

# **Chimie Organique 1**

## **4TBX 209 U**

**Théories électroniques, structurales et  
grands principes de la chimie organique**

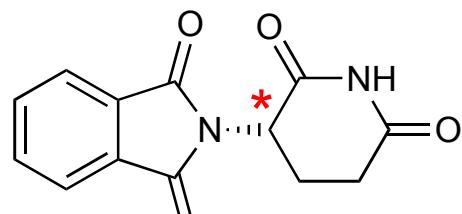
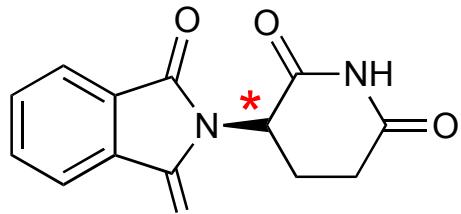
**Réactivité de quelques composés  
aliphatiques et aromatiques**

Denis Deffieux ([denis.deffieux@u-bordeaux.fr](mailto:denis.deffieux@u-bordeaux.fr))  
Jean-Luc Pozzo (Jl.pozzo@ism.u-bordeaux1.fr)

# SYLLABUS

- **16 cours**
- **17 TD (2 groupes** - Jean Luc Pozzo groupe A1  
- Denis Deffieux groupe A2)
- 1 DS (0,15)**
- 2 à 3 Tests durant les cours (0,10)**
- Examen final DST (0,25)**
  
- Boites de **modèles moléculaires** ( 17 euros)
- Moodle (espace formation ENT)
- Application Socrative

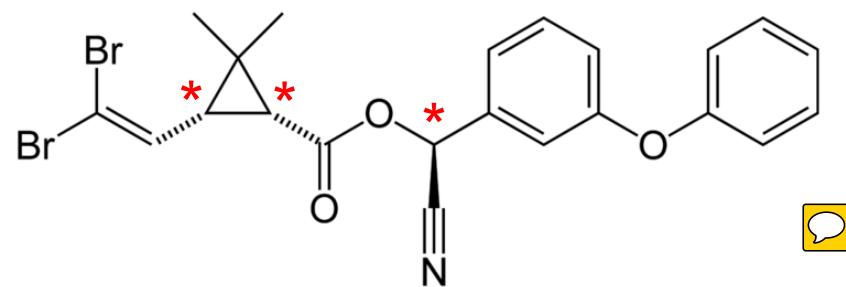
## Thalidomide : antiémétique



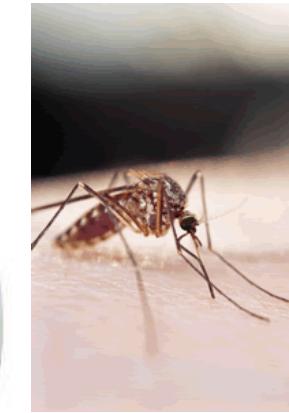
tératogène



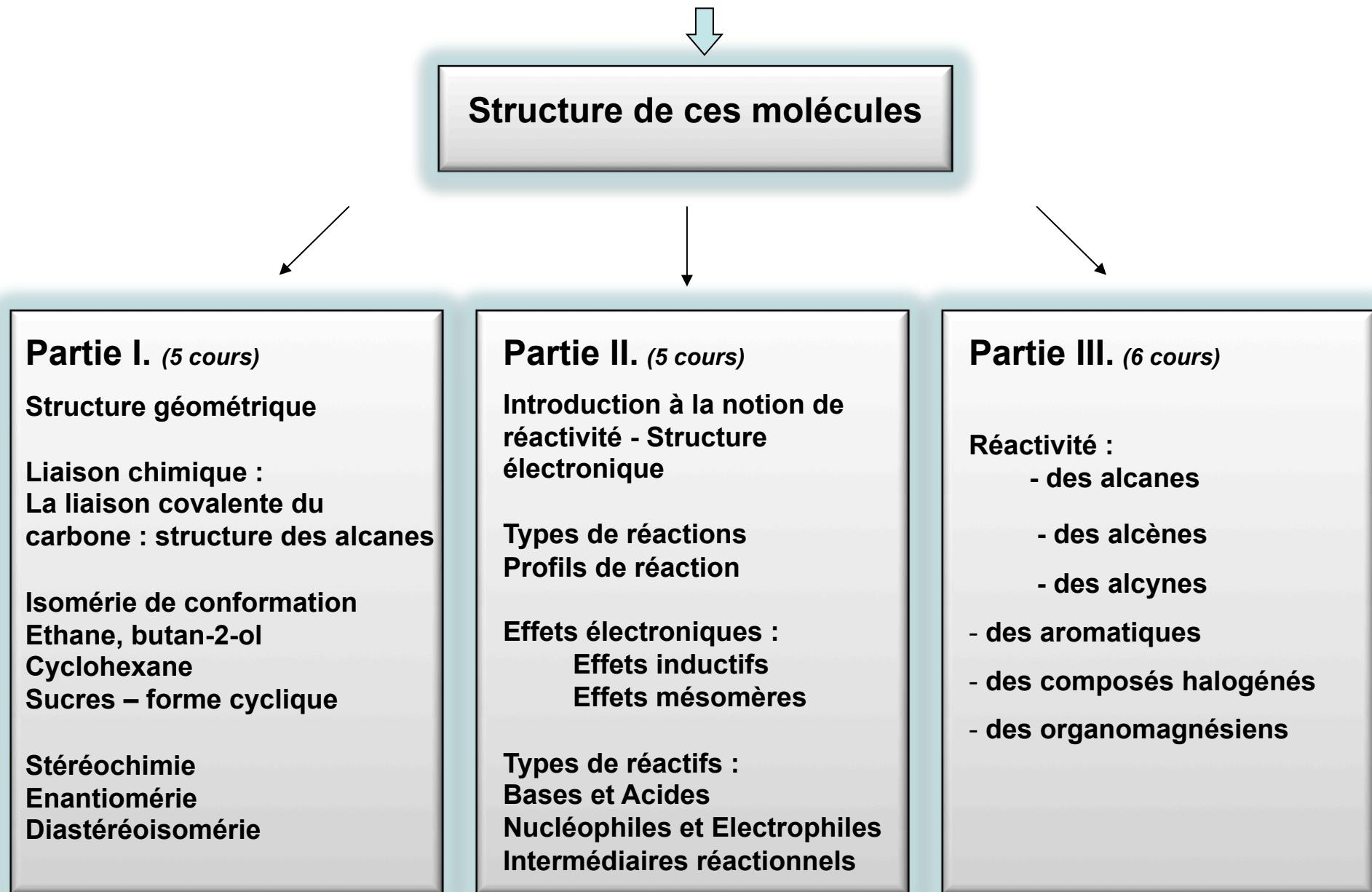
## Deltaméthrine : insecticide



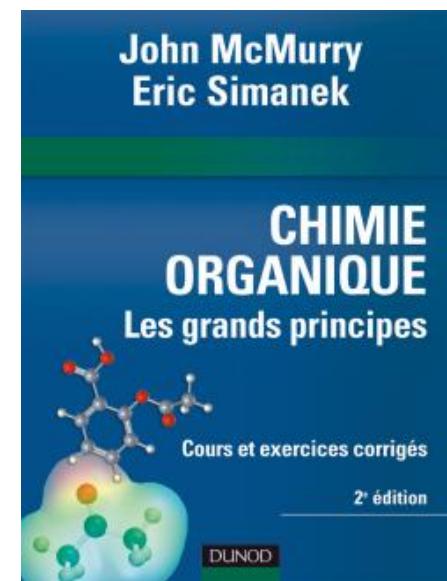
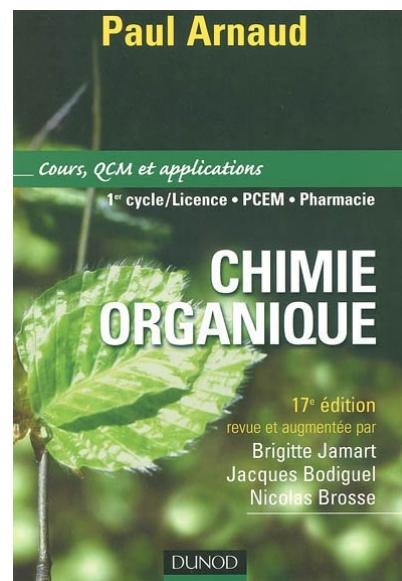
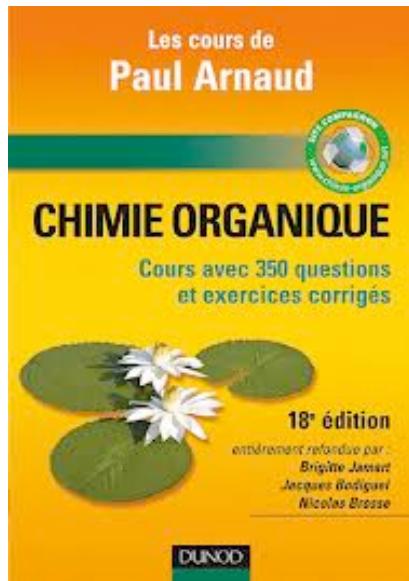
énantiomère : inactif



# Objectif : comprendre la réactivité des molécules organiques



# Lecture obligatoire



"Chimie Organique", Paul Arnaud (18<sup>e</sup> et 17<sup>e</sup> éditions)

**PARTIE I : CHIMIE ORGANIQUE GÉNÉRALE**

# Objectif : comprendre la réactivité des molécules organiques



## Structure de ces molécules

**Paul Arnauld :**

Chapitres ↗ 1-3

↓ 4-5, 12, 26

↘ 8-10, 12, 13-14

### Partie I. (5 cours)

Structure géométrique

Liaison chimique :

La liaison covalente du carbone : structure des alcanes

Isomérie de conformation

Ethane, butan-2-ol

Cyclohexane

Sucres – forme cyclique

Stéréochimie

Enantiomérie

Diastéréoisomérie

### Partie II. (5 cours)

Introduction à la notion de réactivité - Structure électronique

Types de réactions

Profils de réaction

Effets électroniques :

Effets inductifs

Effets mésomères

Types de réactifs :

Bases et Acides

Nucléophiles et Electrophiles

Intermédiaires réactionnels

### Partie III. (6 cours)

Réactivité :

- des alcanes
- des alcènes
- des alcynes
- des aromatiques
- des composés halogénés
- des organomagnésiens

# **Chapitre 1 : rappels - généralités sur la chimie organique**

**1. Définition**

**2. Eléments constitutifs des molécules organiques**

# TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

<http://www.kif-split.hr/periodni/fr/>

The periodic table is a grid of elements arranged by atomic number (1 to 103) and group. It includes the following features:

- Groups:** Labeled on the left and top.
- Periods:** Labeled on the left.
- Element Properties:** Numerical values for atomic mass, atomic number, and other properties.
- Symbol Legend:** A legend at the top right defines symbols for groups IIA, IIIA, VA, VIA, VIIA, and VIIIA.
- Actinides and Lanthanides:** Special sections below the main table.
- Footnotes:** Includes information about mass numbers, isotopes, and element discovery.

NUMÉRO DU GROUPE RECOMMANDATIONS DE L'IUPAC (1985)																		NUMÉRO DU GROUPE CHEMICAL ABSTRACT SERVICE (1986)																																									
PÉRIODE		NOMBRE ATOMIQUE SYMPOLe																		MASSE ATOMIQUE RELATIVE (1) NOM DE L'ÉLÉMENT																																							
		13		III A		5		10.811		B		BORE		13		10.811		6		12.011		7		14.007		8		15.999		9		18.998		10		20.180																							
1		H		Be		Li		Mg		Na		Ca		Sc		Ti		V		Cr		Mn		Fe		Co		Ni		Cu		Zn		Ga		Ge		As		Se		Br		Kr															
2		Hé		He		Ne		F		O		N		C		Bore		Carbone		Azote		Oxygène		Fluor		S		Cl		Ar		Xe		Rn																									
3		Li		Be		Bore		Bore		Bore		Bore		Bore		Bore		Bore		Bore		Bore		Bore		Bore		Bore		Bore		Bore		Bore		Bore																							
4		K		Ca		Sc		Ti		V		Cr		Mn		Fe		Co		Ni		Cu		Zn		Ga		Ge		As		Se		Br		Kr																							
5		Rb		Sr		Y		Zr		Nb		Mo		Tc		Ru		Rh		Pd		Ag		Cd		In		Sn		Sb		Te		I		Xe																							
6		Cs		Ba		La-Lu		Hf		Ta		W		Re		Os		Ir		Pt		Au		Hg		Tl		Pb		Bi		Po		At		Rn																							
7		Fr		Ra		Ac-Lr		Actinides		Rutherfordium		Dubnum		Seaborgium		Bohrium		Hassium		Meitnerium		Ununnilium		Unununium		Ununbium		Ununquadium		Uuo		Uq		Uq																									
Lanthanides																		Copyright © 1998-2002 EniG. ( <a href="mailto:eni@kif-split.hr">eni@kif-split.hr</a> )																																									
57		138.91		58		140.12		59		140.91		60		144.24		61		(145)		62		150.36		63		151.96		64		157.25		65		158.93		66		162.50		67		164.93		68		167.26		69		168.93		70		173.04		71		174.97	
7		La		Ce		Pr		Nd		Pm		Sm		Eu		Gd		Tb		Dy		Ho		Er		Tm		Yb		Lu																													
7		Lanthane		Cérium		Praséodyme		Néodyme		Prométhium		Samarium		Europium		Gadolinium		Terbium		Dysprosium		Holmium		Erbiump		Thulium		Ytterbium		Lutétium																													
Actinides																		Copyright © 1998-2002 EniG. ( <a href="mailto:eni@kif-split.hr">eni@kif-split.hr</a> )																																									
89		(227)		90		232.04		91		231.04		92		238.03		93		(237)		94		(244)		95		(243)		96		(247)		97		(247)		98		(251)		99		(252)		100		(257)		101		(258)		102		(259)		103		(262)	
7		Ac		Th		Pa		U		Np		Pu		Am		Cm		Bk		Cf		Es		Fm		Md		No		Lr																													
7		Actinium		Thorium		Protactinium		Uranium		Neptunium		Plutonium		Américium		Curium		Berkélium		Californium		Einsteinium		Fermium		Mendéléium		Nobélium		Lawrencium																													

(1) Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 667-683 (2001)

La masse atomique relative est donnée avec 6 chiffres significatifs. Pour les éléments qui n'ont pas de nucléides stables, la valeur entre parenthèses indique le nombre de masse de l'isotope de l'élément ayant la durée de vie la plus grande.

Toutefois, pour les trois éléments Th, Pa et U qui ont une composition isotopique terrestre connue, une masse atomique est indiquée.

# Tableau Périodique des éléments et électronégativité approchée

H 2,2							He
Li 1	Be 1,5	B 2	C 2,5	N 3	O 3,5	F 4	Ne
Na 0,9	Mg 1,3	Al 1,6	Si 1,9	P 2,2	S 2,6	Cl 3,2	Ar
K 0,8	Ca 1					Br 3	
						I 2,7	

A savoir

# **Chapitre 1 : rappels - généralités sur la chimie organique**

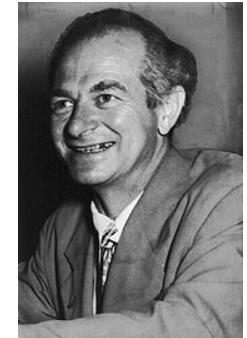
- 1. Définition**
- 2. Eléments constitutifs des molécules organiques**
- 3. Formules moléculaire brute**
- 4. Formules développée plane**
- 5. Nomenclature - *Paul Arnauld : Chapitre 7***
- 6. Groupements fonctionnels**

# Quelques groupements fonctionnels

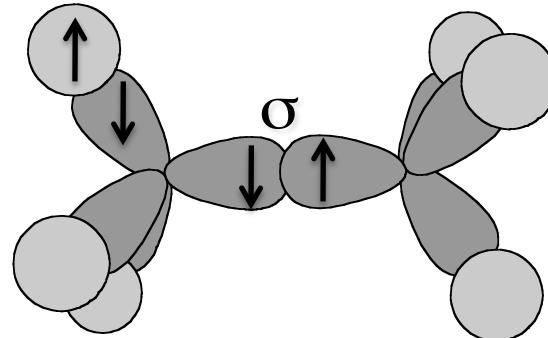
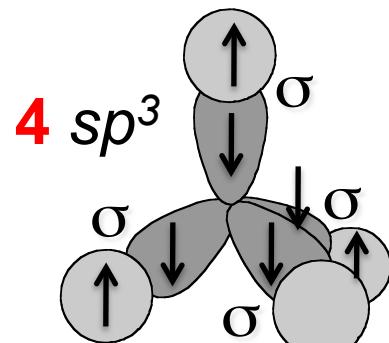
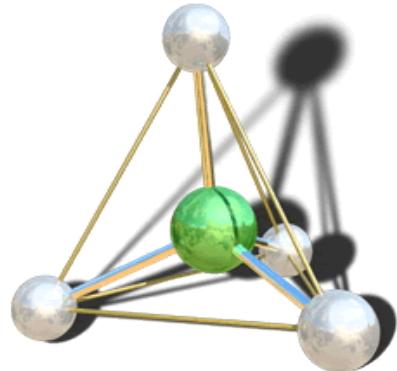
alcool	aldéhyde	cétone	acide carboxylique	ester	énol
cétène	éther	péroxyde	péracide	cétal	amine
nitrile	énamine	organonitré	imine	amide	thiol

## **Chapitre 2 : l'isomérie**

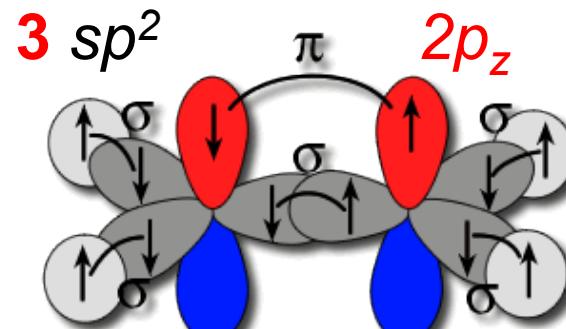
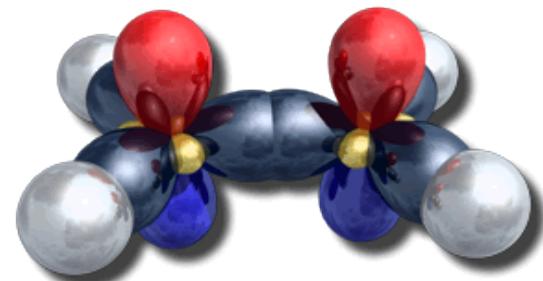
- 1. Définition**
- 2. Isomérie de constitution**
- 3. Géométrie moléculaire**



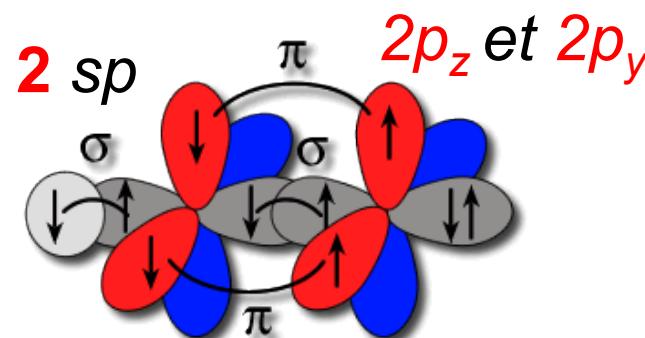
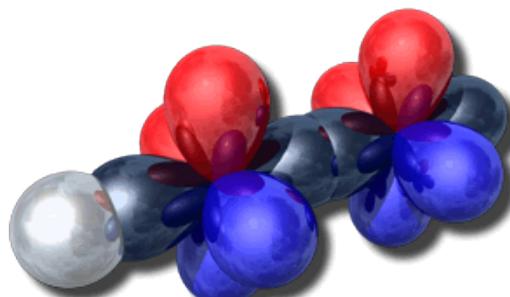
## Rappels : géométrie moléculaire



$C-H$  1,07 Å  
439 kJ/mol



$C-C$  1,54 Å  
377 kJ/mol



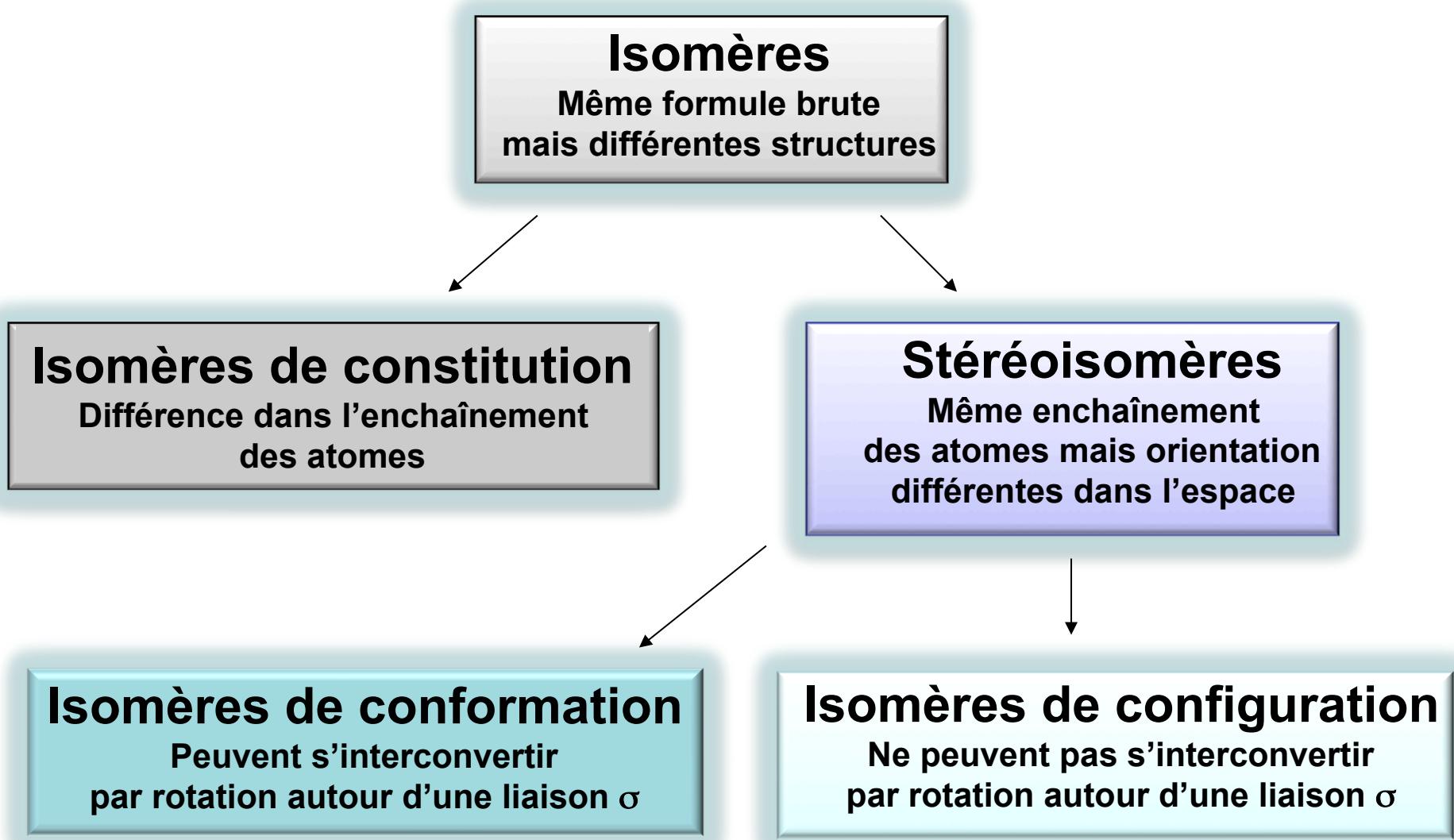
$C=C$  1,34 Å  
682 kJ/mol

$C\equiv C$  1,20 Å  
962 kJ/mol

## **Chapitre 2 : l'isomérie**

- 1.** Définition
- 2.** Isomérie de constitution
- 3.** Géométrie moléculaire
- 4.** Stéréoisomérie

## Chapitre 2 : l'isomérie



## Chapitre 2 : l'isomérie

### 5. Méthodes de représentation graphique des molécules



**La Cité idéale (1475), Piero della Francesca**



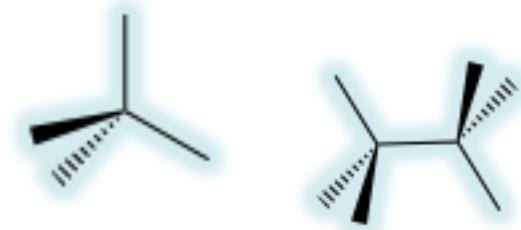
# L'École d'Athènes, (1510-1511) Raphaël Palais du Vatican

Denis Deffieux – Chimie Org. 1 – semestre 2

## Chapitre 2 : l'isomérie

### 5. Méthodes de représentation graphique des molécules

#### a. Représentation de Cram



#### b. Projection de Newman

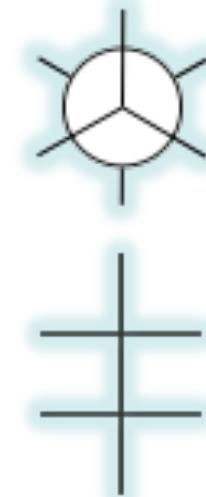
- Adaptée à l'étude des conformations

#### c. Projection de Fischer

- Adaptée à l'étude des configurations

- Sucres

- Acides aminés



## Chapitre 3 : stéréoisomérie de conformation

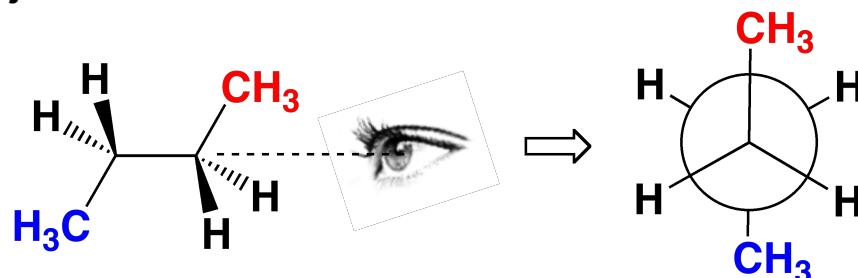
### 1. Analyse conformationnelle d'une courbe de torsion : cas de l'éthane

#### a. Principe de la libre rotation

**Energie de torsion** ou **tension de Pitzer**

due à la répulsion des nuages électroniques des liaisons C-H et C-H ou C-H et C-CH<sub>3</sub> en conformation éclipsée :

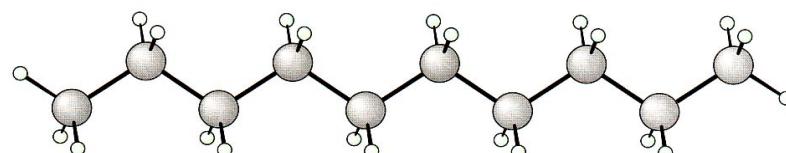
#### b. Projection de Newman



#### c. Courbe de torsion de l'éthane (anim.)

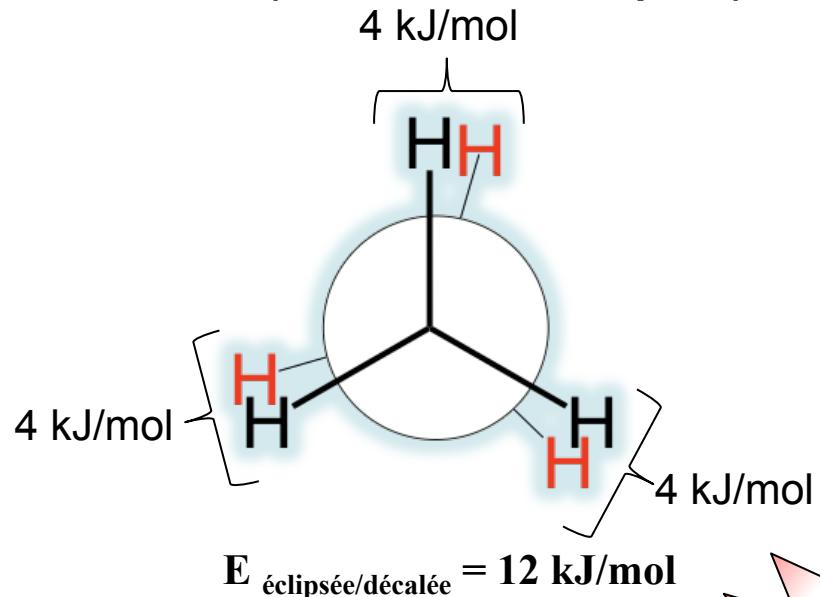
### 2. Courbe de torsion du butane (anim.)

### 3. Généralisation aux alcanes linéaires

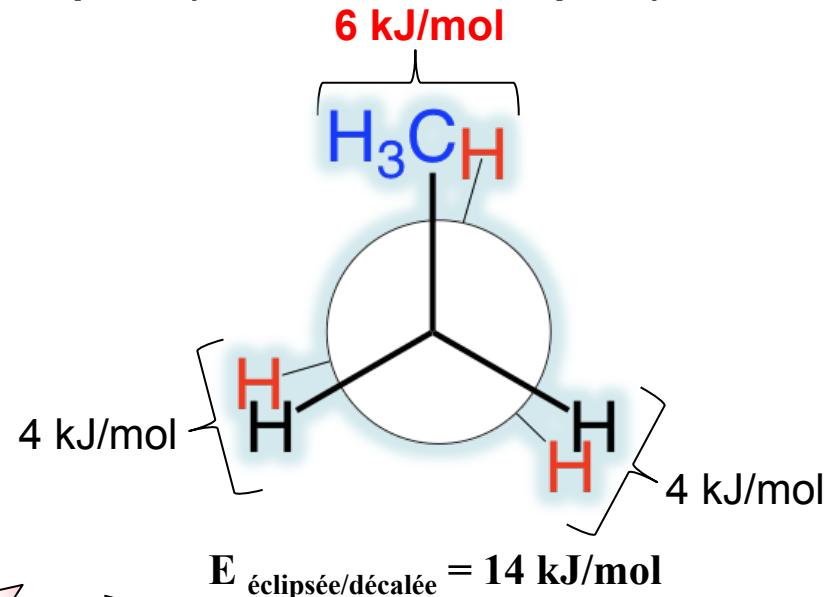


# Chapitre 3 : stéréoisomérie de conformation

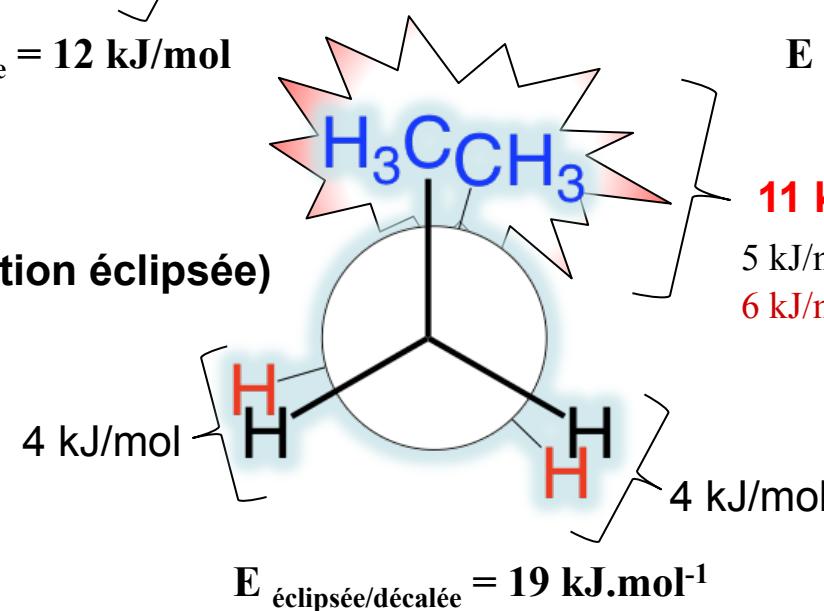
Ethane (conformation éclipsée)



Propane (conformation éclipsée)



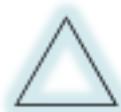
Butane (conformation éclipsée)



## Chapitre 3 : stéréoisomérie de conformation

### 4. Série cyclique

#### a. Stabilité - enthalpie de combustion



60°



90°

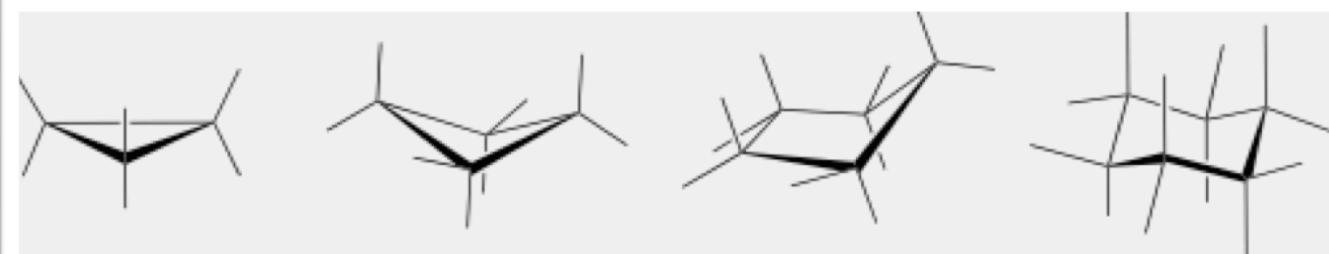


108°



120°

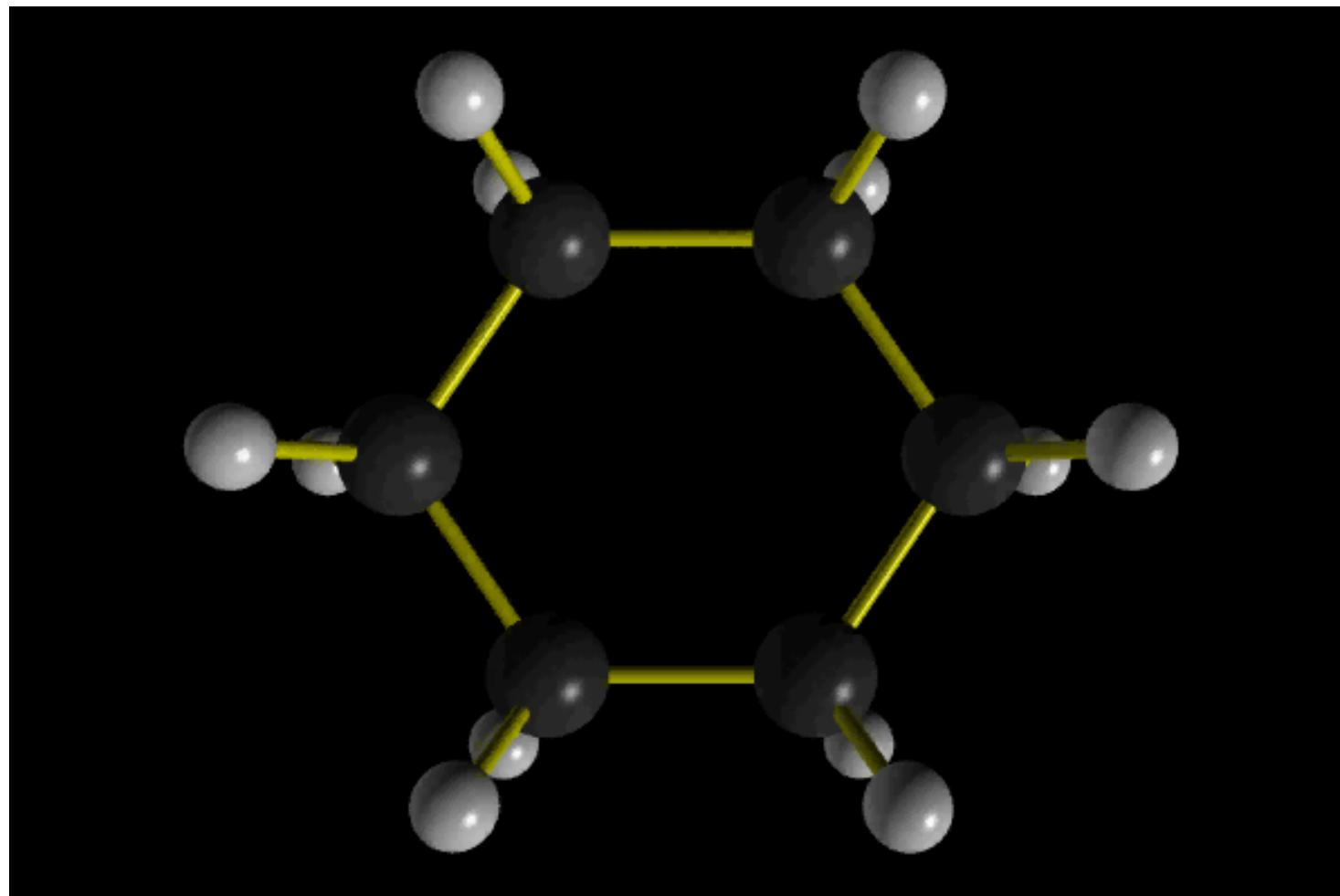
- Tension d'angle ou tension de Baeyer
- Tension de Pitzer
- Tension de Van der Waals



# Chapitre 3 : stéréoisomérie de conformation

## 4. Série cyclique

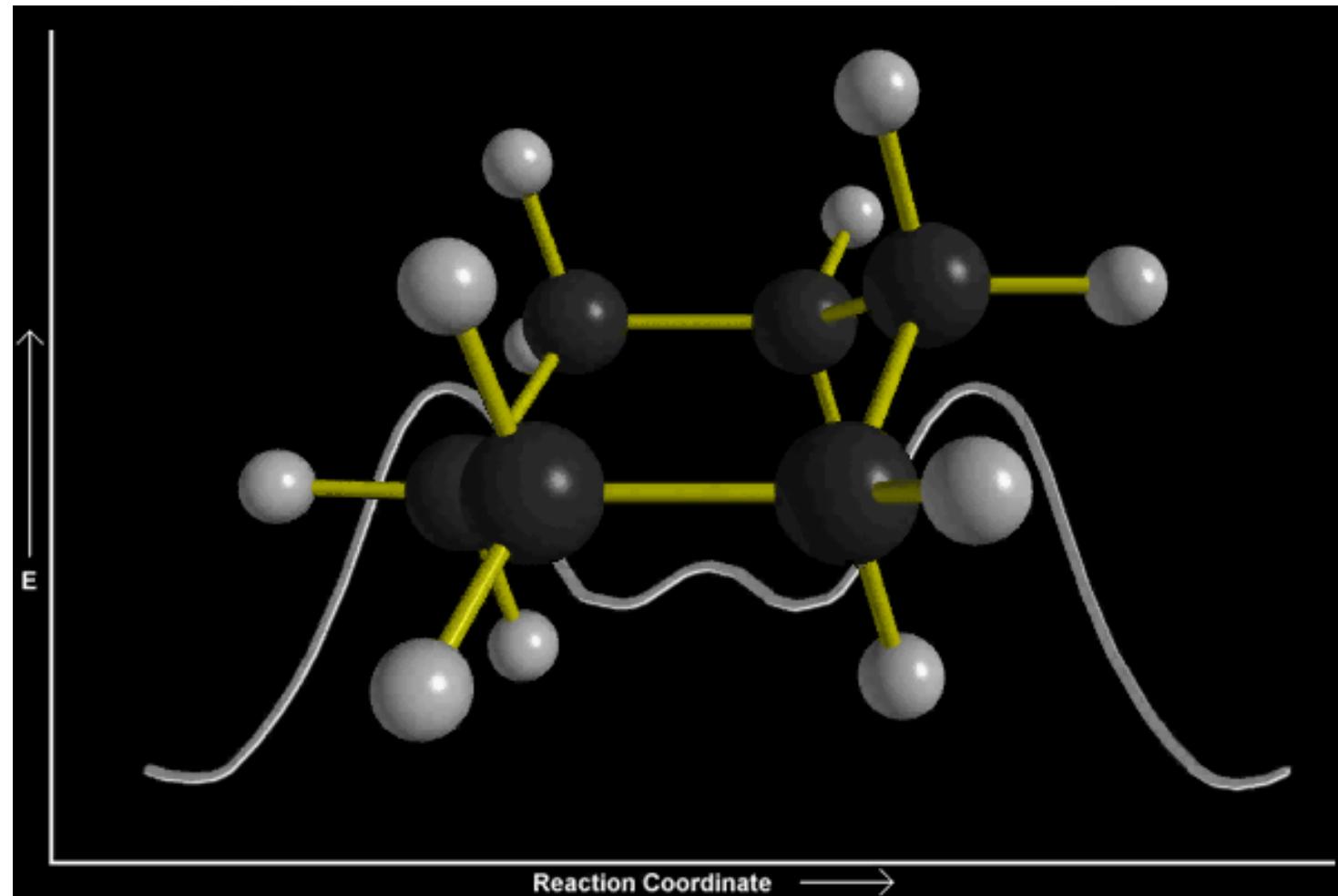
### b. Cas du cyclohexane



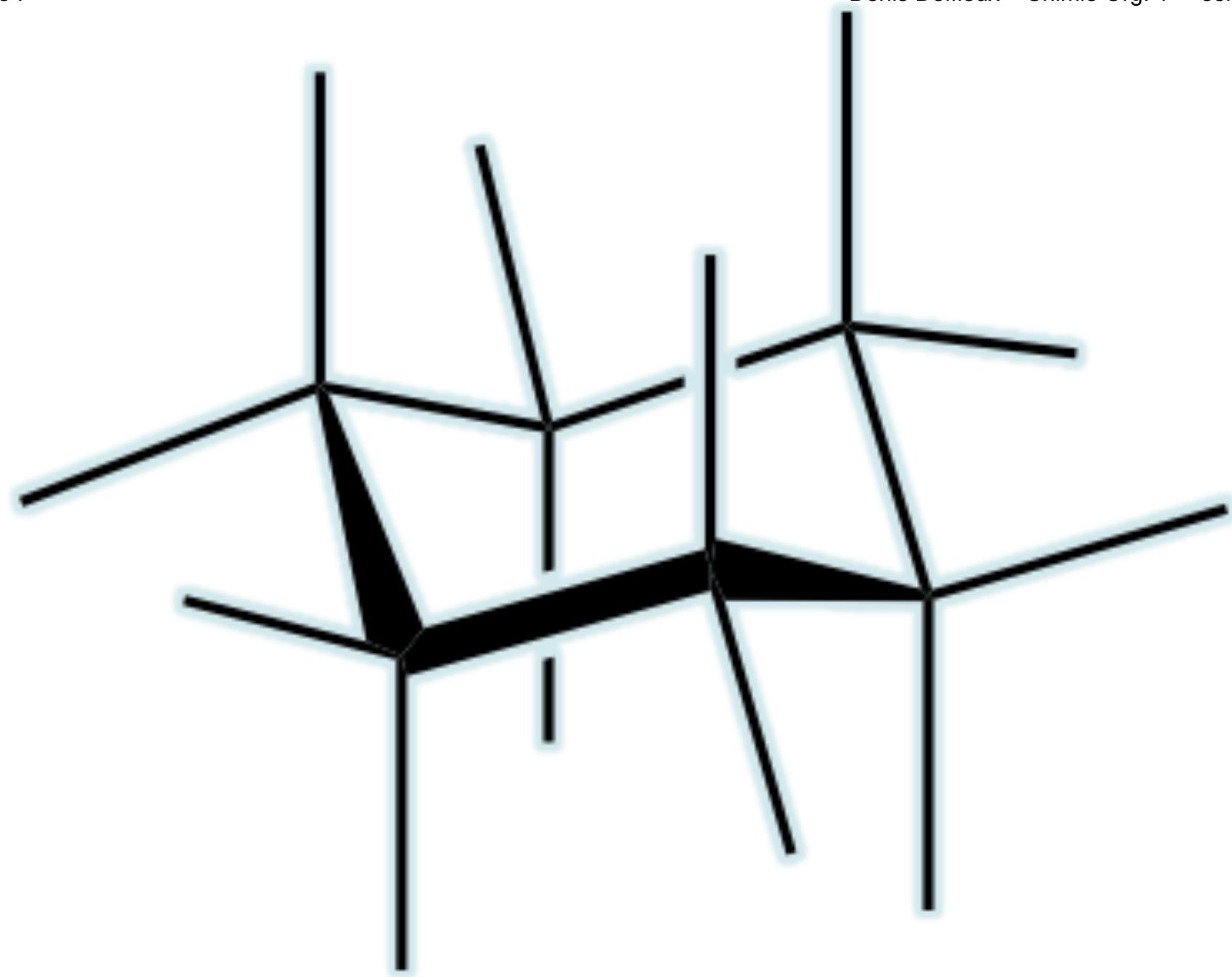
# Chapitre 3 : stéréoisomérie de conformation

## 4. Série cyclique

### b. Cas du cyclohexane



Barrière de potentiel =  $44 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} < 100 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

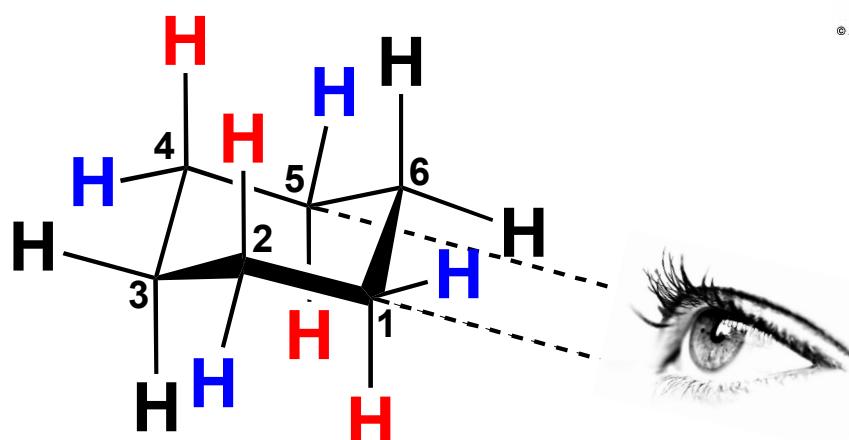
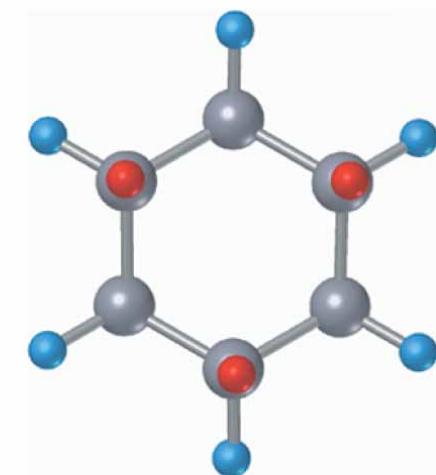
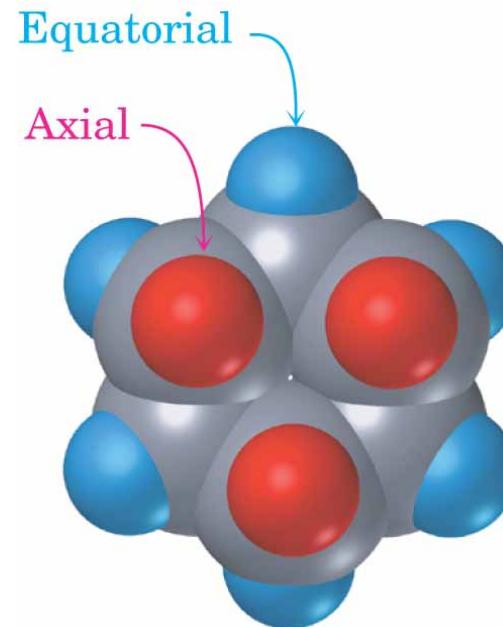


## Chapitre 3 : stéréoisomérie de conformation

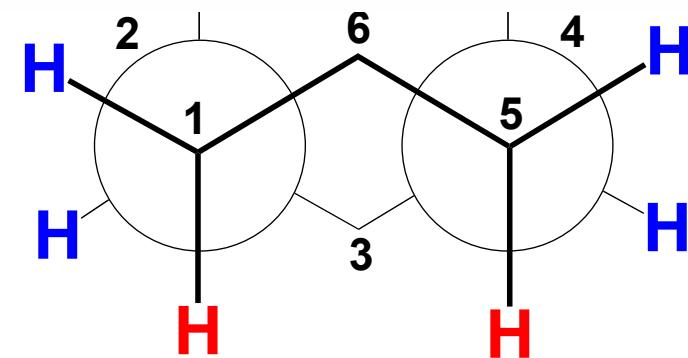
### 4. Série cyclique

#### d. Cas du cyclohexane

Projection de Newman



© 2004 Thomson/Brooks Cole

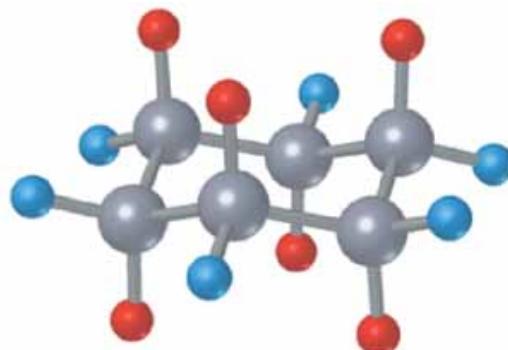


## Chapitre 3 : stéréoisomérie de conformation

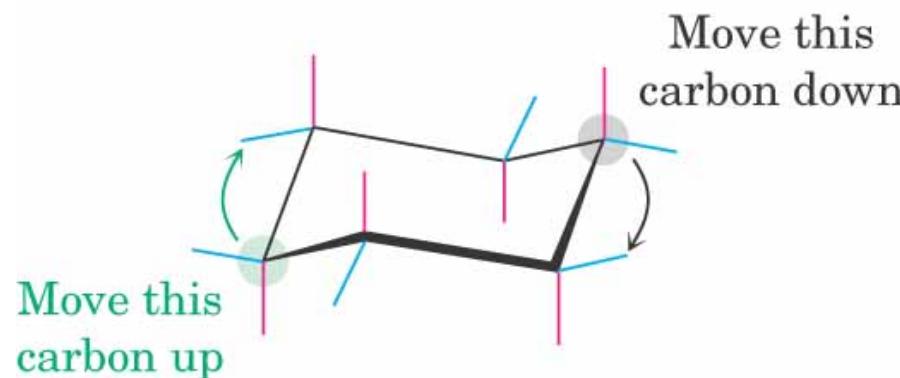
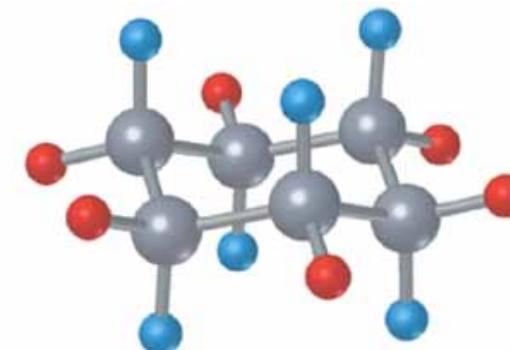
### 4. Série cyclique

#### b. Cyclohexane

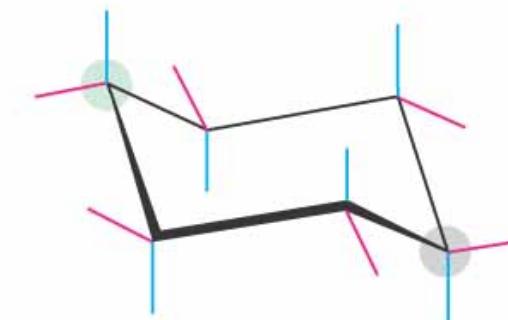
##### Interconversion chaise-chaise



Ring-flip  
↔



Ring-flip  
↔

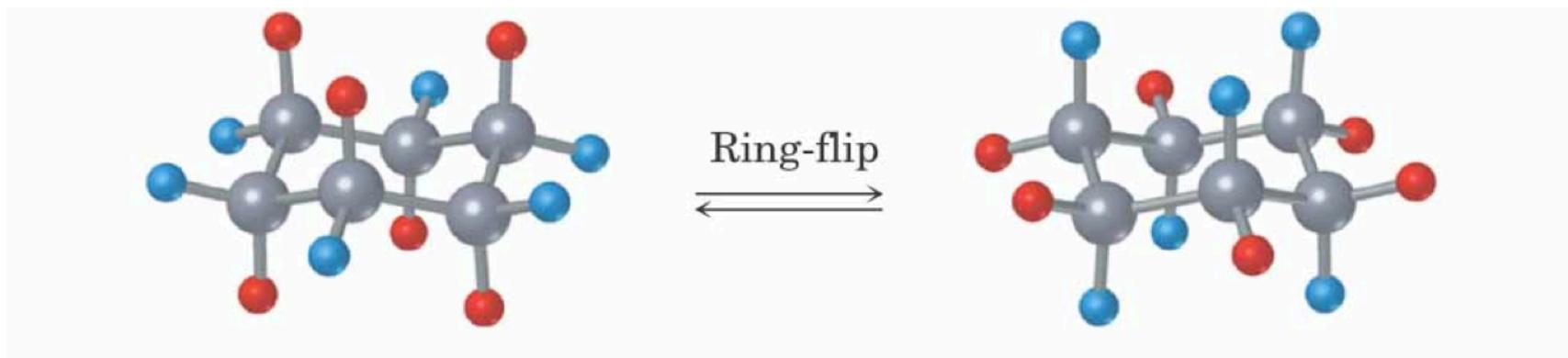


## Chapitre 3 : stéréoisomérie de conformation

### 4. Série cyclique

#### b. Cyclohexane

##### Interconversion chaise-chaise

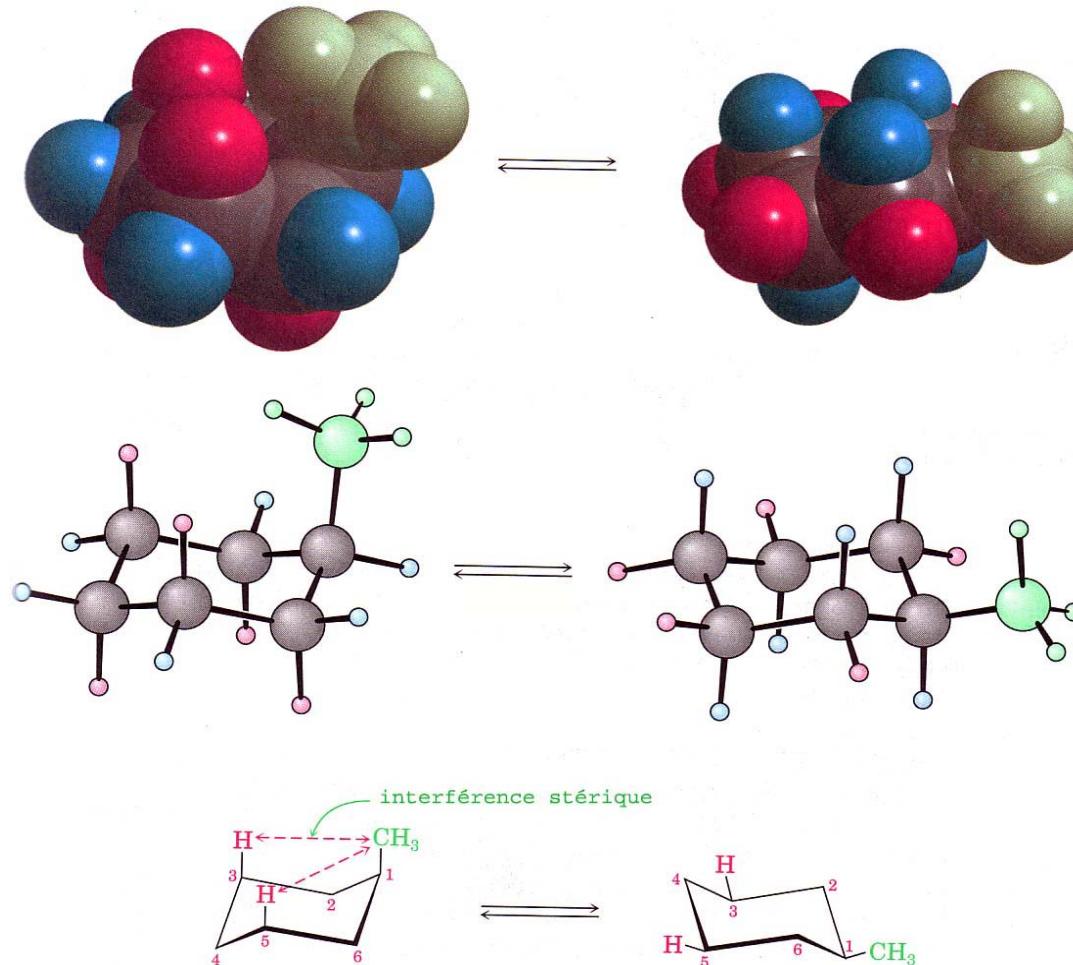


- Toutes les liaisons axiales deviennent équatoriales
- Toutes les liaisons équatoriales deviennent axiales
- Les liaisons vers le “haut” restent vers le “hauté”
- Les liaisons vers le “bas” restent vers le “bas”

## Chapitre 3 : stéréoisomérie de conformation

### 4. Série cyclique

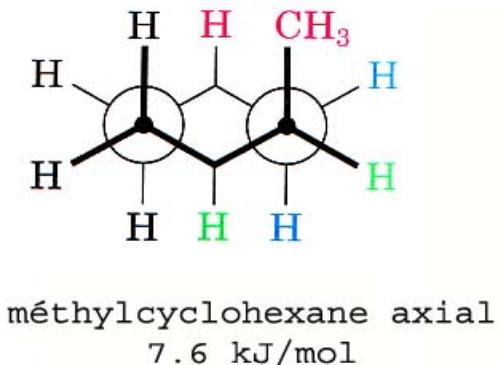
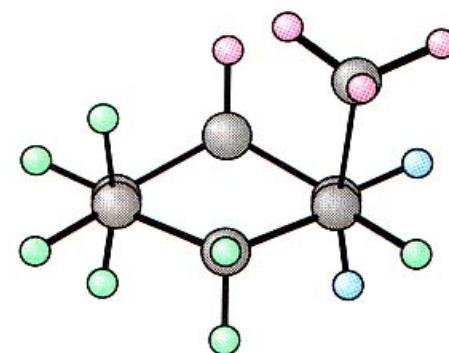
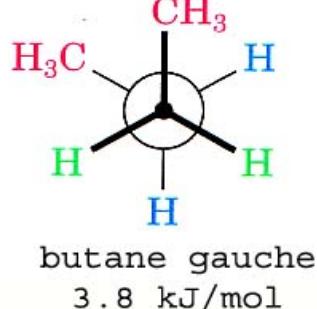
#### c. Cas du méthylcyclohexane



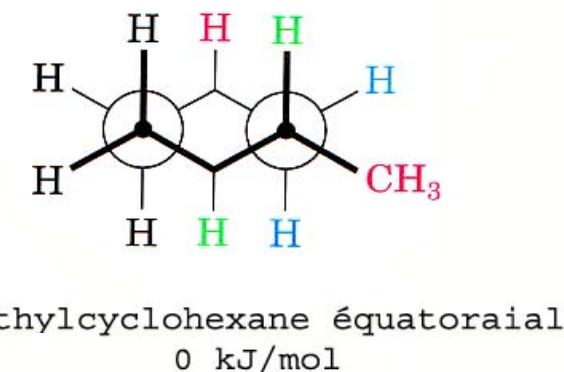
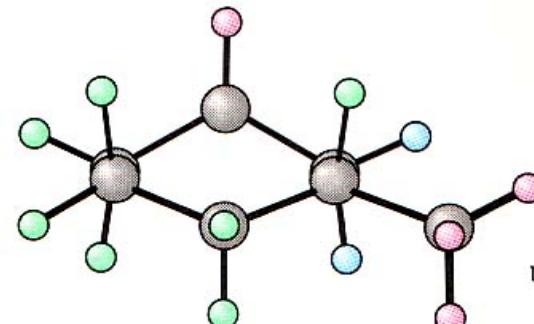
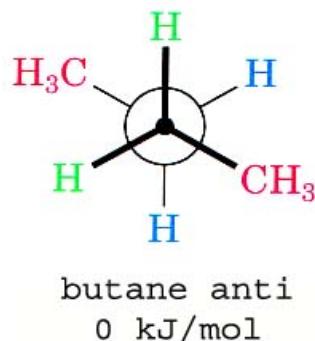
## Chapitre 3 : stéréoisomérie de conformation

### 4. Série cyclique

#### c. Cas du méthylcyclohexane



2 interactions 1,3-diaxiales

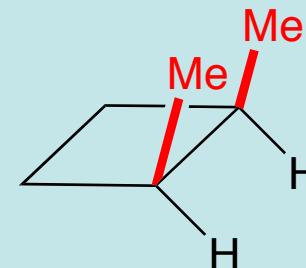


Règle de BARTON

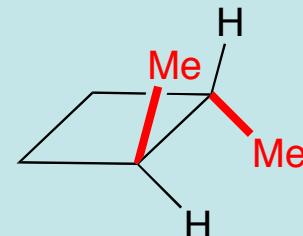
## Chapitre 3 : stéréoisomérie de conformation

### 4. Série cyclique

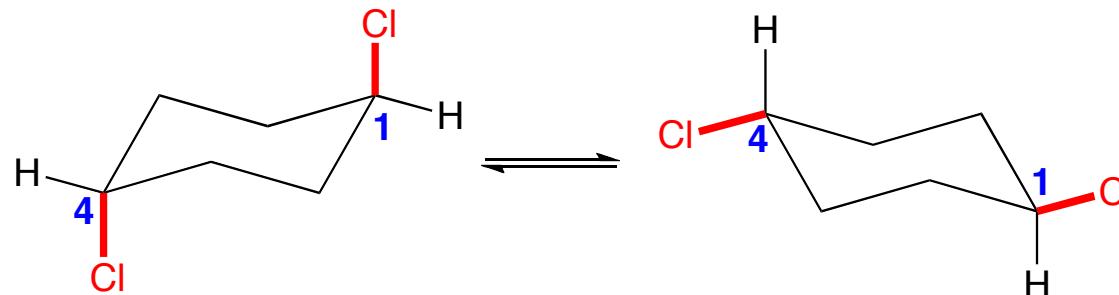
#### d. Nomenclature (*cis* – *trans*)



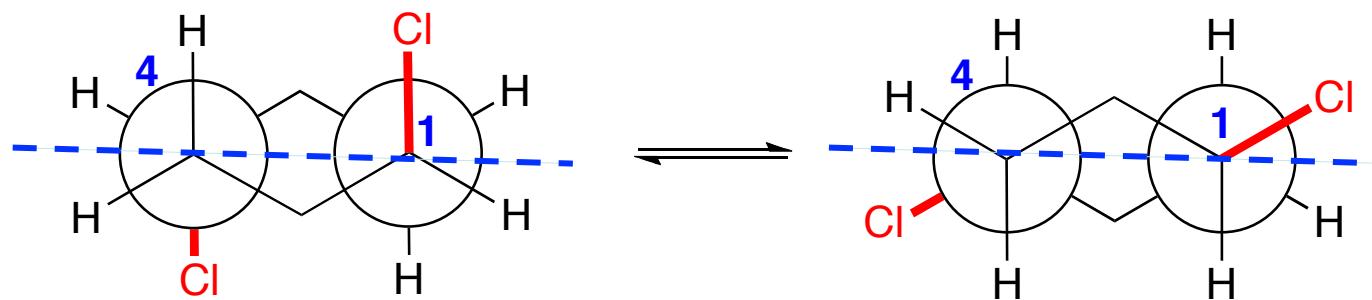
(*cis*)-diméthylcyclobutane



(*trans*)-diméthylcyclobutane



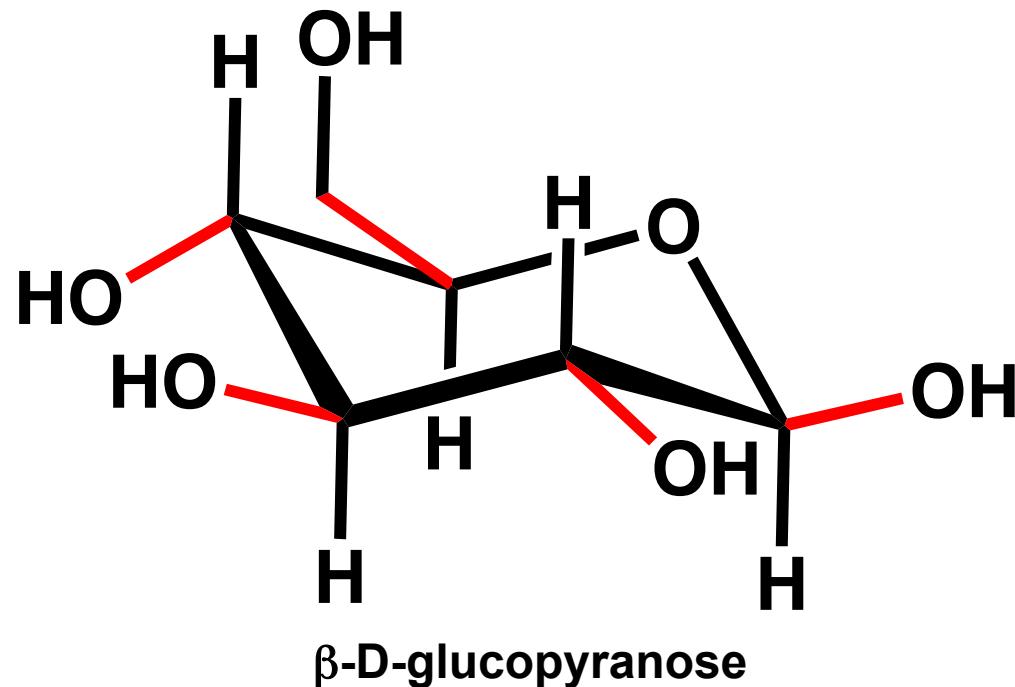
(*trans*)-1,4-dichlorocyclohexane



## Chapitre 3 : stéréoisomérie de conformation

### 4. Série cyclique

e. Cas du glucose ( $C_6H_{12}O_6$ )



Conformation la plus stable

Tous les substituants sont en position équatoriale

# Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

## 1. Classification

**Stéréoisomères**  
Même enchaînement  
des atomes mais orientation  
différentes dans l'espace

**Isomères**  
**de conformation**  
peuvent s'interconvertir  
par rotation autour  
d'une liaison  $\sigma$

**Isomères de configuration**  
Ne peuvent pas s'interconvertir  
par rotation autour d'une liaison  $\sigma$

**Enantiomères**  
Images dans un miroir  
et non superposables

**Diastéréoisomères**  
Pas images dans un miroir

## Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

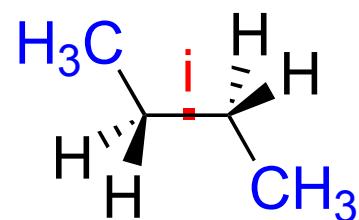
### 2. Enantiométrie

#### a. Définition

**Un objet est chiral lorsque son image spéculaire (à travers un miroir) ne lui est pas superposable (anim.)**

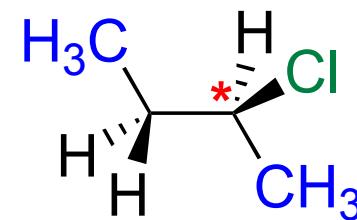
**Une molécule est chirale si elle ne possède ni plan, ni centre de symétrie**

Centre  
de symétrie



Achirale

Absence de centre  
de symétrie (et de plan)

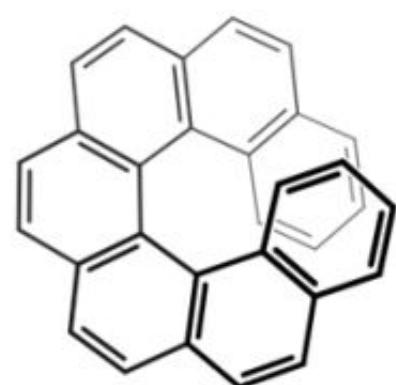


Chirale

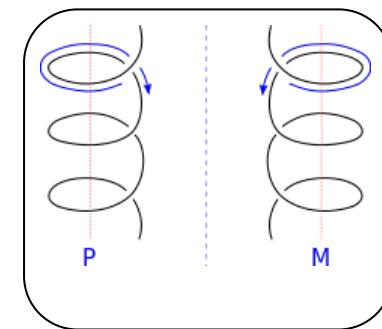
# Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

## 2. Enantiomérie

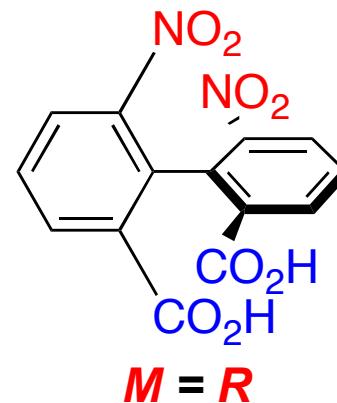
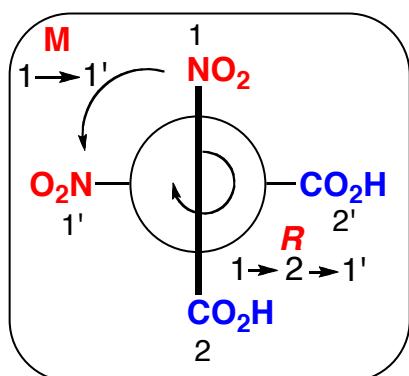
### a. Définition



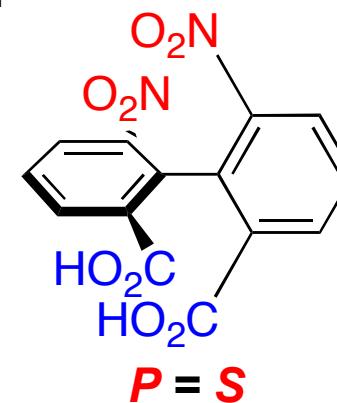
miroir



heptahelicène



mirror



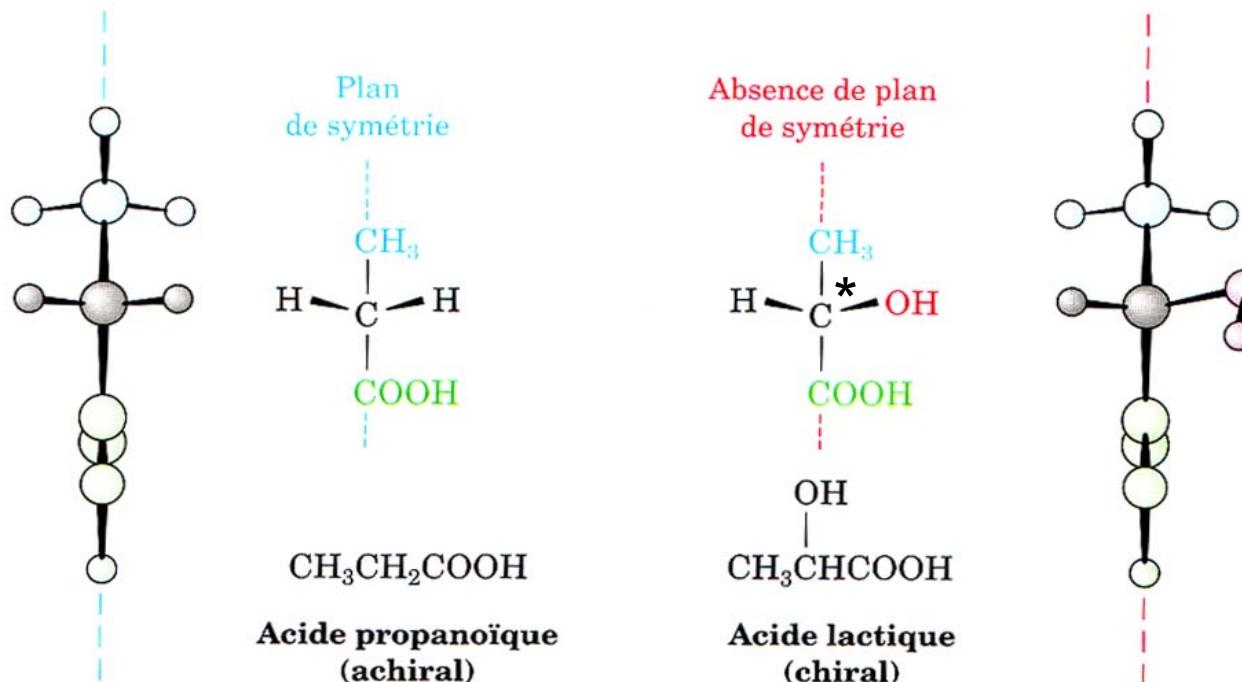
atropoisomères  
=  
énantiomères

Cependant, la présence d'un carbone asymétrique rend obligatoirement la molécule chirale

## Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

### 2. Enantiométrie

#### b. Carbone asymétrique

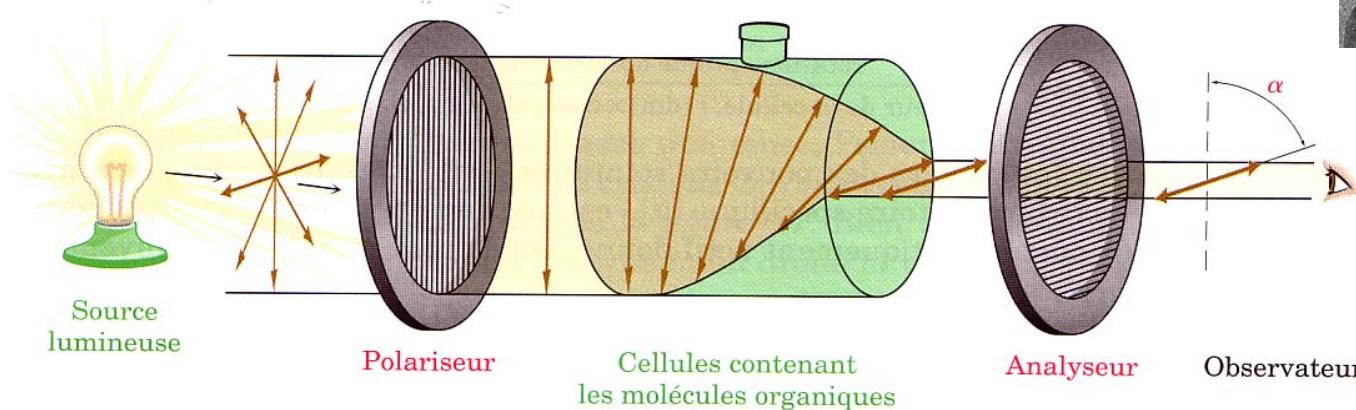


Carbone central de l'acide lactique est un centre chiral : carbone asymétrique \*

# Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

## 2. Enantiomérie

### c. Propriétés (anim.)



### Pouvoir rotatoire spécifique (loi de BIOT)

rotation optique  $\alpha$  ( $^{\circ}$ )

$$[\alpha]_D^T = \frac{\text{longueur de la cellule, } l \text{ (dm)} \times \text{concentration, } C \text{ (g.mL)}}{} = \alpha / l \times C$$

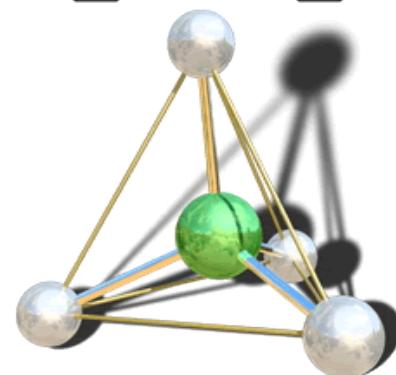
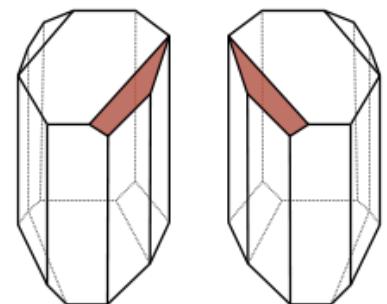
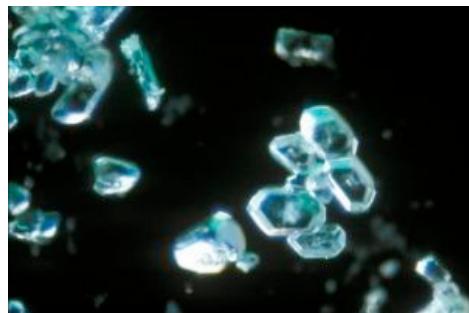
Longueur d'onde de la raie D du sodium = 589,6 nm , T = 25°C

$\alpha > 0$  : dextrogyre : d ou (+)

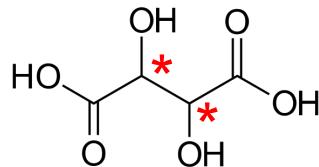
$\alpha < 0$  : lévogyre : l ou (-)

# Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

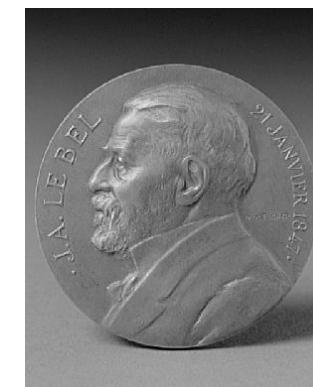
## 2. Enantiomérie d. Historique



L. Pasteur  
(1822-1895)  
Racemic tartaric acid



J. H. van't Hoff  
(1852-1911)

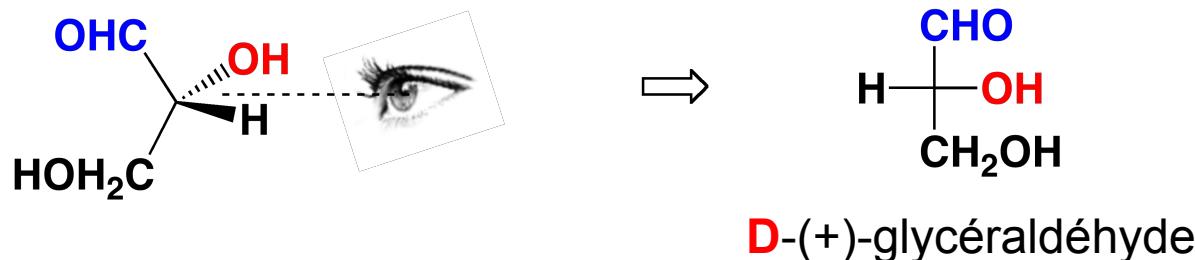


J.A. Le Bel  
(1847-1930)

## Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

### 2. Enantiomérie

#### e. Projection de Fischer et nomenclature



Le(s) carbone(s) asymétrique(s) occupe le point d'intersection de deux lignes formant une croix

1. La chaîne carbonée la plus longue est dessinée verticalement
2. L'atome de **carbone le plus oxydé** est placé en haut de la verticale
3. Les groupes sur l'horizontale pointent vers l'avant

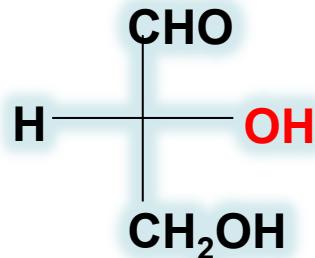
Si le groupement **OH** est à droite la molécule est appelée **D**  
(si le groupement **OH** est à gauche, la molécule est appelée **L**)

## Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

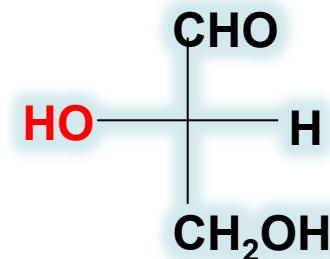
### 2. Enantiomérie

#### e. Projection de Fischer et nomenclature

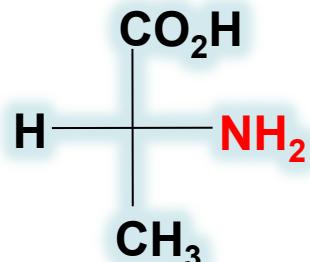
Série D et L pour les sucres et les  $\alpha$ -amino acides



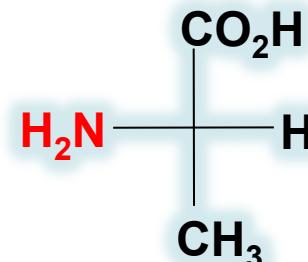
**D-(+)-glycéraldéhyde**



**L-(-)-glycéraldéhyde**



**D-(-)-alanine**

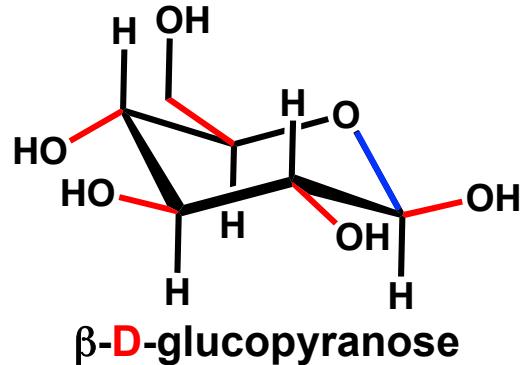


**L-(+)-alanine**

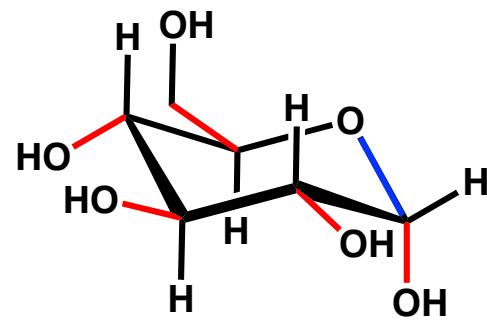
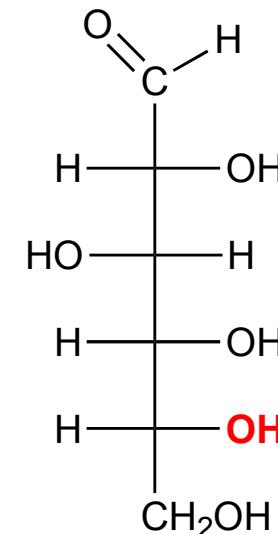
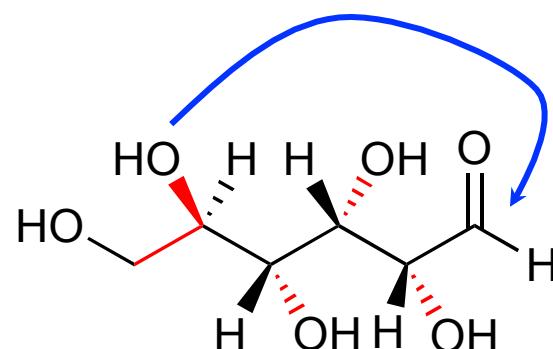
## Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

### 2. Enantiomérie

#### e. Projection de Fischer et nomenclature



**Le glucose ( $C_6H_{12}O_6$ )**



**α-D-glucopyranose**

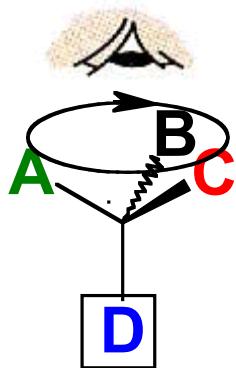
65 % de β-D-glucopyranose  
35 % d'α-D-glucopyranose  
0,5 % de D-glucose linéaire

## Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

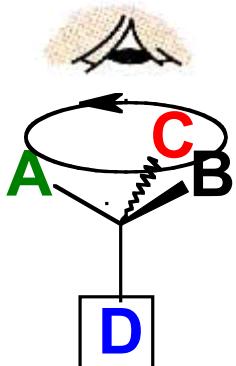
### 2. Enantiométrie

f. Nomenclature : **R,S** (Cahn, Ingold, Prelog) 1956

- 1- On classe les 4 substituants par priorité décroissante, selon les règles vues ci-après : **A > B > C > D**
- 2- On regarde du côté opposé à **D**



Si la séquence **A → B → C** tourne dans le sens des aiguilles d 'une montre (**sens rectus**),  
la configuration est « **R** »



Si la séquence **A → B → C** tourne vers la gauche (**sens sinister**),  
la configuration est « **S** »

## Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

### 2. Enantiométrie

c. Nomenclature : **R,S** (Cahn, Ingold, Prelog) 1956

**Classement des substituants**

**Règle séquentielle de CIP**

**•1- Rang des atomes liés au centre chiral :**

**•2- Les atomes de rang 1 sont classés par priorité décroissante  
dans l'ordre des numéros atomiques**

$$\begin{array}{cccccc} \text{Cl} & > & \text{O} & > & \text{N} & > \text{C} > \text{H} \\ \text{Z} = & 17 & 8 & 7 & 6 & 1 \end{array}$$

**•3- S'il y a égalité au rang 1, la comparaison est reportée au rang 2  
et ainsi de suite jusqu'à ce qu'une décision intervienne**

# Tableau Périodique des éléments et électronégativité approchée

<b>H</b> 2,2							<b>He</b>
<b>Li</b> 1	<b>Be</b> 1,5	<b>B</b> 2	<b>C</b> 2,5	<b>N</b> 3	<b>O</b> 3,5	<b>F</b> 4	<b>Ne</b>
<b>Na</b> 0,9	<b>Mg</b> 1,3	<b>Al</b> 1,6	<b>Si</b> 1,9	<b>P</b> 2,2	<b>S</b> 2,6	<b>Cl</b> 3,2	<b>Ar</b>
<b>K</b> 0,8	<b>Ca</b> 1					<b>Br</b> 3	
						<b>I</b> 2,7	

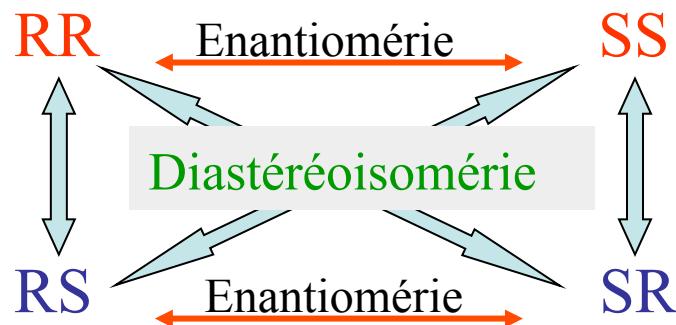
## Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

### 2. Diastéréoisomérie

Intrinsèque ( $nC^*$ ) - de torsion (double liaison)

#### a. intrinsèque

•ex.  $\text{H}_3\text{C}-\overset{*}{\text{CHCl}}-\overset{*}{\text{CHF}}-\text{CH}_3$  :  $2 C^* \Rightarrow 4 = 2^2$  stéréoisomères possibles



## Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

### 2. Diastéréoisomérie

#### a. intrinsèque

##### Généralisation

Si  $n$  C\* :  $\Rightarrow 2^n$  stéréoisomères possibles (au maximum  
car des symétries peuvent diminuer ce nombre)

(soit  $2^{n-1}$  couples d 'énantiomères)

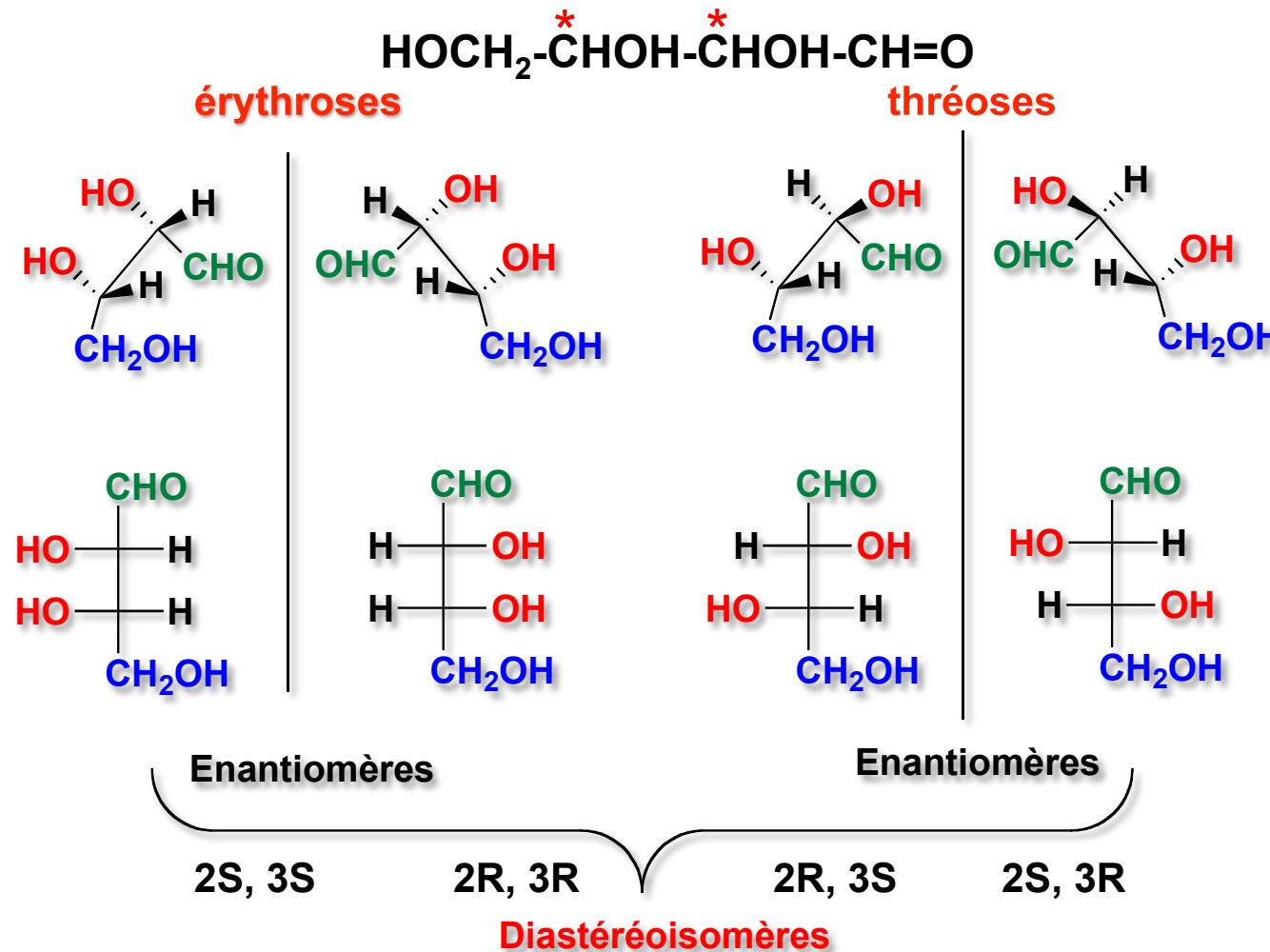
un énantiomère a  $2^n - 2$  diastéréoisomères

# **Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration**

## 2. Diastéréoisomérie

a. Intrinsèque : configuration relative thréo/érythro

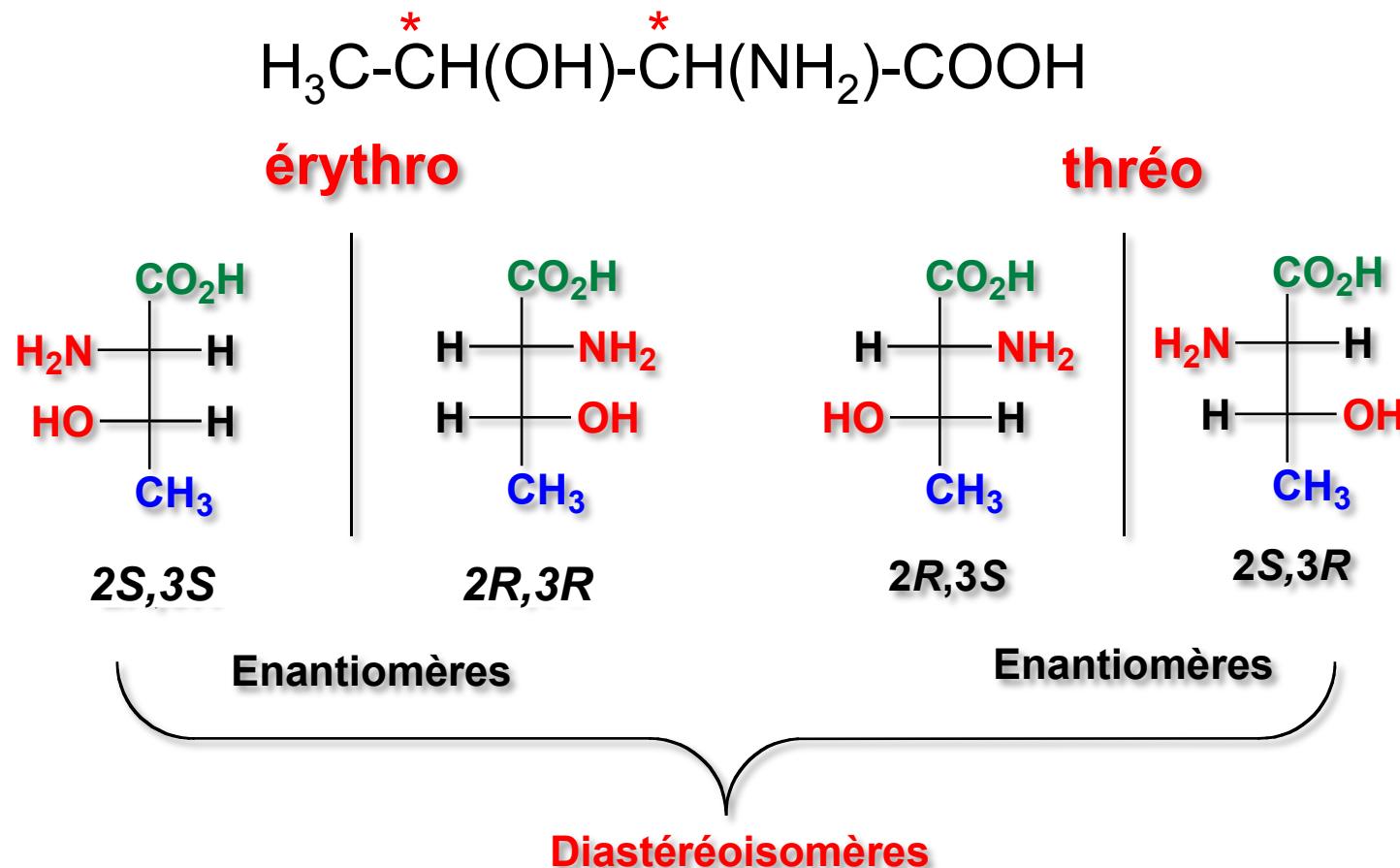
### Les 4 stéréoisomères du 2,3,4-trihydroxybutanal :



## Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

### 2. Diastéréoisomérie

a. Intrinsèque : configuration relative thréo/érythro  
Extension



Seul l'isomère  $2S,3R$  (-) de la thréonine existe à l'état naturel

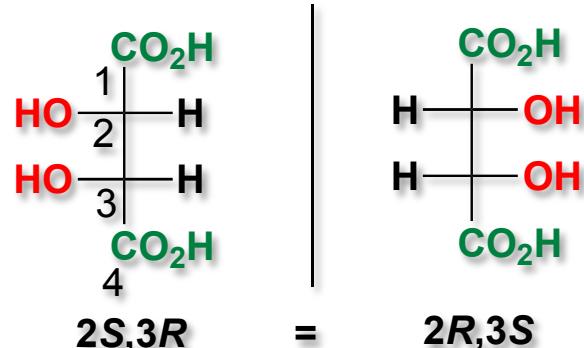
## Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

### 2. Diastéréoisomérie

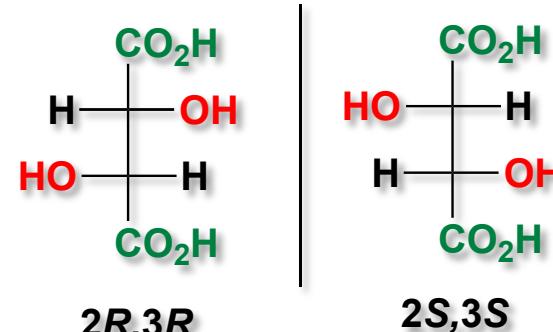
#### a. Intrinsèque : thréo/érythro et **méso**



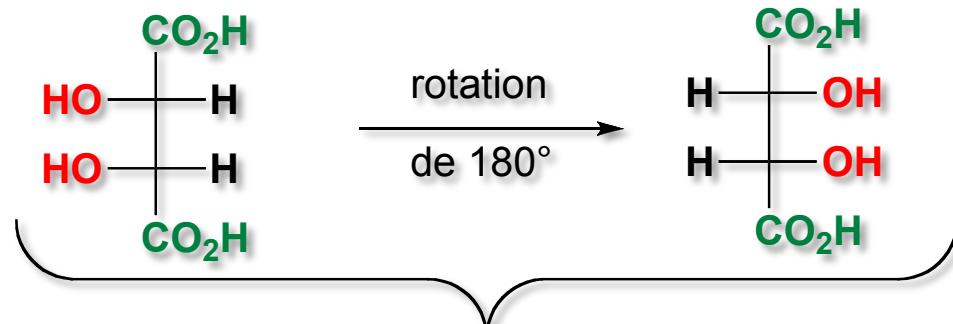
**érythro (méso)**



**thréo**



le méso est achiral

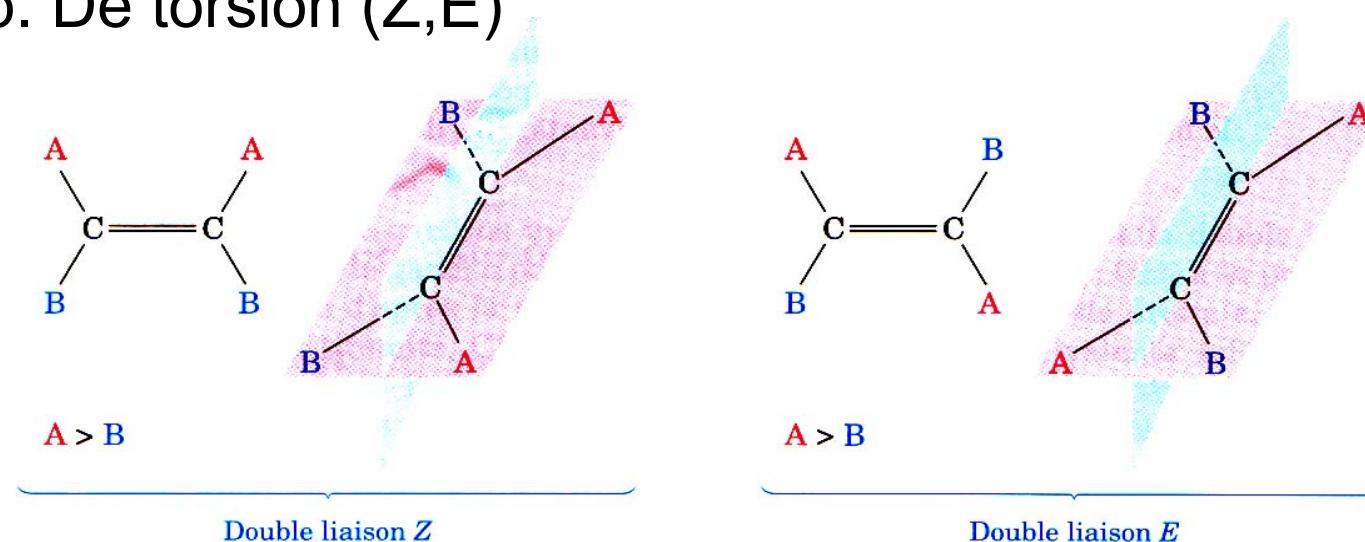


**identique**  
**un seul stéréoisomère méso**

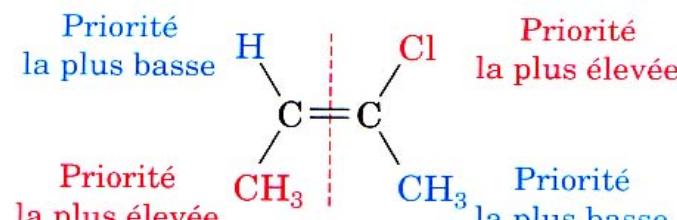
## Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

### 2. Diastéréoisomérie

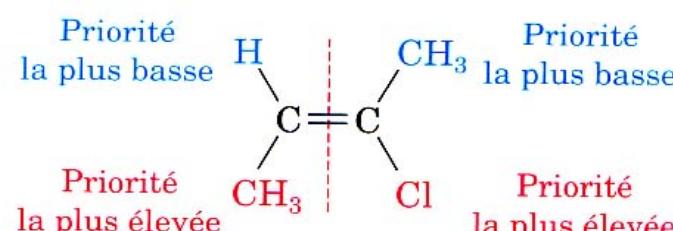
#### b. De torsion (Z,E)



Par exemple :



(a) (*E*)-2-Chlorobut-2-ène

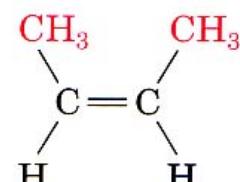


(b) (*Z*)-2-Chlorobut-2-ène

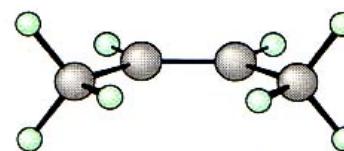
## Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

### 2. Diastéréoisomérie b. De torsion (Z,E)

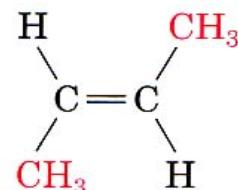
Dans certains cas *cis*, *trans*



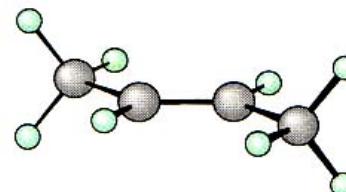
*cis*-But-2-ène



Vue spatiale



*trans*-But-2-ène



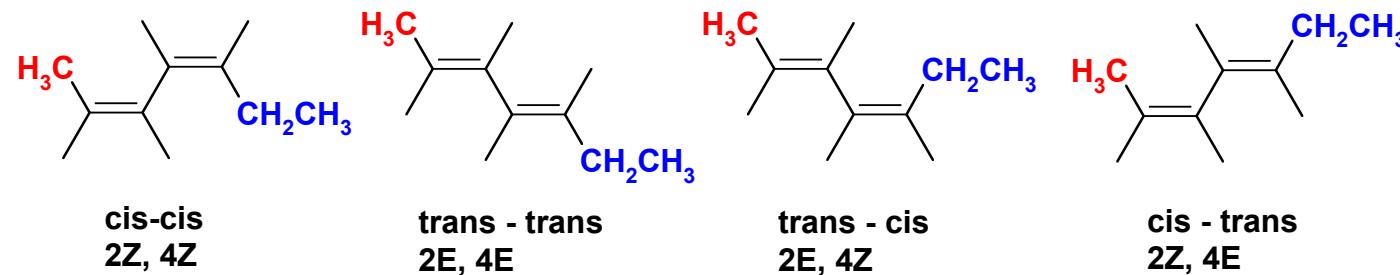
Vue spatiale

# Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

## 2. Diastéréoisomérie

### C. $n$ C=C

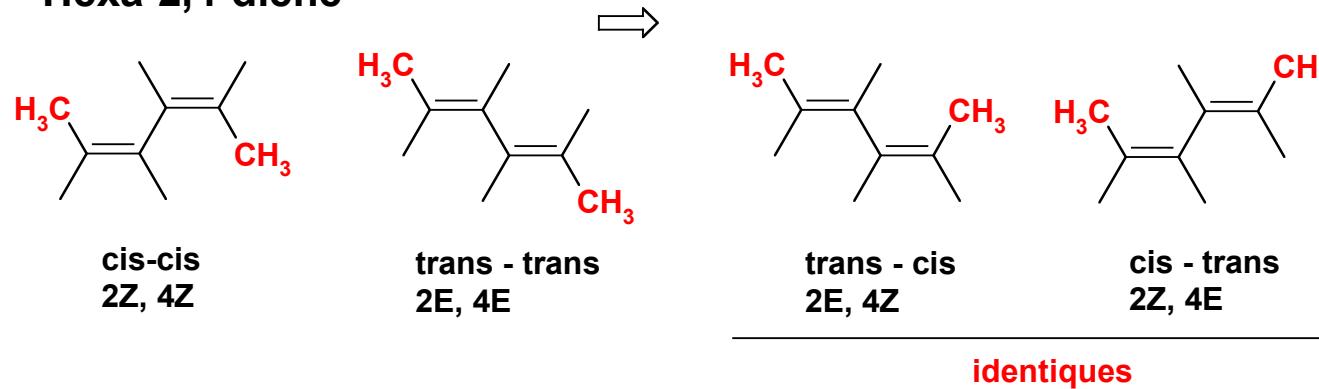
#### Cas du Hepta-2,4-diène



S'il y a  $n$  C=C présentant l'isomérie Z/E, il y a  $2^n$  stéréoisomères au maximum

Ce nombre diminue, s'il y a des symétries :

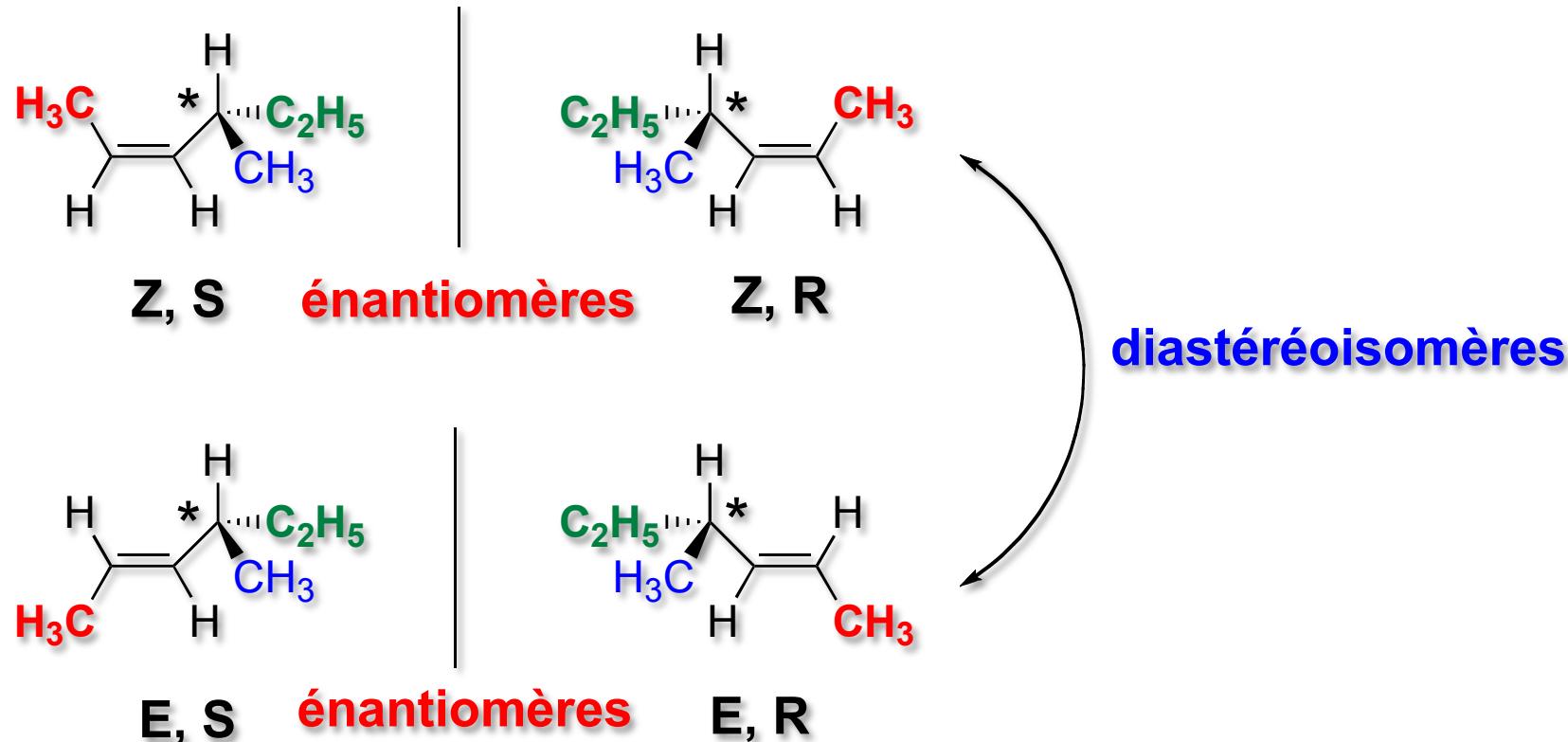
#### Hexa-2,4-diène



## Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

### 2. Diastéréoisomérie

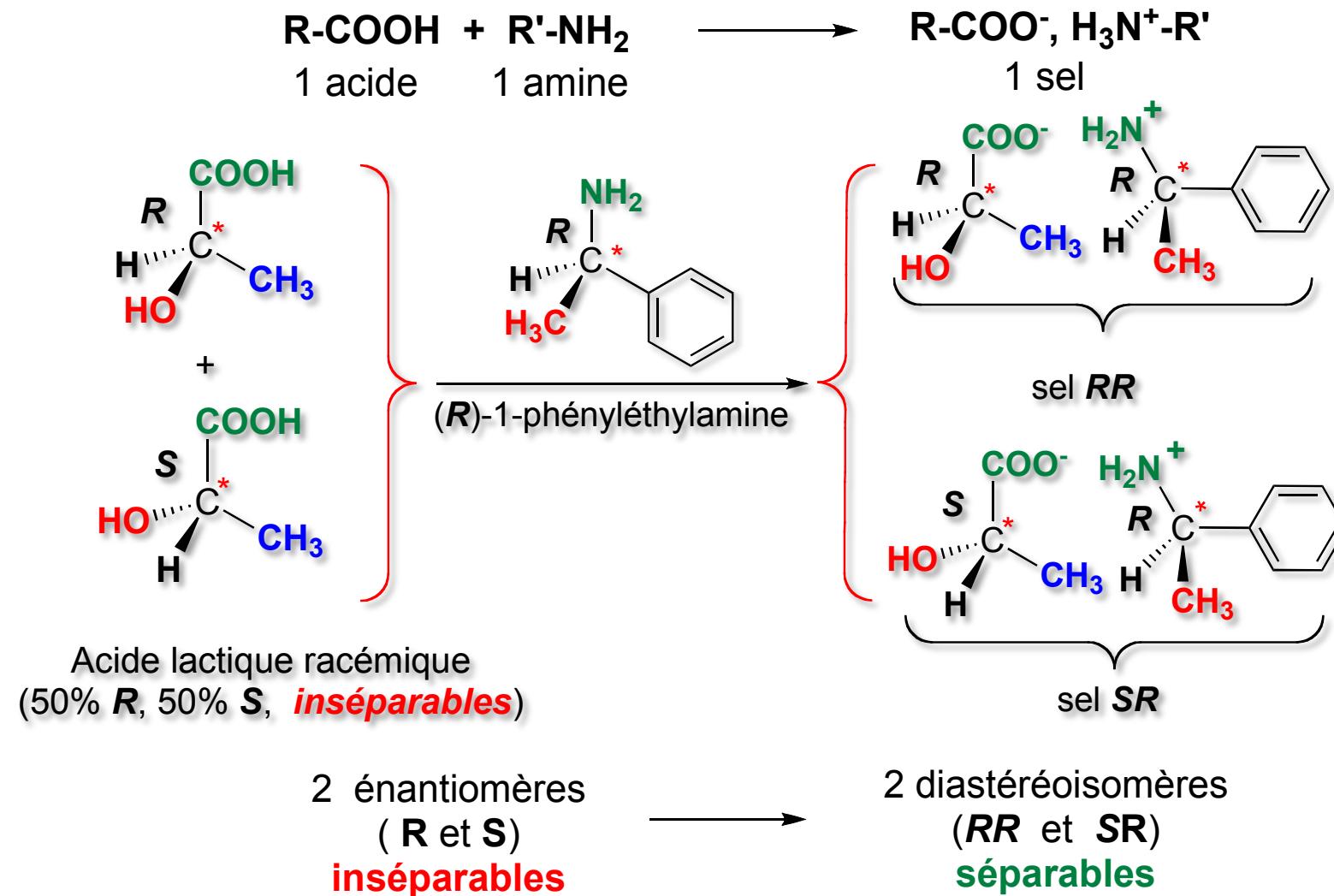
d.  $n \text{ C}=\text{C} + m \text{ C}^*$



$n \text{ C}=\text{C} + m \text{ C}^*$  donne  $2^{n+m}$  stéréoisomères au maximum

# Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

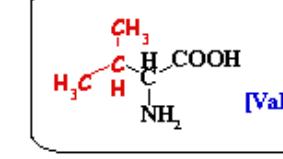
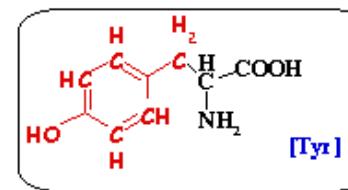
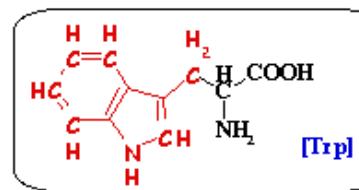
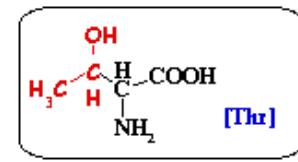
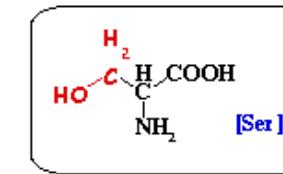
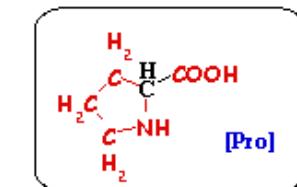
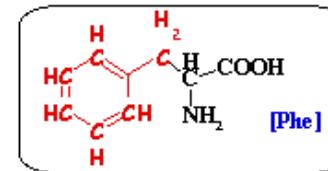
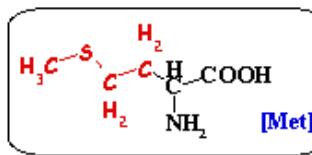
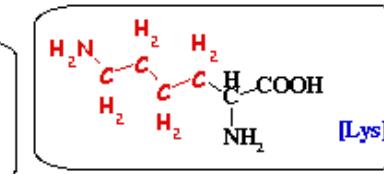
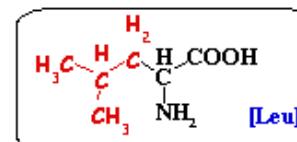
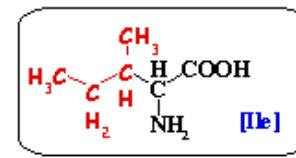
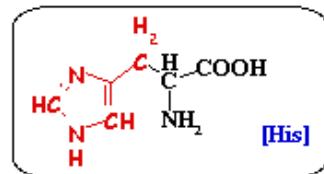
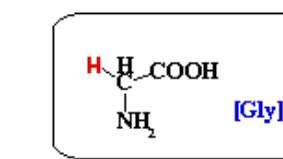
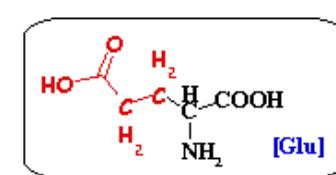
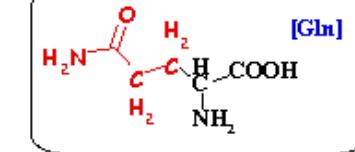
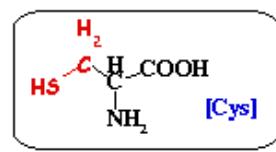
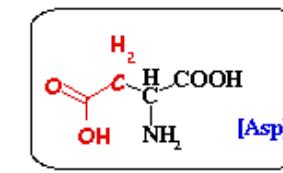
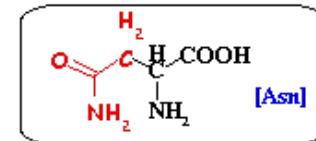
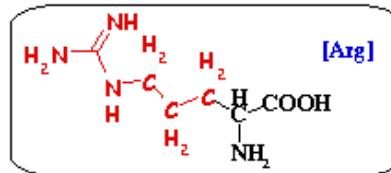
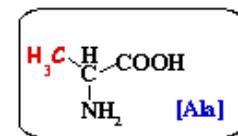
## 3. Propriétés



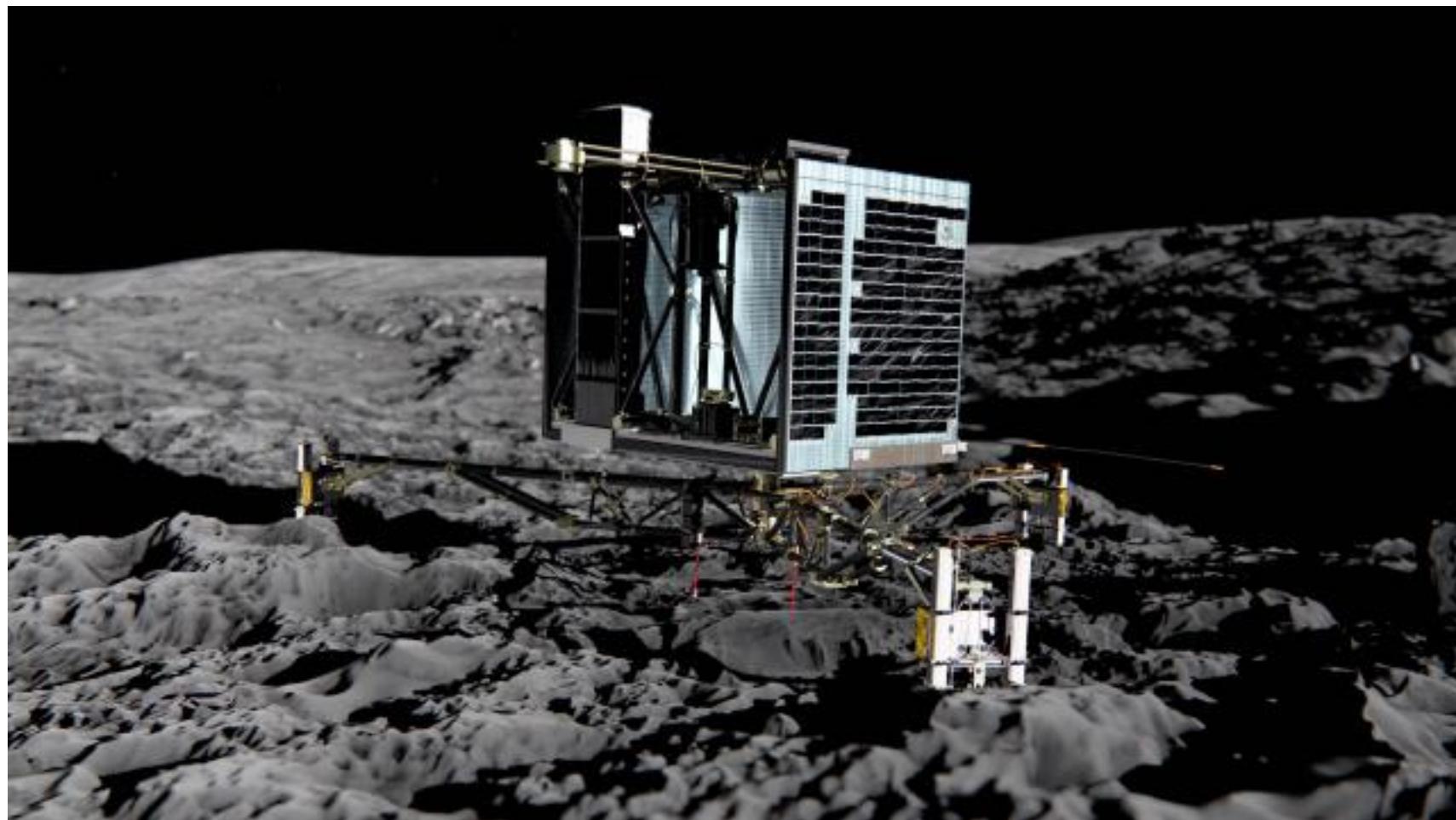
## Chapitre 4 : stéréoisométrie de configuration

3. Propriétés : homochiralité du vivant

Acides aminés : série L  
Sucres : série D



## Mission Rosetta 2014-2015

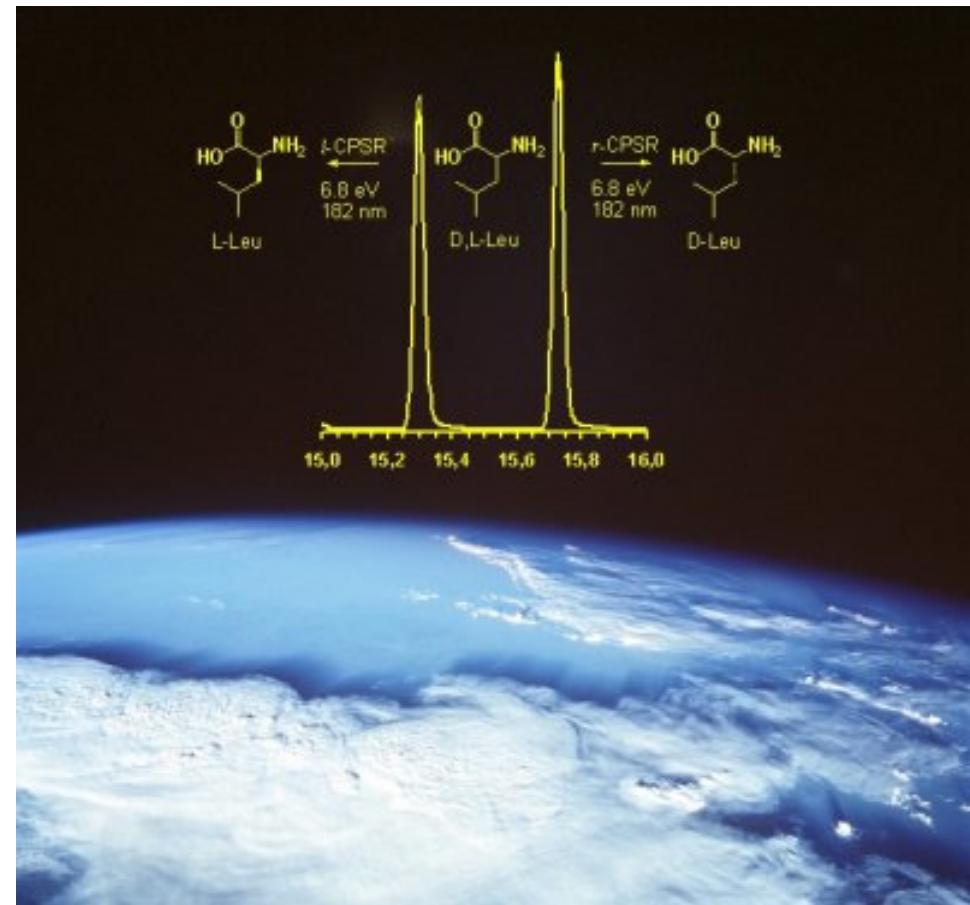


Robot Philae, 12 novembre 2014 sur  
la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko (67P/C-G)



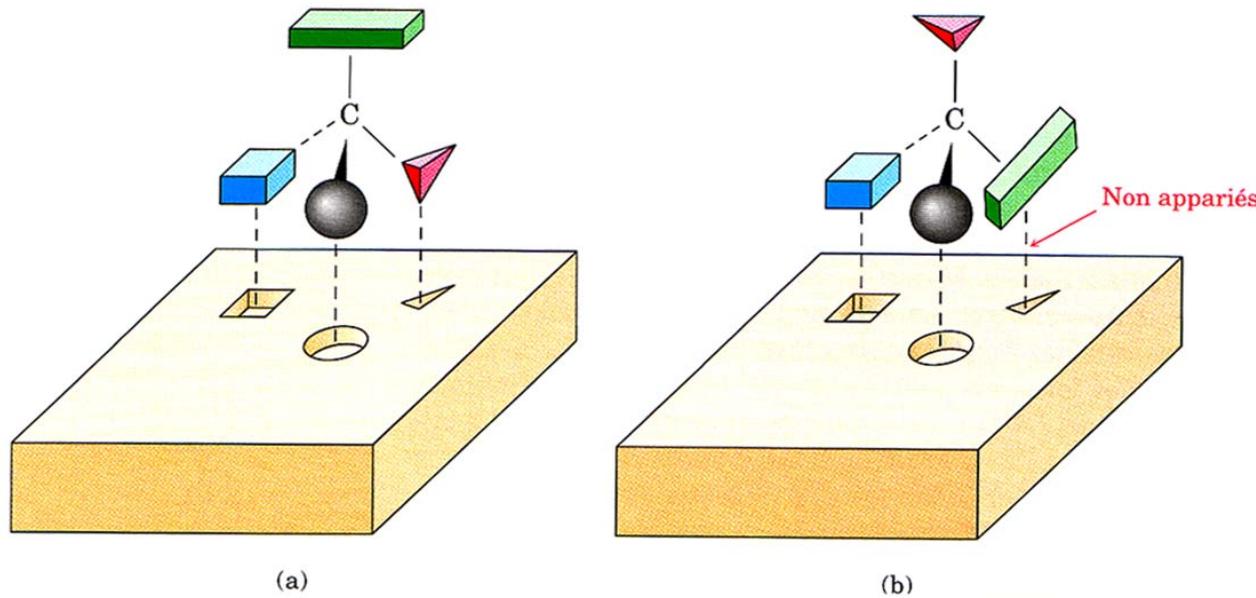
## Philae équipé du module (COSAC) “Cometary Sampling and Composition”

Chromatographe  
équipé de colonnes  
chirales pour détecter,  
séparer et identifier  
d'éventuels  
énantiomères



# Chapitre 4 : stéréoisomérie de configuration

## 3. Propriétés



- (a) Un énantiomère s'emboîte facilement dans un récepteur chiral pour exercer son activité biologique,
- (b) l'autre énantiomère ne peut pas s'emboîter dans le même récepteur.