ Les **HEMIACETALS** :

- ☛ Ils portent les groupes d'atomes **OH** et **OR** sur le même atome de carbone.



m/ Les **ACETALS** :

- ☛ Ils portent les groupes d'atomes **OR** et **OR'** sur le même atome de carbone.



2) Familles d'entités chimiques dans la chimie du vivant

a/ Les **GLUCIDES** :

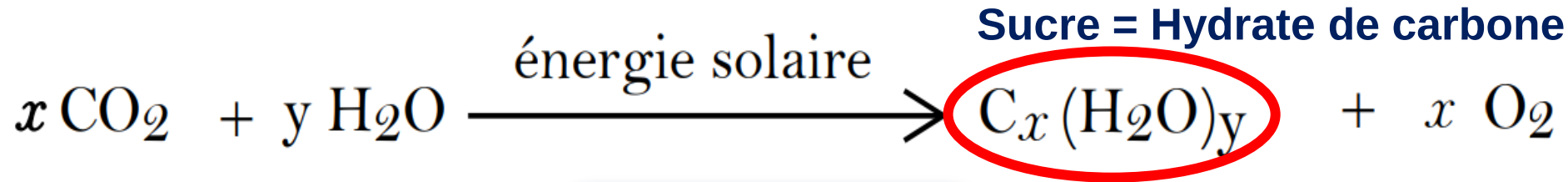
Source d'énergie de l'organisme

- ☛ Les glucides sont aussi appelés **SUCRES**. Leur nom se termine en général par le suffixe « **-ose** ».

a/ **Les GLUCIDES :**

☛ Les glucides sont aussi appelés **SUCRES**. Leur nom se termine en général par le suffixe « **-ose** ».

Fabriqués au cours de la **PHOTOSYNTHESE**

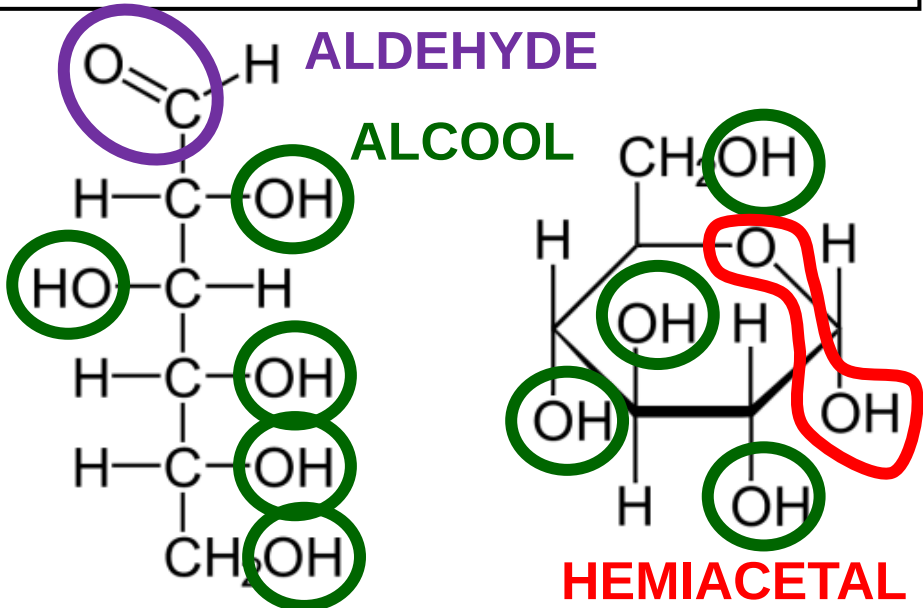


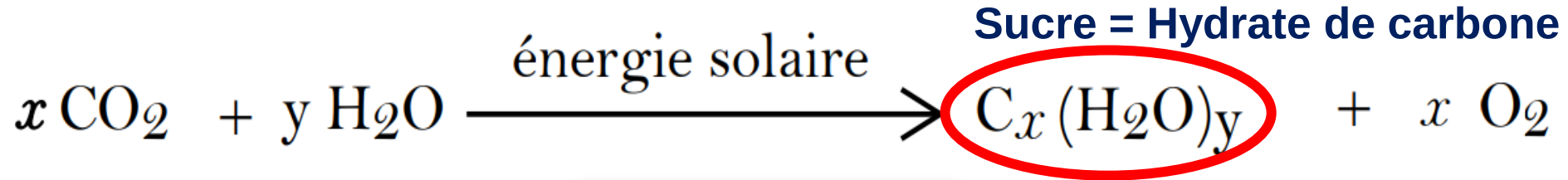
Les OSES

☛ Les oses sont les sucres **non hydrolisables**.

Ces sucres contiennent **entre 3 et 7 atomes de carbone** et appartiennent soit à la famille des aldéhydes (**aldoses**) ou des cétones (**cétoses**).

GLUCOSE (formes linéaire et cyclique) ➡

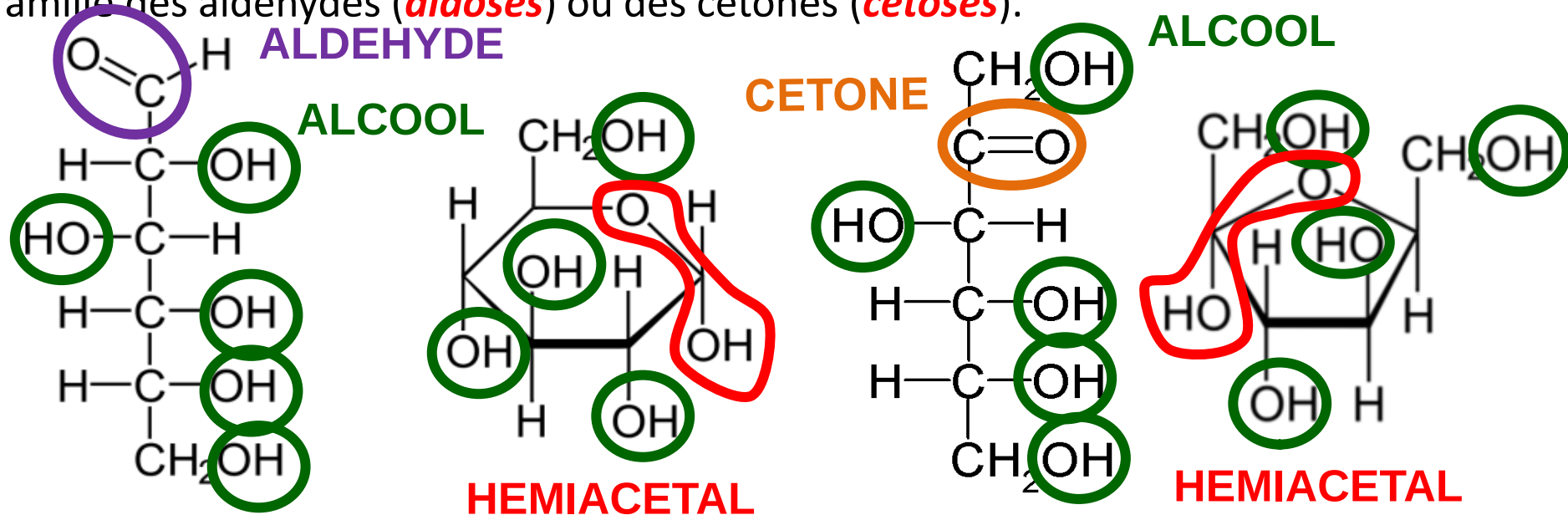




Les OSES

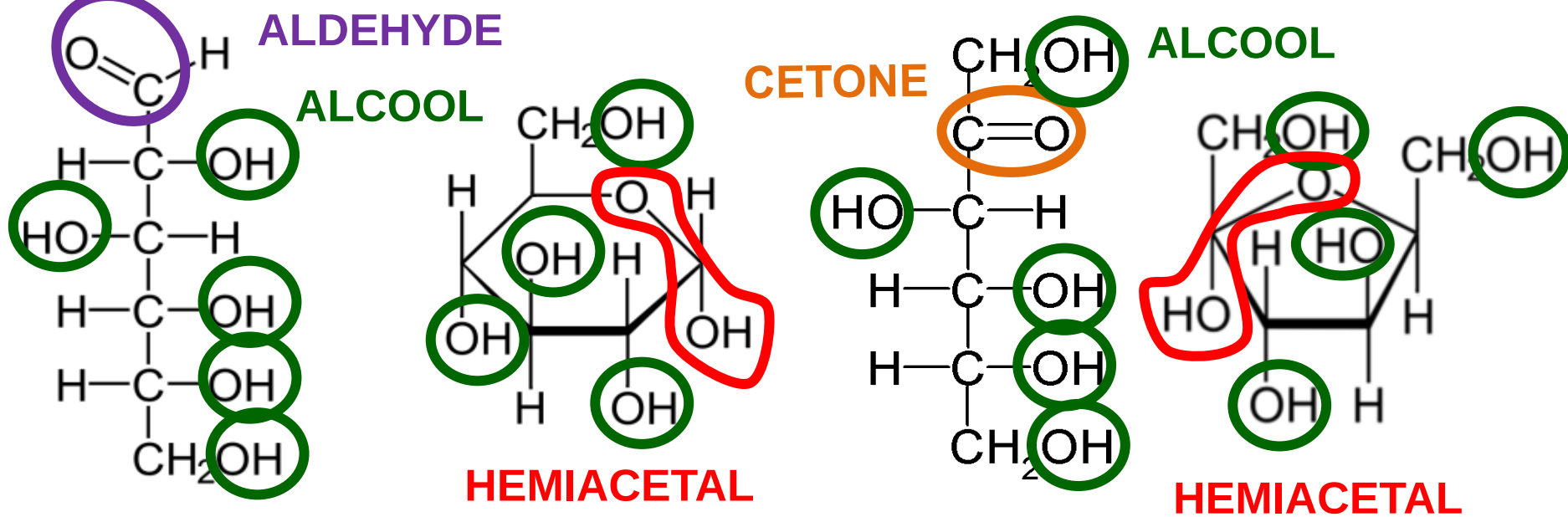
☛ Les oses sont les sucres non hydrolisables.

Ces sucres contiennent **entre 3 et 7 atomes de carbone** et appartiennent soit à la famille des aldéhydes (**aldoses**) ou des cétones (**cétoses**).



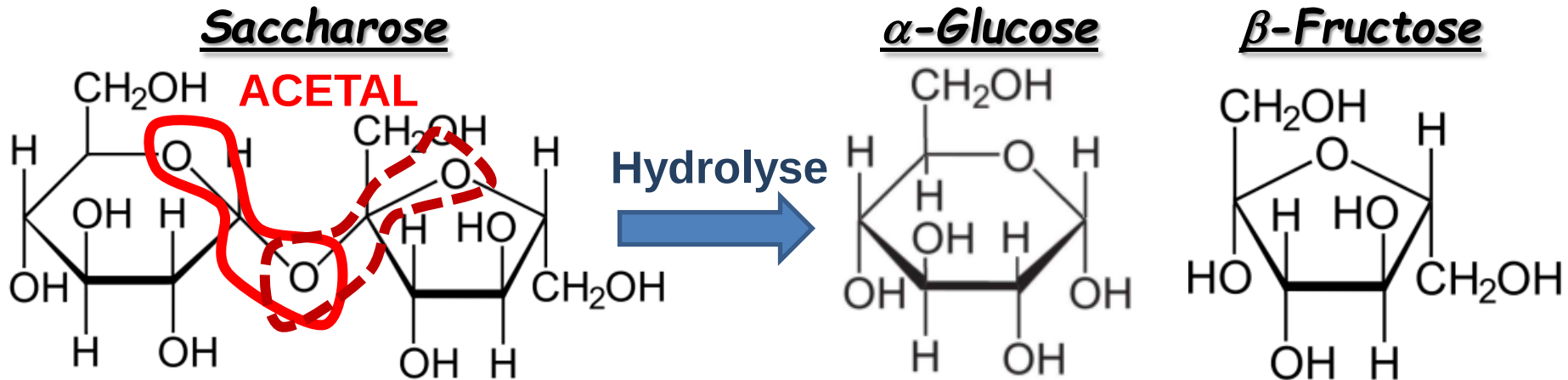
GLUCOSE (formes linéaire et cyclique)

FRUCTOSE (formes linéaire et cyclique)



Les OSIDES

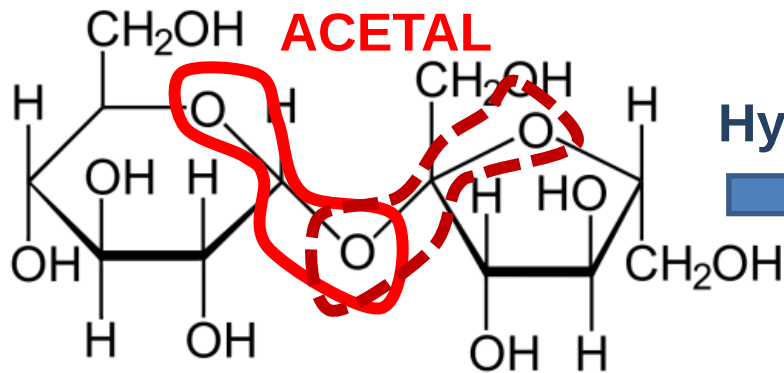
- Les osides sont les sucres **hydrolisables** : ils sont formés de *plusieurs oses qui sont libérés lors de l'hydrolyse*.



Les OSIDES

- Les osides sont les sucres **hydrolisables** : ils sont formés de *plusieurs oses qui sont libérés lors de l'hydrolyse*.

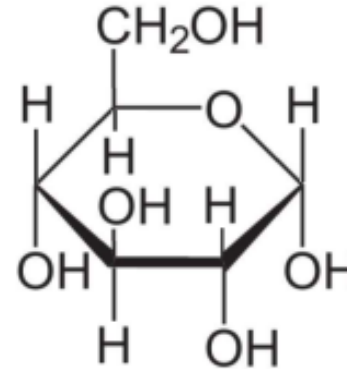
Saccharose



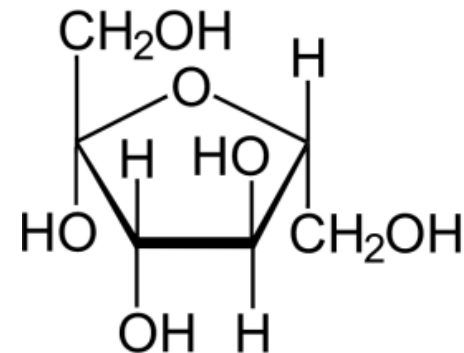
Hydrolyse



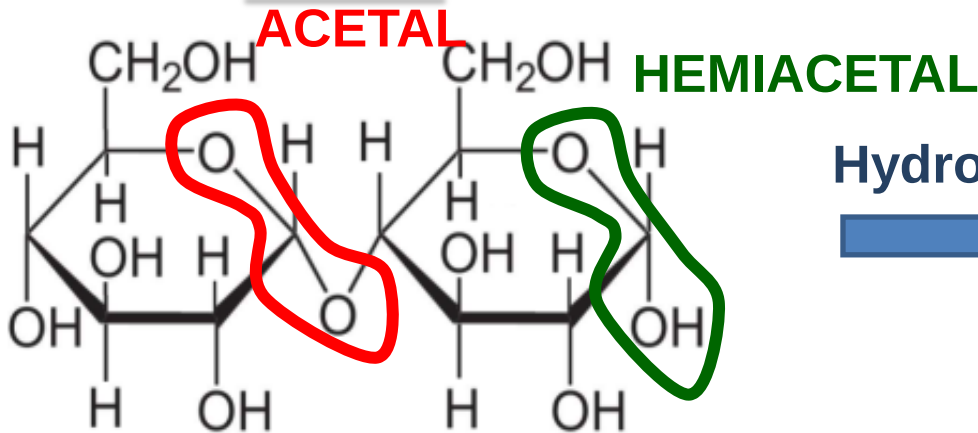
α -Glucose



β -Fructose



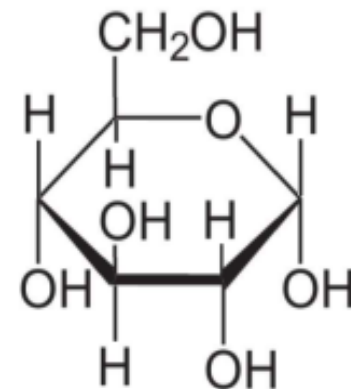
Maltose



Hydrolyse

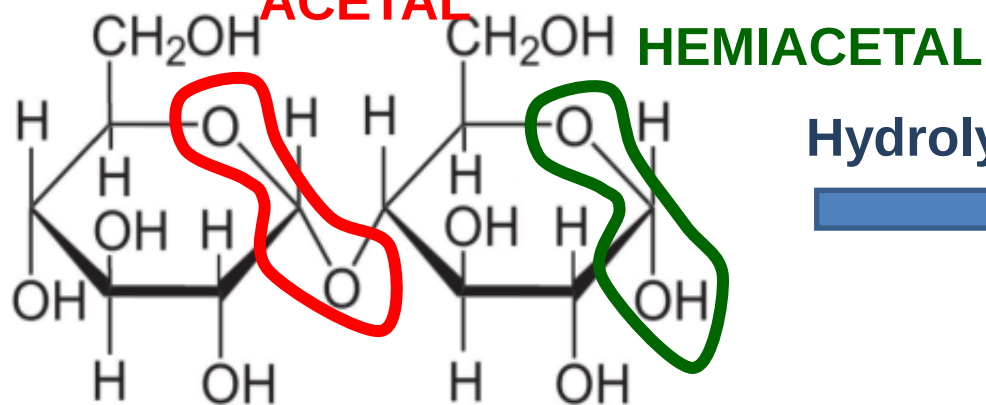


α -Glucose

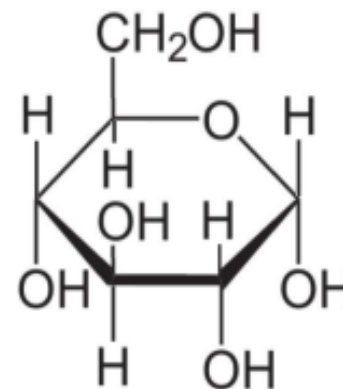


Maltose

ACETAL

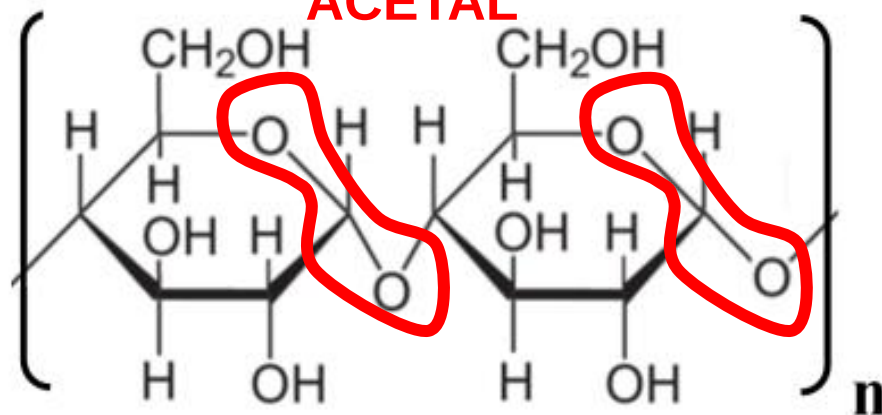


α -Glucose

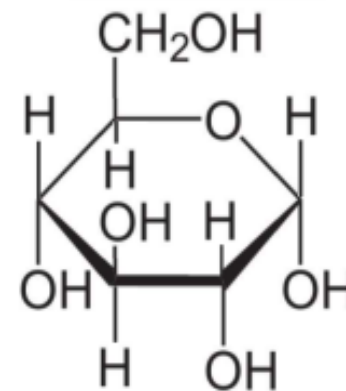


Amylose

ACETAL

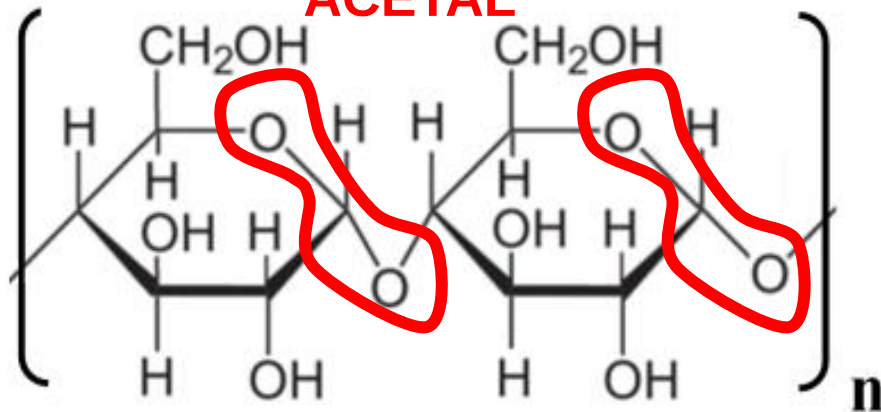


α -Glucose



Amylose

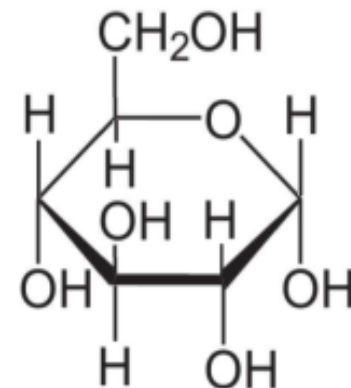
ACETAL



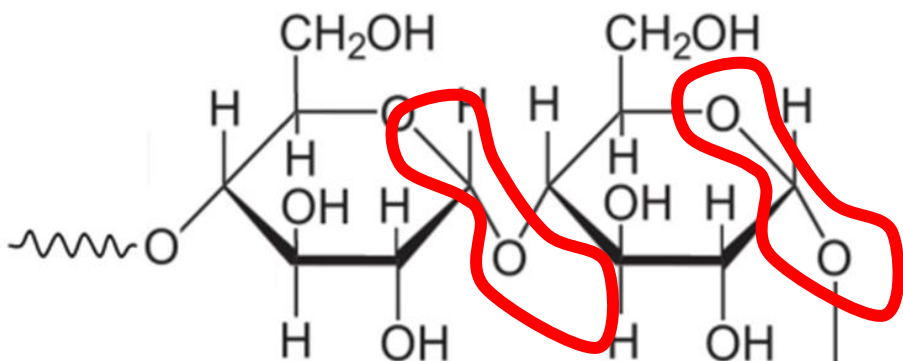
Hydrolyse



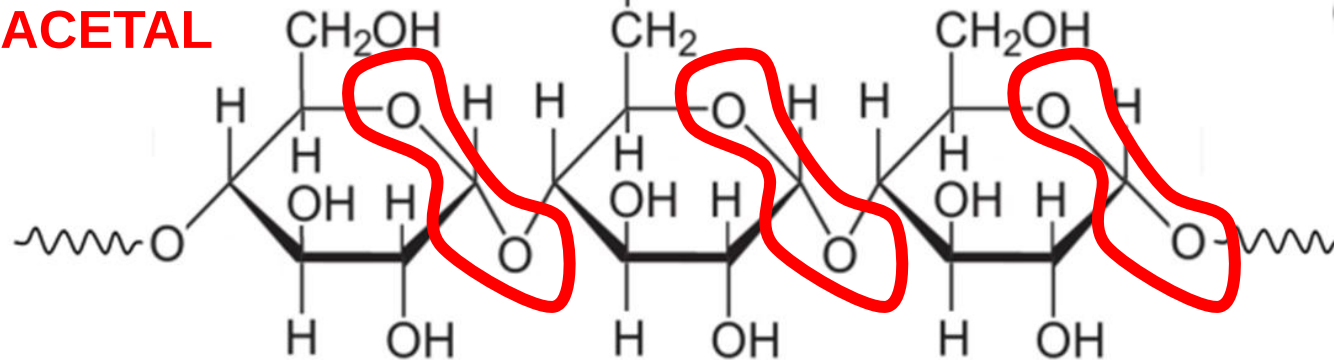
α -Glucose



Amylopectine & Glycogène



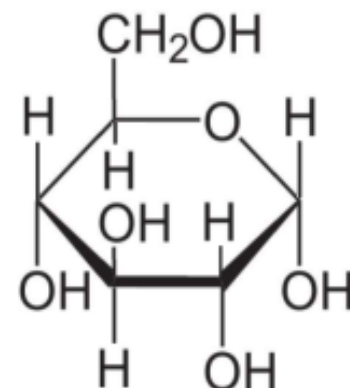
ACETAL



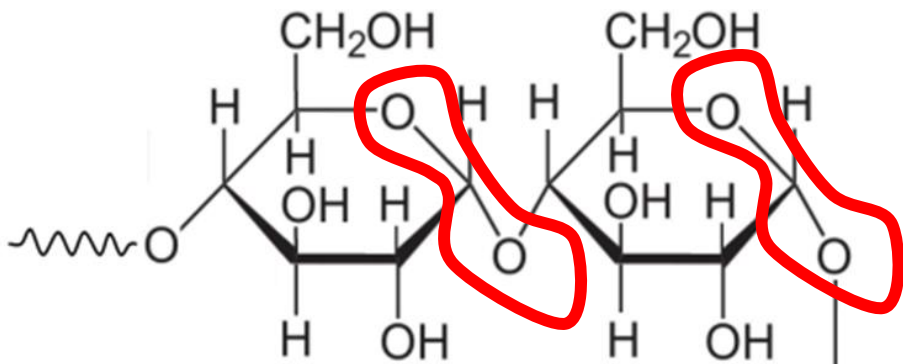
Hydrolyse



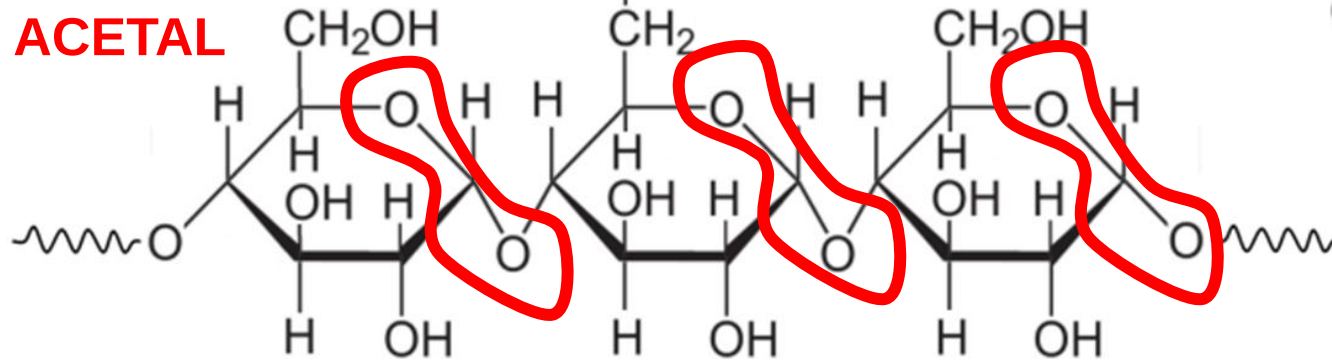
α -Glucose



Amylopectine & Glycogène

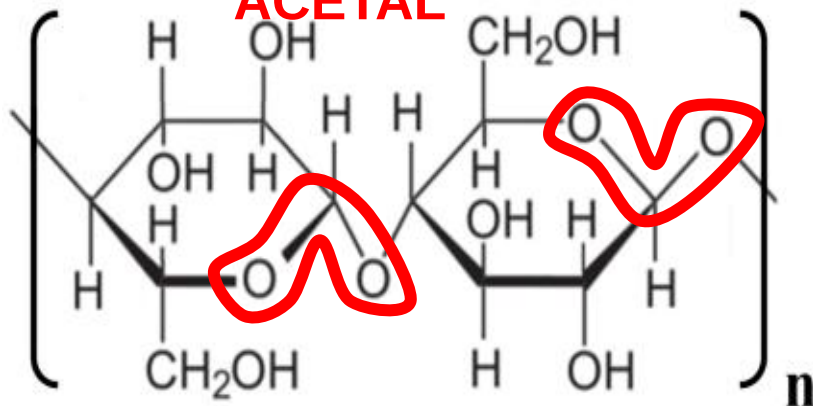


ACETAL



Cellulose

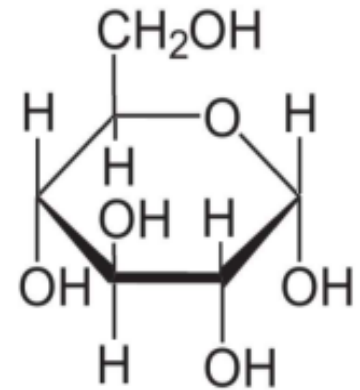
ACETAL



Hydrolyse



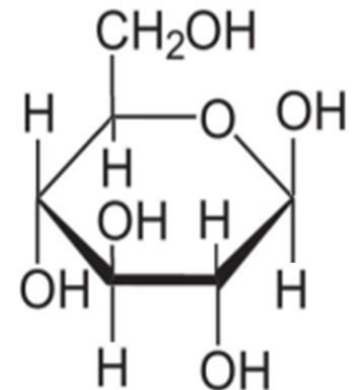
α -Glucose

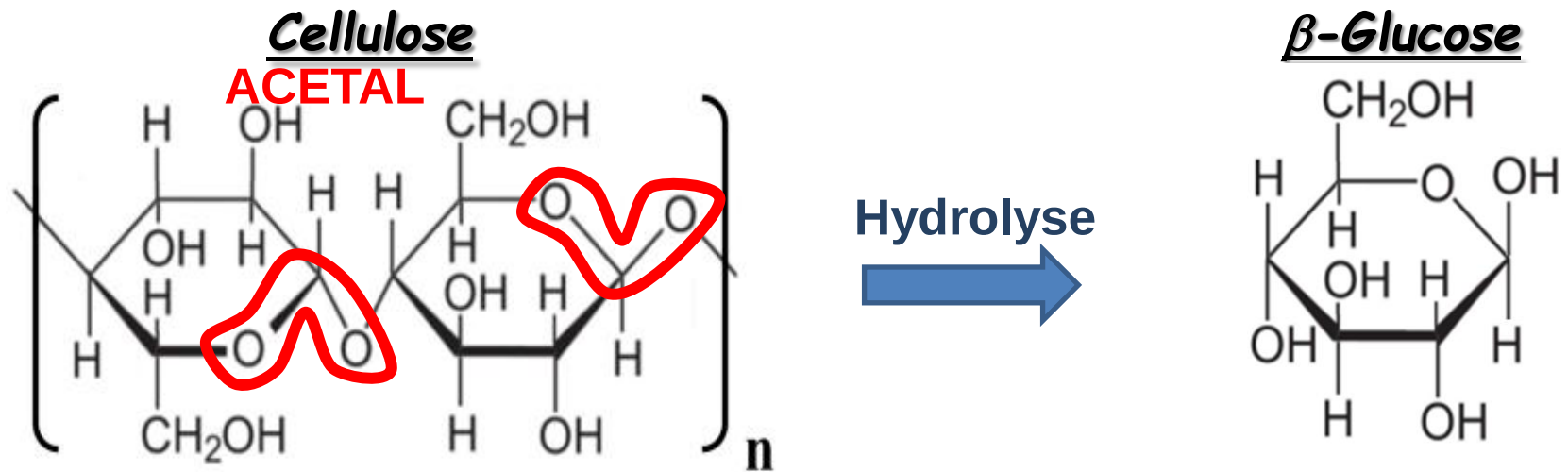


Hydrolyse



β -Glucose





b/ Les **LIPIDES** :

☛ Les lipides constituent la **matière grasse** des êtres vivants.

Les ACIDES GRAS

Acide palmitique $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{CO}_2\text{H}$

$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CO}_2\text{H}$ Acide oléique

Acide linoléique

$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - (\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH})_2 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CO}_2\text{H}$

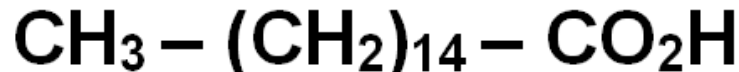
b/ Les **LIPIDES** :

- ☛ Les lipides constituent la **matière grasse** des êtres vivants.

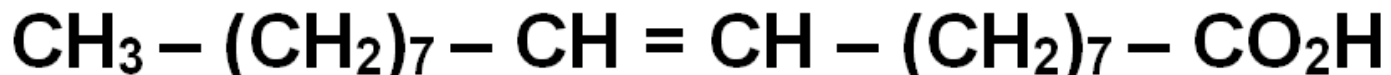
Les ACIDES GRAS

- ☛ Ce sont des **acides carboxyliques linéaires** comportant un nombre pair de carbones (entre 4 et 28 C en général). Ils peuvent présenter une ou plusieurs doubles liaisons Carbone/Carbone (acides gras **INSATURES**) ou aucune (acides gras **SATURES**).

Acide palmitique



Acide oléique



Acide linoléique

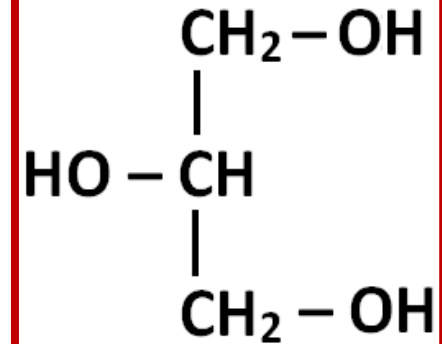
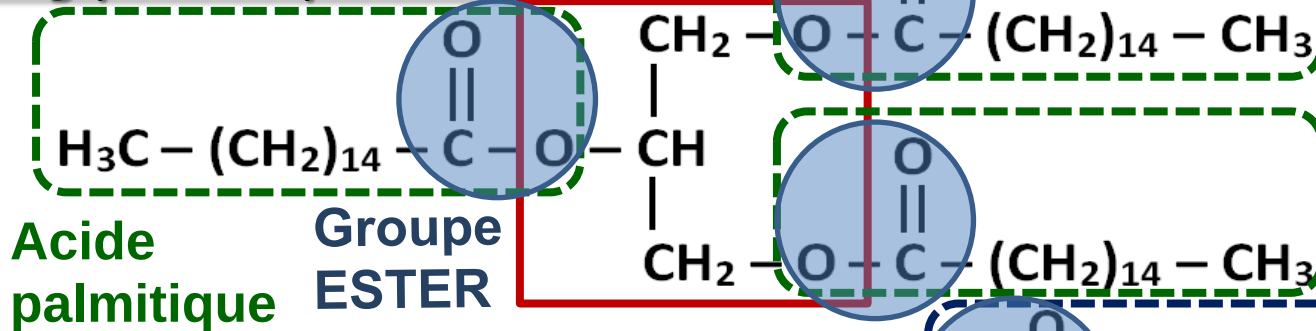


Les ACIDES GRAS

- Ce sont des **acides carboxyliques linéaires** comportant un nombre pair de carbones (entre 4 et 28 C en général). Ils peuvent présenter une ou plusieurs doubles liaisons Carbone/Carbone (acides gras **INSATURES**) ou aucune (acides gras **SATURES**).

Les TRIGLYCERIDES

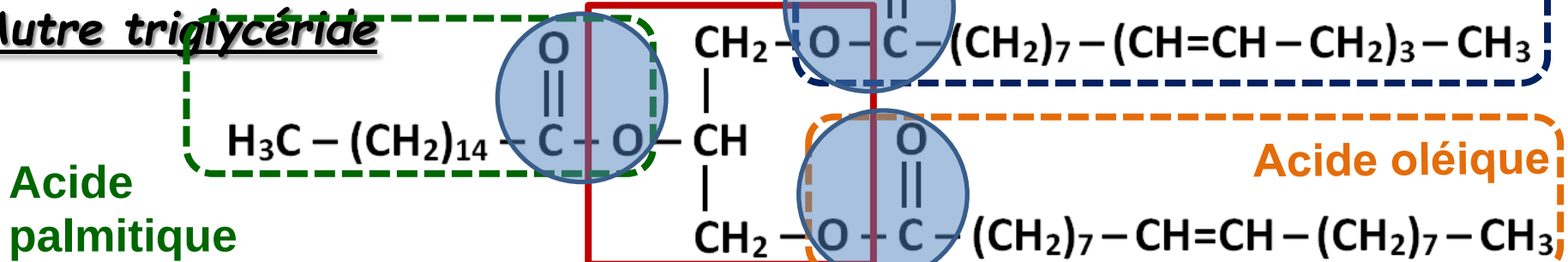
Triglycéride palmitique



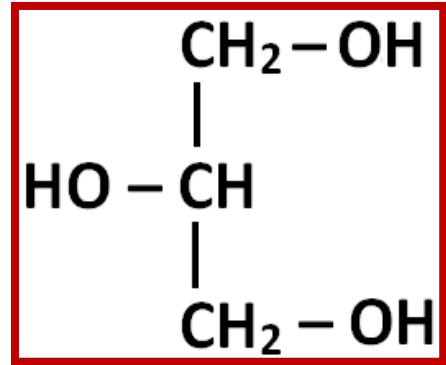
Glycérol

Acide linoléique

Autre triglycéride

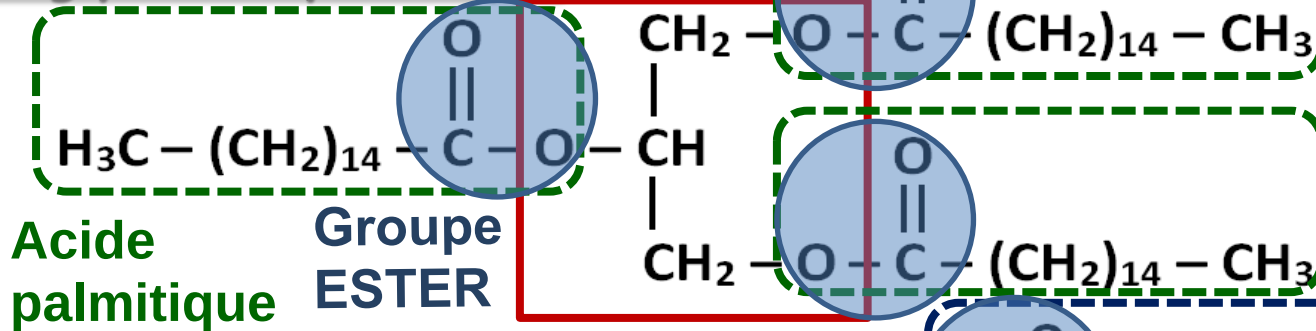


Les TRIGLYCERIDES



Glycérol

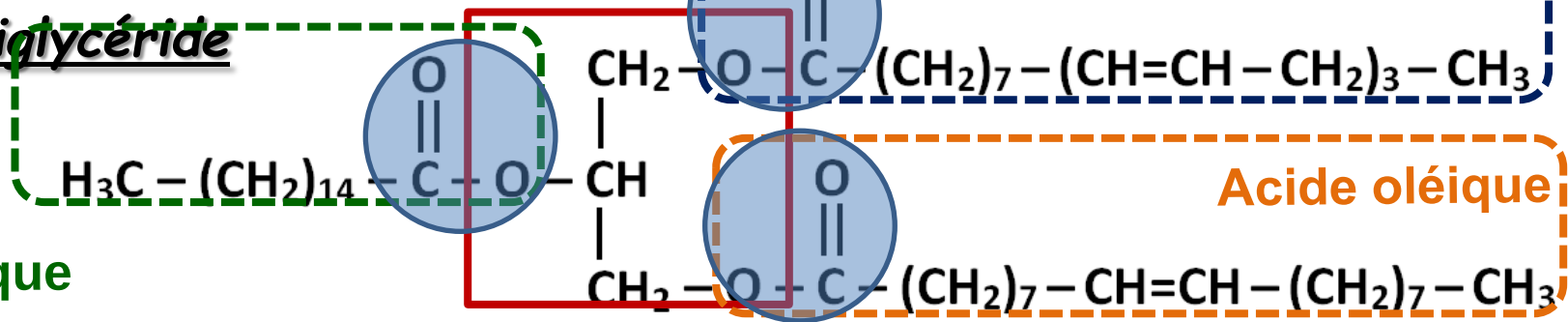
Triglycéride palmitique



Acide linoléique

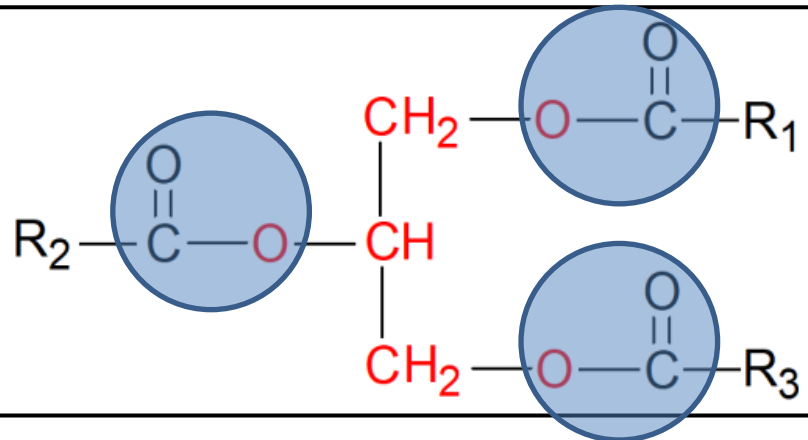
Autre triglycéride

Acide palmitique



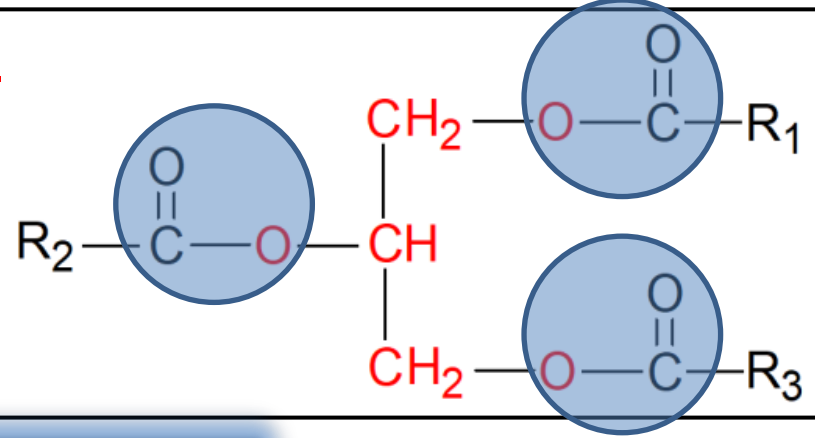
☛ Ce sont des **TRIESTERS d'acides gras et du glycérol.**

Formule générale :

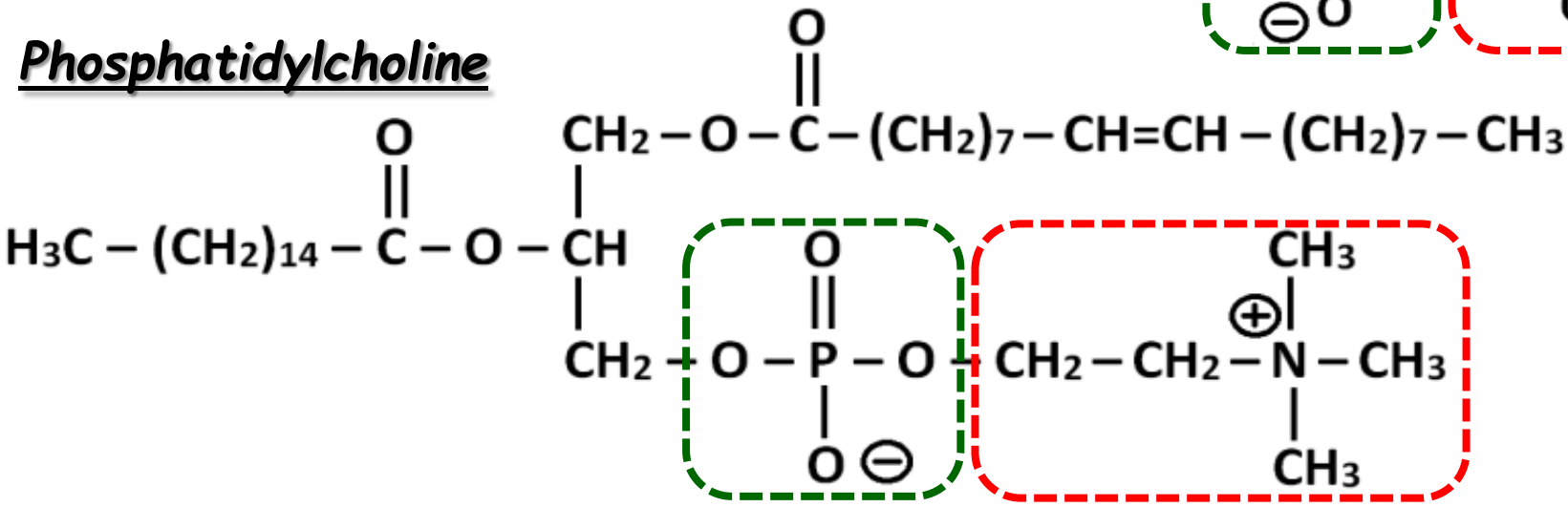
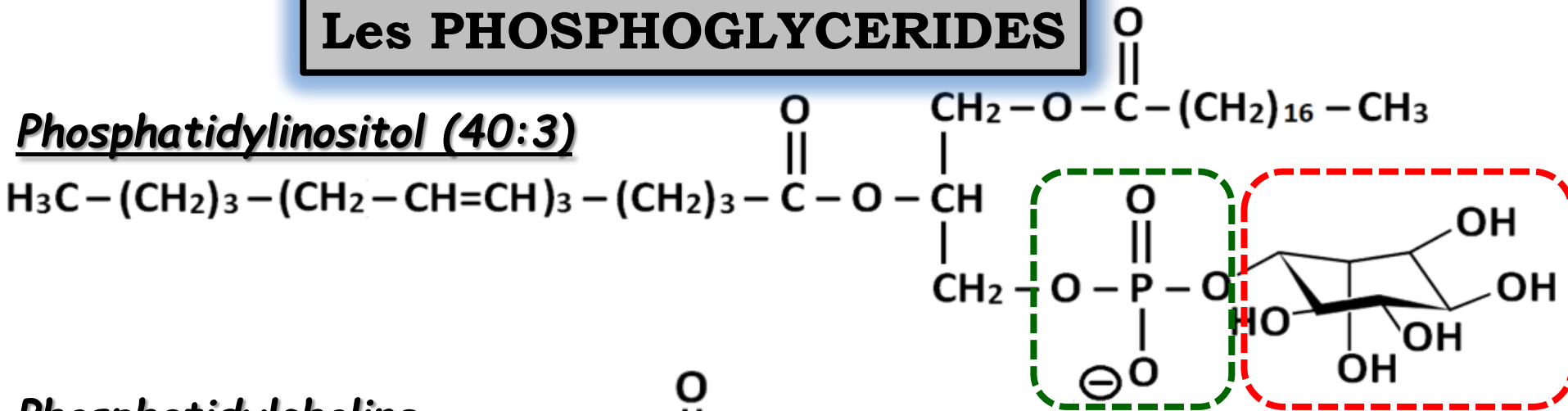


- Ce sont des **TRIESTERS d'acides gras et du glycérol.**

Formule générale :

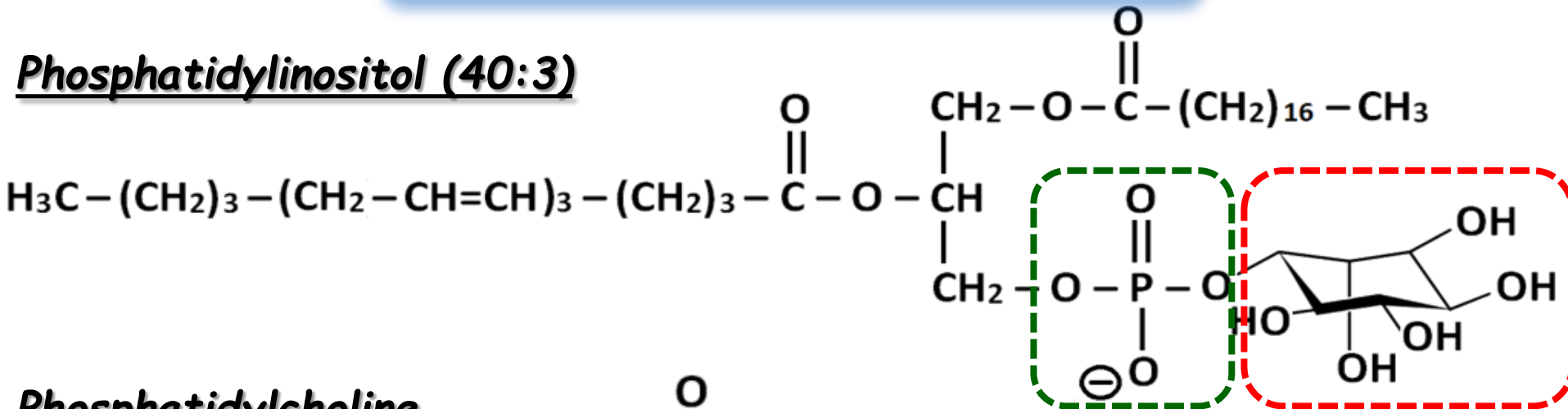


Les PHOSPHOGLYCERIDES

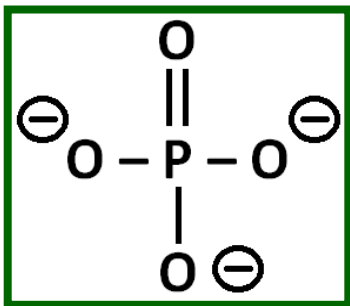
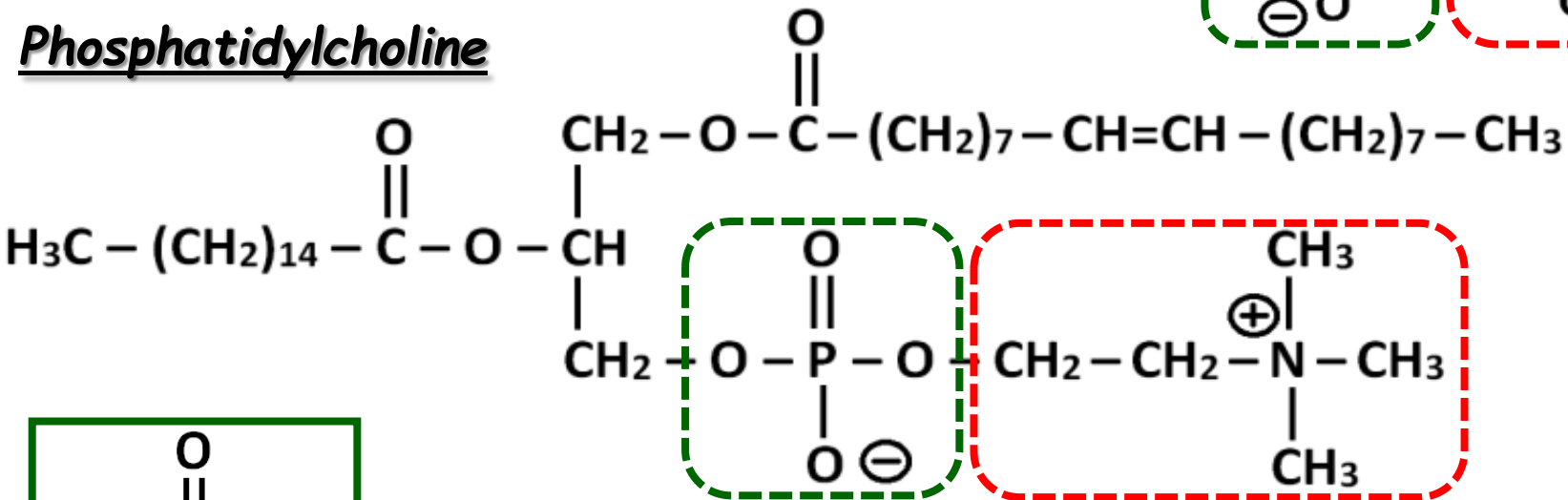


Les PHOSPHOGLYCERIDES

Phosphatidylinositol (40:3)



Phosphatidylcholine



Phosphate

- Ce sont des triglycérides dont l'une des 3 branches est remplacée par un groupe phosphate lié à un groupe polaire.

Les PHOSPHOGLYCERIDES

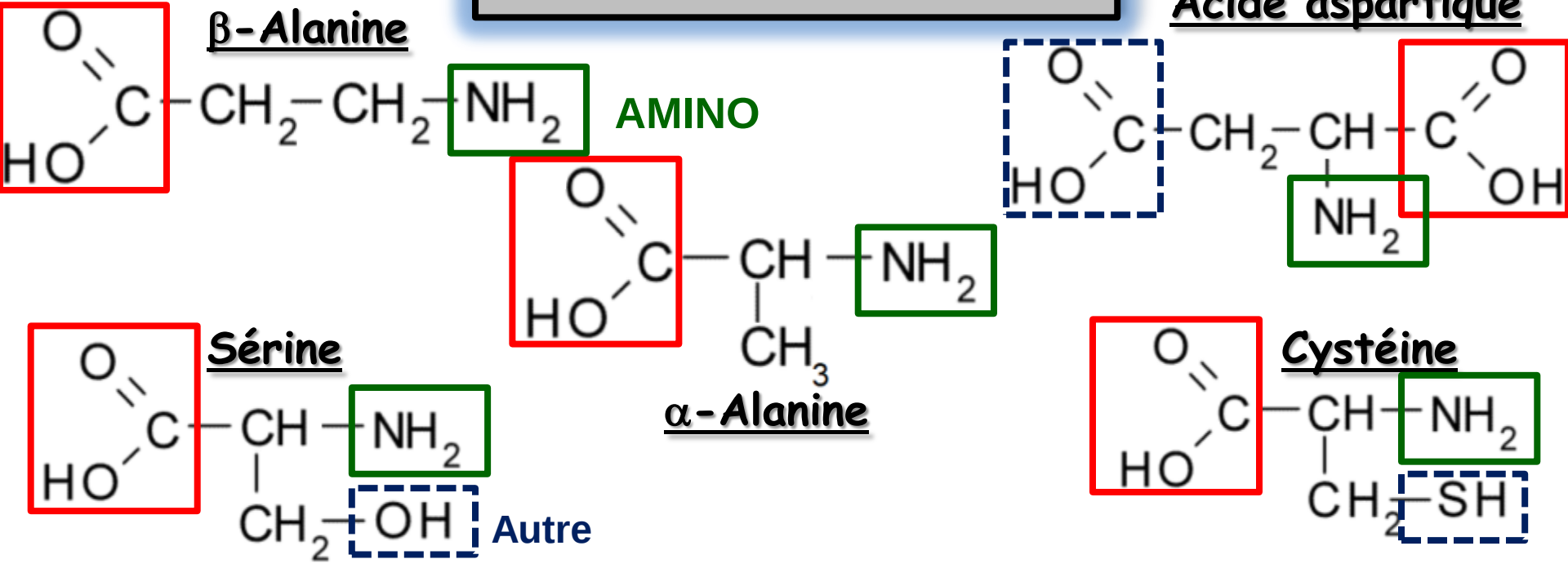
- Ce sont des triglycérides dont l'une des 3 branches est remplacée par un groupe phosphate lié à un groupe polaire.

c/ Les **PROTIDES** :

Rôle primordial dans la **structure**, le **métabolisme** et la **physiologie** des cellules des êtres vivants

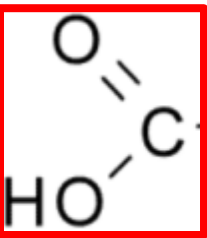
Les ACIDES AMINES

CARBOXYLE

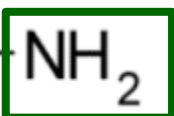


CARBOXYLE

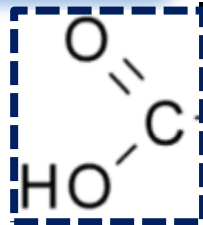
Les ACIDES AMINES



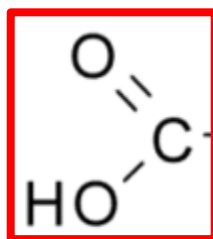
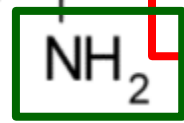
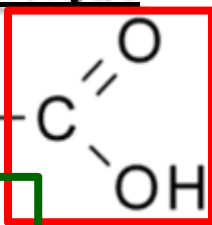
β-Alanine



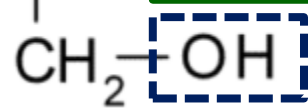
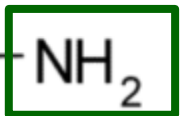
AMINO



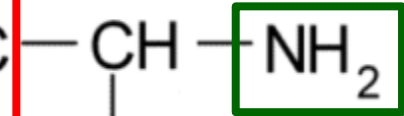
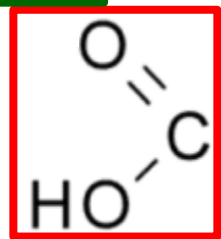
Acide aspartique



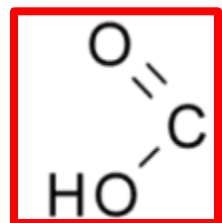
Sérine



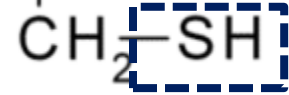
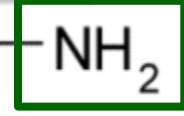
Autre



α-Alanine



Cystéine



Les acides aminés ont tous un groupe **CARBOXYLE** et un groupe **AMINO**.

Lorsque ces deux groupes sont portés par le même atome de carbone, on parle d'acide α-aminé.

(R et R' peuvent être des H, des groupes alkyles ou avoir une structure plus complexe)

OC(=O)C(R)(R')N

Acide α-aminé

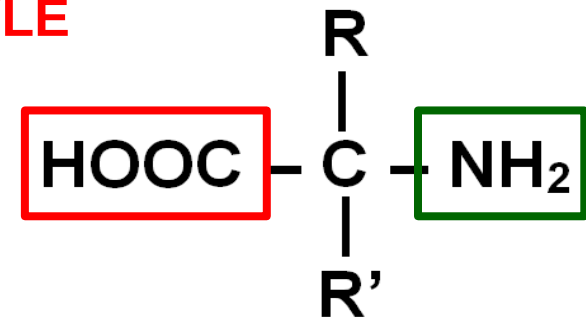


Parmi la vingtaine d'acides α-aminés, 9 sont dits essentiels car l'organisme ne peut pas les synthétiser ils sont apportés par l'alimentation.

- Les acides aminés ont tous un groupe **CARBOXYLE** et un groupe **AMINO**.

Lorsque ces deux groupes sont portés par le même atome de carbone, on parle d'acide α -aminé.

(R et R' peuvent être des H, des groupes alkyles ou avoir une structure plus complexe)

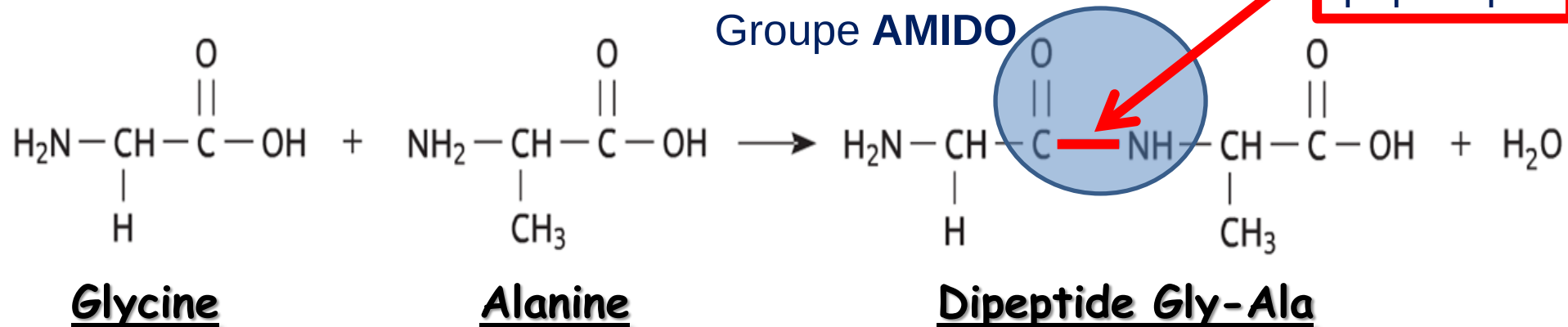


Acide α -aminé

Les PEPTIDES et les PROTEINES

Liaison
peptidique

Groupe **AMIDO**

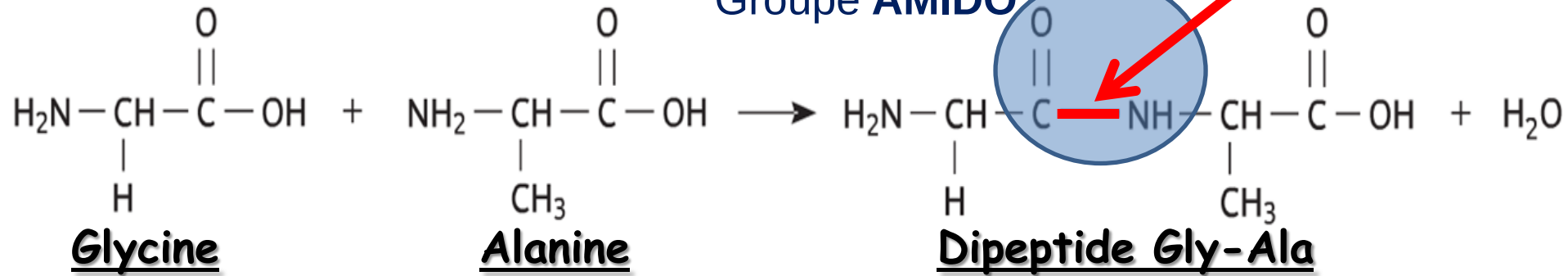


- Les peptides et les protéines sont des **chaînes d'acides aminés**, les protéines étant plus longues que les peptides.

Les PEPTIDES et les PROTEINES

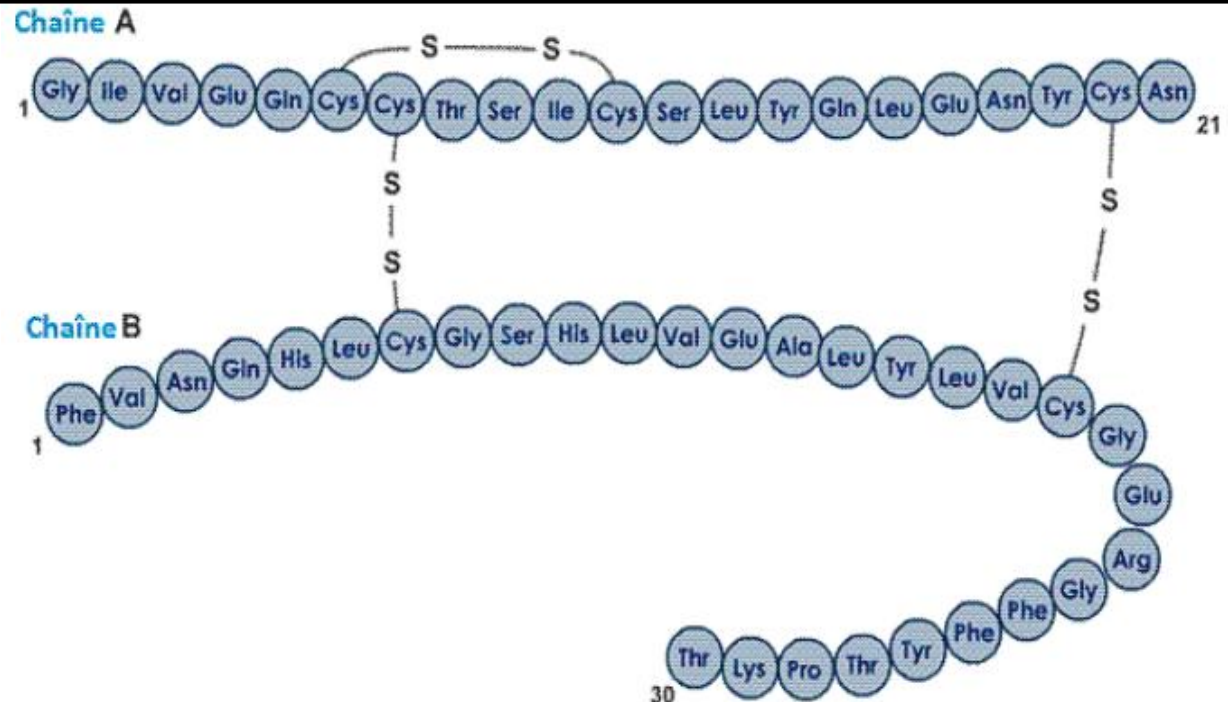
Liaison
peptidique

Groupe AMIDO



- Les peptides et les protéines sont des **chaînes d'acides aminés**, les protéines étant plus longues que les peptides.

Structure primaire
de l'insuline bovine ➡



- ☛ Les peptides et les protéines sont des **chaînes d'acides aminés**, les protéines étant plus longues que les peptides.

d/ Des **NUCLEOSIDES** aux **ACIDES NUCLEIQUES** :

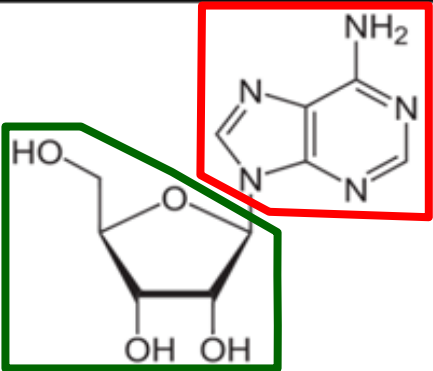
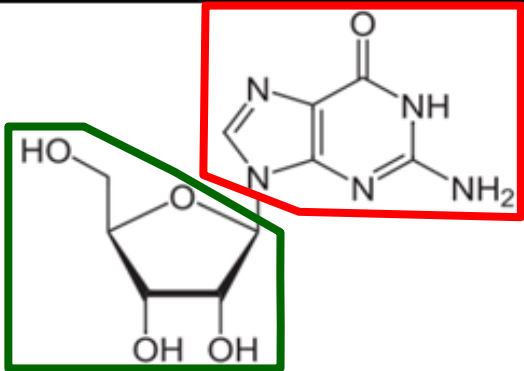
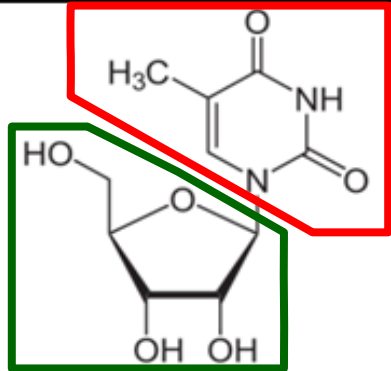
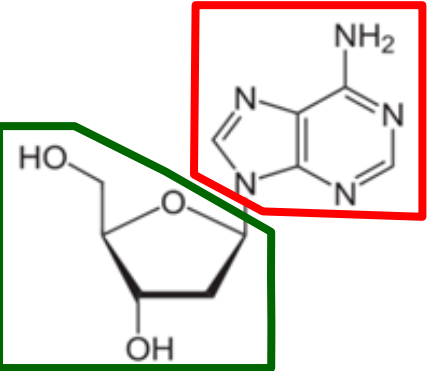
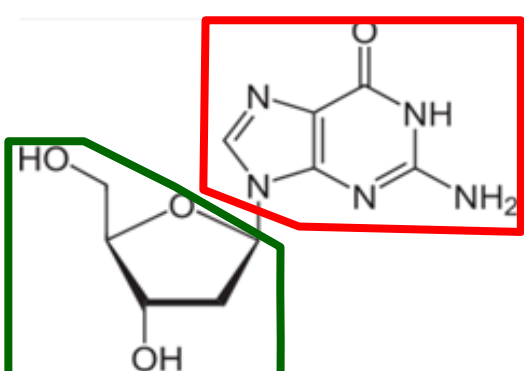
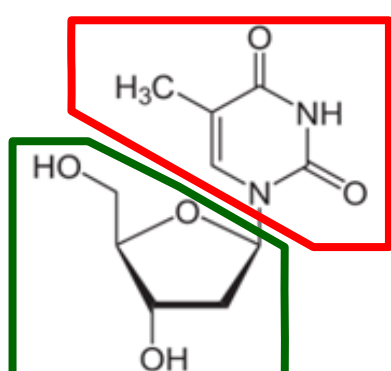
- ☛ Il existe deux acides nucléiques : l'**ADN** (Acide DésoxyriboNucléique) et l'**ARN** (Acide RiboNucléique).

Ces deux molécules sont constituées de briques décrites ci-dessous.

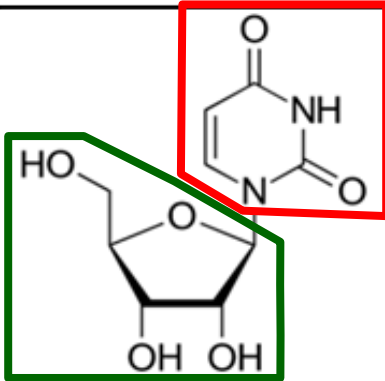
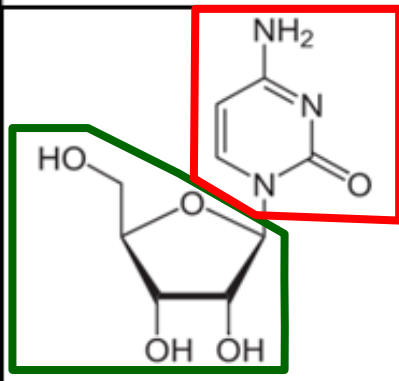
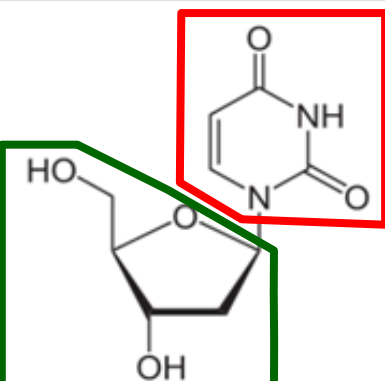
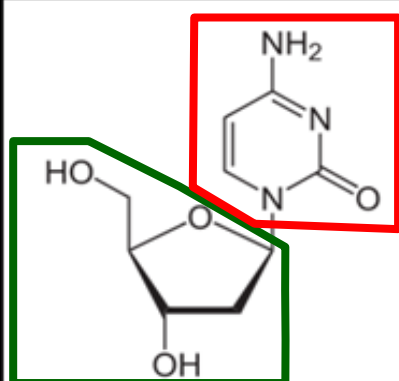
Les NUCLEOSIDES

- ☛ Un **nucléoSide** est l'association d'une **BASE AZOTEE** et d'un **SUCRE** de type ribose ou désoxyribose.

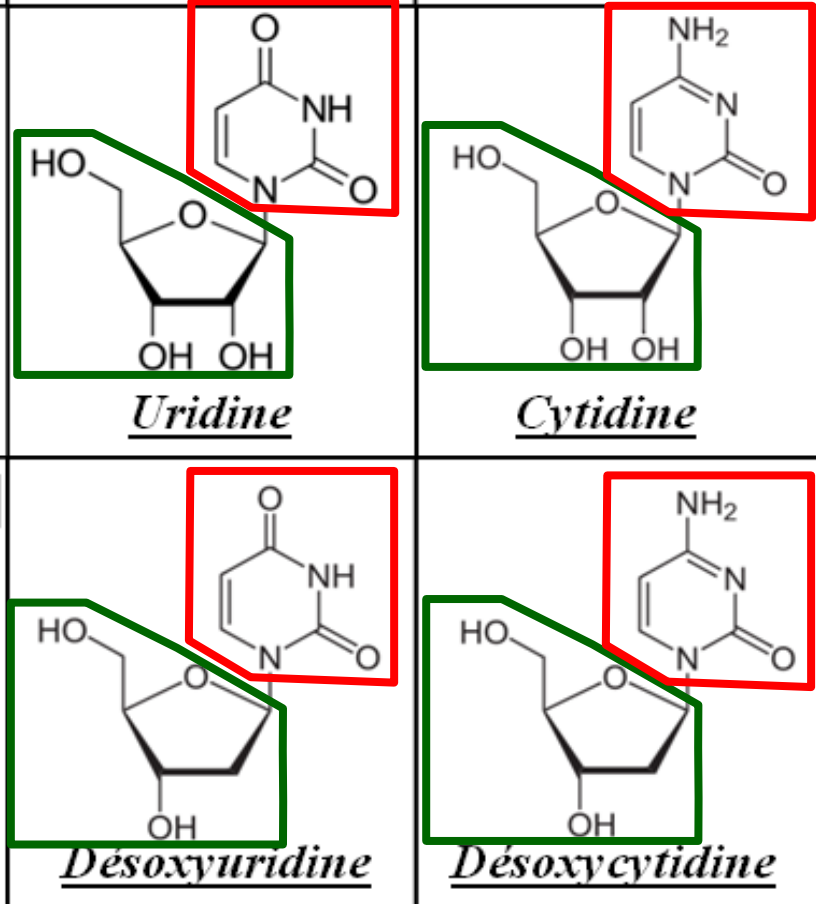
- Un **nucléoside** est l'association d'une **BASE AZOTÉE** et d'un **SUCRE** de type ribose ou désoxyribose.

		Bases azotées		
		ADENINE	GUANINE	THYMINE
Sucres	RIBOSE			
	DESOXYRIBOSE			
		<u>Adénosine</u>	<u>Guanosine</u>	<u>Ribothymidine</u>
		<u>Désoxyadénosine</u>	<u>Desoxyguanosine</u>	<u>Thymidine</u>

- Un **nucléo****Side** est l'association d'une **BASE AZOTEE** et d'un **SUCRE** de type ribose ou désoxyribose.

		Bases azotées	
		URACILE	CYTOSINE
Sucres	RIBOSE	 <i>Uridine</i>	 <i>Cytidine</i>
	DESOXYRIBOSE	 <i>Desoxyuridine</i>	 <i>Désoxycytidine</i>

☛ Un **nucléoSide** est l'association d'une **BASE AZOTEE** et d'un **SUCRE** de type ribose ou désoxyribose.



Les NUCLEOTIDES

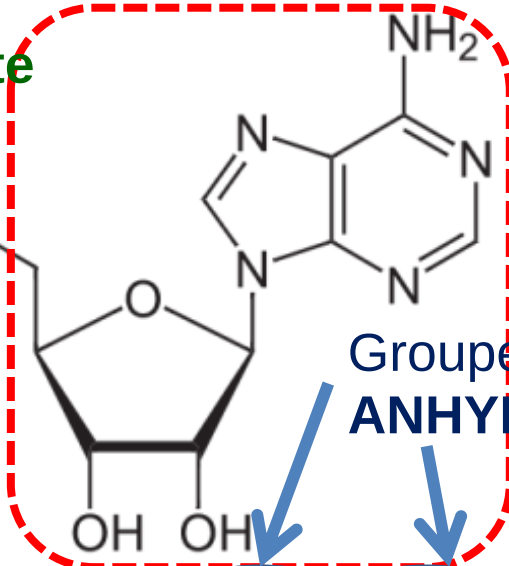
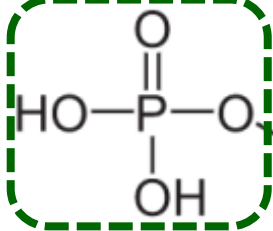
☛ Un **nucléoTide** est l'association d'un **NUCLEOSIDE** et d'un (ou plusieurs) **PHOSPHATE(S)** via le sucre du nucléoside.

Les NUCLEOTIDES

☛ Un **nucléoTide** est l'association d'un **NUCLEOSIDE** et d'un (ou plusieurs) **PHOSPHATE(S)** via le sucre du nucléoside.

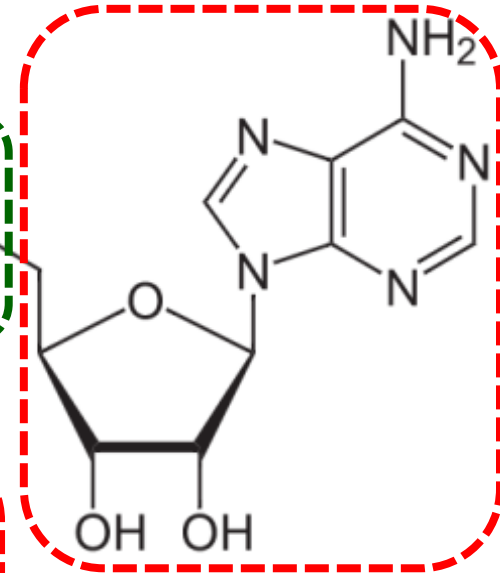
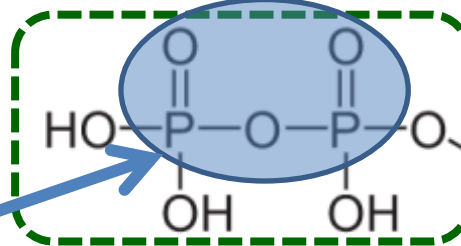
Adénosine MonoPhosphate (AMP)

1 phosphate

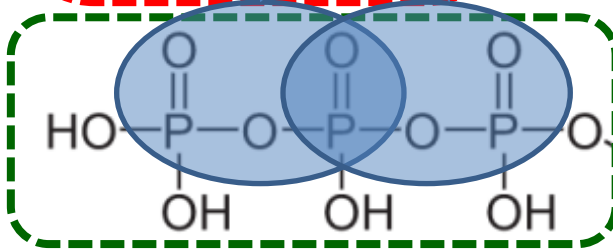


Adénosine DiPhosphate (ADP)

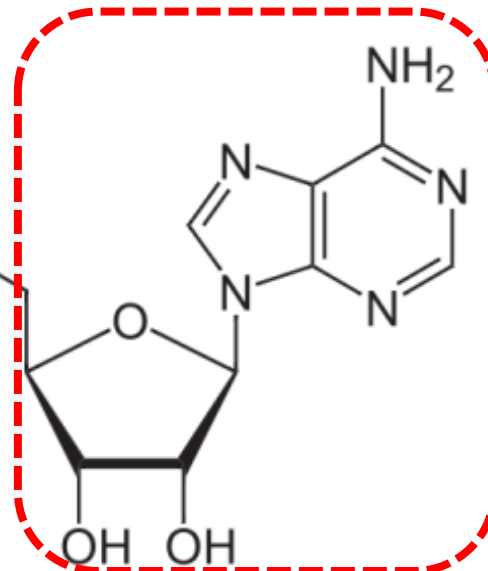
2 phosphates



Groupes
ANHYDRIDE PHOSPHORIQUE



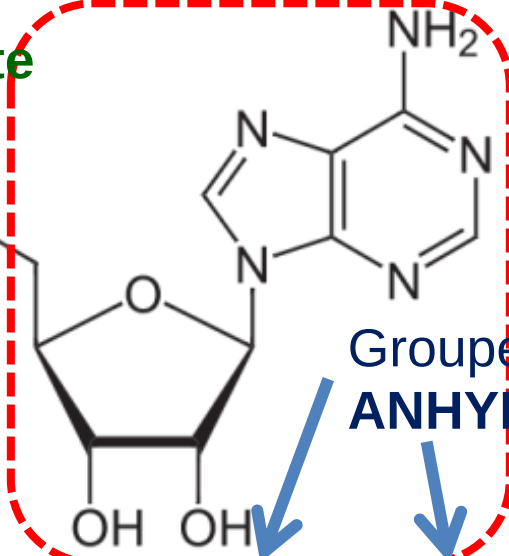
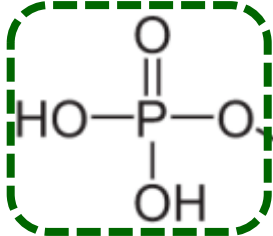
3 phosphates



Adénosine TriPhosphate (ATP)

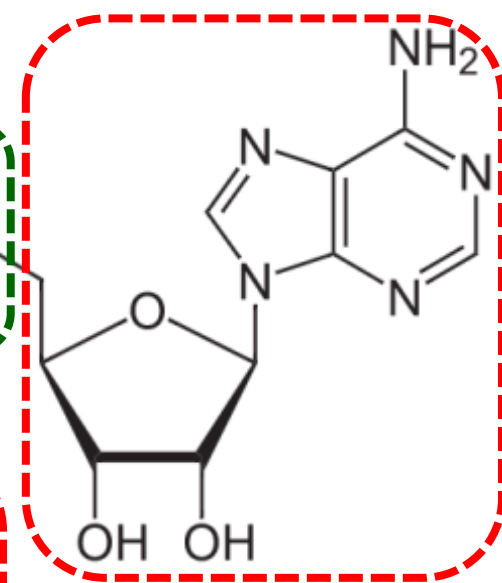
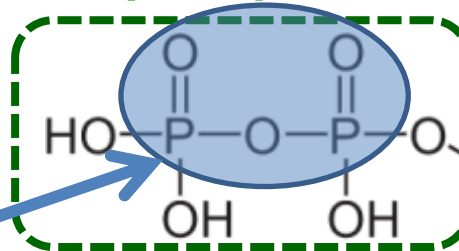
Adénosine MonoPhosphate (AMP)

1 phosphate

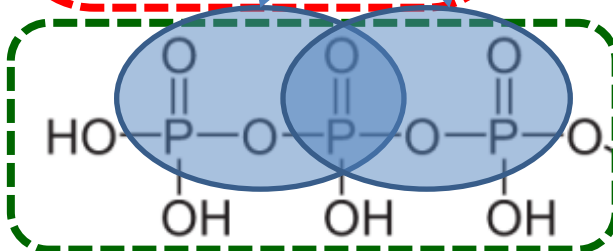


Adénosine DiPhosphate (ADP)

2 phosphates

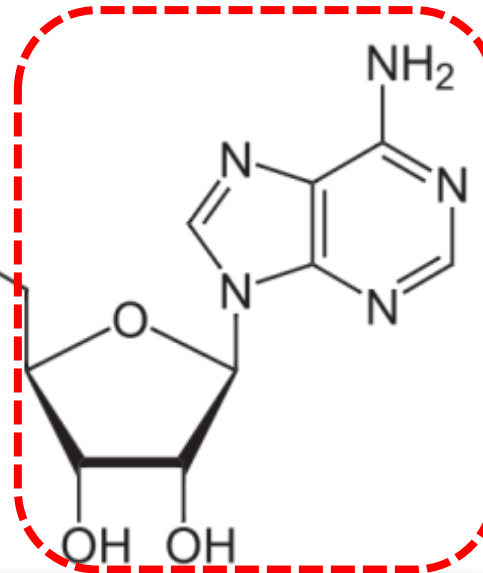


Groupes
ANHYDRIDE PHOSPHORIQUE



3 phosphates

Adénosine TriPhosphate (ATP)



Les ACIDES NUCLEIQUES

- Les acides nucléiques **ADN** et **ARN** sont des polymères formés d'un très grand nombre de NUCLEOTIDES monophosphatés.

Les ACIDES NUCLEIQUES

Les acides nucléiques **ADN** et **ARN** sont des polymères formés d'un très grand nombre de NUCLEOTIDES monophosphatés.

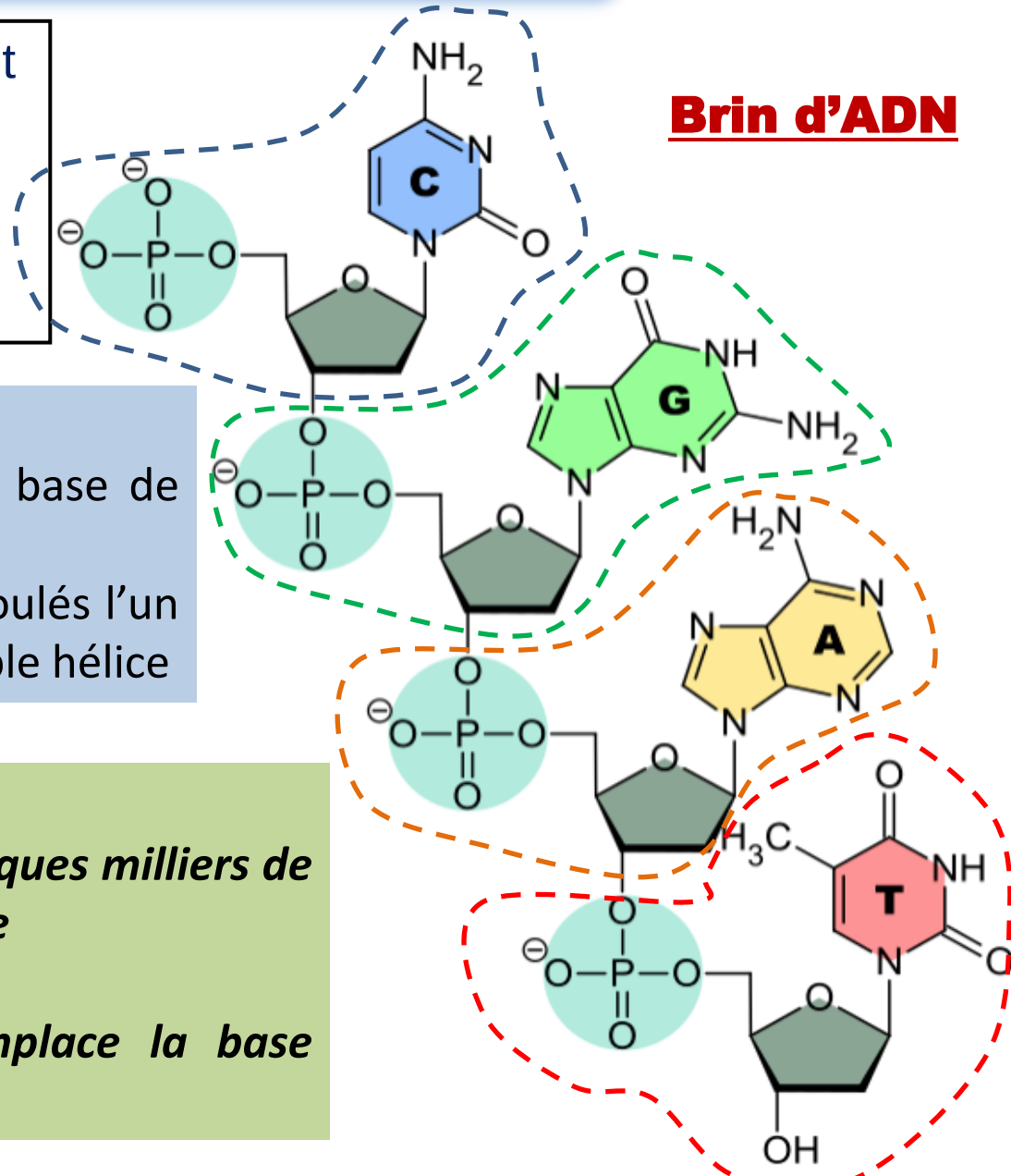
ADN

- ➡ des *milliards de nucléotides* à base de *désoxyribose*
- ➡ *2 brins d'acides nucléiques* enroulés l'un autour de l'autre en forme de double hélice

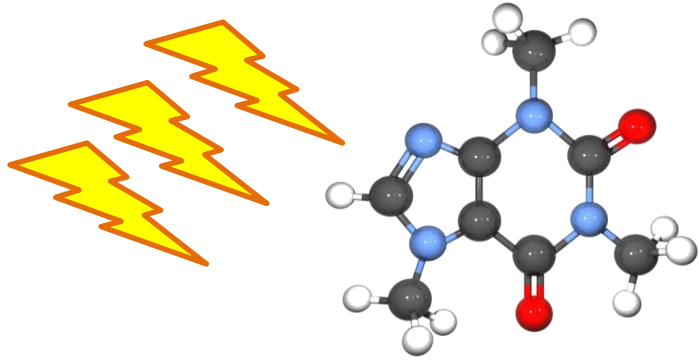
ARN

- ➡ *quelques dizaines à quelques milliers de nucléotides* à base de *ribose*
- ➡ de *structure monobrin*
- ➡ la base *uracile U* remplace la base *thymine T* de l'ADN.

Brin d'ADN



II- La spectroscopie pour caractériser les espèces chimiques



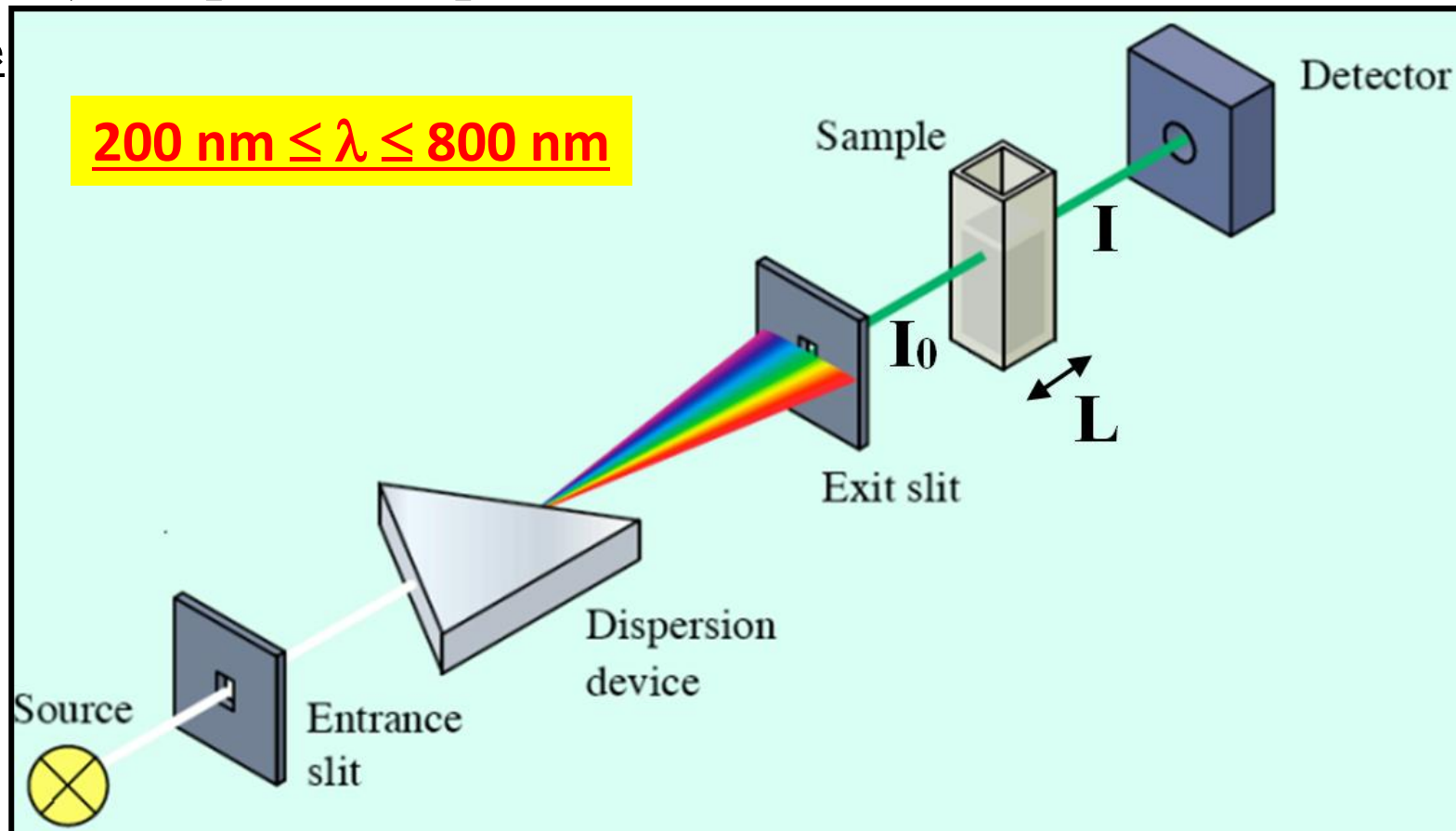
→ Différentes **absorptions** possibles

→ Différentes **spectroscopies** possibles

→ Différentes **informations** sur la molécule

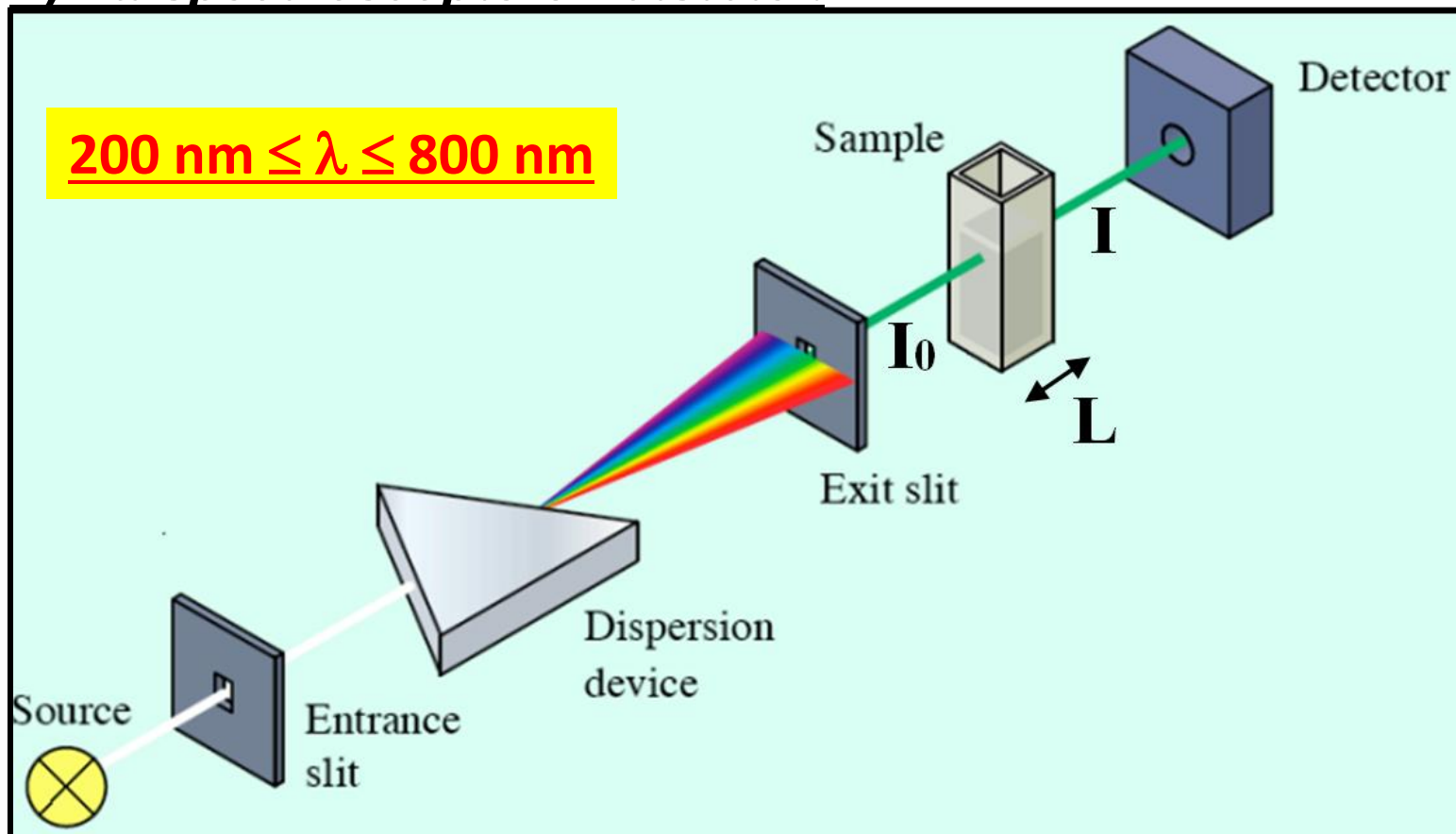
1) La spectroscopie UV-visible :

a/ Principe



1) La spectroscopie UV-visible :

a/ Principe



☛ Absorbance :

$$A = \log \left(\frac{I_0}{I} \right)$$

⇒ Grandeur sans unité ;

⇒ $A = 0$ si l'espèce *n'absorbe pas* ;

$A \rightarrow +\infty$ si l'espèce *absorbe totalement*.

☛ Origine de l'absorption:

Quand l'espèce chimique absorbe, ses électrons de valence changent de niveau d'énergie électronique.

☛ Absorbance : $\Rightarrow$ Grandeur sans unité ;

$$A = \log \left(\frac{I_0}{I} \right)$$

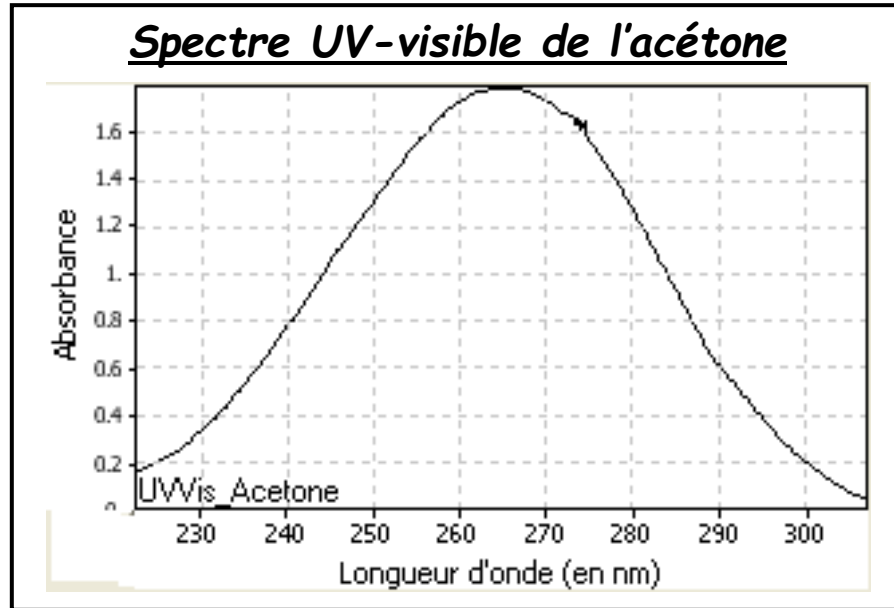
$\Rightarrow A = 0$ si l'espèce *n'absorbe pas* ;
 $A \rightarrow +\infty$ si l'espèce *absorbe totalement*.

☛ Origine de l'absorption :

Quand l'espèce chimique absorbe, ses électrons de valence changent de niveau d'énergie électronique.

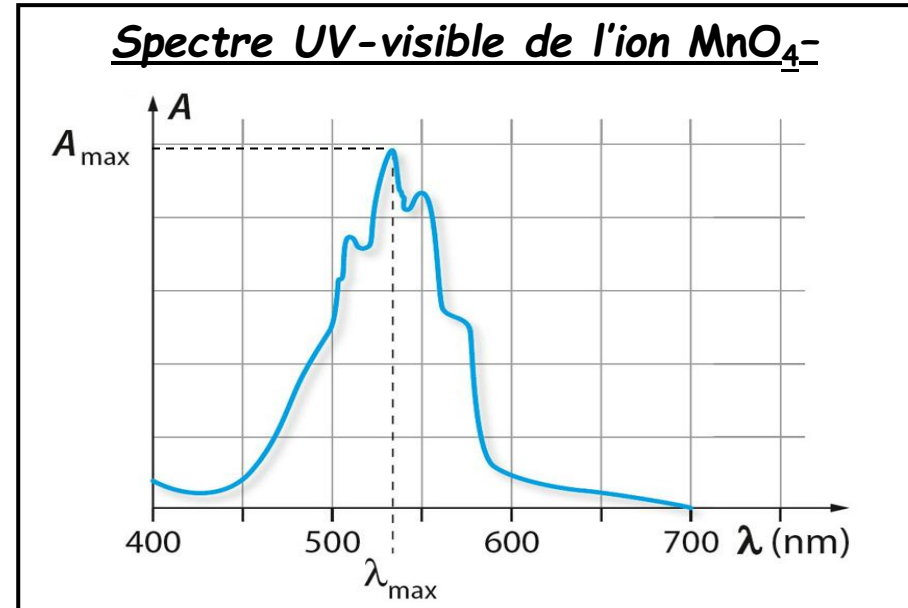
b/ Les informations d'un spectre d'absorption $A = f(\lambda)$

☛ Couleur d'une solution :



- Exemple 1 : l'acétone :

Pas d'absorption entre 400 nm et 800 nm $\Rightarrow$ Espèce INCOLORE



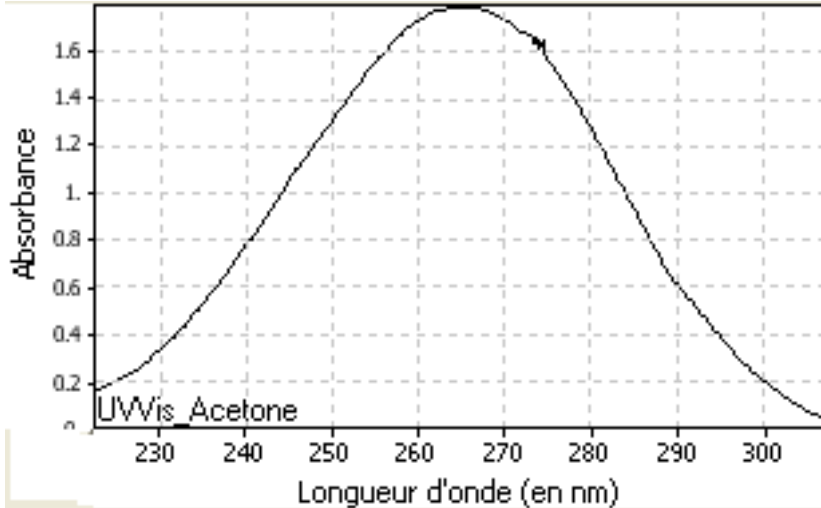
- Exemple 2 : l'ion permanganate :

Absorption entre 400 nm et 800 nm $\Rightarrow$ Espèce COLOREE

b/ Les informations d'un spectre d'absorption $A = f(\lambda)$

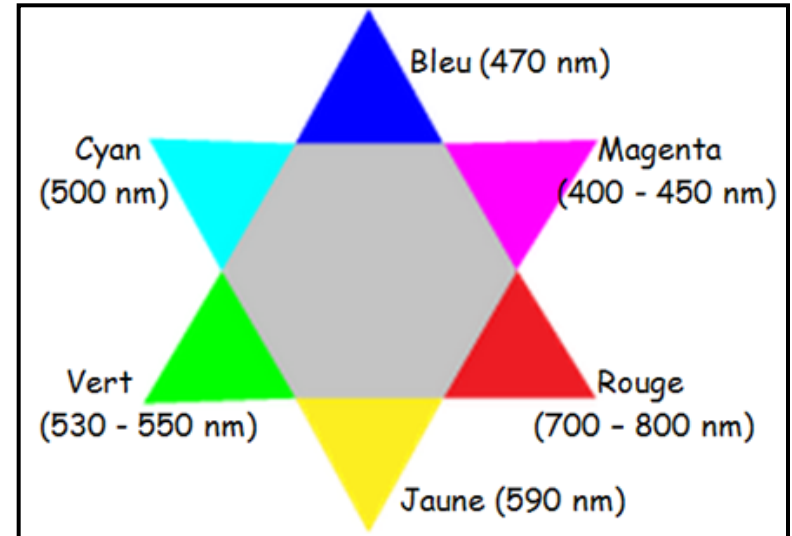
☛ Couleur d'une solution :

Spectre UV-visible de l'acétone



- Exemple 1 : l'acétone :

Pas d'absorption entre 400 nm et 800 nm $\Rightarrow$ Espèce INCOLORE



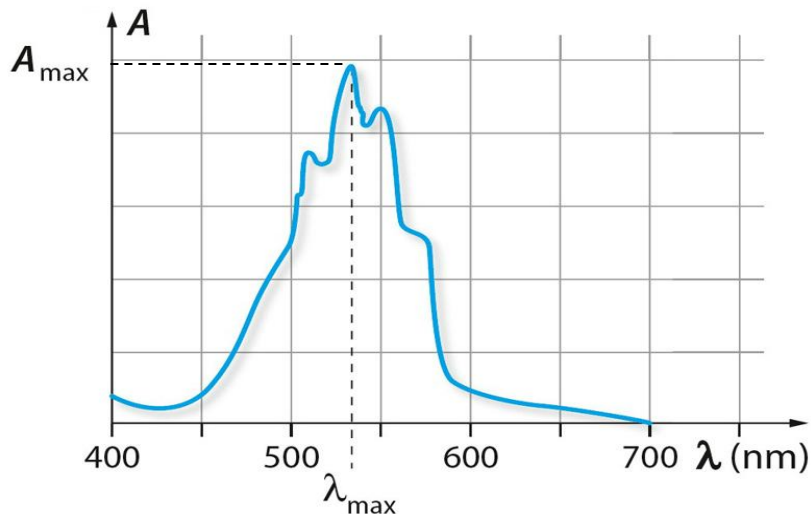
- Exemple 2 : l'ion permanganate :

Absorption entre 400 nm et 800 nm $\Rightarrow$ Espèce COLOREE

$\lambda_{\text{MAX,visible}} = 535 \text{ nm} = \text{couleur complémentaire du magenta}$

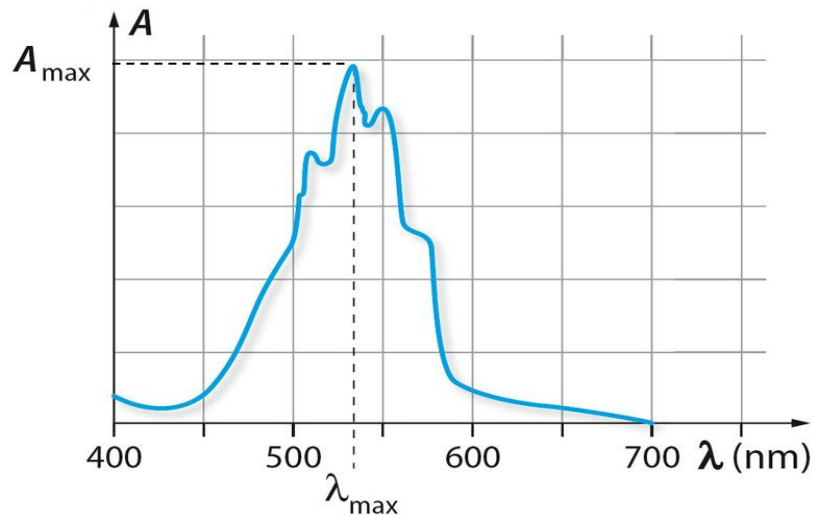
Couleur de l'ion MnO_4^-

Spectre UV-visible de l'ion MnO_4^-

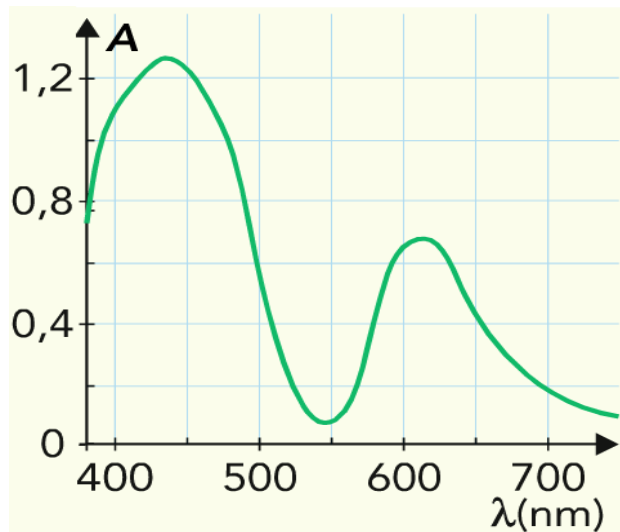


• Couleur d'une solution :

Spectre UV-visible de l'ion MnO_4^-



Spectre UV-visible de l'ion Cr^{3+}



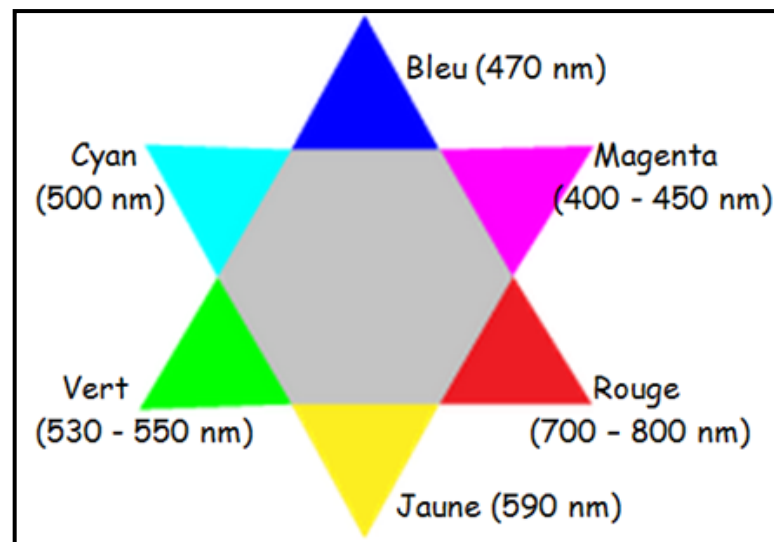
- Exemple 2 : l'ion permanganate :

Absorption entre 400 nm et 800 nm

⇒ Espèce COLOREE

$\lambda_{\text{MAX,visible}} = 535 \text{ nm} = \text{couleur complémentaire du magenta}$

Couleur de l'ion MnO_4^-



- Exemple 3 : l'ion chrome(III) :

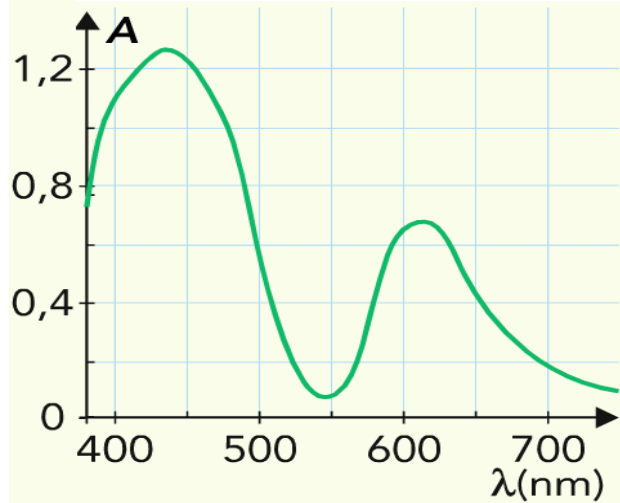
Absorption entre 400 nm et 800 nm

⇒ Espèce COLOREE

La longueur d'onde la - absorbée (= la + transmise) dans le visible est

550 nm = VERT → **Couleur de l'ion Cr^{3+}**

Spectre UV-visible de l'ion Cr^{3+}



- Exemple 3 : l'ion chrome(III) :

Absorption entre 400 nm et 800 nm

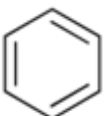
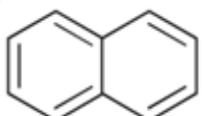
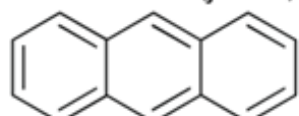
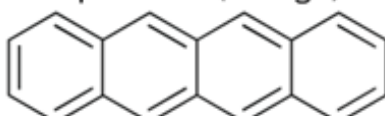
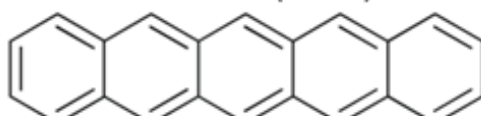
⇒ Espèce COLOREE

**La longueur d'onde la – absorbée
(= la + transmise) dans le visible est
550 nm = VERT**

Couleur de l'ion Cr^{3+}

• Influence de la conjugaison :

λ_{MAX} = longueur d'onde la plus absorbée

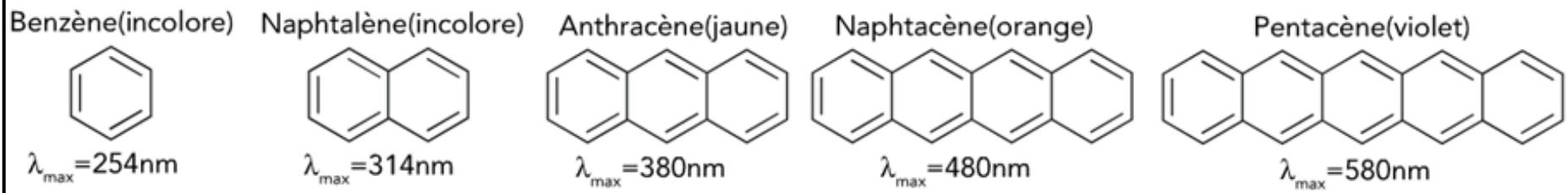
Benzène(incolore)	Naphtalène(incolore)	Anthracène(jaune)	Naphtacène(orange)	Pentacène(violet)
				
$\lambda_{\text{max}} = 254\text{nm}$	$\lambda_{\text{max}} = 314\text{nm}$	$\lambda_{\text{max}} = 380\text{nm}$	$\lambda_{\text{max}} = 480\text{nm}$	$\lambda_{\text{max}} = 580\text{nm}$

⇒ **Plus une molécule possède de doubles liaisons conjuguées (alternance π - σ - π) , plus la valeur de λ_{MAX} augmente.**

⇒ Une molécule possédant au moins **7 doubles liaisons conjuguées** est généralement colorée.

• Influence de la conjugaison :

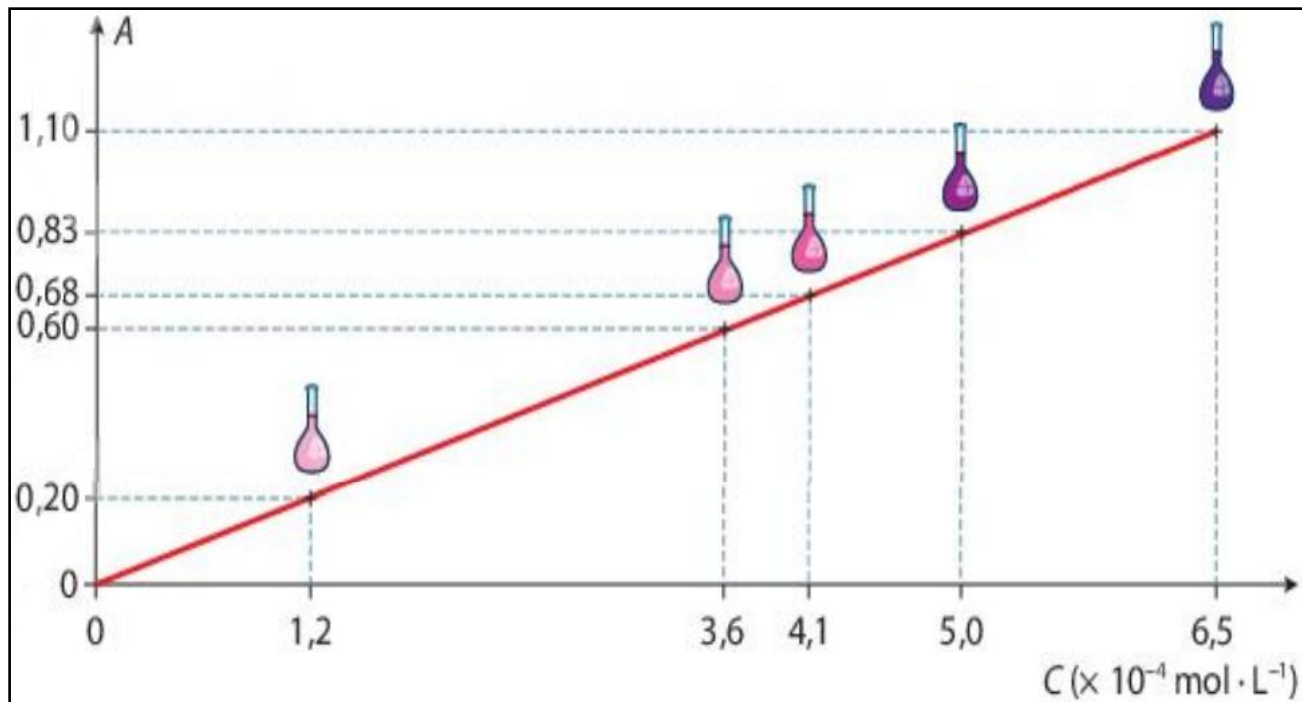
λ_{MAX} = longueur d'onde la plus absorbée



⇒ **Plus une molécule possède de doubles liaisons conjuguées** (alternance π - σ - π) , **plus la valeur de λ_{MAX} augmente.**

⇒ Une molécule possédant au moins **7 doubles liaisons conjuguées** est généralement **colorée**.

c/ La loi de Beer-Lambert



c/ La loi de Beer-Lambert

☛ La loi de Beer-Lambert traduit la **proportionnalité** entre l'absorbance **A** d'une solution et la concentration molaire **C** de l'espèce absorbante.

$$A = \varepsilon_{\lambda} \times L \times C$$

- **A** : Absorbance (**sans unité**) ;
- **L** : épaisseur de solution traversée (**en cm**) ;
- **C** : concentration molaire de l'espèce absorbant (**en mol.L⁻¹**) ;
- **ε_{λ}** : constante de proportionnalité appelée coefficient d'absorption molaire (en **L.mol⁻¹.cm⁻¹**) et qui dépend de la longueur d'onde λ .



- La loi de Beer-Lambert n'est en réalité valable que pour des solutions diluées ($C < 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$) ;

- La loi de Beer-Lambert peut aussi s'exprimer en fonction d'une concentration massique : dans ce cas, l'unité de ε_{λ} est le $\text{L.g}^{-1}.\text{cm}^{-1}$;

- La loi de Beer-lambert est **additive**, c'est à dire que si plusieurs espèces absorbent à une longueur d'onde donnée, la relation précédente devient :

$$A = A_1 + A_2 + \dots = \sum_i \varepsilon_i . l . c_i$$

c/ La loi de Beer-Lambert

☛ La loi de Beer-Lambert traduit la **proportionnalité** entre l'absorbance **A** d'une solution et la concentration molaire **C** de l'espèce absorbante.

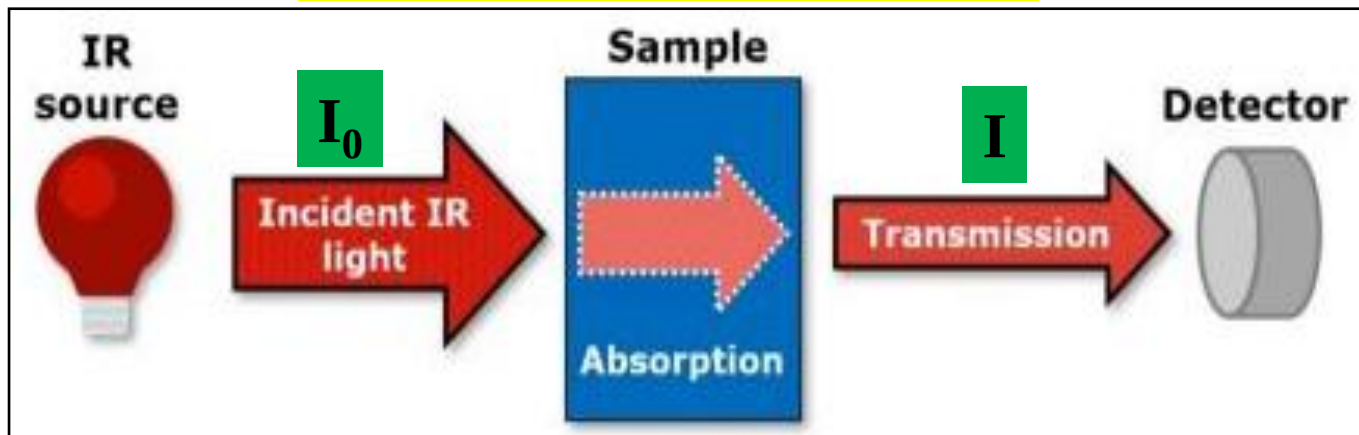
$$A = \varepsilon_{\lambda} \times L \times C$$

- **A** : Absorbance (**sans unité**) ;
- **L** : épaisseur de solution traversée (**en cm**) ;
- **C** : concentration molaire de l'espèce absorbant (**en mol.L⁻¹**) ;
- ε_{λ} : constante de proportionnalité appelée coefficient d'absorption molaire (**en L.mol⁻¹.cm⁻¹**) et qui dépend de la longueur d'onde λ .

2) La spectroscopie Infrarouge :

a/ Principe

$$2000 \text{ nm} \leq \lambda \leq 20\,000 \text{ nm}$$



2) La spectroscopie Infrarouge :

a/ Principe

☛ Transmittance : $\Rightarrow$ Grandeur sans unité (exprimée en %)

$$T = \frac{I}{I_0}$$

$\Rightarrow T = 0$ si l'espèce absorbe totalement ;

$T = 1$ si l'espèce n'absorbe rien.

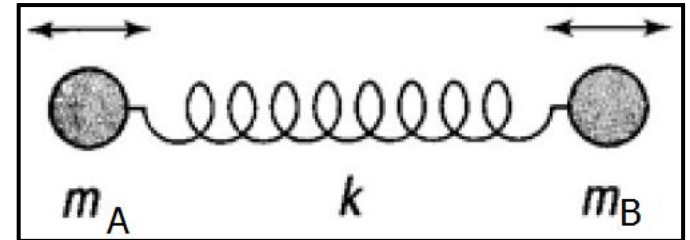
☛ Origine de l'absorption :

Lorsqu'une molécule absorbe un rayonnement IR, une de ses liaisons rentre en résonance, c'est-à-dire qu'elle vibre de façon plus intense que la normale.

Liaison covalente modélisable par
le modèle de l'OSCILLATEUR HARMONIQUE

Ressort de constante de raideur k

Masse réduite $\mu = \frac{m_A \times m_B}{m_A + m_B}$



$\Rightarrow$ Fréquence de résonance :
$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{k}{\mu}}$$

Absorption d'un photon $h \cdot \nu_0 \Rightarrow$ la liaison AB rentre en résonance

2) La spectroscopie Infrarouge :

a/ Principe

☛ Transmittance : $\Rightarrow$ Grandeur sans unité (exprimée en %)

$$T = \frac{I}{I_0}$$

$\Rightarrow T = 0$ si l'espèce absorbe totalement ;

$T = 1$ si l'espèce n'absorbe rien.

☛ Origine de l'absorption :

Lorsqu'une molécule absorbe un rayonnement IR, une de ses liaisons rentre en résonance, c'est-à-dire qu'elle vibre de façon plus intense que la normale.

b/ Allure d'un spectre infrarouge

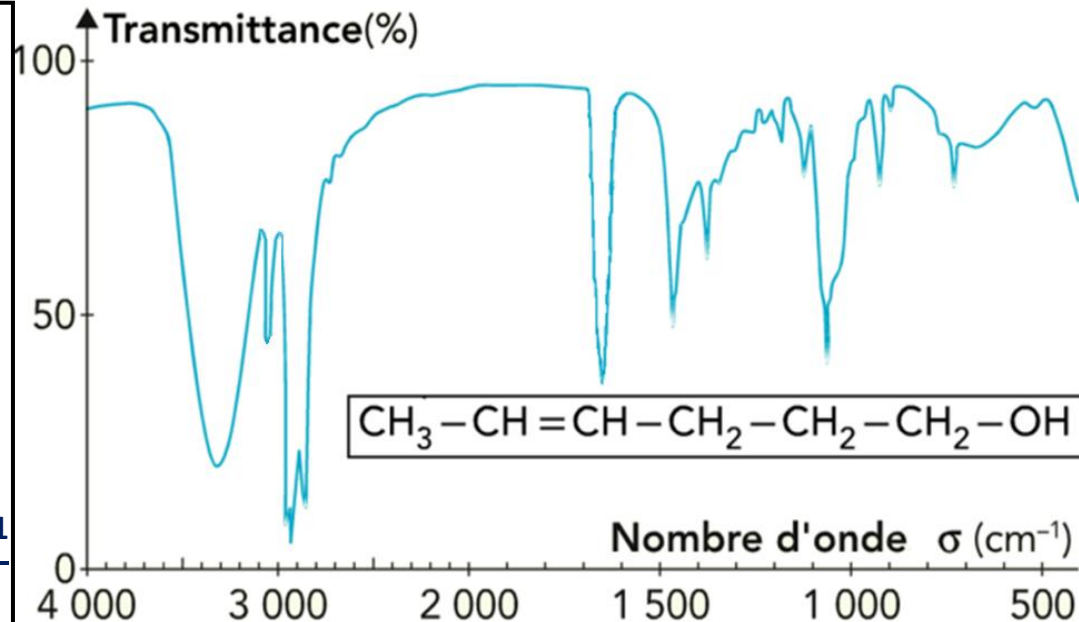
☛ Ordonnée : **Transmittance**

☛ Abscisse : **Nombre d'onde**
 $=$ inverse de la longueur d'onde

$$\text{cm}^{-1} \quad \sigma = \frac{1}{\lambda} \quad \text{cm}$$

Exemple : Si $\lambda = 10\,000\text{ nm}$,

$$\sigma = \frac{1}{10000 \cdot 10^{-7}} \quad \text{soit } \sigma = 1000\text{ cm}^{-1}$$



b/ Allure d'un spectre infrarouge

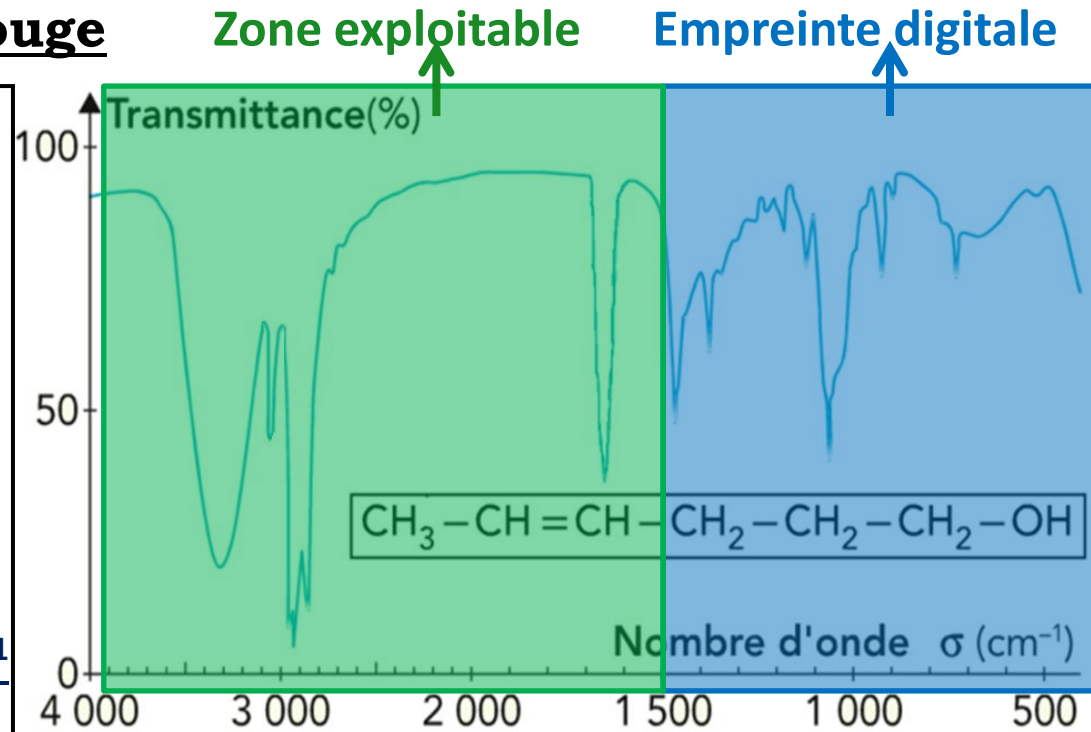
☛ Ordonnée : **Transmittance**

☛ Abscisse : **Nombre d'onde**
= inverse de la longueur d'onde

$$\text{cm}^{-1} \quad \sigma = \frac{1}{\lambda} \quad \text{cm}$$

Exemple : Si $\lambda = 10\,000\text{ nm}$,

$$\sigma = \frac{1}{10000 \cdot 10^{-7}} \quad \text{soit } \sigma = 1000\text{ cm}^{-1}$$



☛ Allure d'un spectre infrarouge :

⇒ **NOMBRE D'ONDE**, **FORME** et **INTENSITE** des pics sont caractéristiques de chaque liaison.

$$\sigma_0 = \frac{1}{\lambda_0} = \frac{\nu_0}{c} = \frac{1}{2\pi c} \times \sqrt{\frac{k}{\mu}}$$

Forme		Intensité		
large	fine	<u>F</u> orte	<u>m</u> oyenne	<u>f</u> aible

⇒ 2 zones dans le spectre IR :

➔ $\sigma < 1500\text{ cm}^{-1}$: l'« **empreinte digitale** » : difficilement exploitable

➔ $\sigma > 1500\text{ cm}^{-1}$: partie exploitable

Annexe n°1

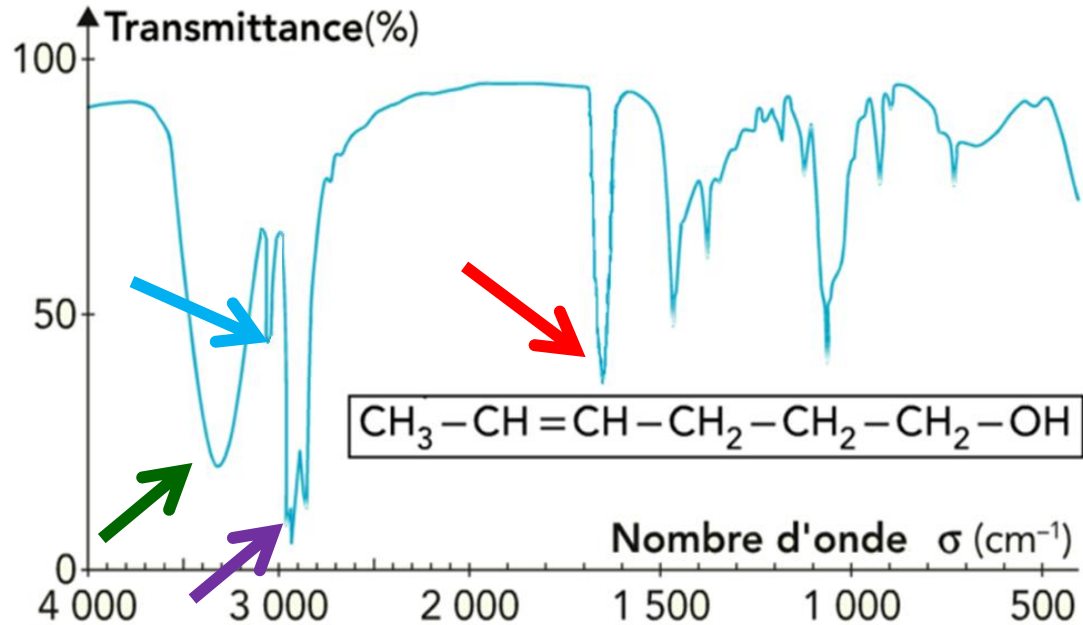
Liaison	Nombre d'onde (cm⁻¹)	Intensité / Forme	Particularités
O – H alcool libre O – H alcool lié	3580 – 3670 3200 – 3400	Moyenne / Fine Forte / Large	Se superpose à la précédente
N – H amine (v) N – H amide (v)	3100 – 3500 3100 – 3500	Moyenne Forte	2 bandes si l'atome d'azote est lié à 2 atomes d'hydrogène
C – H alcyne C – H alcène C – H aromatique C – H alcane C – H aldéhyde	3300 – 3310 3000 – 3100 3030 – 3080 2800 – 3000 2750 – 2900	Faible à Moyenne Moyenne Moyenne Forte Moyenne	
O – H acide carboxylique	2500 – 3200	Moyenne à Forte / Large	
C ≡ C alcyne	2100 – 2250	Faible	
C = O anhydride C = O chlorure d'acide C = O ester C = O aldéhyde et cétone C = O acide carboxylique C = O amide	1700 – 1840 1770 – 1820 1700 – 1740 1650 – 1730 1680 – 1710 1650 – 1695	Forte Forte Forte Forte Forte Forte	2 bandes

Annexe n°1

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Intensité / Forme	Particularités
C = C alcène	1625 – 1685	Moyenne	3 à 4 bandes
C = C aromatique	1450 – 1600	Variable	
N = O	1510 – 1580	Forte	2 bandes
	1325 – 1365		
C = N	1600 – 1680	Forte	
N – H amine et amide (d)	1560 – 1640	Moyenne à Forte	
C – H alcane (d)	1415 – 1470	Forte	
C – O ester	1050 – 1330	Forte	
C – O éther	1000 – 1250	Forte	
C – O alcool	970 – 1260	Forte	
C – C	1000 – 1250	Forte	
C – F	1000 – 1040	Forte	
C – Cl	700 – 800	Forte	
C – Br	600 – 750	Forte	
C – I	500 – 600	Forte	

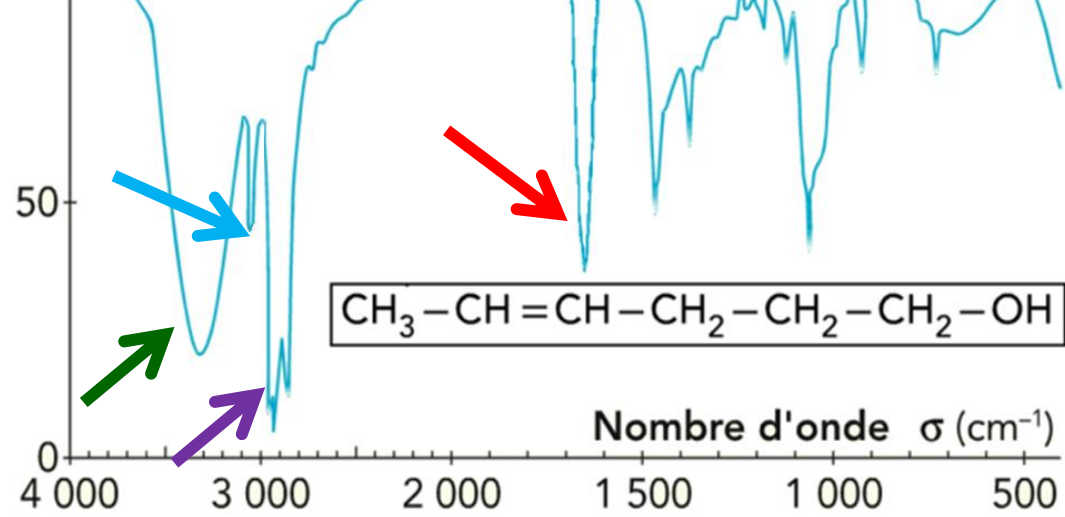
Application 1 : Justifier l'allure du spectre infrarouge ci-dessus.

- Liaison **O – H** alcool :
bande centrée sur $\sigma = 3350 \text{ cm}^{-1}$
- Liaison **C – H** alcane :
bande centrée sur $\sigma = 2900 \text{ cm}^{-1}$
- Liaison **C = C** alcène :
bande centrée sur $\sigma = 1650 \text{ cm}^{-1}$
- Liaison **C – H** alcène :
bande centrée sur $\sigma = 3050 \text{ cm}^{-1}$



Liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Intensité / Forme	Particularités
O – H alcool libre	3580 – 3670	Moyenne / Fine	Se superpose à la précédente
O – H alcool lié	3200 – 3400	Forte / Large	
N – H amine (v)	3100 – 3500	Moyenne	2 bandes si l'atome d'azote est lié à 2 atomes d'hydrogène
N – H amide (v)	3100 – 3500	Forte	
C – H alcyne	3300 – 3310	Faible à Moyenne	3 à 4 bandes
C – H alcène	3000 – 3100	Moyenne	
C – H aromatique	3030 – 3080	Moyenne	
C – H alcane	2800 – 3000	Forte	
C – H aldéhyde	2750 – 2900	Moyenne	
C = C alcène	1625 – 1685	Moyenne	
C = C aromatique	1450 – 1600	Variable	

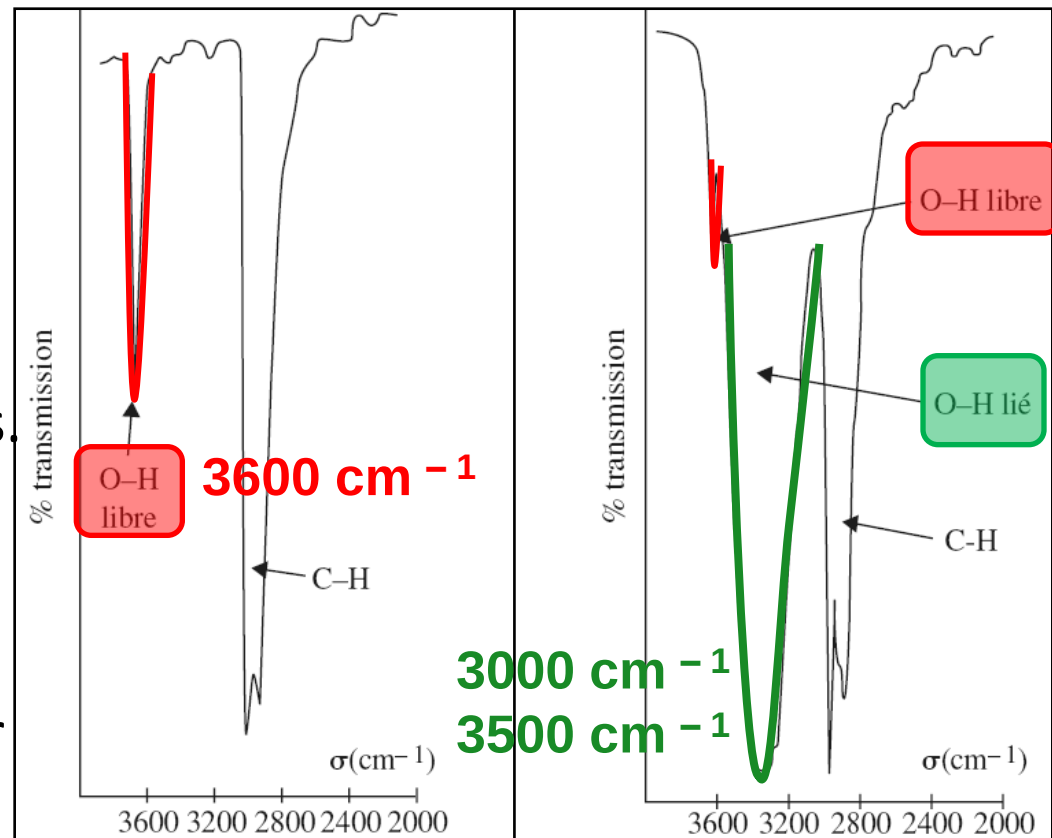
- Liaison **O – H** alcool :
bande centrée sur $\sigma = 3350 \text{ cm}^{-1}$
- Liaison **C – H** alcane :
bande centrée sur $\sigma = 2900 \text{ cm}^{-1}$
- Liaison **C = C** alcène :
bande centrée sur $\sigma = 1650 \text{ cm}^{-1}$
- Liaison **C – H** alcène :
bande centrée sur $\sigma = 3050 \text{ cm}^{-1}$



c/ Cas de la liaison O-H

Quelle différence entre
« **O-H libre** » et « **O-H lié** » ?

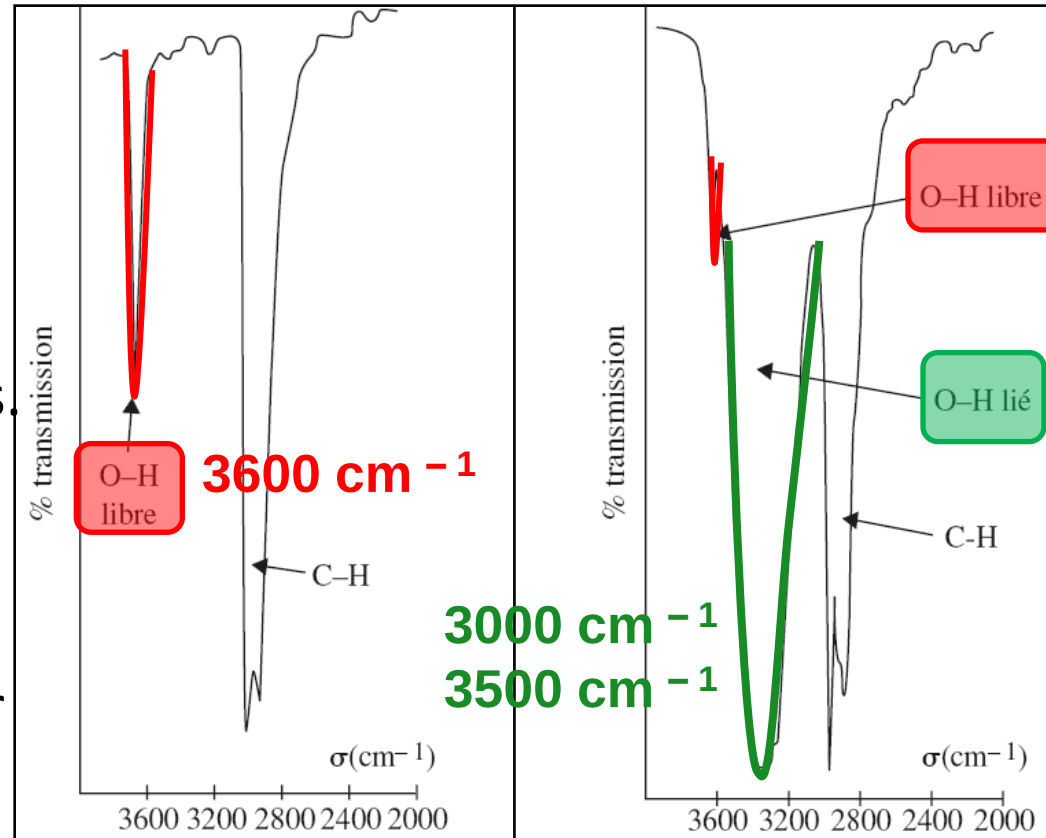
- Spectre de gauche : **OH libre**
Molécules d'alcools trop **ELOIGNEES** les unes des autres.
- Spectre de droite : **OH lié**
Molécules d'alcools **PROCHES** les unes des autres : leurs groupes hydroxyles se lient par des **liaisons H**



c/ Cas particulier de la liaison O-H

Quelle différence entre
« **O-H libre** » et « **O-H lié** » ?

- Spectre de gauche : OH libre
Molécules d'alcools trop **ELOIGNEES** les unes des autres.
- Spectre de droite : OH lié
Molécules d'alcools **PROCHES**
les unes des autres : leurs
groupes hydroxyles se lient par
des liaisons H



3) Spectroscopie de Résonance Magnétique Nucléaire (RMN ^1H)

- Principe : - Molécule plongée dans un **champ magnétique** $B_0 \approx 1 \text{ T}$
 - Les **H absorbent des photons** de fréquence $\nu \approx 100 \text{ MHz}$
pour orienter leur moment magnétique dans le sens opposé à B_0 .

3) Spectroscopie de Résonance Magnétique Nucléaire (RMN ^1H)

- ☛ Principe : - Molécule plongée dans un **champ magnétique** $B_0 \approx 1 \text{ T}$
- Les **H absorbent des photons** de fréquence $\nu \approx 100 \text{ MHz}$
- pour orienter leur moment magnétique dans le sens opposé à B_0 .

a/ Protons équivalents d'une molécule

La fréquence ν_i du photon absorbé par les protons d'une molécule **dépend de leur environnement chimique.**

On appelle **Groupe de Protons Equivalents (GPE)** d'une molécule l'ensemble des protons qui ont le même environnement chimique.

Pour simplifier, ce sont les **protons liés** :

- **à un même atome de carbone** engagé uniquement dans des liaisons simples ;
- **à des atomes de carbone différents** mais pour lesquels il existe une **relation de symétrie**.

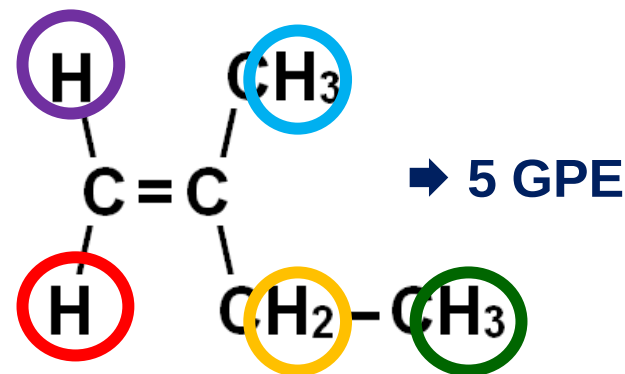
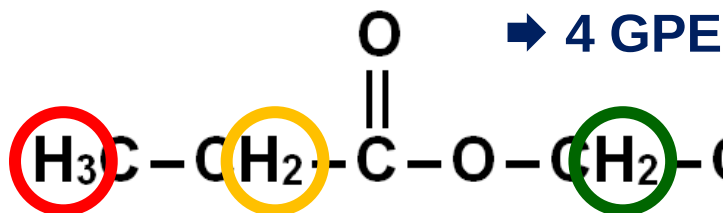
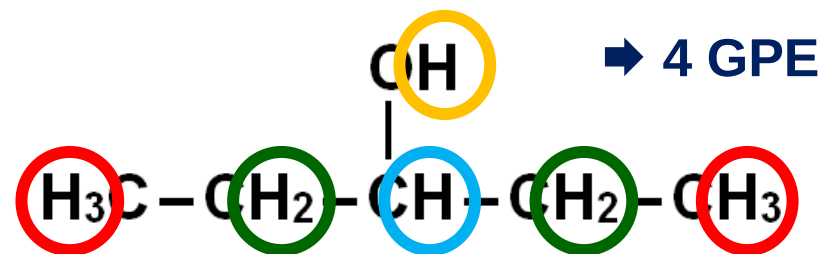
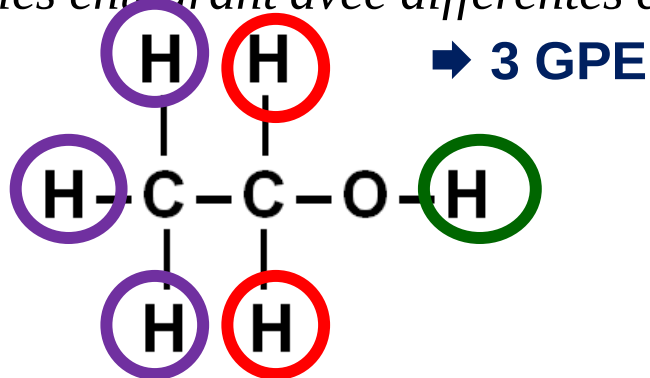
a/ Protons équivalents d'une molécule

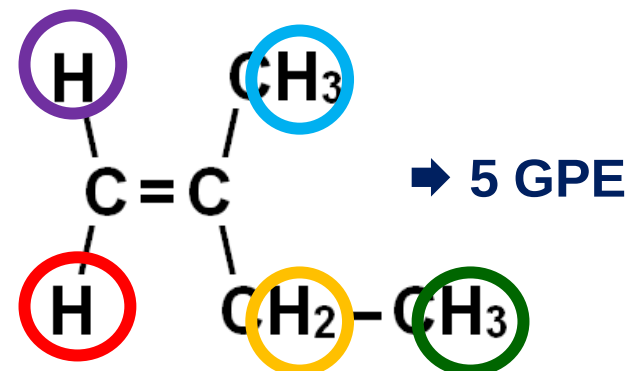
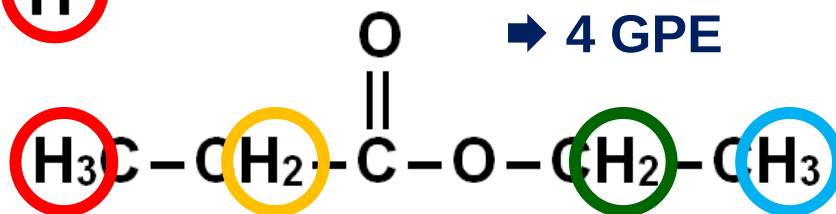
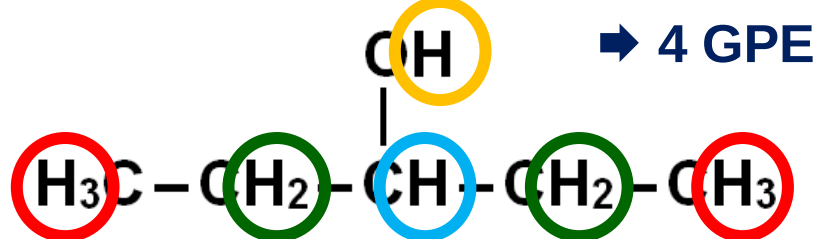
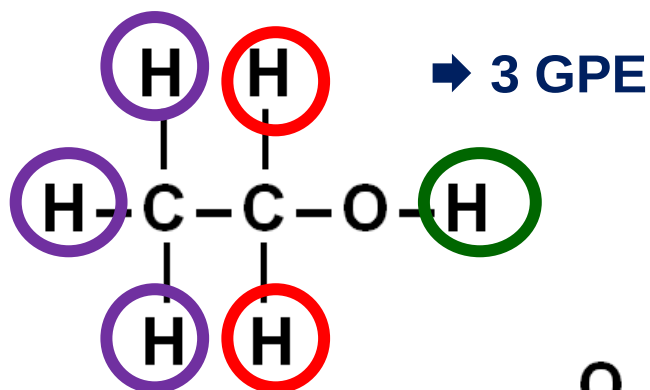
On appelle **Groupe de Protons Equivalents (GPE)** d'une molécule l'ensemble des protons qui ont le même environnement chimique.

Pour simplifier, ce sont les **protons liés** :

- **à un même atome de carbone** engagé uniquement dans des liaisons simples ;
- **à des atomes de carbone différents** mais pour lesquels il existe une **relation de symétrie**.

✂ - **Application 2** : Pour chaque molécule ci-dessous, déterminer le nombre de GPE en les entourant avec différentes couleurs.

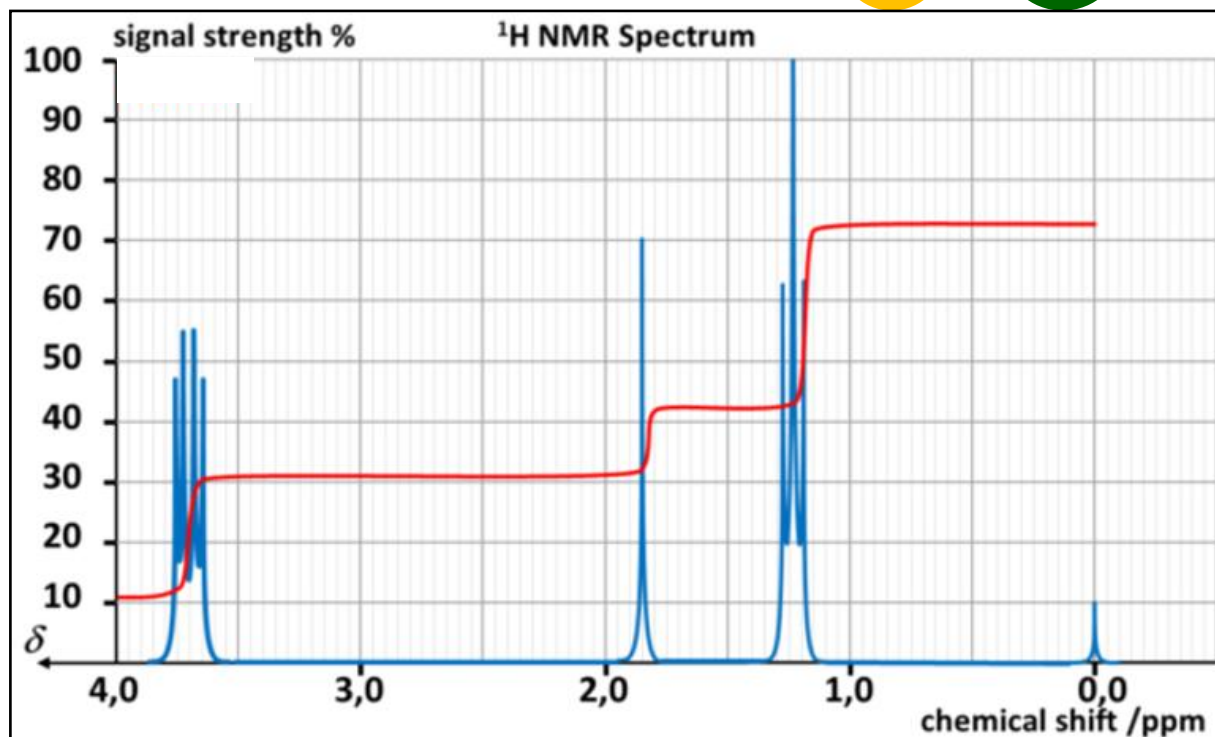




☛ Nombre de signaux dans un spectre de RMN :

Il y en a autant que de **Groupe de Protons Equivalents (GPE)**

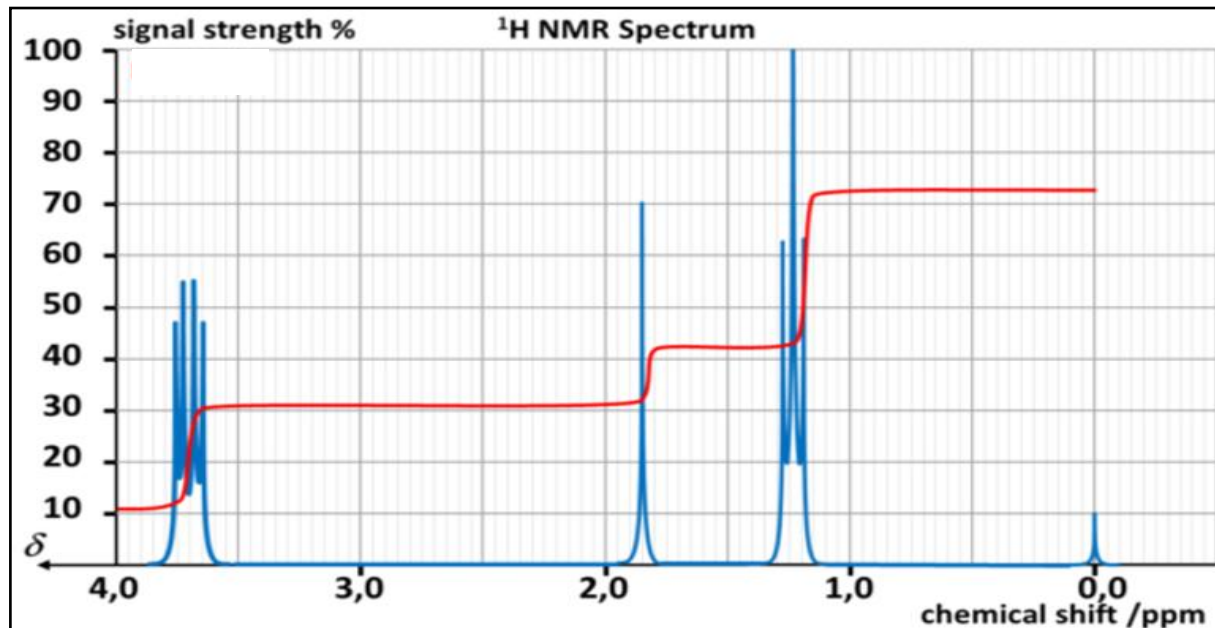
Grandeur portée en abscisse : **Le déplacement chimique**, noté δ , et exprimé **en ppm (partie par million)**



☛ Nombre de signaux dans un spectre de RMN :

Il y en a autant que de **Groupe de Protons Equivalents (GPE)**

Grandeur portée en abscisse : **Le déplacement chimique**, noté δ , et exprimé en **ppm**



Annexe n°2 – Table des déplacements chimiques en RMN ^1H

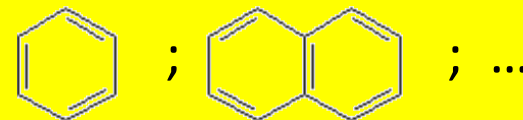
Protons CH_3	δ	Protons CH_2	δ	Protons CH	δ
CH_3, CH_2 ou CH liés à un carbone porteur de 4 liaisons simples					
$\text{CH}_3 - \text{C}$	0,9	$-\text{CH}_2 - \text{C}$	1,3	$\text{CH} - \text{C}$	1,5
$\text{CH}_3 - \text{C} - \text{C} = \text{C}$	0,95-1,1	$-\text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} = \text{C}$	1,3		
$\text{CH}_3 - \text{C} - \text{C} = \text{O}$	0,95-1,1	$-\text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} = \text{O}$	1,5		
$\text{CH}_3 - \text{C} - \text{C} \equiv \text{N}$	1,15	$-\text{CH}_2 - \text{C} - \text{C} \equiv \text{N}$	1,7		
$\text{CH}_3 - \text{C} - \text{NH}_2$ (ou NR_2)	1,15	$-\text{CH}_2 - \text{C} - \text{NH}_2$ (ou NR_2)	1,3	$\text{CH} - \text{C} - \text{NH}_2$ (ou NR_2)	
$\text{CH}_3 - \text{C} - \text{Ar}$	1,25	$-\text{CH}_2 - \text{C} - \text{Ar}$	1,6		
$\text{CH}_3 - \text{C} - \text{OH}$ (ou OR)	1,15-1,3	$-\text{CH}_2 - \text{C} - \text{OH}$ (ou OR)	1,8	$\text{CH} - \text{C} - \text{OH}$	1,6-2
$\text{CH}_3 - \text{C} - \text{Cl}$	1,5	$-\text{CH}_2 - \text{C} - \text{Cl}$	1,7	$\text{CH} - \text{C} - \text{Cl}$	1,6

Protons CH ₃	δ	Protons CH ₂	δ	Protons CH	δ
CH ₃ , CH ₂ ou CH liés à un carbone porteur d'une liaison multiple					
CH ₃ -C=C	1,6	-CH ₂ -C=C	2,1-2,3	CH-C=C	2,5
CH ₃ -C≡C	1,8	-CH ₂ -C≡C	2,6		
CH ₃ -C≡N	2,0	-CH ₂ -C≡N	2,4	CH-C≡N	2,7
CH ₃ -CO-OR	2,0	-CH ₂ -CO-OR	2,2		
CH ₃ -CO-OH	2,1	-CH ₂ -CO-OH	2,35	CH-CO-OH	2,6
CH ₃ -CO-NH ₂ (ou NR ₂)	2-2,1	-CH ₂ -CO-NH ₂ (ou NR ₂)	2,1-2,2		
CH ₃ -C=C-C=O	2,0	-CH ₂ -C=C-C=O	2,4		
CH ₃ -CO-R	2,1-2,2	-CH ₂ -CO-R	2,4	CH-CO-R	2,5-2,7
CH ₃ -Ar	2,3-2,4	-CH ₂ -Ar	2,7	CH-Ar	3,0
CH ₃ -CO-Ar	2,6	-CH ₂ -CO-Ar	2,9	CH-CO-Ar	3,3
		C=C-CH ₂ -C=C	2,9		
		C=C-CH ₂ -C=O	3,1-3,2		
		O=C-CH ₂ -C=O	3,4		

Annexe n°2 – Table des déplacements chimiques en RMN ^1H

Protons CH_3	δ	Protons CH_2	δ	Protons CH	δ
CH_3, CH_2 ou CH liés à un carbone porteur d'un hétéroatome (O, N, S, Cl ...)					
$\text{CH}_3 - \text{SH}$ (ou SR)	2,0-2,1	$-\text{CH}_2 - \text{SH}$ (ou SR)	2,4-2,5	$\text{CH} - \text{SH}$ (ou SR)	3,2
$\text{CH}_3 - \text{NH}_2$ (ou NR_2)	2,1-2,3	$-\text{CH}_2 - \text{NH}_2$ (ou NR_2)	2,5	$\text{CH} - \text{NH}_2$ (ou NR_2)	2,9
$\text{CH}_3 - \text{NH} - \text{COR}$	2,8-2,9	$-\text{CH}_2 - \text{NH} - \text{COR}$	3,3	$\text{CH} - \text{NH} - \text{COR}$	3,8-4,1
$\text{CH}_3 - \text{Cl}$	3,0	$-\text{CH}_2 - \text{Cl}$	3,6	$\text{CH} - \text{Cl}$	4,0
$\text{CH}_3 - \text{OR}$	3,3	$-\text{CH}_2 - \text{OR}$	3,4	$\text{CH} - \text{OR}$	3,7
$\text{CH}_3 - \text{OH}$	3,4	$-\text{CH}_2 - \text{OH}$	3,6	$\text{CH} - \text{OH}$	3,9
$\text{CH}_3 - \text{OCOR}$	3,7	$-\text{CH}_2 - \text{OCOR}$	4,2	$\text{CH} - \text{OCOR}$	4,8-5,1
$\text{CH}_3 - \text{OAr}$	3,8	$-\text{CH}_2 - \text{OAr}$	4,0	$\text{CH} - \text{OAr}$	4,0
$\text{CH}_3 - \text{NO}_2$	4,3	$-\text{CH}_2 - \text{NO}_2$	4,4	$\text{CH} - \text{NO}_2$	4,5-4,7
H liés à un carbone insaturé		H portés par un hétéroatome			
$-\text{C} \equiv \text{CH}$	1,8-3,1	OH		NH	
$-\text{C} = \text{CH}$	4,5-6,0	alcool (ROH) phénol (ArOH)	0,7-5,5 4,5-7,1	amine aliphatique amine aromatique	0,6-5,0 2,9-4,7
ArH benzène	6,5-8,2 7,27	oxime ($\text{C} = \text{NOH}$)	8,5-12,0	amides ($-\text{CO} - \text{NH}_2$, $-\text{CO} - \text{NH} -$)	6,0-8,5
$-\text{N} = \text{CH} -$	6,8-8,2	acide $\text{R} - \text{CO} - \text{OH}$	10,5-12,5		
$\text{RCH} = \text{O}$; $\text{ArCH} = \text{O}$	9,5-10,5	énol ($=\text{C} - \text{OH}$)	15-20		
$\text{H} - \text{CO} - \text{O} -$	8,0-8,2				

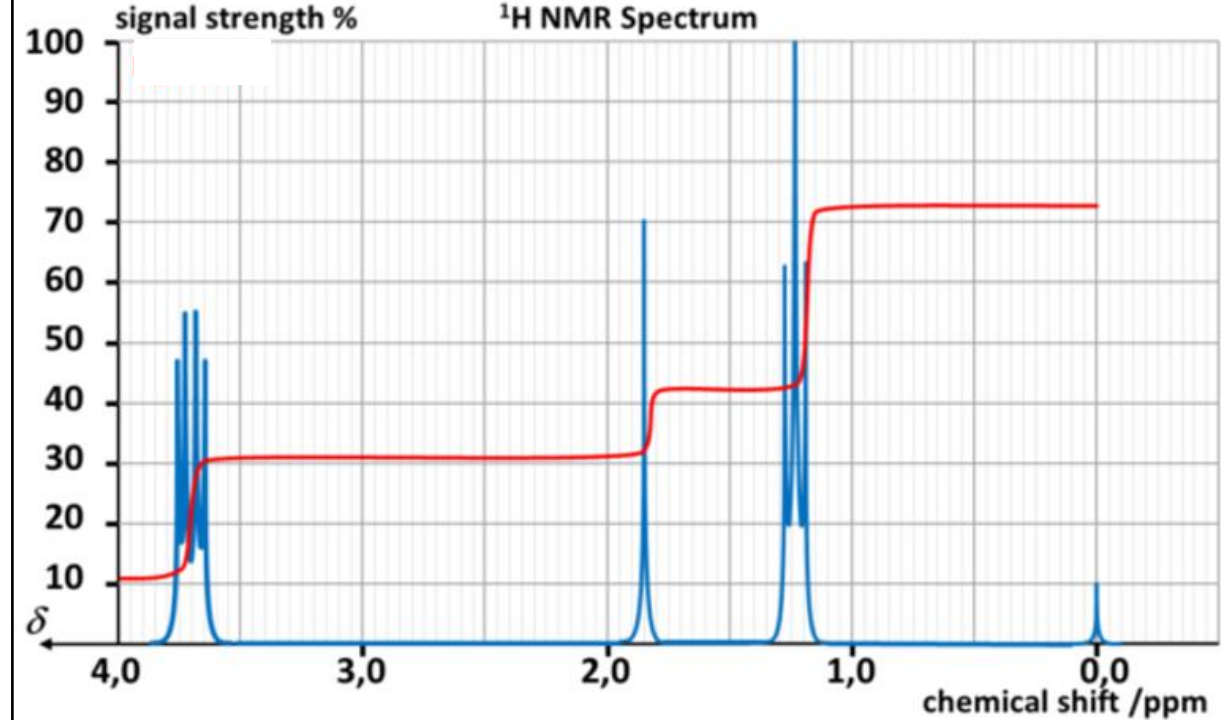
Ar = Aromatique



☛ Nombre de signaux dans un spectre de RMN :

Il y en a autant que de **Groupe de Protons Equivalents (GPE)**

Grandeur portée en abscisse : **Le déplacement chimique**, noté δ , et exprimé **en ppm (partie par million)**



☞ - Application 3 : Le spectre correspond à une des 4 molécules précédentes : laquelle ?
Ce spectre présente **3 signaux**, comme **l'éthanol** : le signal à **0 ppm** n'est pas à prendre en compte (il correspond à une molécule de référence servant à étalonner l'appareil, le tétraméthylsilane TMS).

b/ La courbe d'intégration

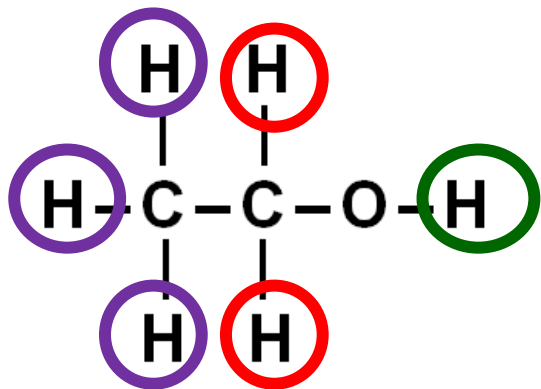
Courbe supplémentaire en forme de **marches d'escaliers**

La **hauteur de la marche** d'un GPE est **proportionnelle au nombre de protons de ce GPE** (en réalité, c'est l'aire entre le signal et l'axe des abscisses).

b/ La courbe d'intégration

La hauteur de la marche d'un GPE est **proportionnelle au nombre de protons de ce GPE** (en réalité, c'est l'aire entre le signal et l'axe des abscisses).

✂ - **Application 4** : Indiquer le nombre de protons équivalents pour chaque marche de la courbe d'intégration et attribuer chaque signal à un GPE précis de la molécule étudiée.

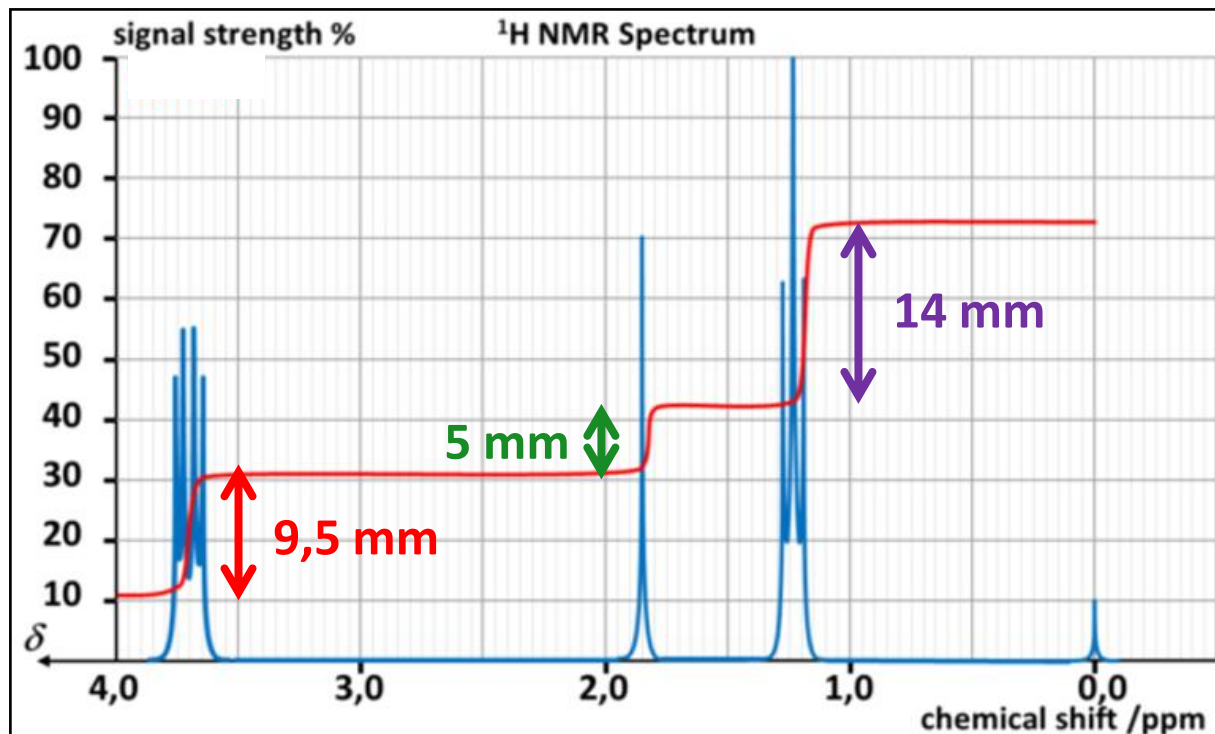


28,5 mm pour 6 H

9,5 mm pour 2 H

5 mm pour 1 H

14 mm pour 3 H



c/ Le nombre de pics des signaux



Singlet



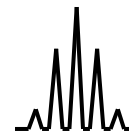
Doublet



Triplet

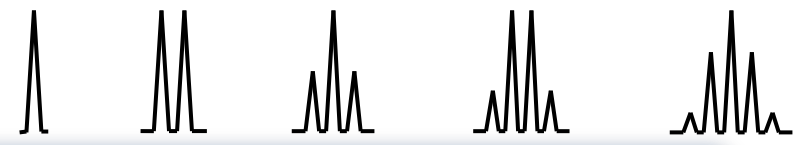


Quadruplet



Quintuplet

c/ Le nombre de pics des signaux

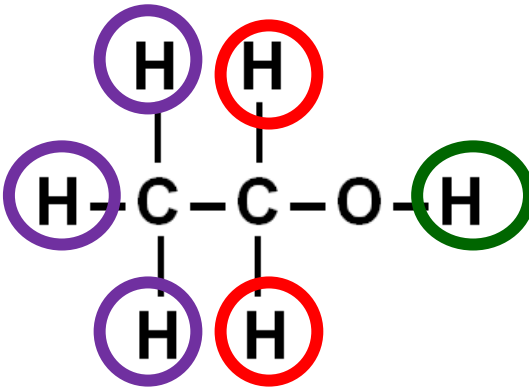


Influence de protons voisins EQUIVALENTS ENTRE EUX
(couplage $A_m X_q$)

➡ Un groupe de **m** protons équivalents, voisins de q protons qui ne leur sont pas équivalents mais qui sont équivalents entre eux, apparaît sous la forme d'un **multiplet de (q+1) pics**.



Un proton porté par un hétéroatome (O, N ...) donne toujours un SINGULET ;

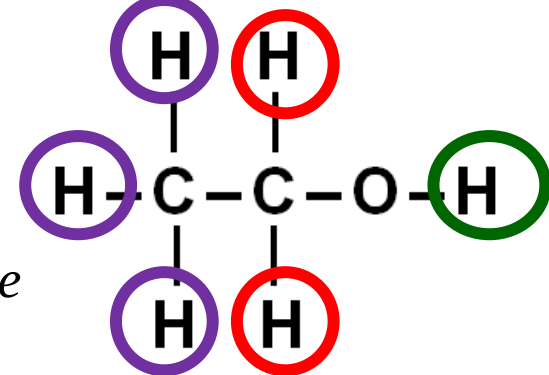


🔗 - Application 5 : Justifier l'allure des signaux pour le spectre étudié précédemment.

<u>GPE</u>	<u>H voisins</u>	<u>Multiplicité du signal</u>	<u>Intégration</u>	<u>δ</u>
3 H	2 H	2 + 1 = 3 pics = <u>TRIplet</u>	3	
2 H	3 H	3 + 1 = 4 pics = <u>QUADRUplet</u>	2	
1 H lié à hétéroatome		1 pic = <u>SINGULET</u>	1	

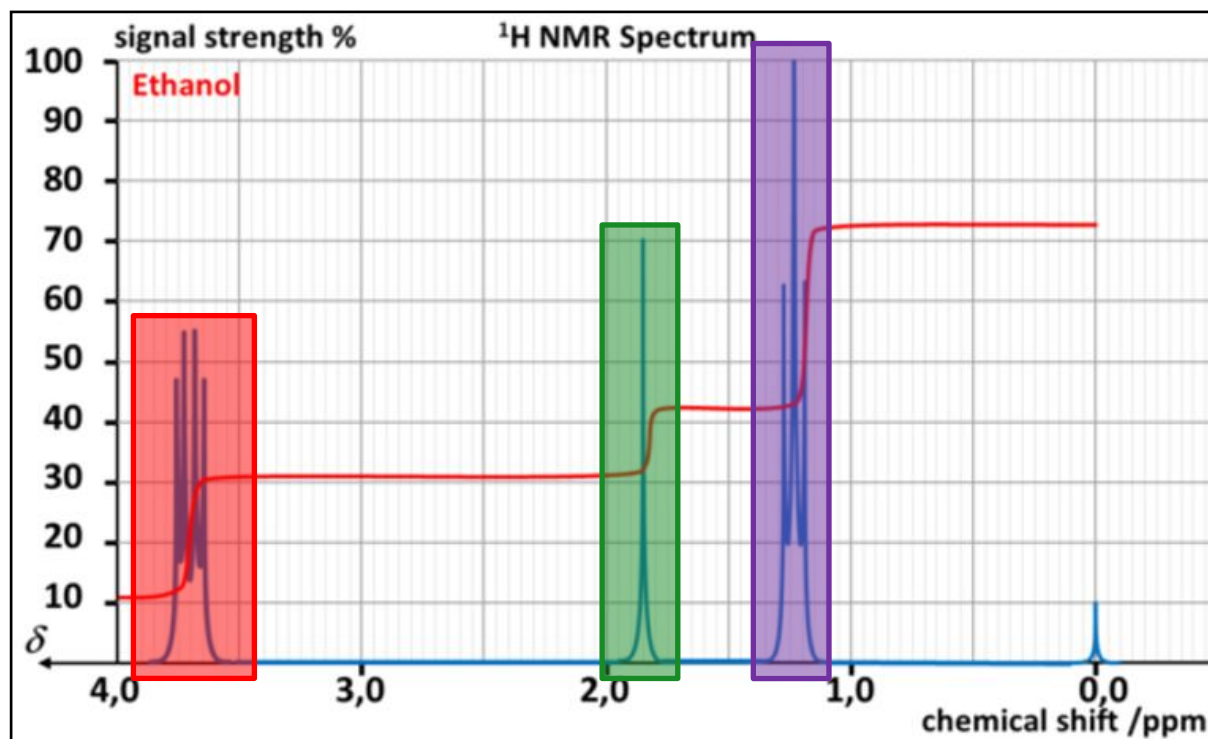


Un proton porté par un hétéroatome (O, N ...) donne un SINGULET ;



🔍 - **Application 5** : Justifier l'allure des signaux pour le spectre étudié précédemment.

<u>GPE</u>	<u>H voisins</u>	<u>Multiplicité du signal</u>	<u>Intégration</u>	<u>δ</u>
3 H	2 H	2 + 1 = 3 pics = <u>TRIPL</u> ET	3	1,2 ppm
2 H	3 H	3 + 1 = 4 pics = <u>QUADRUPLET</u>	2	3,75 ppm
1 H lié à hétéroatome		1 pic = <u>SINGULET</u>	1	1,8 ppm



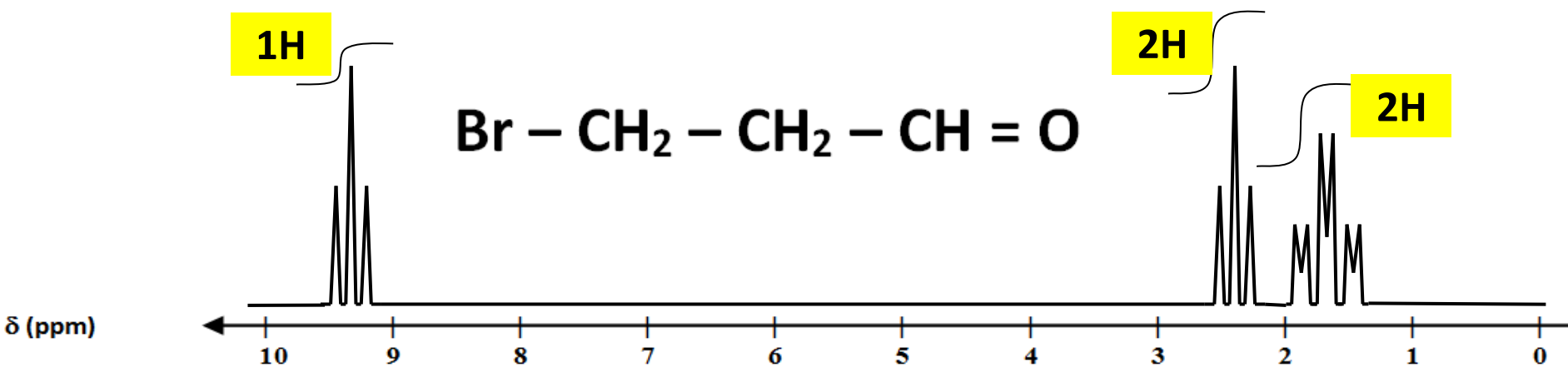
🔗 - Application 5 : Justifier l'allure des signaux pour le spectre étudié précédemment.

<u>GPE</u>	<u>H voisins</u>	<u>Multiplicité du signal</u>	<u>Intégration</u>	<u>δ</u>
3 H	2 H	2 + 1 = 3 pics = <u>TRIPL</u> ET	3	1,2 ppm
2 H	3 H	3 + 1 = 4 pics = <u>QUADRUPL</u> ET	2	3,75 ppm
1 H lié à hétéroatome		1 pic = <u>SINGULET</u>	1	1,8 ppm

Influence de protons voisins NON EQUIVALENTS ENTRE EUX
(couplage $A_m M_p X_q$)

🔑 Un groupe de **m** protons équivalents, voisins de p protons et de q autres protons apparaît sous la forme d'un (p+1)-uplet de (q+1)-uplets ou inversement.

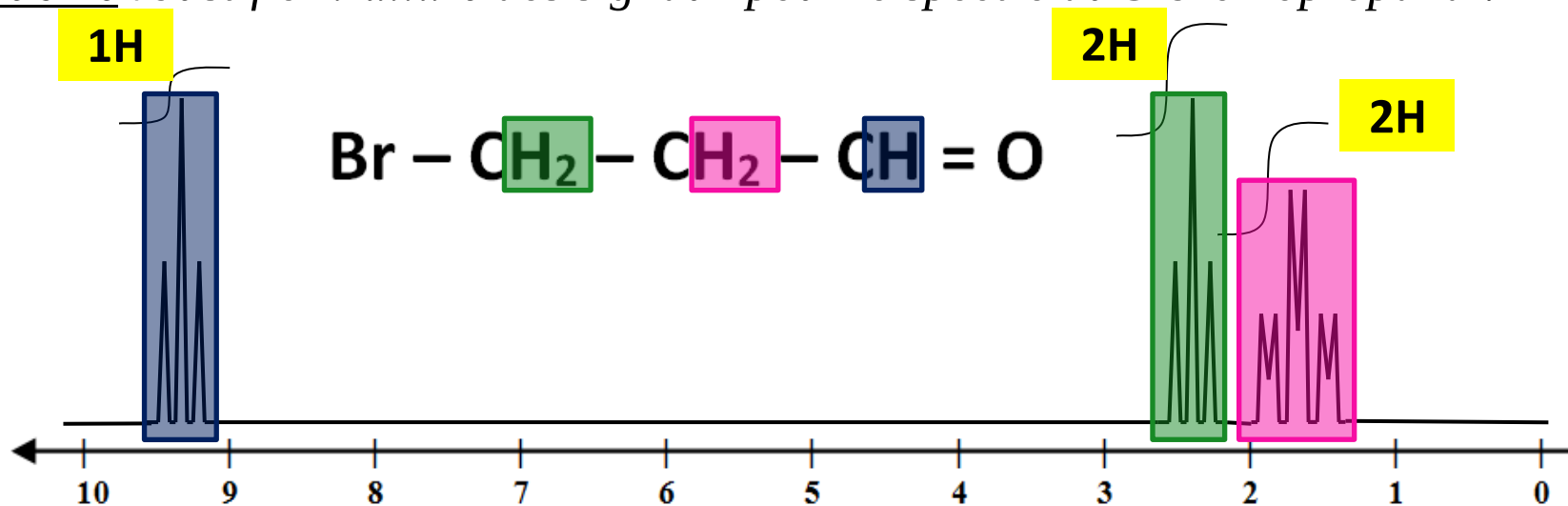
🔗 - Application 6 : Justifier l'allure des signaux pour le spectre du 3-bromopropanal.



Influence de protons voisins NON EQUIVALENTS ENTRE EUX (couplage $A_m M_p X_q$)

➔ Un groupe de m protons équivalents, voisins de p protons et de q autres protons apparaît sous la forme d'un $(p+1)$ -uplet de $(q+1)$ -uplets ou inversement.

✂ - **Application 6** : Justifier l'allure des signaux pour le spectre du 3-bromopropanal.



<u>GPE</u>	<u>H voisins</u>	<u>Multiplicité du signal</u>	<u>Intégration</u>	<u>δ</u>
1 H	2 H	2 + 1 = 3 pics = <u>TRIPL</u> ET	1	9,3 ppm
2 H	2 H	2 + 1 = 3 pics = <u>TRIPL</u> ET	2	2,4 ppm
2 H	2 H + 1 H	<u>TRIPL</u> ET de <u>DOUBL</u> ETS ou <u>DOUBL</u> ET de <u>TRIPL</u> ETS	2	1,7 ppm