



Chimie des Biomolécules

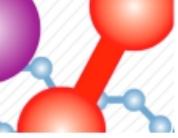
PACES UE1

Pr. Nicolas Willand

Année 2018-2019

Unité mixte de recherche U1177





L'équipe enseignante

Cours magistraux:

- Pr. Nicolas Willand

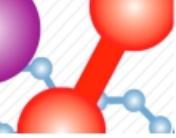
Enseignements dirigés:

- Dr. Julie Charton
- Dr. Marion Flipo
- Dr. Baptiste Villemagne
- Dr. Omar Castillo-Aguilera

Informations:

- Site moodle - Université de Lille 2
[Faculté de Médecine](#)
/ ► [Etudes](#)
[Medicales](#) / ► [PACES](#)
/ ► [UE 1](#)
/ [Paces_UE1_Chimie_des_Biomolécues](#)





Pour information

The screenshot shows the homepage of the UMR1177 website. At the top left is a black circular logo with a white stylized 'd' and the text 'Drugs & Molecules for Living Systems'. The main navigation menu includes Home, Projects, Science, Team, Teaching, Publications, Jobs, and Press News. Below the menu, a banner features a scientist in a lab coat working at a bench, with a library of brown vials in the background. The main content area has a heading 'UMR1177: Drugs and Molecules for Living Systems'. It includes links to a brochure (2016), screening sciences leaflet, and ADME PK leaflet. A section titled 'Therapeutic Innovation : Discovery Across Boundaries' discusses the lab's mission to design and study compounds that modulate selected molecular targets. A photo of the lab team is shown, and a list of research projects follows:

- Developing cutting edge methods for quantitative pharmacology (High Content Screening, Pharmacokinetics)
- Designing the next generation of anti-TB antibiotics : ethionamide boosters.
- Deciphering the role(s) of Insulin Degrading Enzyme in diabetes with several families of modulators.
- Modulating the molecular interplay between intestine, liver and muscles with TGR5 ligands to treat diabetes.
- Developing small chemical modulators of antigenic presentation.

On the right side, there is a 'Latest Publications' section listing several academic papers with their details and access links:

- Bauters, O., et al. ADAMTS5 & adipogenesis. *Thromb Haemost*, 2016, 116(4). doi:10.1160/TH16-01-0015
- Provot, H., et al. Microwave-assisted synthesis of fragments. *Tetrahedron Letters*, 2016, 57(26):2888-2894. doi:10.1016/j.tetlet.2016.05.065
- Lettronne, F., et al. ADAM30 in Alzheimer's Disease. *EuroMedicine*, 2016, in press. doi:10.1016/j.euro.2016.06.002 OPEN ACCESS
- Probst, N., et al. Palladium-free Sonogashira-type cross-coupling reaction. *Tet. Lett.*, 2016, 57(10): 1066-1070. doi:10.1016/j.tetlet.2016.01.070
- Boku, D., et al. KTGS in drug discovery and chemical biology. *Int. J. Med. Chem.*, 2016, in press. doi:10.4155/fmc-2015-0002 OPEN ACCESS
- Broders, E. M., et al. Chenodeoxycholic Acid Increases BAT Activity. *Cell Metabolism*, 2015, 22(3): 410-426. doi:10.1016/j.cmet.2015.07.002
- Deprez-Poulain, R., et al. Catalytic site inhibition of IDE induces glucose intolerance in mice. *Nature Comm.*, 2015, 6. doi:10.1038/ncomms9250 OPEN ACCESS

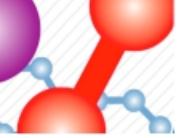


www.deprezlab.fr



u1177@univ-lille2.fr





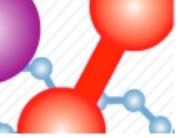
Avant-propos

Ce support ne constitue pas le cours et il peut être incomplet.

Il s'agit donc uniquement d'une aide à la prise de notes.

Le cours présenté en amphi demeure la référence pour le concours.





Les outils nécessaires pour maîtriser la chimie

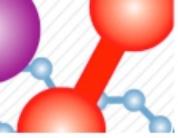


Tableau périodique des éléments

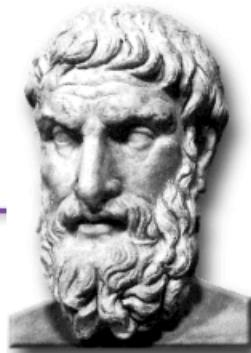
The image shows the standard periodic table of elements. It includes element symbols, atomic numbers, and names. A legend at the bottom left defines color coding: purple for metals, light blue for metalloids, and pink for non-metals. A note at the top right indicates that the symbol for carbon (C) is highlighted in red.

1 (IA)	2 (IIA)	III A										18 (VIIA)												
1 H	2 He	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar							
1.008	4.003	6.941	9.012	10.81	12.011	14.012	16.000	19.00	20.18	22.99	24.31	26.987	27.98	30.974	32.06	35.45	36.00							
Hydrogène	Béryllium	Lithium	Borium	Magnésium	Carbone	Nitroge	Oxygène	Fluor	Neon	Titanium	Vanadium	Chromium	Manganèse	Fer	Cobalt	Nickel	Crômium	Argent						
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr							
39.10	40.08	41.99	47.87	50.94	52.00	54.94	55.85	57.94	58.93	63.55	65.41	69.72	72.04	73.00	75.00	78.90	83.80							
Rubidium	Sodium	Scandium	Titanium	Vanadium	Chromate	Manganèse	Fer	Cobalt	Nickel	Cuivre	Zinc	Gallium	Germanium	Antimoine	Sélénium	Bromure	Krypton							
55 Cs	56 Ba	57 La	58 Sr	59 Y	60 Rb	61 Nb	62 Ta	63 W	64 Re	65 Os	66 Ru	67 Rh	68 Pd	69 Ag	70 Cd	71 In	72 Sn	73 Pb	74 Bi	75 Po	76 At	77 Rn		
132.91	137.33	140.12	138.90	131.29	122.90	121.73	122.90	127.60	121.73	126.90	121.73	127.60	121.73	126.90	121.73	127.60	121.73	126.90	121.73	127.60	121.73			
Francium	Baryum	Lanthanide	Samarium	Yttrium	Rubidium	Niobium	Tantalum	Tungstène	Rhenium	Osmium	Ruthénium	Rhodium	Palladium	Argent	Cadmium	Indium	Sain	Antimoine	Thallium	Plomb	Bismuth	Radon		
87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg
223.02	226.02	227.02	232.02	231.02	234.02	236.02	238.02	240.02	242.02	244.02	247.02	249.02	251.02	253.02	255.02	257.02	259.02	261.02	264.02	266.02	268.02	270.02	272.02	274.02
Protactinium	Thorium	Neptunium	Plutonium	Americium	Curium	Berkelium	Californium	Dimélosium	Fermium	Méridium	Ferrium	Escherichium	Wendium	Holmium	Ytterbium	Luvelium	Yttrium	Thulium	Europium	Terbium	Praseodymium	Neodymium	Prindium	Lanthanum





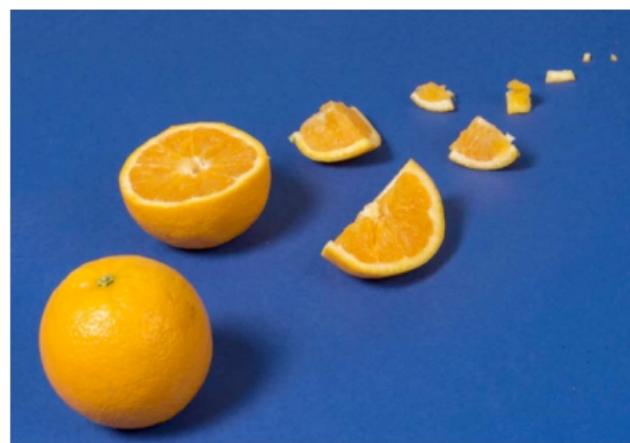
Le vivant est chimie



Epicure (342-270 av JC):

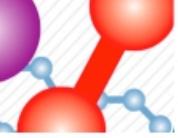
« Tout est constitué d'atomes et de vide, et ces deux notions fondamentales, à elles seules, suffisent à expliquer l'univers »

En -400 avant notre ère, le philosophe grec Démocrite avait déjà une idée précise de ce qu'est un atome. Pour lui, après des millions de découpes, seul reste un corps, qu'on ne peut plus couper. Et c'est le nom que Démocrite lui donne : l'insécable, en grec, «a-tomos», l'atome

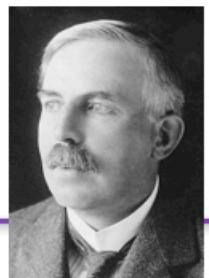


Crédit: audrey pety





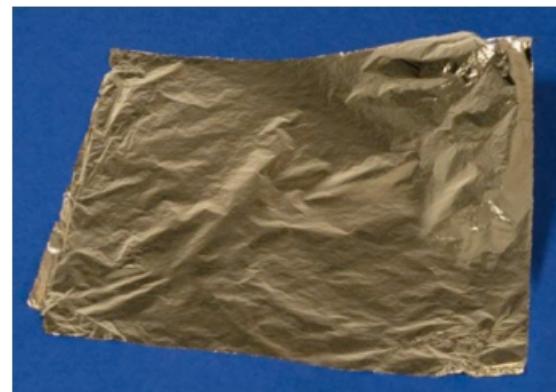
Le vivant est chimie



Ernest Rutherford (1909):

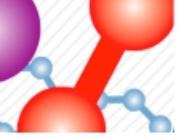
Au vingtième siècle, le physicien Ernest Rutherford bombarde une fine feuille d'or de particules. Et, à sa plus grande surprise, la plupart de ces particules traversent aisément, ce qui suggère que les atomes sont en grande partie composés de vide !

Mais quelques-unes de ces particules rebondissent et semblent déviées par une masse, très dense mais très petite. L'atome n'est donc pas plein, mais composé d'un noyau minuscule, de beaucoup de vide, et de quelques électrons qui gravitent autour de lui.



Crédit: audrey pety





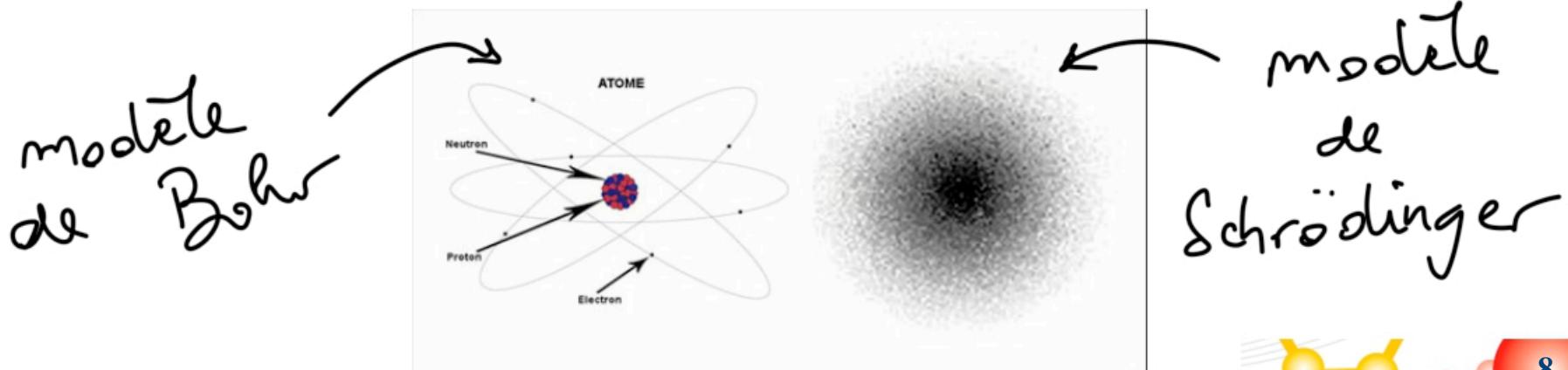
Le vivant est chimie

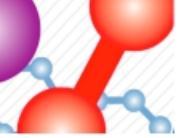


Erwin SCHRÖDINGER (1927):

Comment les électrons peuvent-ils tourner autour du noyau, et donc perdre de l'énergie, sans s'écraser sur ce noyau qui les attire ?

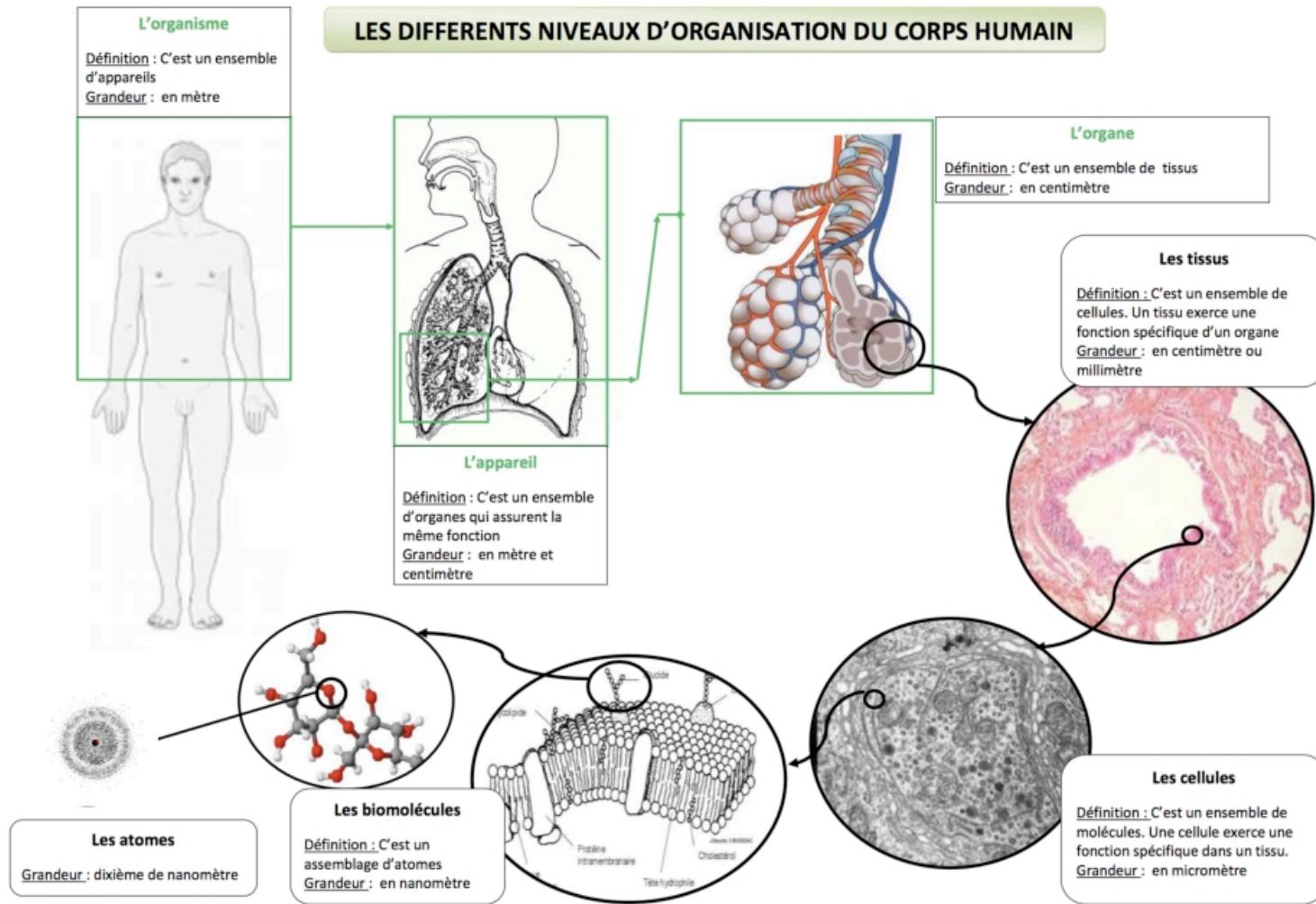
Si l'atome ne s'effondre pas sur lui-même, c'est qu'il n'est pas composé de petites billes mouvantes, ainsi qu'on se représentait les électrons, mais entouré d'une onde. Comme si l'électron enveloppait l'atome et son petit noyau à la manière d'un nuage. Et chaque électron serait un nuage qui se superpose au précédent. Mais l'électron n'est pas plus un nuage qu'une bille, il est partout autour de l'atome sans pour autant en faire un corps plein, sans qu'on puisse non plus lui attribuer une position fixe.

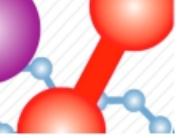




Le vivant est chimie

Toute fonction biologique élémentaire est donc moléculaire





Introduction sur le contenu du semestre 1

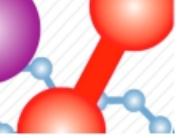
UE1: Atome - Biomolécules - Génome - Bioénergétique - Métabolisme



*Les biomolécules sont les **molécules chimiques** présentes **naturellement** dans un organisme vivant.*

*Elles sont principalement **composées d'atomes de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, d'azote, de soufre et de phosphore**.*

Les biomolécules sont les composantes essentielles de la vie et elles remplissent d'importantes fonctions dans les organismes vivants.



La chimie organique des biomolécules

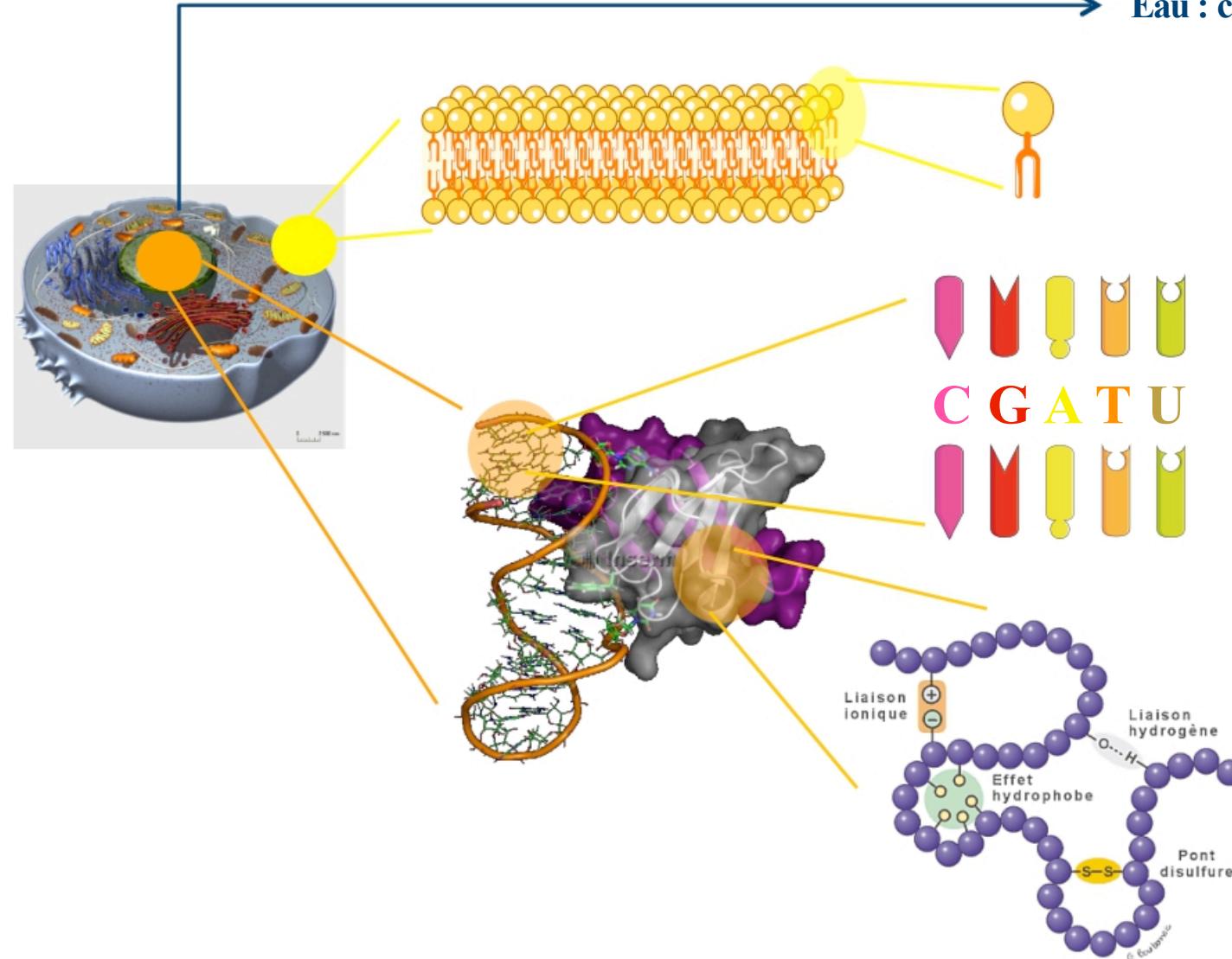
Eau : constituant le plus abondant

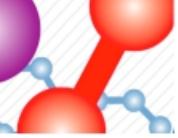
Lipides

Acides
nucléiques

Glucides

Protides





La chimie organique des biomolécules

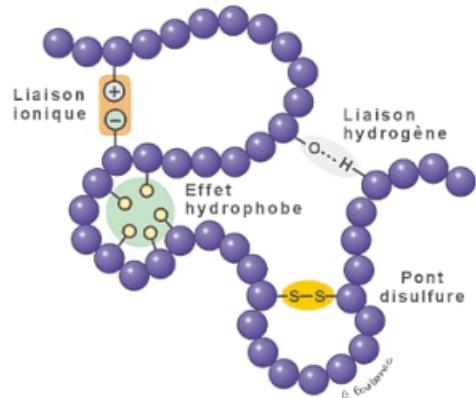
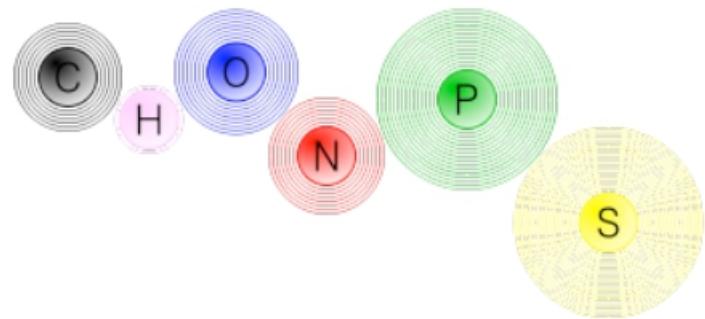


Lipides

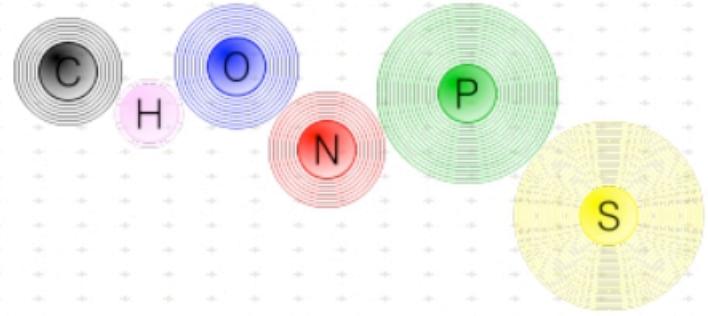
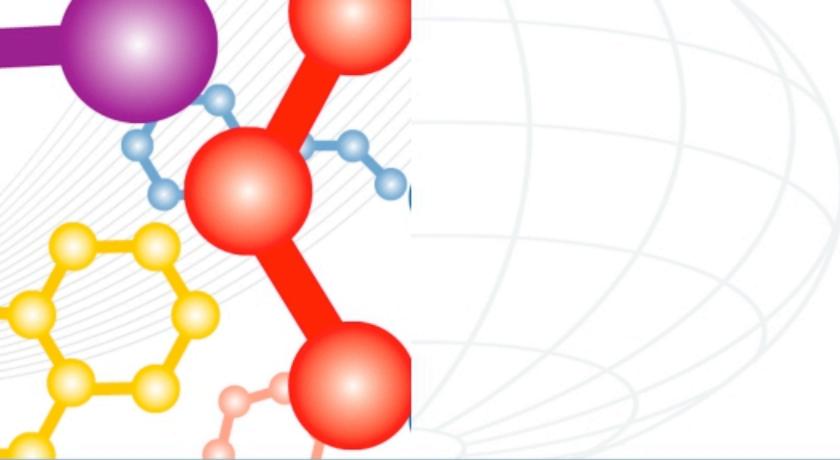


Acides nucléiques

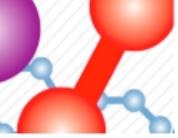
Glucides



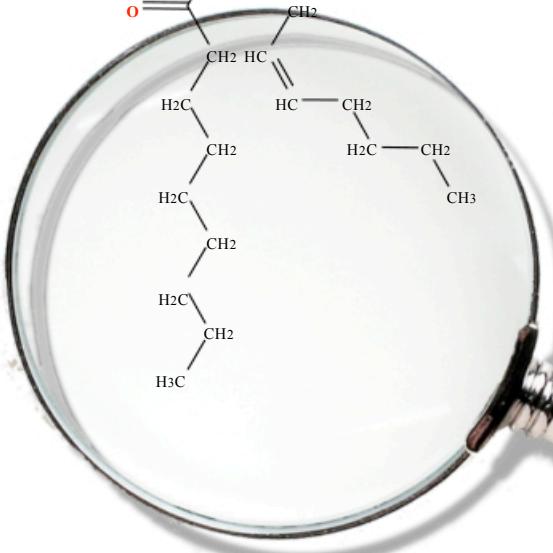
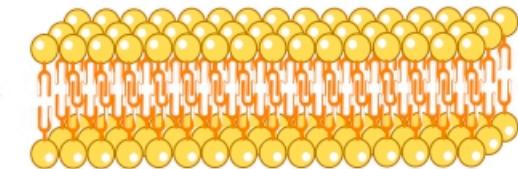
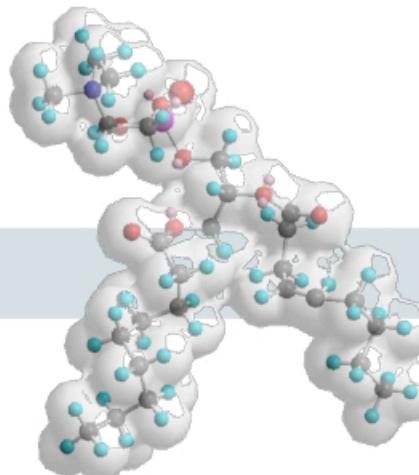
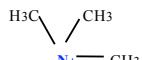
Protides



Chapitre 1: les Lipides

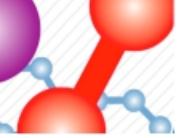


La chimie organique des Lipides



Chaînes d'hydrocarbures

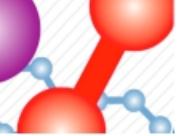
Phosphatidylcholine



Les Hydrocarbures

- Molécules les plus simples
 - Composées uniquement d'atomes de Carbone et d'Hydrogène (C_xH_y)
 - Liaisons entre atomes de carbones et entre atomes de carbone et d'hydrogène
-
- ☞ *alcanes* : ne contiennent que des liaisons simples entre les atomes de carbone.
 - ☞ *cyclanes* : alcanes cycliques
 - ☞ *alcènes* : contiennent au moins une double liaison carbone-carbone
 - ☞ *alcynes* : contiennent au moins une triple liaison Carbone-Carbone
 - ☞ *arènes* : hydrocarbures aromatiques





Chapitre 1: les Lipides

Les hydrocarbures

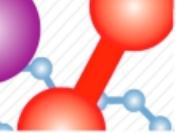
Partie 1.1 : Les alcanes

Partie 1.2 : Les cyclanes

Partie 1.3 : Les alcènes

Partie 1.4 : Les arènes

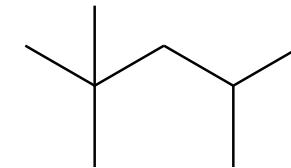
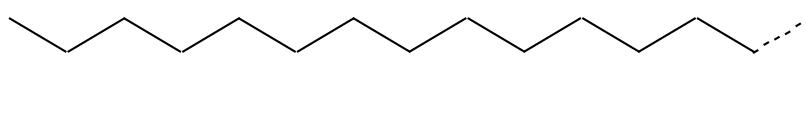




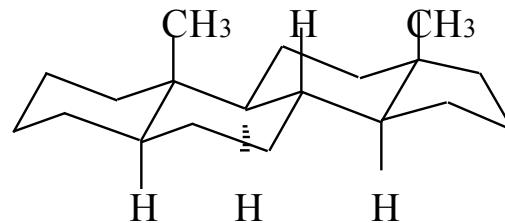
Partie 1.1: Les Alcanes

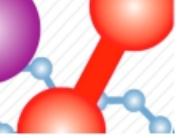
Partie 1.1.1: Généralités

- Formule brute C_nH_{2n+2} avec n entier positif, et $n \geq 1$
 - Hydrocarbures saturés ou paraffines
- Peuvent être **linéaires, ramifiés**



ou **cycliques**



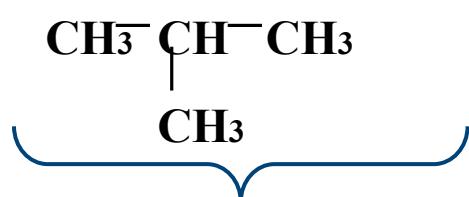


Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.2: Nomenclature

Noms formés par l'association d'un **suffixe ane** indiquant qu'il s'agit d'un **alcan**e et d'un **préfixe** spécifique de la longueur de chaîne

CH_4	méth	ane	CH_4
C_2H_6	éth	ane	CH_3CH_3
C_3H_8	prop	ane	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
C_4H_{10}	n but	ane	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$



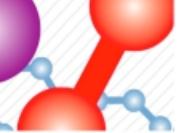
2 isomères
de constitution

Alessandro Volta



1776



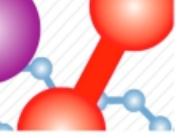


Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.2: Nomenclature

- Le terme **isomérie** vient du grec *ίσος* (*isos* = identique) et *μέρος* (*meros* = partie).
- En chimie organique, on parle d'**isomérie** lorsque deux molécules possèdent la même formule brute mais ont des formules développées différentes.
- Ces molécules, appelées **isomères**, peuvent avoir des propriétés physiques, chimiques et biologiques semblables ou différentes.

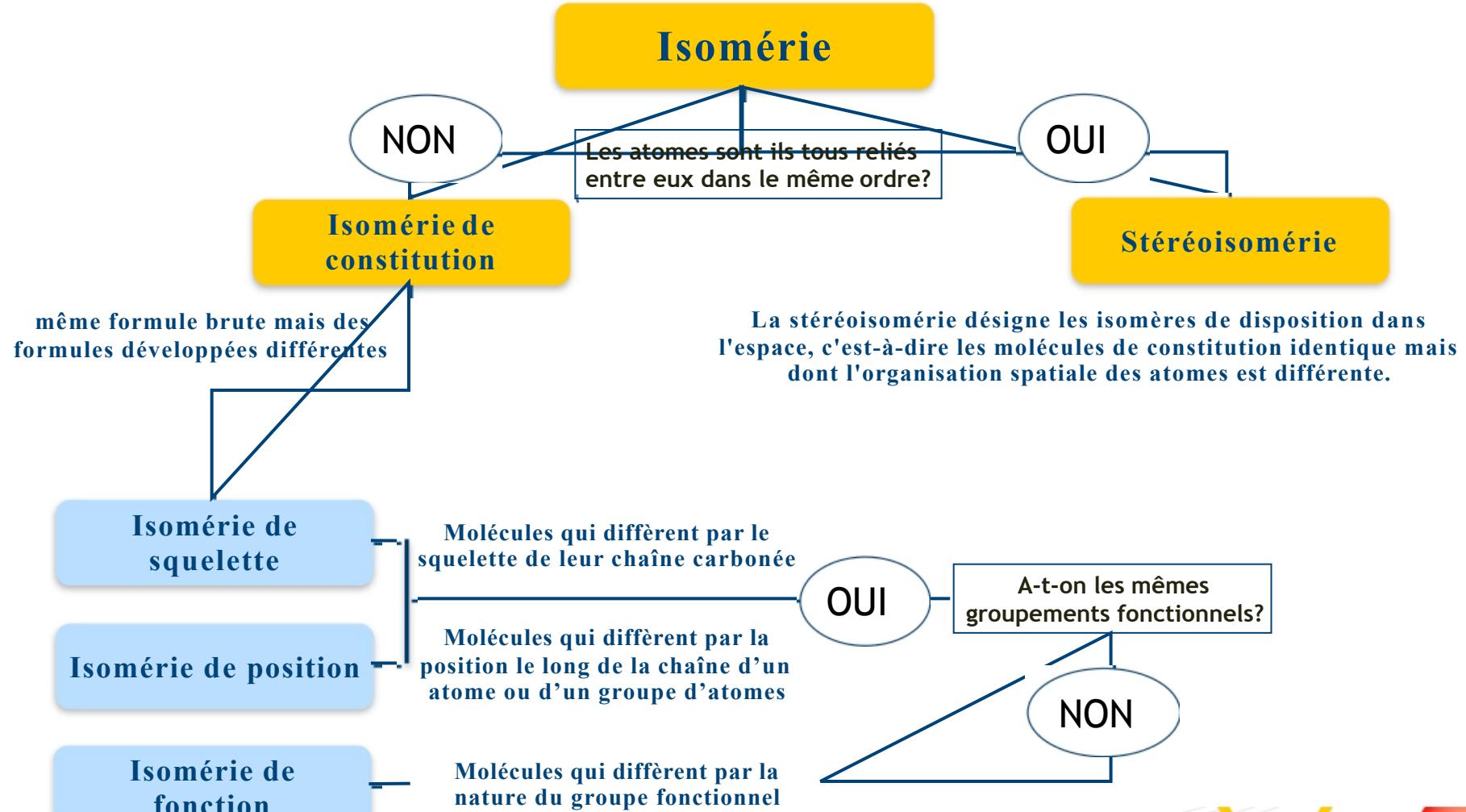


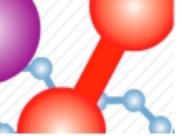


Partie 1.1: Les Alcanes

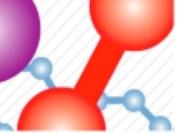
Partie 1.1.2: Nomenclature

On distingue différents types d'isomérie: l'isomérie de constitution et la stéréoisomérie





Exercice sur l'isométrie



Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.2: Nomenclature

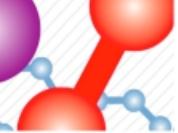
Noms formés par l'association d'un **suffixe ane** indiquant qu'il s'agit d'un **alcano** et d'un **préfixe** spécifique de la longueur de chaîne

CH_4	méthane	CH_4
C_2H_6	éthane	CH_3CH_3
C_3H_8	propane	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
C_4H_{10}	n-butane	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
	Iso-butane	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$
C_5H_{12}	pentane	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
C_6H_{14}	hexane	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
C_7H_{16}	heptane	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

Nbre de Carbones	Nbre d' Isomères
4	2
5	3 5
6	9
7	75
10	

...





Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.2: Nomenclature

Substituants alkyles: les radicaux

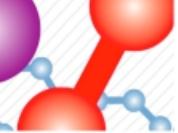
Noms formés par l'association d'un **suffixe *yl(e)*** et d'un **préfixe** spécifique de la longueur de chaîne

$-\text{CH}_3$ $-\text{CH}_3$ **méth *yl(e)***

$-\text{C}_2\text{H}_5$ $-\text{CH}_2\text{CH}_3$ **éth *yl(e)***

$-\text{C}_3\text{H}_7$ $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ **prop *yl(e)***

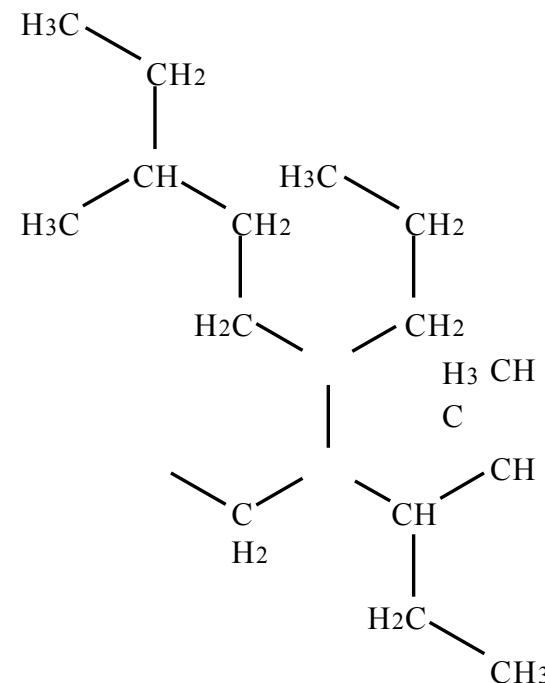
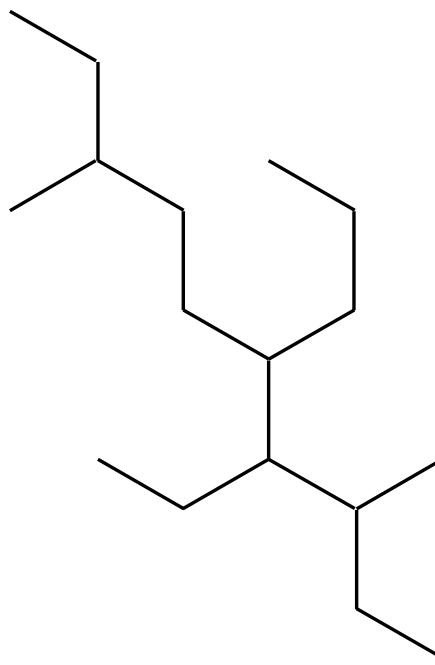


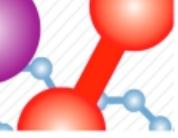


Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.2: Nomenclature

Exercice: nommer l'alcane représenté ci-dessous





Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.2: Nomenclature

On utilise successivement les règles définies par l'IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry):

RÈGLE 1:



Rechercher la chaîne carbonée la plus longue.

Elle constituera la chaîne principale et donnera son nom à l'**alcano**

Les autres groupes seront considérés comme des **radicaux**

RÈGLE 2:



Numérotter la chaîne carbonée la plus longue en partant d'une extrémité.

La numérotation qui attribuera l'indice le plus faible au premier substituant ou aux suivants sera retenue.

RÈGLE 3:



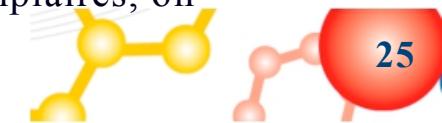
Nommer tous les groupes carbonés greffés sur la chaîne principale en tant que substituants alkyle.

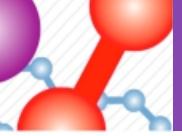
RÈGLE 4:



Écrire le nom de l'alcane en arrangeant les substituants par ordre alphabétique, chacun étant précédé, entre deux tirets, du numéro de l'atome de carbone qui le porte, suivi du nom de la chaîne principale.

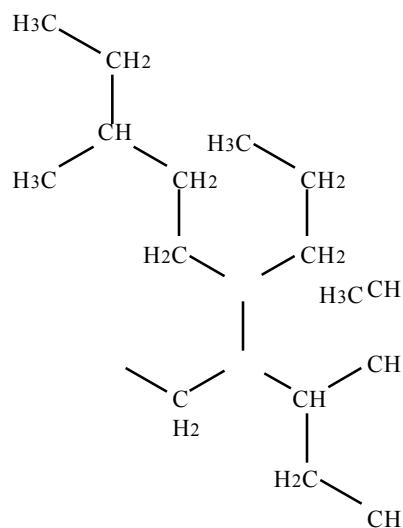
Lorsqu'une molécule contient un même substituant en plusieurs exemplaires, on utilise un préfixe multiplicatif (di, tri, tétra...)





Partie 1.1: Les Alcanes

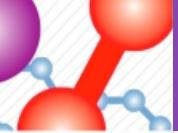
Partie 1.1.2: Nomenclature



Hydrocarbure comportant 17 carbones
Il s'agit d'un isomère de l'heptadécane

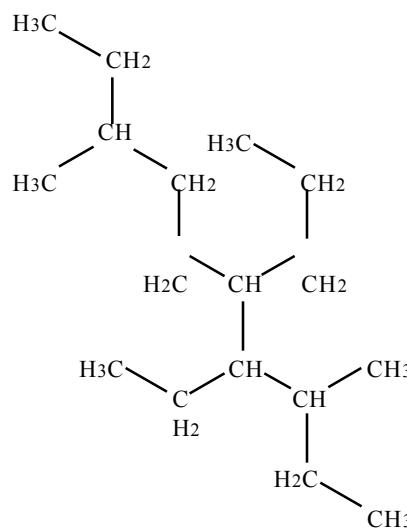


Rechercher la chaîne carbonée la plus longue  **déca**n^e substitué



Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.2: Nomenclature



Hydrocarbure comportant 17 carbones
Il s'agit d'un des isomères de l'heptadécane

décano substitué



Numéroter la chaîne carbonée la plus longue en partant d'une extrémité.

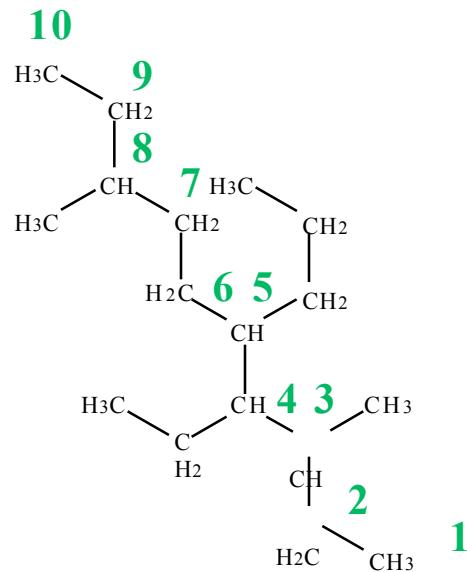
La numérotation qui attribuera l'indice le plus faible au premier substituant puis aux substituants suivants sera retenue.





Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.2: Nomenclature



Hydrocarbure comportant 17 carbones
Il s'agit d'un des isomères de l'heptadécane

décane substitué



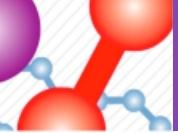
Nommer tous les groupes carbonés greffés sur la chaîne principale en tant que substituants alkyle.

3 : méthyle

4 : éthyle

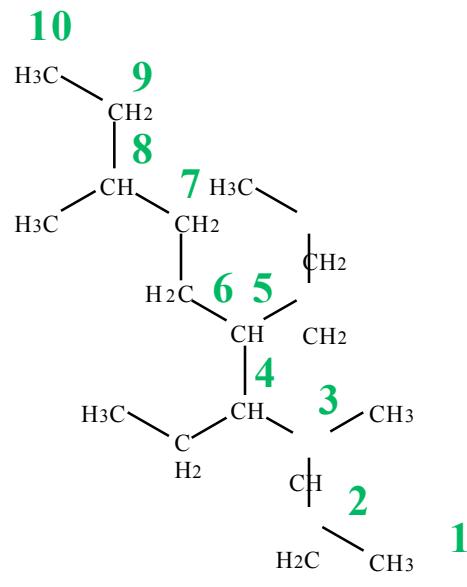
5 : propyle

8 : méthyle



Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.2: Nomenclature



Hydrocarbure comportant 17 carbones
Il s'agit d'un des isomères de l'heptadécane

décane substitué

3 : méthyle

4 : éthyle

5 : propyle

8 : méthyle



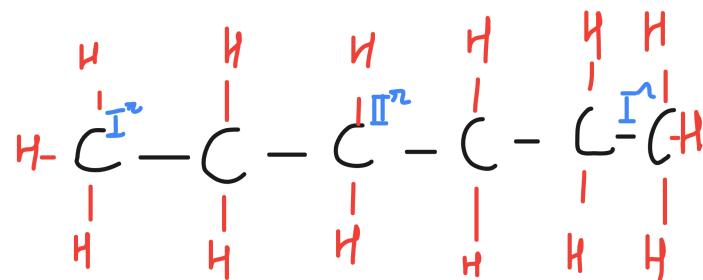
Écrire le nom de l'alcane en arrangeant les substituants par ordre alphabétique, chacun étant précédé, à l'aide d'un tiret, du numéro de l'atome de carbone qui le porte, suivi du nom de la chaîne principale.

4-éthyl- 3,8-diméthyl- 5-propyl- décane



Exercice: dessiner les 5 isomères de l'hexane en les nommant

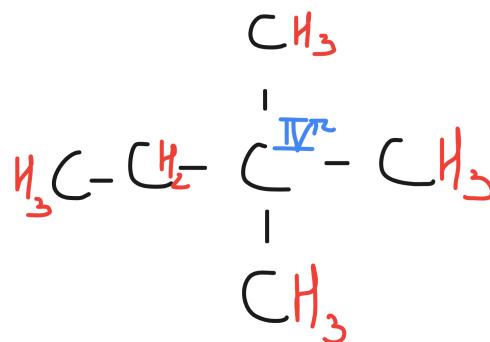
- ① n- hexane



- ② 2- méthyl-pentane

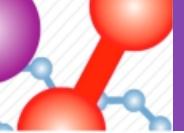
- ③ 3- méthyl -pentane

- ④ 2-3 diméthyl- butane



- ⑤ 2,2 diméthyl- butane





Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes

Tableau périodique des éléments

Numéro atomique: 6 **Symbol de l'élément:** C **Masse atomique:** 12,011 **Électronegativité:**

(2c): deux électrons célibataires
(3p): trois paires d'électrons

Nom: Carbone

1 (1c)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 (3c)	14 (4c)	15 (1p 3c)	16 (2p 2c)	17 (3p 1c)	18	
1 IA H Hydrogène 1,008 1,008 1,008	2 IIA Be Béryllium 9,01 9,01 9,01											5 III A Bore 10,811 10,811 10,811	6 IV A Carbone 12,011 12,011 12,011	7 VA Néon 14,007 14,007 14,007	8 VI A Oxygène 15,999 15,999 15,999	9 VII A Fluor 19,00 19,00 19,00	10 VIII A Neon 20,18 20,18 20,18	
3 IA Li Lithium 6,94 6,94 6,94	4 IIA Mg Magnésium 24,31 24,31 24,31	11 IA Na Sodium 22,99 22,99 22,99	12 IIA Mg Magnésium 24,31 24,31 24,31									13 III A Aluminium 26,98 26,98 26,98	14 IV A Silicium 28,09 28,09 28,09	15 VA Phosphore 30,974 30,974 30,974	16 VI A Soufre 32,065 32,065 32,065	17 VII A Chlore 35,46 35,46 35,46	18 VIII A Argon 39,95 39,95 39,95	
2 IA K Potassium 39,10 39,10 39,10	20 IIA Ca Calcium 40,08 40,08 40,08	21 IIIB Scandium 44,96 44,96 44,96	22 IVB Titanium 47,87 47,87 47,87	23 VB Vanadium 50,94 50,94 50,94	24 VI B Chromé 52,00 52,00 52,00	25 VII B Manganèse 54,94 54,94 54,94	26 VIII B Fer 55,85 55,85 55,85	27 I B Cobalt 58,93 58,93 58,93	28 II B Nickel 58,69 58,69 58,69	29 I B Cobalt 63,55 63,55 63,55	30 II B Cuivre 65,41 65,41 65,41	31 III A Gallium 69,72 69,72 69,72	32 IV A Germanium 72,64 72,64 72,64	33 VA Arsenic 74,92 74,92 74,92	34 VI A Sélenium 78,96 78,96 78,96	35 VII A Brome 79,90 79,90 79,90	36 VIII A Krypton 83,80 83,80 83,80	
4 IA K Potassium 39,10 39,10 39,10	20 IIA Ca Calcium 40,08 40,08 40,08	21 IIIB Scandium 44,96 44,96 44,96	22 IVB Titanium 47,87 47,87 47,87	23 VB Vanadium 50,94 50,94 50,94	24 VI B Chromé 52,00 52,00 52,00	25 VII B Manganèse 54,94 54,94 54,94	26 VIII B Fer 55,85 55,85 55,85	27 I B Cobalt 58,93 58,93 58,93	28 II B Nickel 58,69 58,69 58,69	29 I B Cobalt 63,55 63,55 63,55	30 II B Cuivre 65,41 65,41 65,41	31 III A Gallium 69,72 69,72 69,72	32 IV A Germanium 72,64 72,64 72,64	33 VA Arsenic 74,92 74,92 74,92	34 VI A Sélenium 78,96 78,96 78,96	35 VII A Brome 79,90 79,90 79,90	36 VIII A Krypton 83,80 83,80 83,80	
5 IA Rb Rubidium 85,47 85,47 85,47	37 IIA Sr Strontium 87,62 87,62 87,62	38 IIIA Yttrium 88,91 88,91 88,91	39 IIIA Yttrium 88,91 88,91 88,91	40 IVB Zirconium 91,22 91,22 91,22	41 VB Niobium 92,91 92,91 92,91	42 VI B Molybdème 95,94 95,94 95,94	43 VII B Technétium 101,07 101,07 101,07	44 VIII B Ruthénium 102,91 102,91 102,91	45 I B Rhodium 106,42 106,42 106,42	46 II B Palladium 112,41 112,41 112,41	47 I B Argent 107,87 107,87 107,87	48 II B Cadmium 114,82 114,82 114,82	49 III A Indium 118,71 118,71 118,71	50 IV A Antimoine 121,76 121,76 121,76	51 VA Tellure 127,60 127,60 127,60	52 VI A Iode 126,96 126,96 126,96	53 VII A Xénon 131,29 131,29 131,29	54 VIII A Iode 131,29 131,29 131,29
6 IA Cs Césium 132,91 132,91 132,91	55 IIA Ba Baryum 137,33 137,33 137,33	56 IIIA La Lanthane 138,91 138,91 138,91	57 IIIA La Lanthane 138,91 138,91 138,91	72 IVB Hafnium 178,49 178,49 178,49	73 VB Tantale 180,95 180,95 180,95	74 VI B Tungstène 183,84 183,84 183,84	75 VII B Rhenium 186,21 186,21 186,21	76 VIII B Osmium 190,23 190,23 190,23	77 I B Iridium 192,22 192,22 192,22	78 II B Platine 195,08 195,08 195,08	79 I B Or 196,97 196,97 196,97	80 II B Mercure 200,59 200,59 200,59	81 III A Thallium 204,38 204,38 204,38	82 IV A Pbrom 207,2 207,2 207,2	83 VA Bismuth 208,98 208,98 208,98	84 VI A Poletin 209, 209, 209,	85 VII A Radon 212, 212, 212,	86 VIII A Radon 212, 212, 212,
7 IA Fr Francium [223] [223]	87 IIA Ra Radium [226] [226]	88 IIIA Ra Radium [226] [226]	89 IIIA Ac Actinium [227] [227]	104 IVB Rutherfordium [261]	105 VB Dubnium [262]	106 VI B Seaborgium [266]	107 VII B Bohrhium [268]	108 VIII B Meitnerium [277]	109 I B Darmstadtium [281]	110 II B Roentgenium [...]	111 III A Rg [...]	112 IV A Tl [...]	113 VA Rg [...]	114 VI A Pb [...]	115 VII A Bi [...]	116 VIII A Po [...]	117 VIII A Rn [...]	
Métaux	Métaux de transition	Non métal	Gaz rares et inertes															
Éléments artificiels																		
* Signifie élément radioactif (instable)																		

Principaux radicaux ramifiés rencontrés

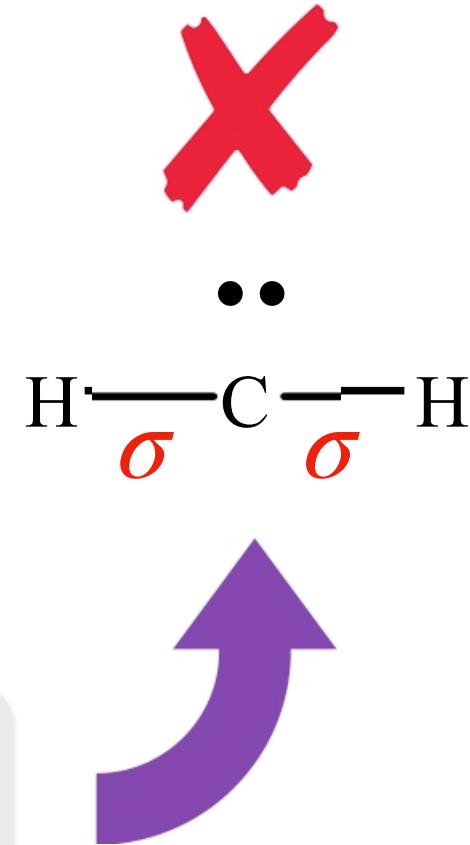
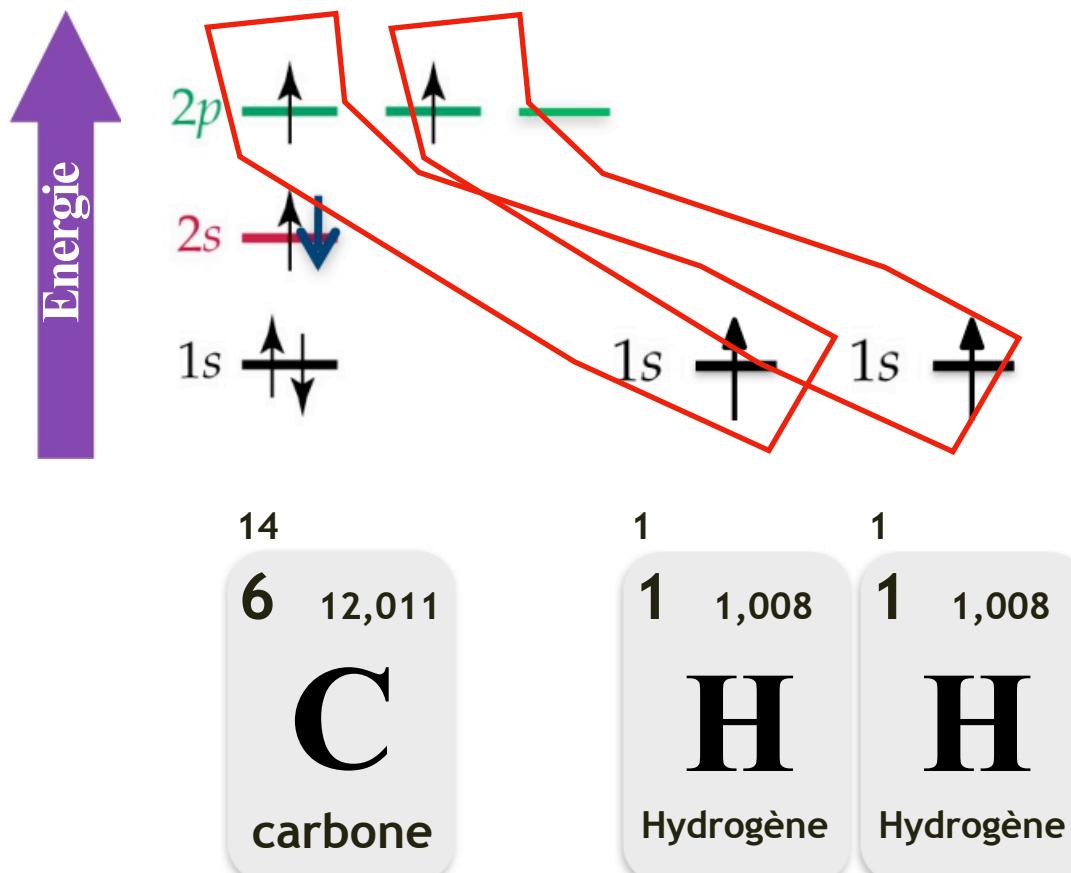
- 3 C : propyle
- 4C : isobutyle , secbutyle (sec = secondaire)
- 5C..

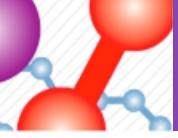


Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes

Configuration électronique du Carbone

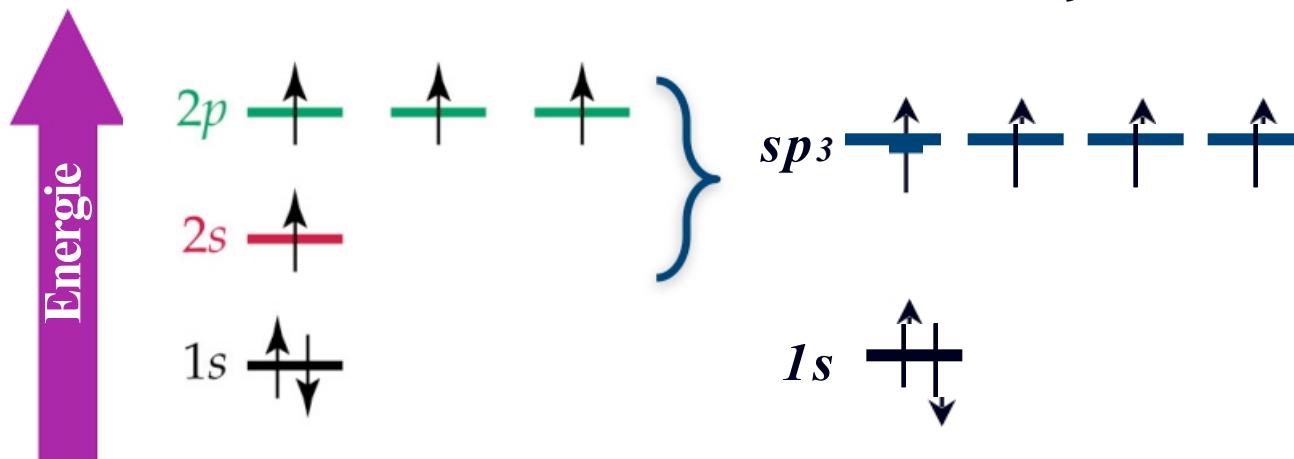




Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes

Configuration électronique
sous l'état d'hybridation sp^3



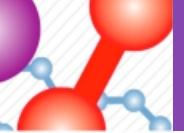
14

6 12,011

C

carbone

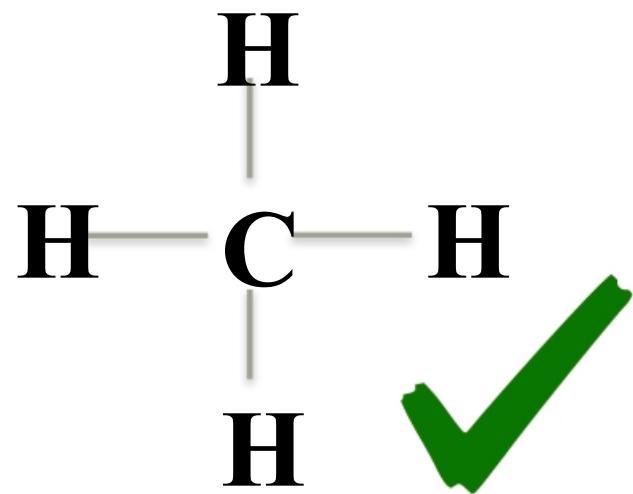
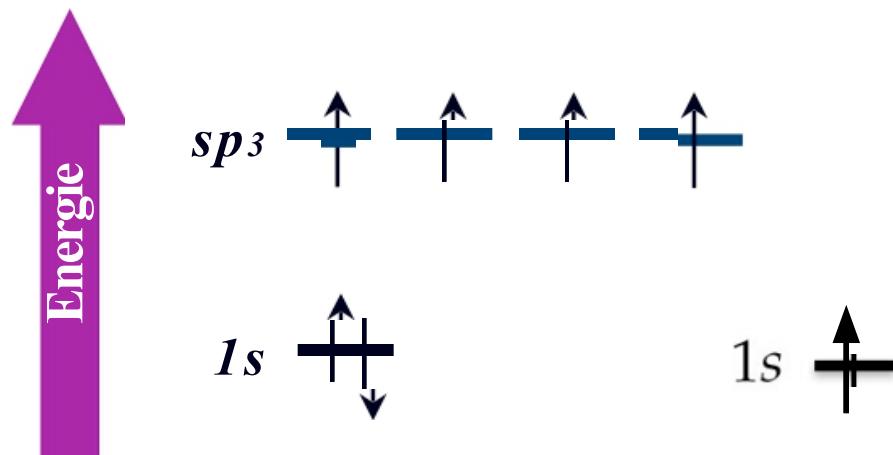




Partie 1.1: Les Alcanes

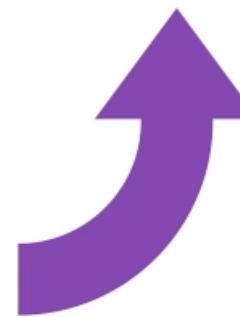
Partie 1.1.3: Structure des alcanes

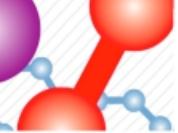
Configuration électronique
sous l'état d'hybridation sp^3



14	6	12,011
	C	carbone

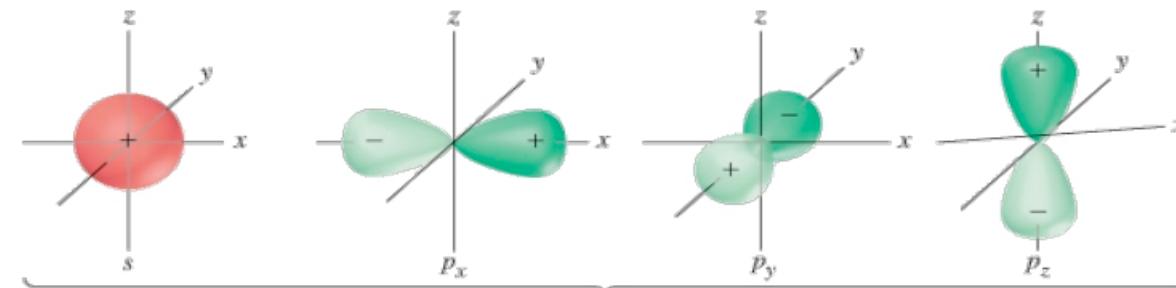
1	1	1,008
	H	Hydrogène



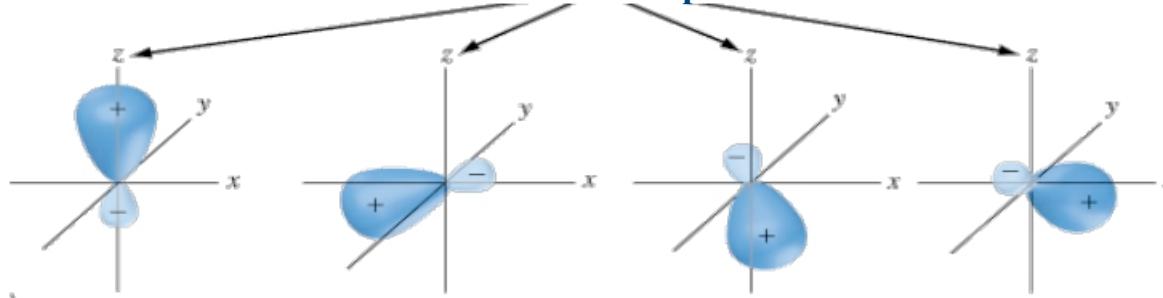


Partie 1.1: Les Alcanes

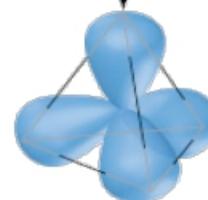
Partie 1.1.3: Structure des alcanes

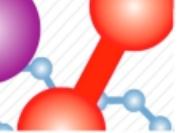


Combinaison pour former
4 orbitales sp^3



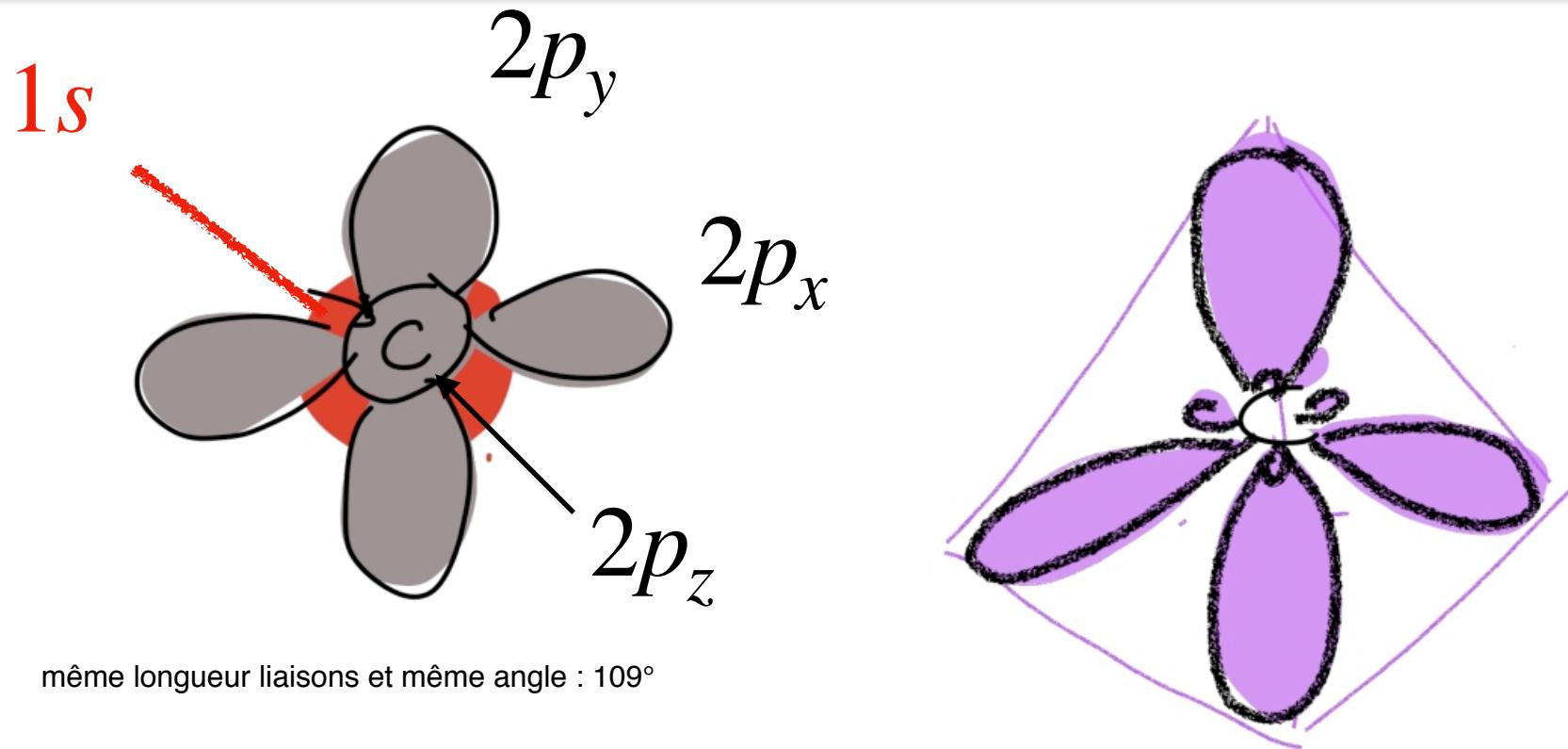
Dans les quatre directions
d'un tétraèdre régulier

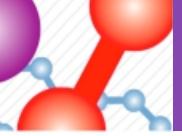




Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes



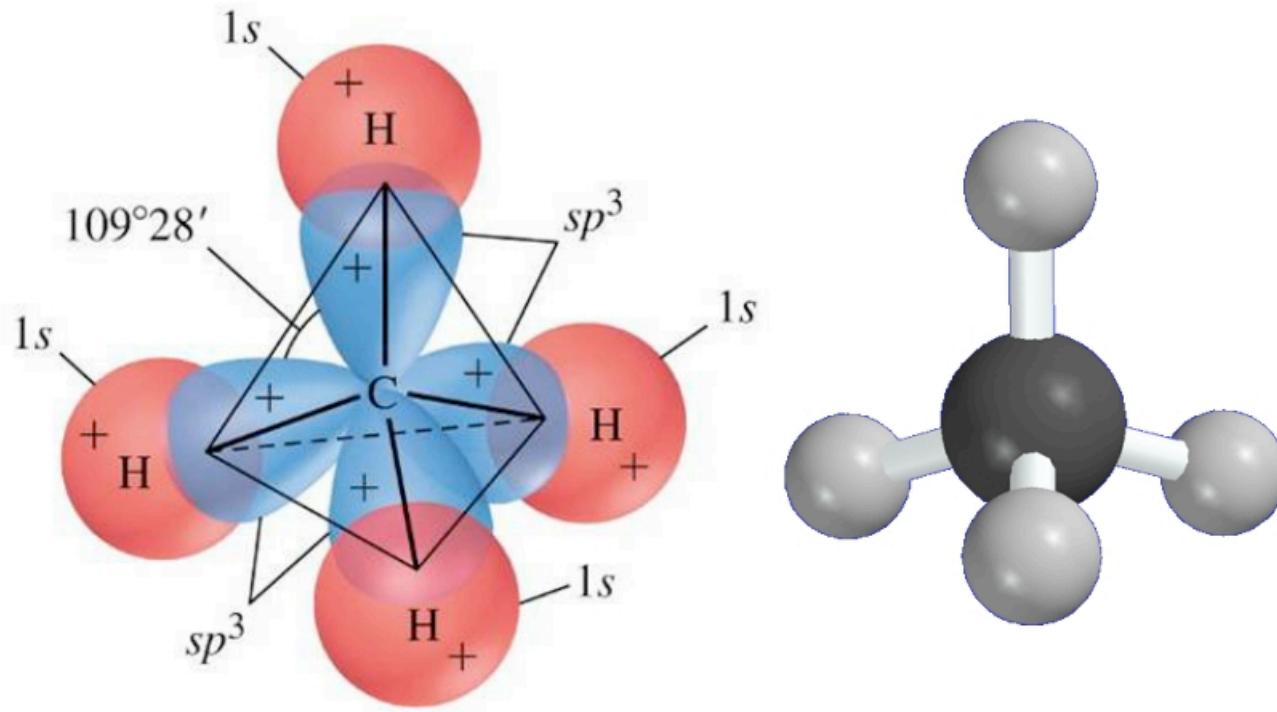


Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes

■ La liaison C-H

Cas du méthane : CH₄

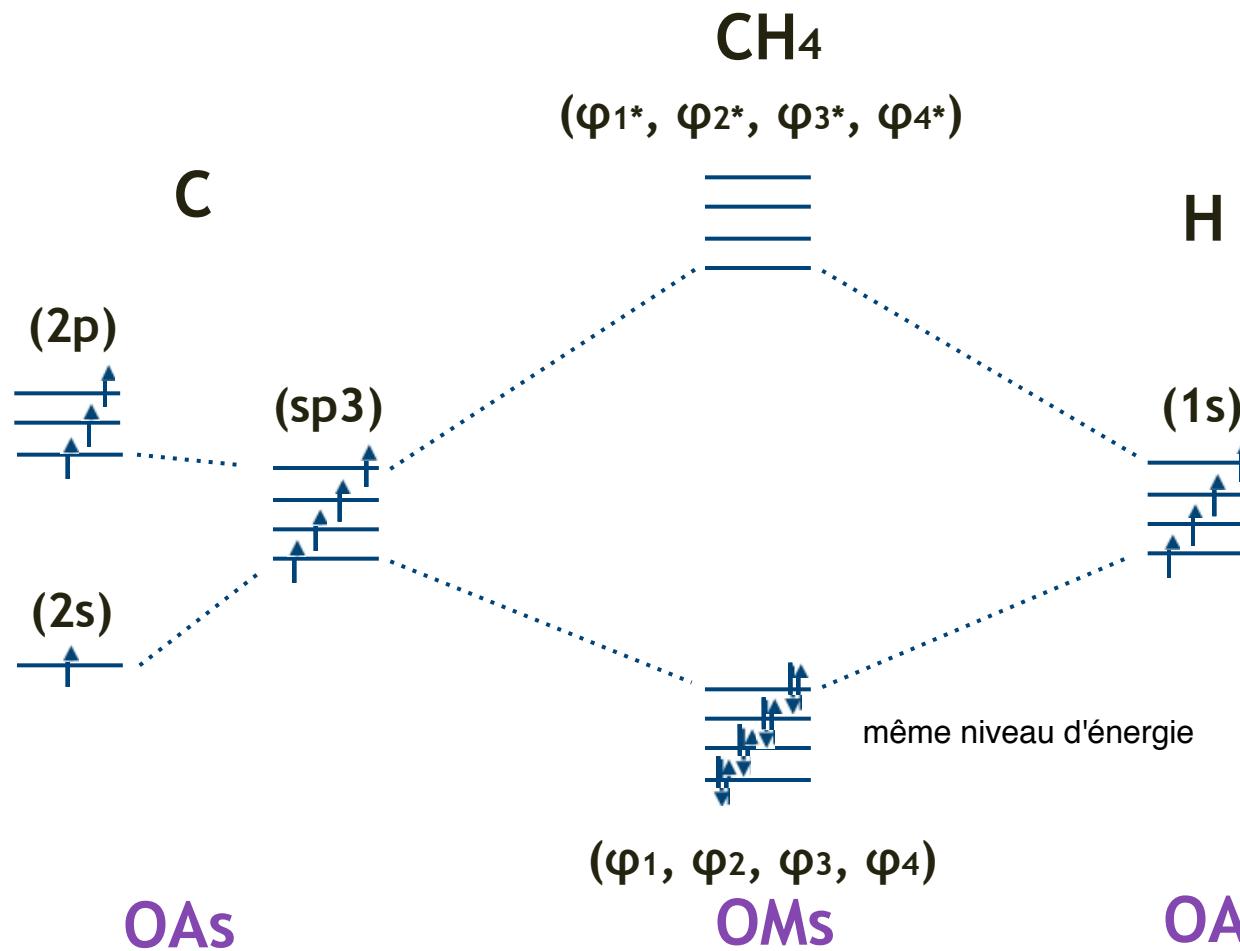


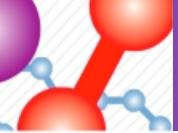


Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes

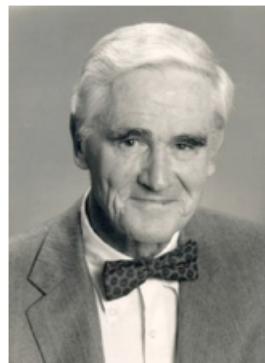
Les liaisons C-H dans le cas du méthane



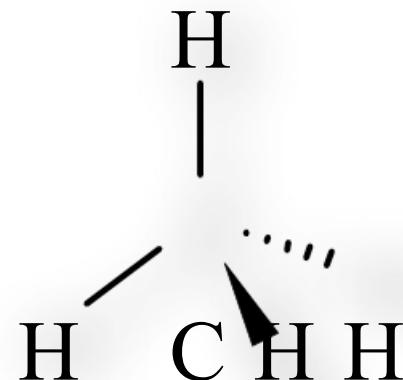
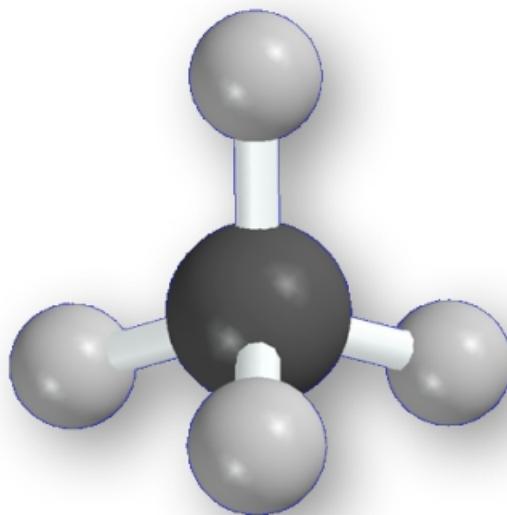


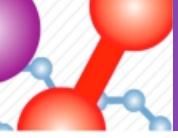
Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes



Donald J. Cram (1919-2001), chimiste américain, prix Nobel de chimie en 1987, connu pour avoir mis au point un système de représentation de structures chimiques dans l'espace en 1953.



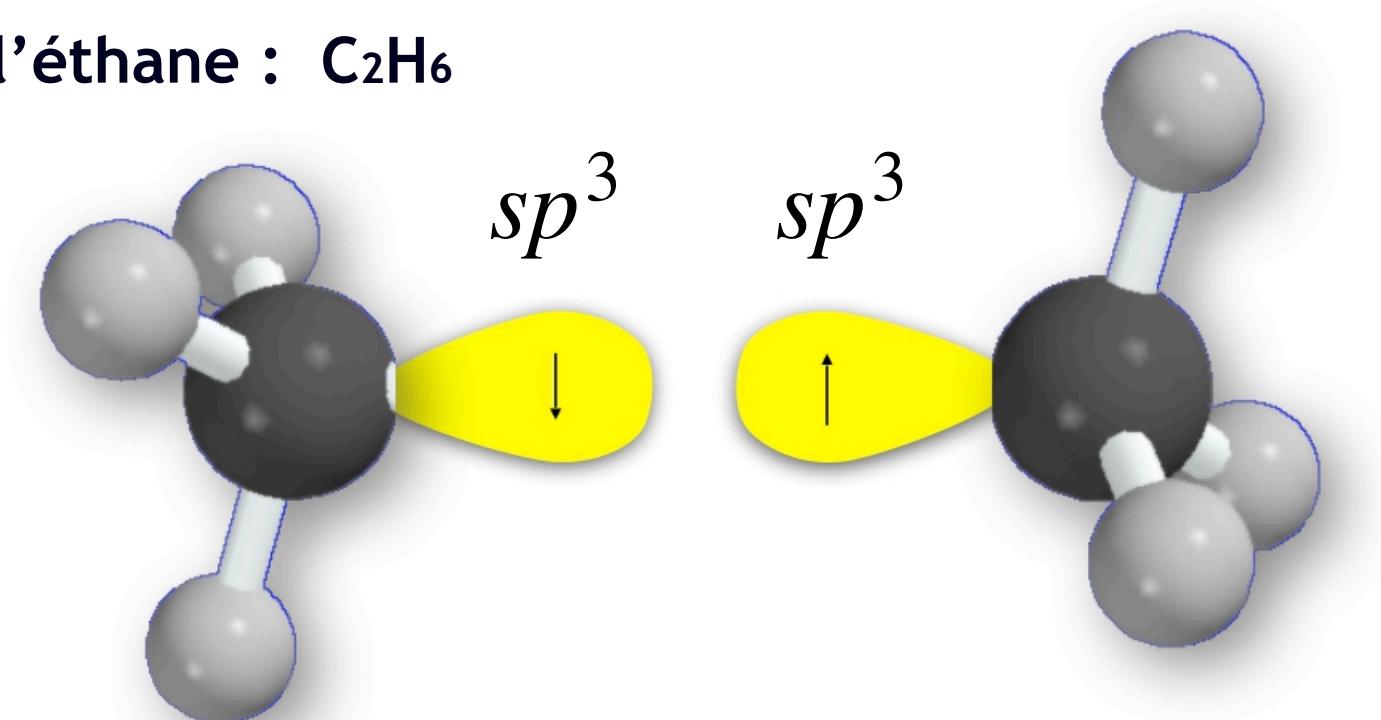


Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes

■ La liaison C-C

Cas de l'éthane : C_2H_6



Recouvrement en phase de l'orbitale hybride sp^3 simplement occupée de l'un des atomes de carbone avec l'orbitale hybride sp^3 simplement occupée d'un autre atome de carbone

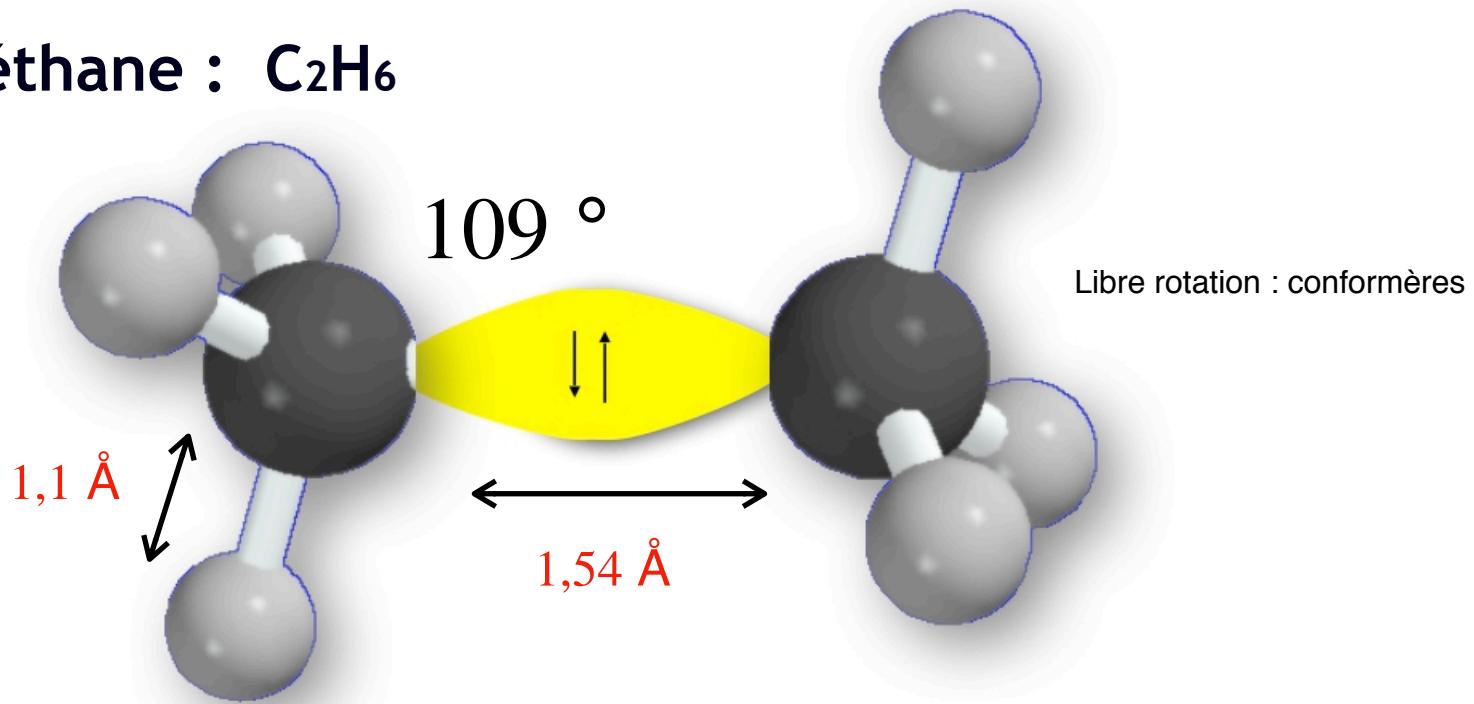


Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes

■ La liaison C-C

Cas de l'éthane : C_2H_6



Ce recouvrement se fait selon l'axe des deux atomes pour conduire à une liaison σ

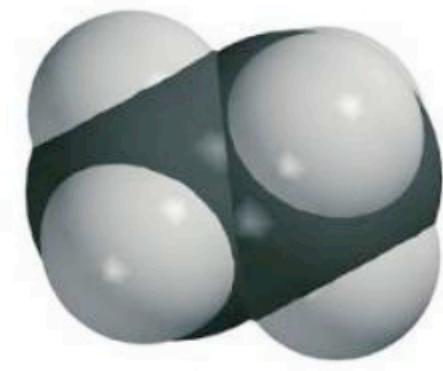
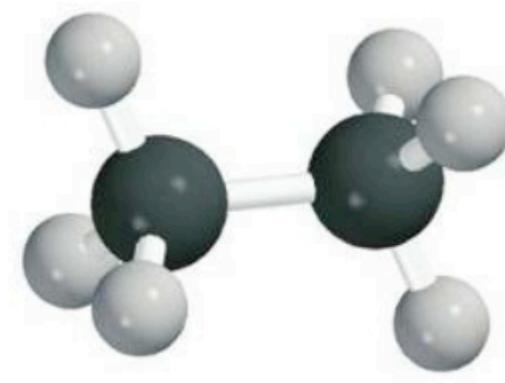
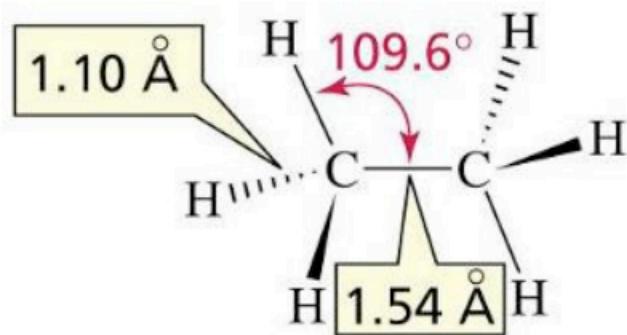


Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes

■ La liaison C-C

Cas de l'éthane : C_2H_6



Géométrie tétraédrique au niveau de chaque atome de carbone

Liaison C-H = $1,10 \text{ \AA}$

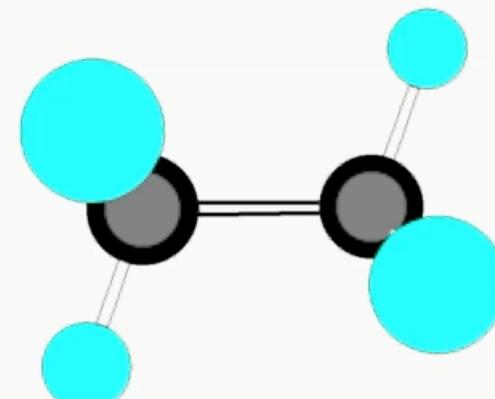
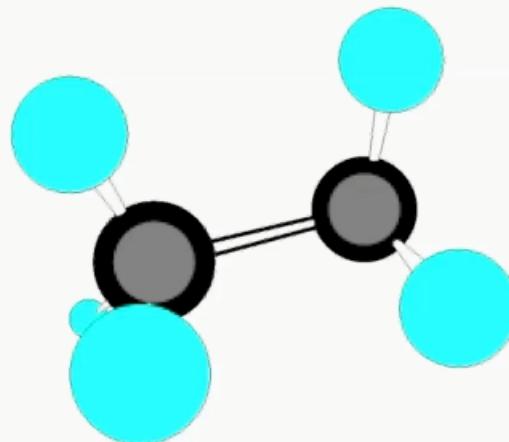
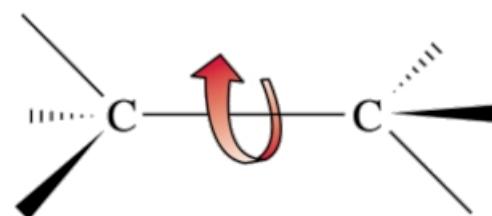
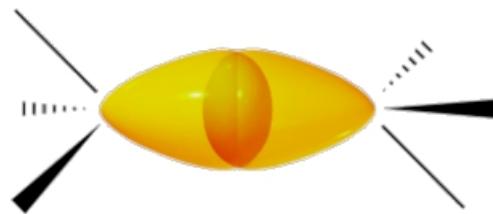
Liaison C-C = $1,54 \text{ \AA}$

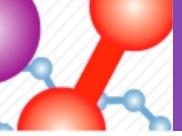


Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes

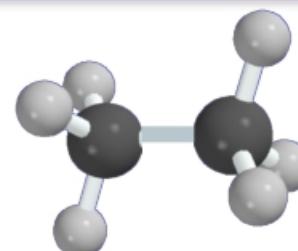
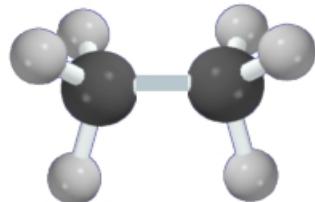
On observe des isomères de conformation -conformères- qui résultent d'une rotation autour d'une liaison simple (sigma).

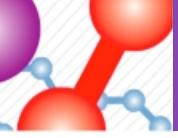




Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes





Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes



Isomérie

Isomérie de constitution

Les atomes sont-ils tous reliés entre eux dans le même ordre?

OUI

Stéréoisomérie

Peut-on passer d'un stéréoisomère à un autre par simple rotation autour de liaisons?

OUI

Isomérie de configuration

Isomérie de conformation

Molécules qui ne diffèrent que par des rotations autour des liaisons simples

Isomérie de squelette

Isomérie de position

Isomérie de fonction

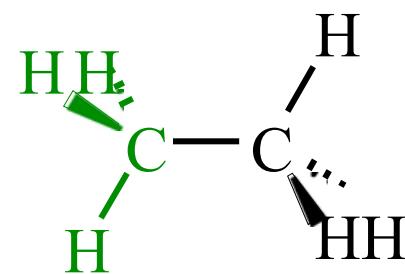


Partie 1.1: Les Alcanes

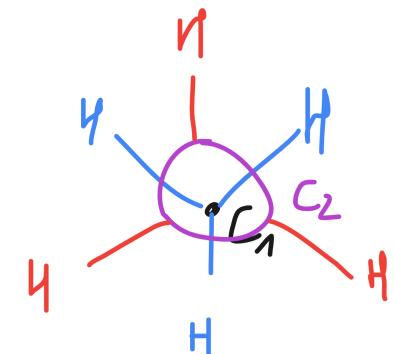
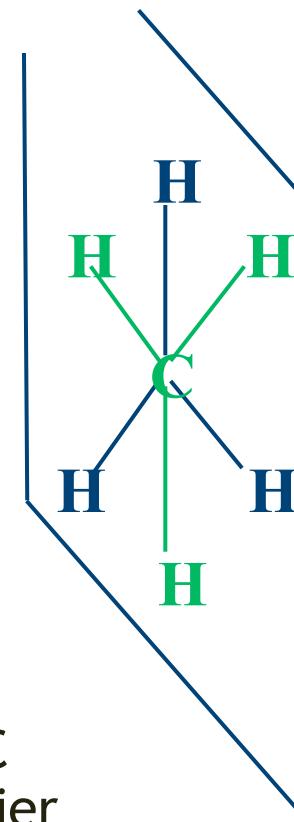
Partie 1.1.3: Structure des alcanes



M. S. Newman



Melvin S. Newman (1908-1993), chimiste américain, est connu pour avoir mis au point un système de représentation des conformères d'une molécule en 1952.



Conformation décalée

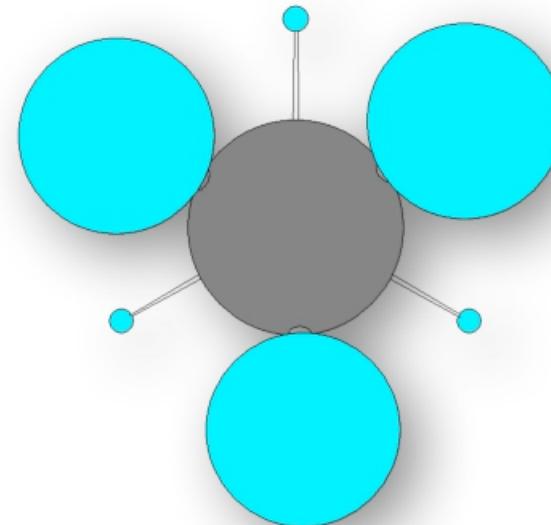
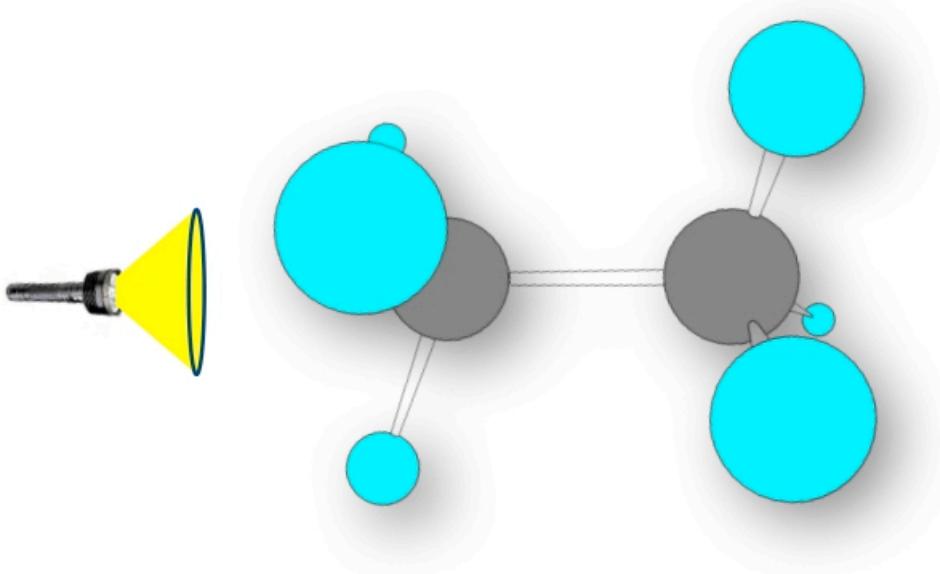
projection selon une liaison C-C perpendiculaire au plan du papier

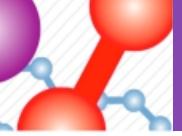


Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes

conformation décalée

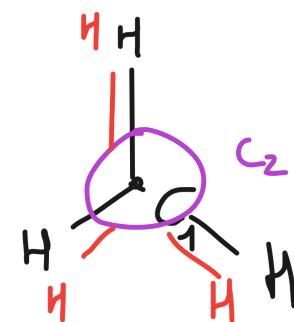
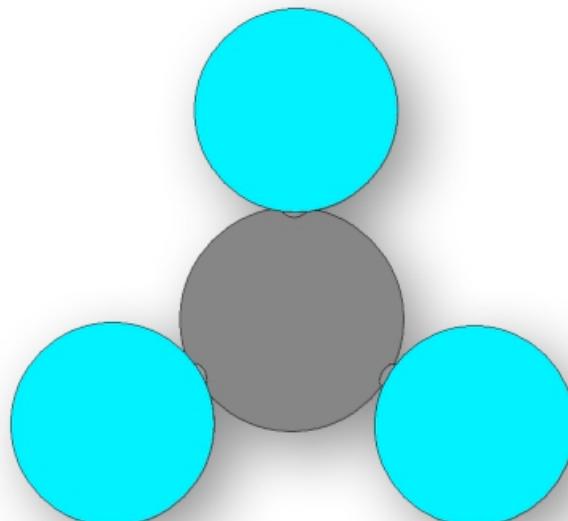
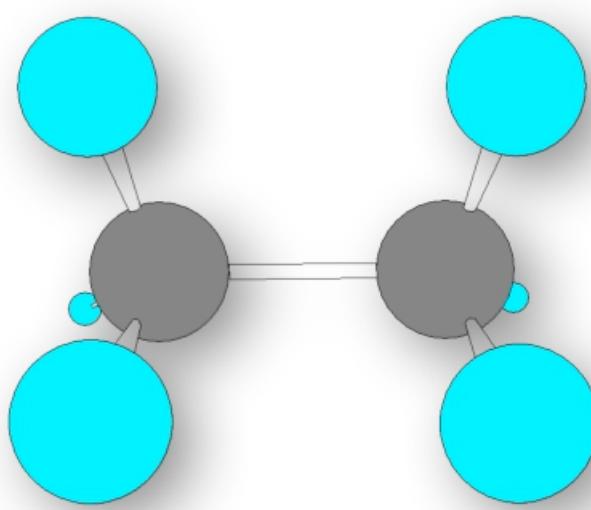




Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes

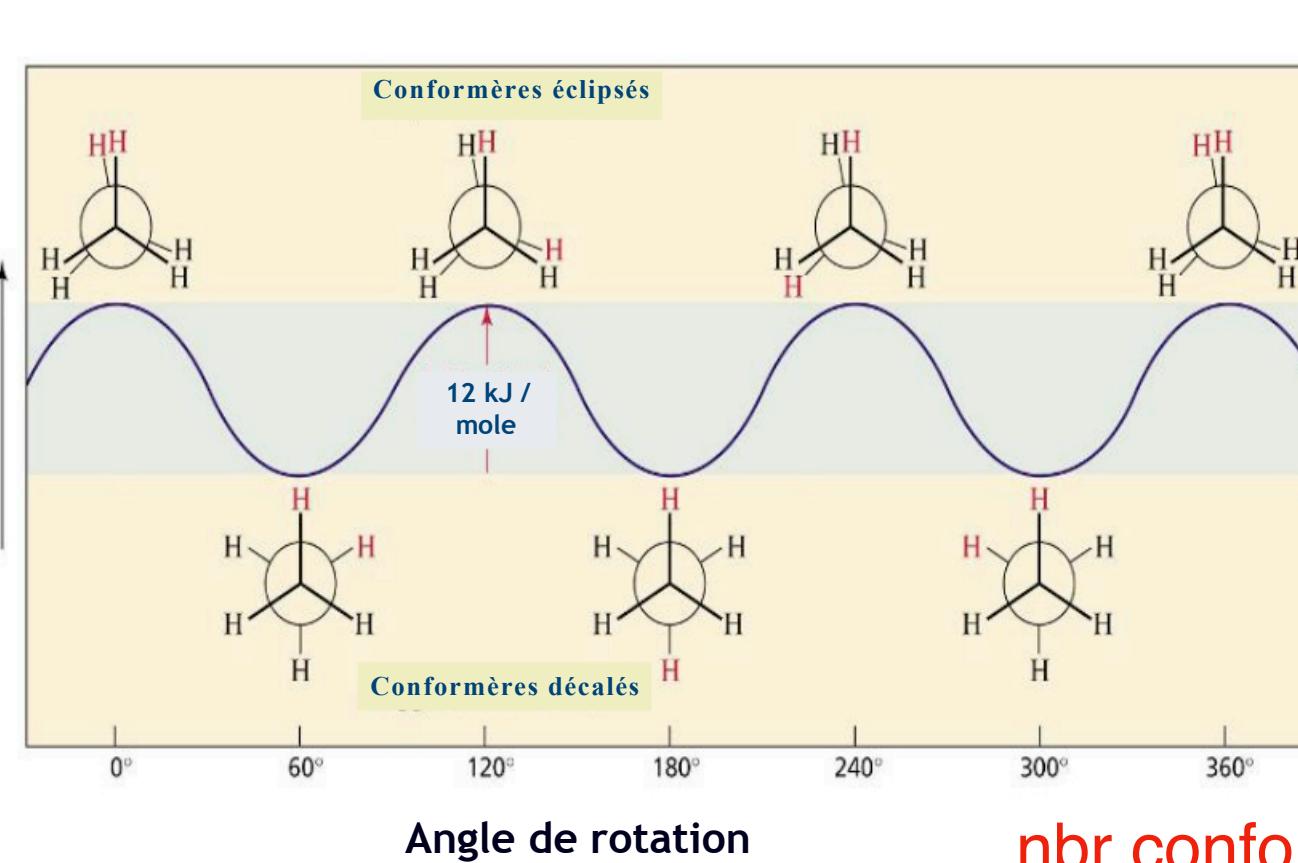
conformation éclipsée





Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes



à température ambiante il est impossible de séparer deux conformères
il y a rotation en permanence autour des liaisons sigma

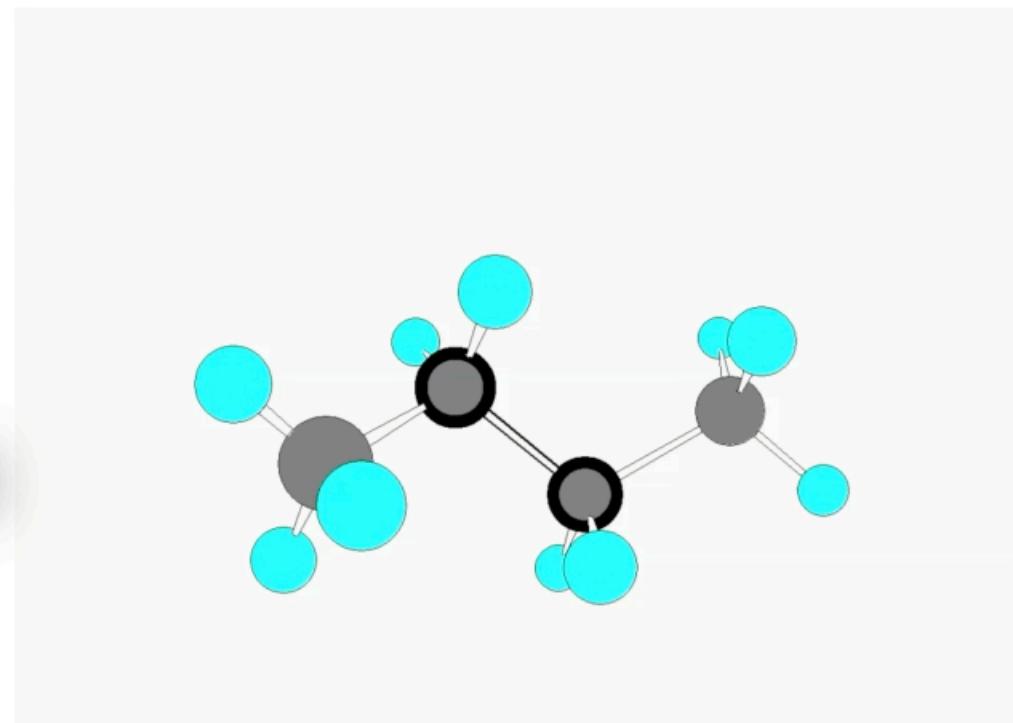
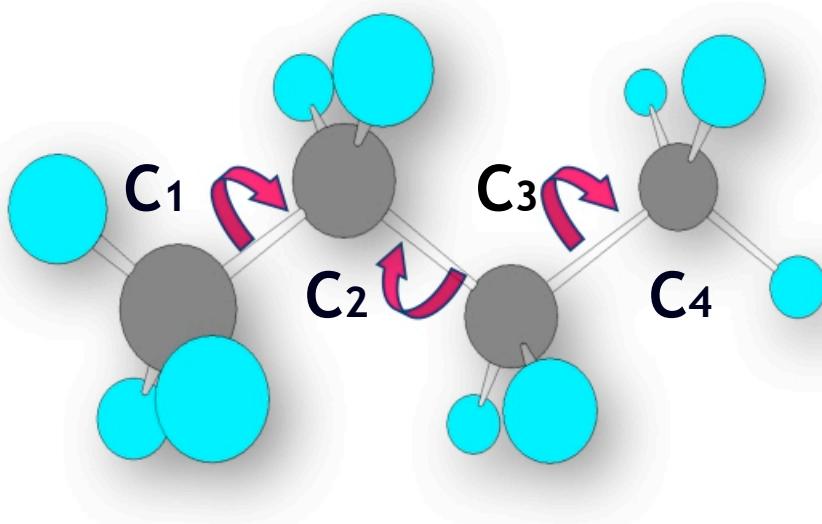
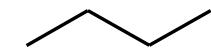
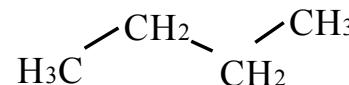


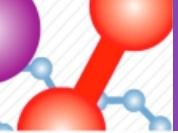


Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes

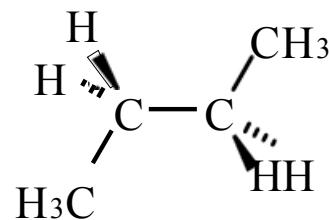
Cas du n-butane



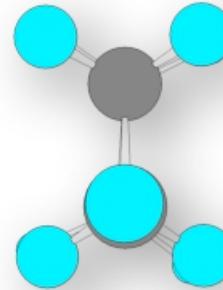
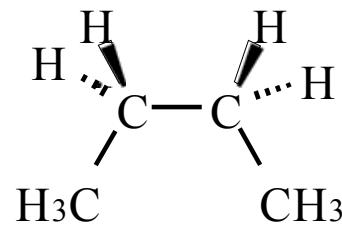


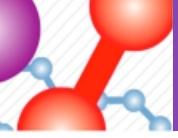
Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes



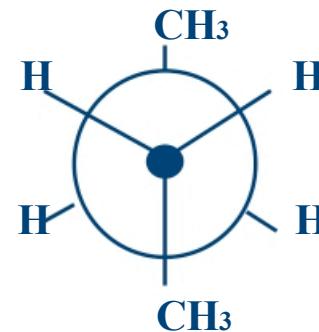
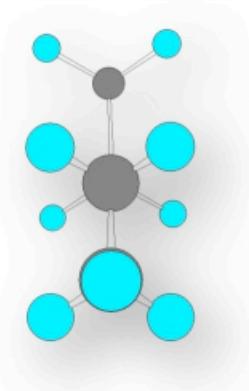
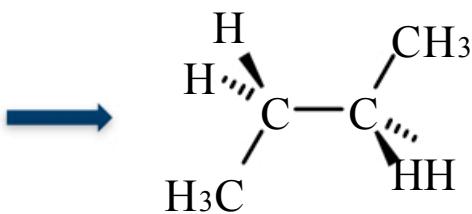
Rotation 120 °



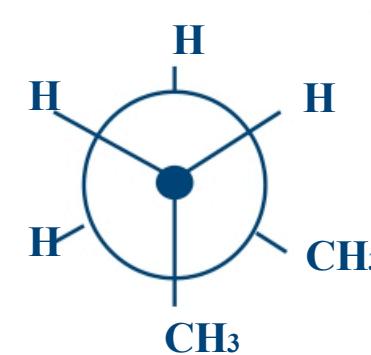
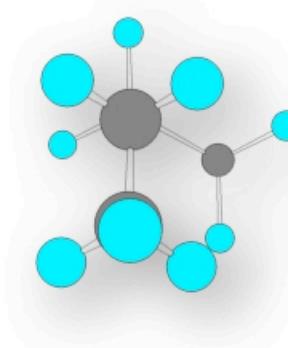
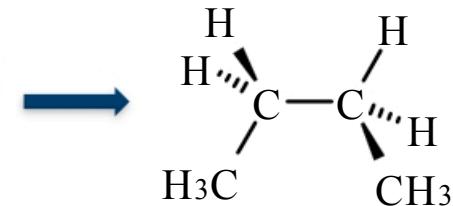


Partie 1.1: Les Alcanes

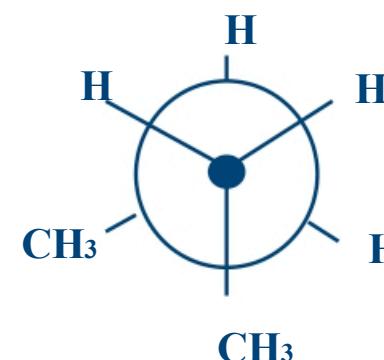
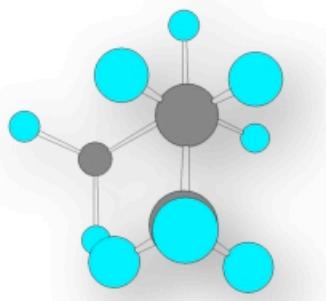
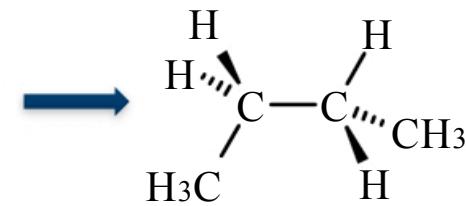
Partie 1.1.3: Structure des alcanes

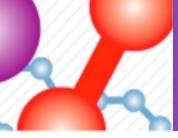


Conformation
décalée
anti



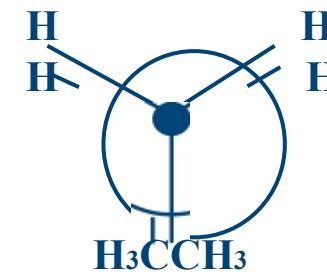
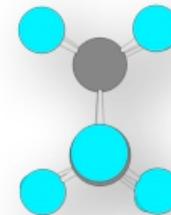
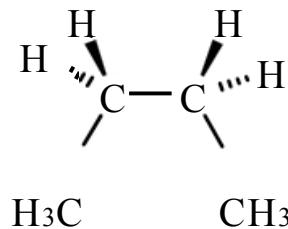
Conformations
décalées
gauche



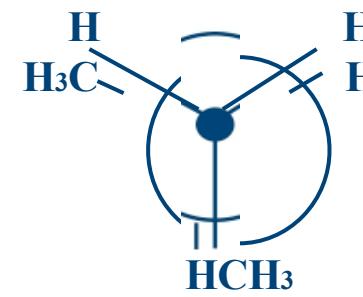
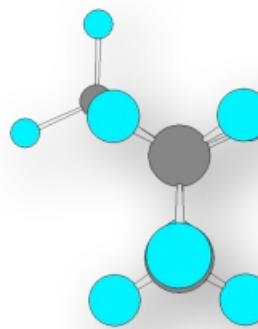
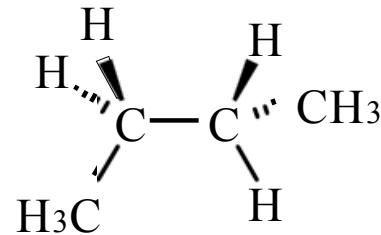


Partie 1.1: Les Alcanes

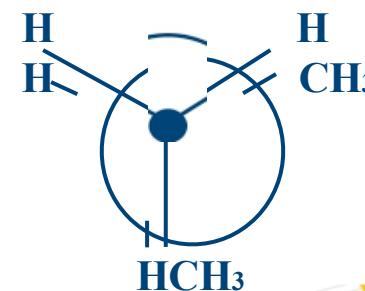
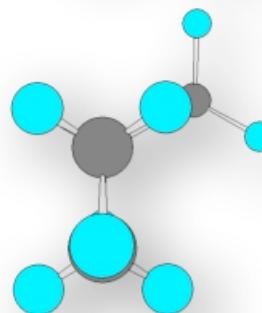
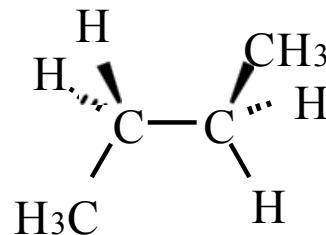
Partie 1.1.3: Structure des alcanes

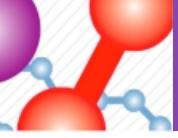


Conformation
éclipsée syn



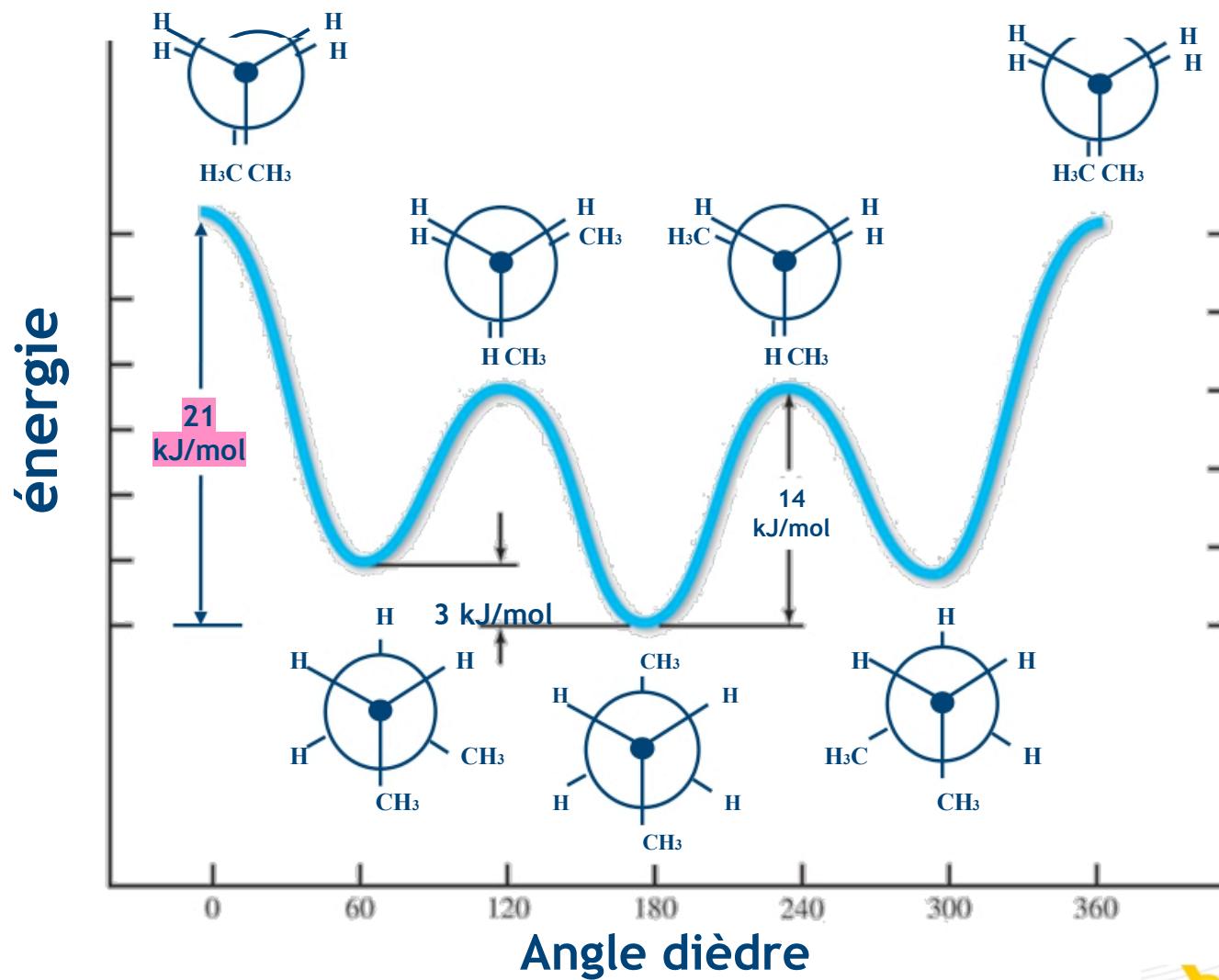
Conformations
éclipsées
gauches

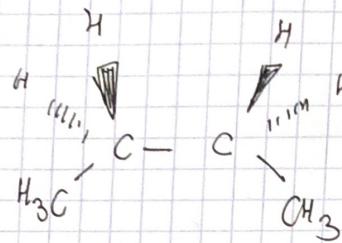




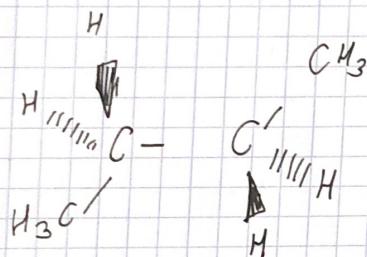
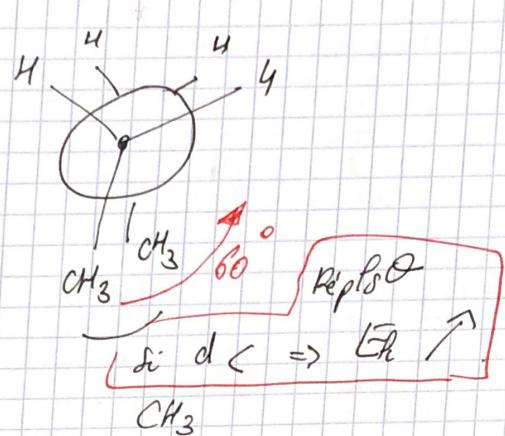
Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.3: Structure des alcanes

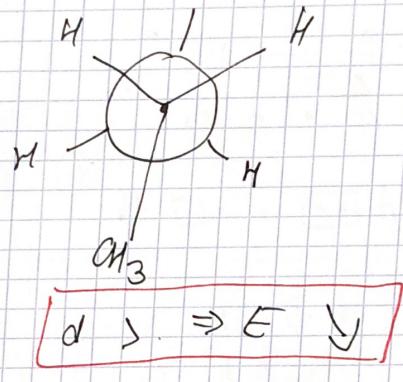




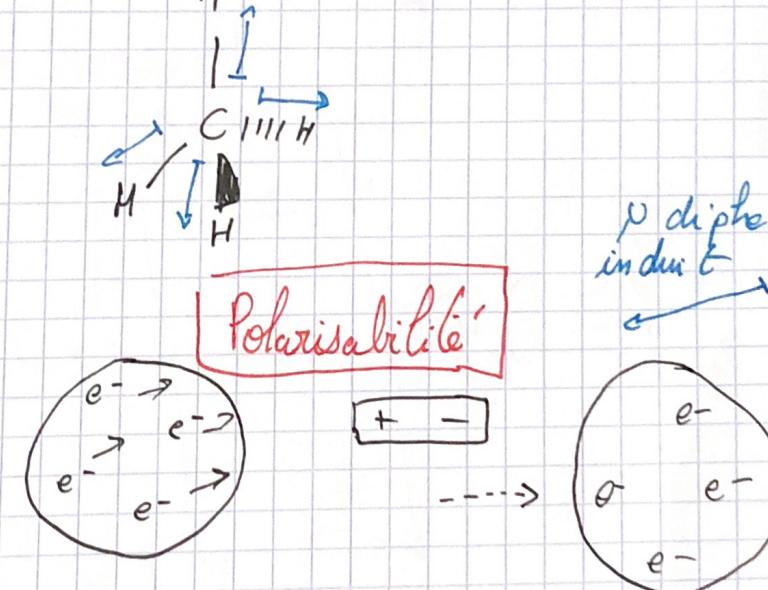
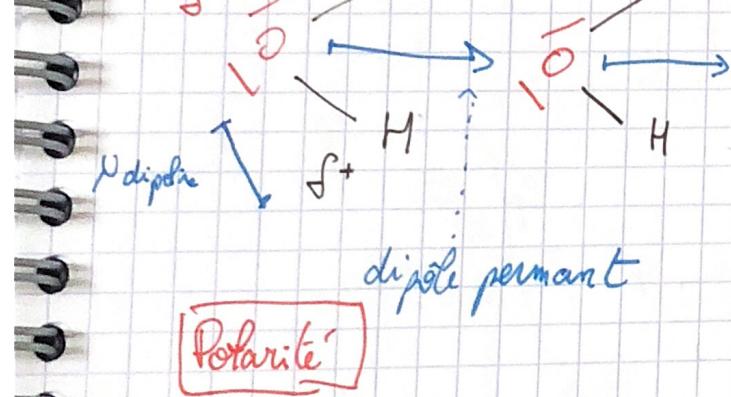
confor α échiquée syn



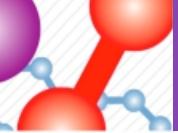
confor α décalée



①



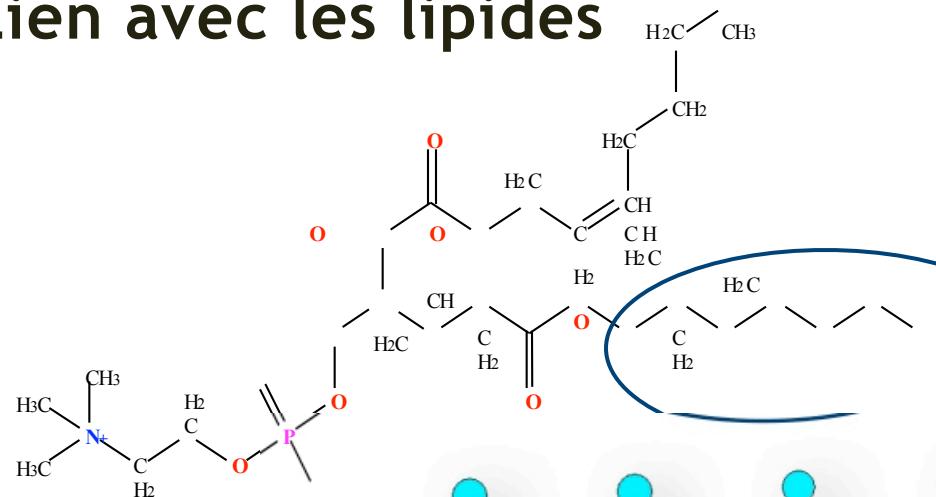
Partie 1.1: Les Alcanes



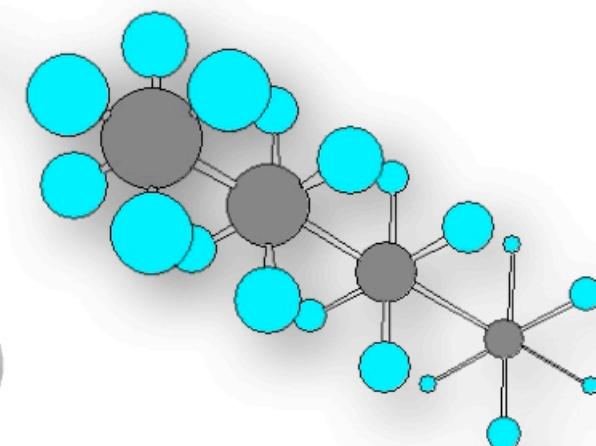
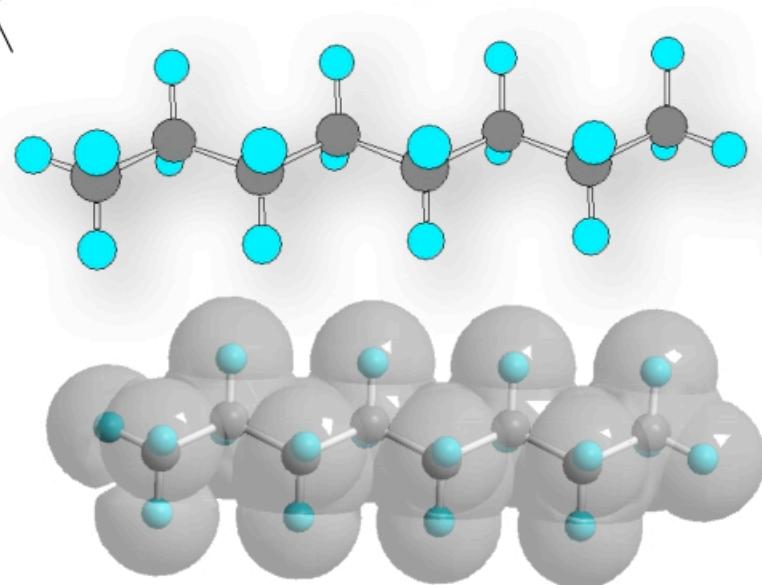
Partie 1.1.3: Structure des alcanes

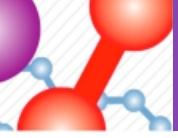
Lien avec les lipides

Conformation décalée



Conformation zigzag

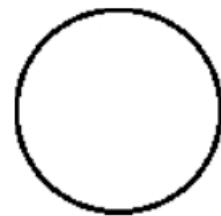
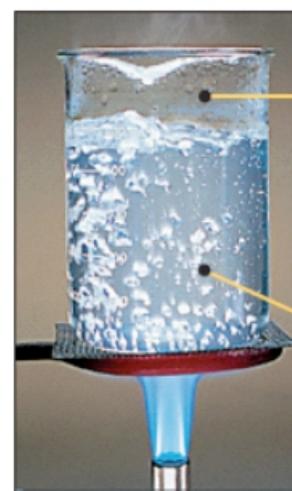
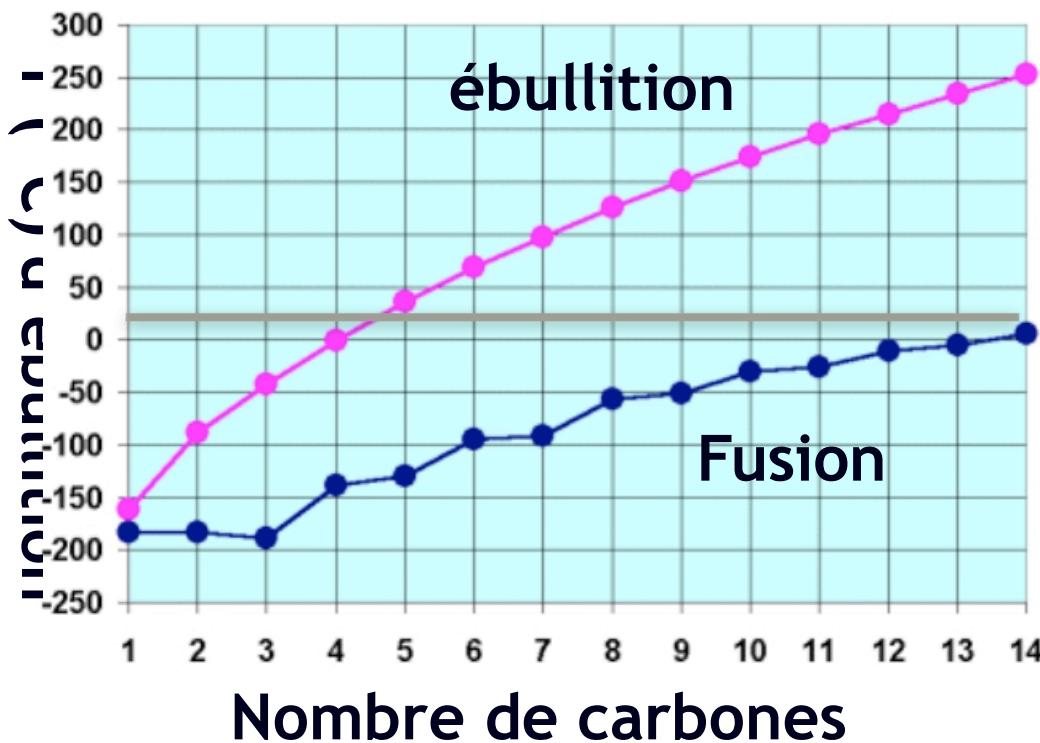




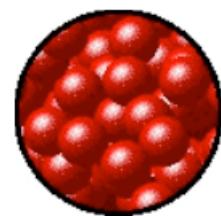
Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.4: Propriétés physiques des alcanes

■ Plus les liaisons intermoléculaires sont fortes, plus la chaleur de vaporisation et la température d'ébullition sont élevées.

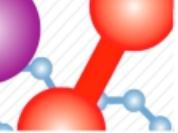


Gaz



Liquide





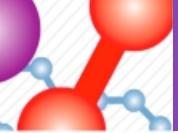
Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.4: Propriétés physiques des alcanes

Nom	Formule	Point de fusion (°C)	Point d'ébullition (°C)	État à 25°C
méthane	CH ₄	-183	-164	gaz
éthane	C ₂ H ₆	-183	-89	
propane	C ₃ H ₈	-190	-42	
butane	C ₄ H ₁₀	-138	-0.5	
pentane	C ₅ H ₁₂	-130	36	liquide
hexane	C ₆ H ₁₄	-95	69	
heptane	C ₇ H ₁₆	-91	98	
octane	C ₈ H ₁₈	-57	125	
nonane	C ₉ H ₂₀	-51	151	
décane	C ₁₀ H ₂₂	-30	174	
undécane	C ₁₁ H ₂₄	-25	196	solide
dodécane	C ₁₂ H ₂₆	-10	216	
eicosane	C ₂₀ H ₄₂	37	343	
triacontane	C ₃₀ H ₆₂	66	450	



Pr
Nds
Pw
nW
adP
r—
PES
Nol
apA
OS
FW
adE
Le
Zn
8ijk
PCE
SSU
El
-27



Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.4: Propriétés physiques des alcanes



Johannes Diderik van der Waals (1837-1923), physicien néerlandais, prix Nobel de physique en 1910, est connu pour avoir découvert les forces de cohésion à courtes distances.

Les forces de van der Waals correspondent à des interactions électroniques de faible intensité entre atomes et/ou molécules. ②

Elles ont plusieurs origines :

Dipôle permanent / Dipôle permanent

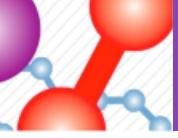
Keesom

Dipôle permanent / Dipôle induit

Debye

Dipôle induit / Dipôle induit

London



Partie 1.1: Les Alcanes

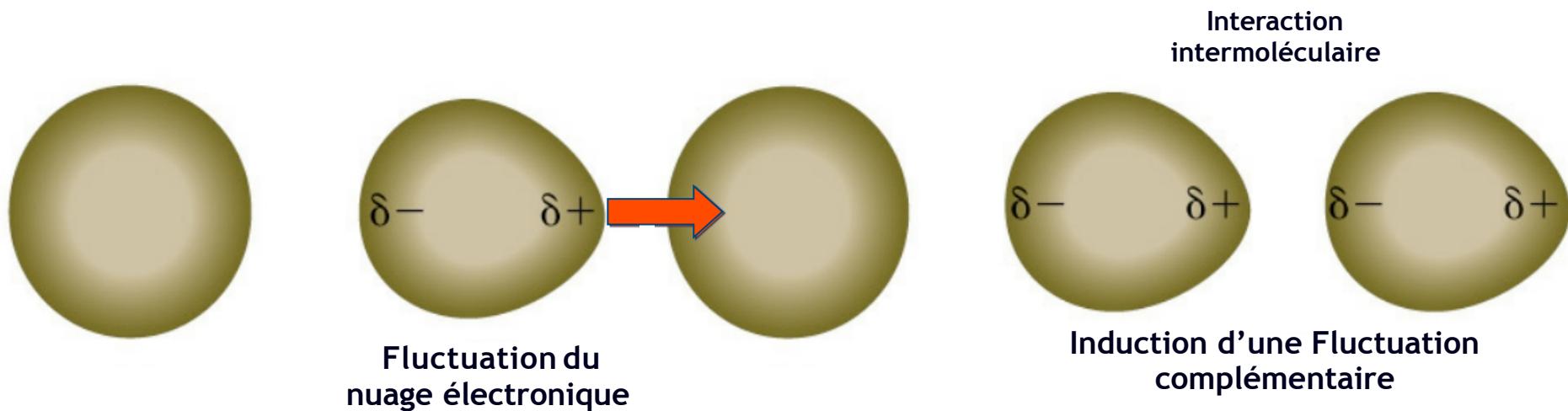
Partie 1.1.4: Propriétés physiques des alcanes

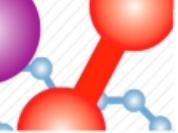
■ Les forces de van der Waals (additives & non-saturables)

Dipôle permanent : dissymétrie de répartition des charges

• Inexistant ou très faible chez les alcanes

Dipôle induit (fluctuant): lié à la polarisabilité

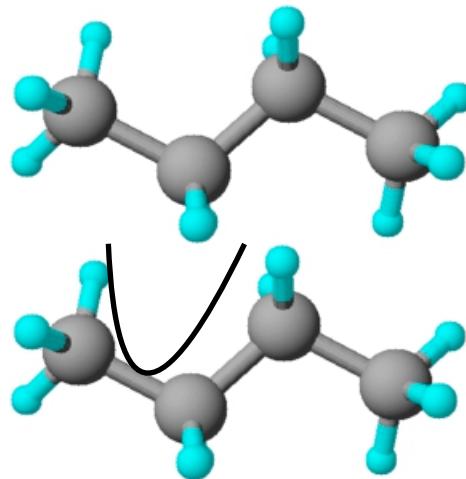




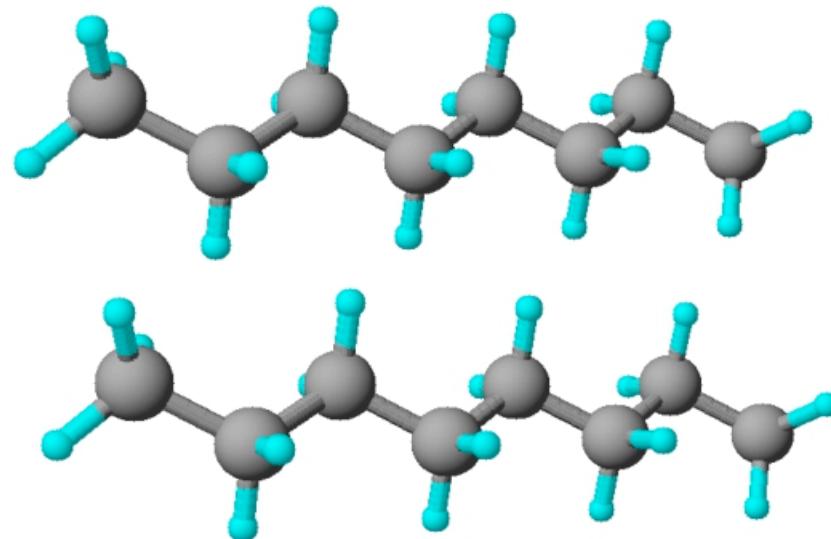
Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.4: Propriétés physiques des alcanes

■ Les forces de van der Waals...



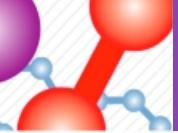
Butane
Ébullition : - 0,5 °C



Octane
Ébullition : 126 °C

.....sont additives et non saturables

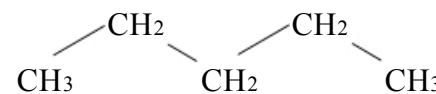
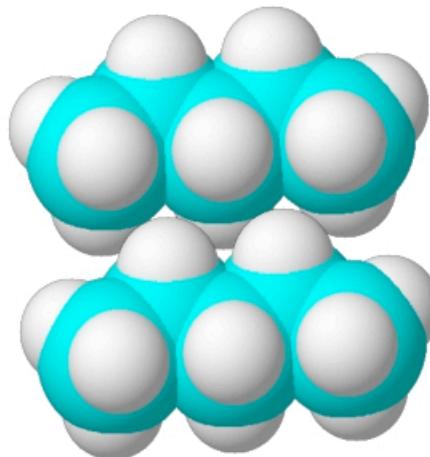




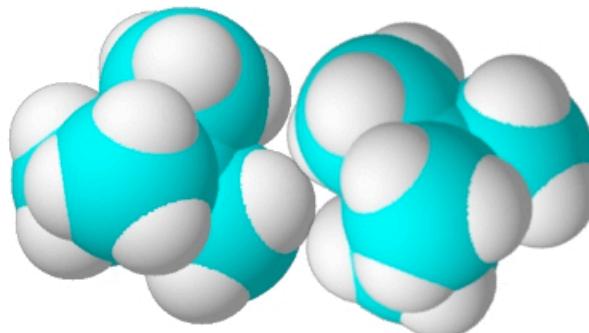
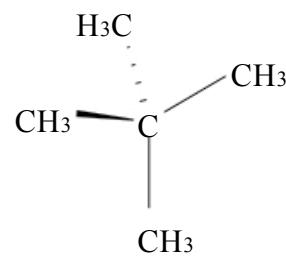
Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.4: Propriétés physiques des alcanes

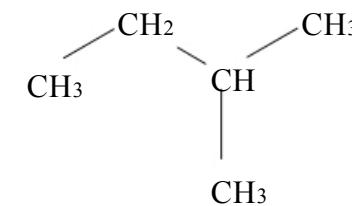
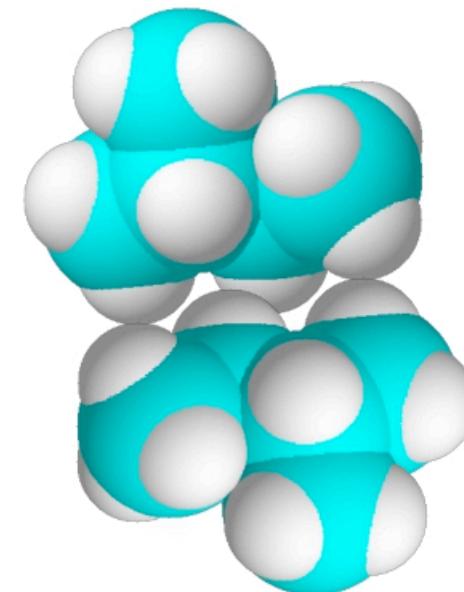
■ Des isomères de squelette ont des points d'ébullition différents



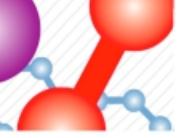
n-pentane: 36 °C



2,2-diméthylpropane: 9 °C



2-méthylbutane: 28 °C

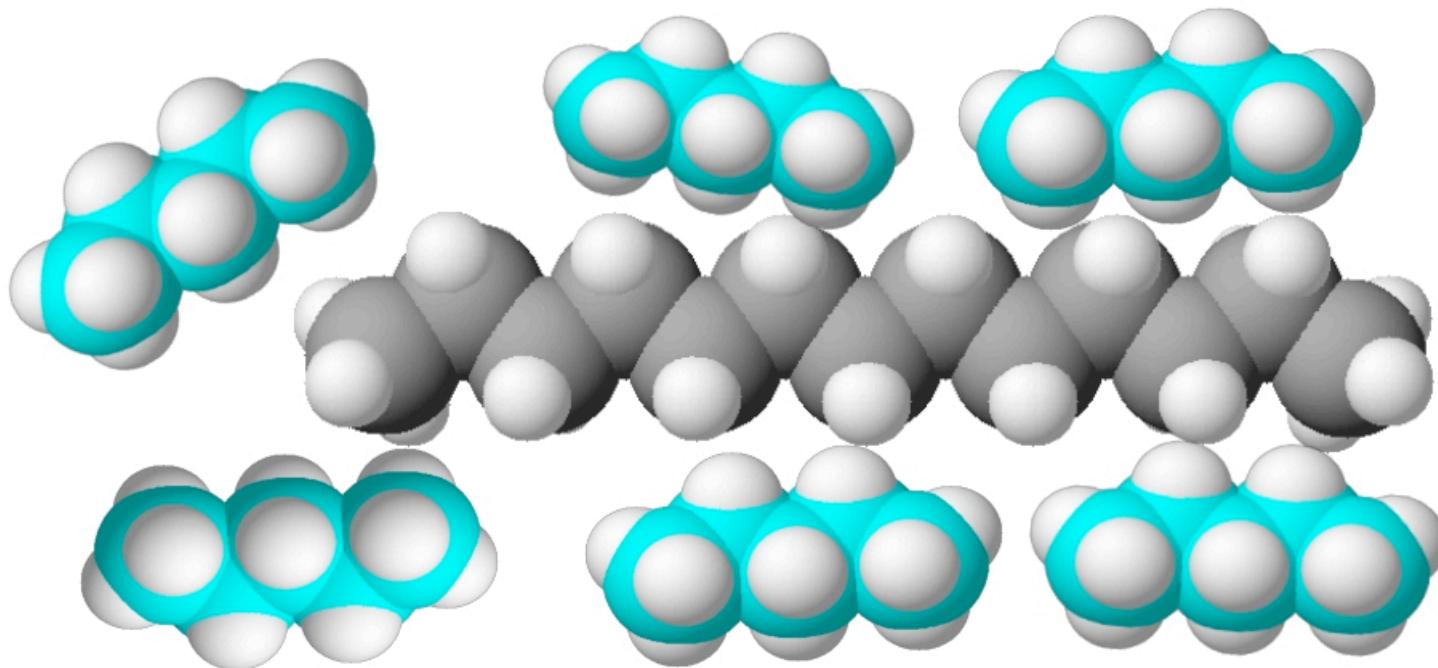


Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.4: Propriétés physiques des alcanes

■ Les alcanes seront solubles dans les solvants apolaires : association par des forces de Van der Waals

Le tridécane est soluble dans le pentane ($T^{\circ}eb = 36^{\circ}C$)





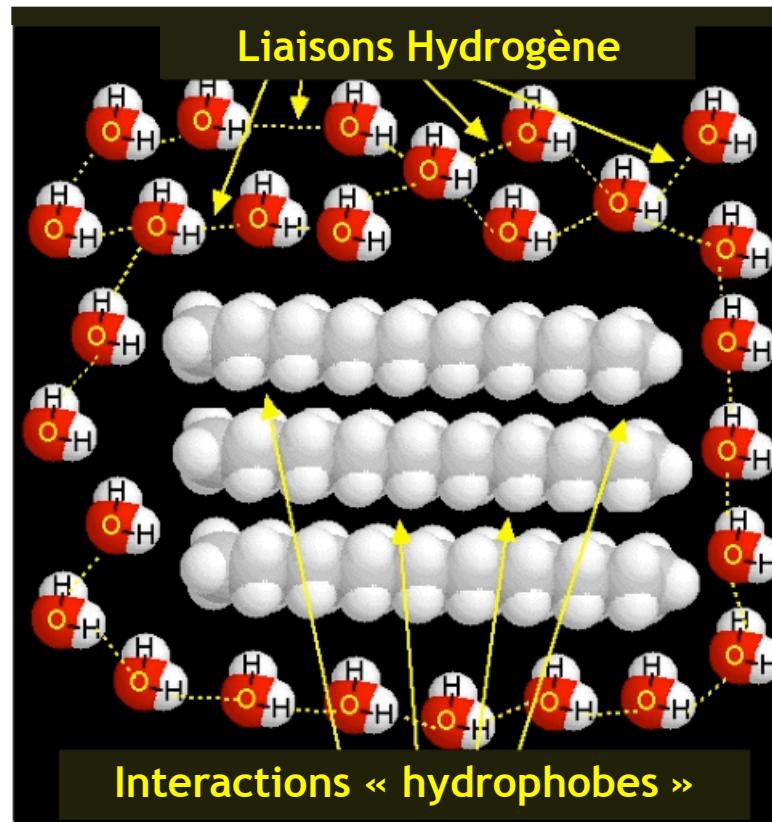
Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.4: Propriétés physiques des alcanes

Solubilité des alcanes dans l'eau

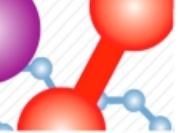
Les molécules d'eau s'associent les unes aux autres par des liaisons hydrogène fortes (~30-40 KJ), alors que les liens du type dipôle-dipôle induit entre molécules d'eau et d'alcane sont nettement plus faibles.

Densité plus faible pour les alcanes par rapport à l'eau

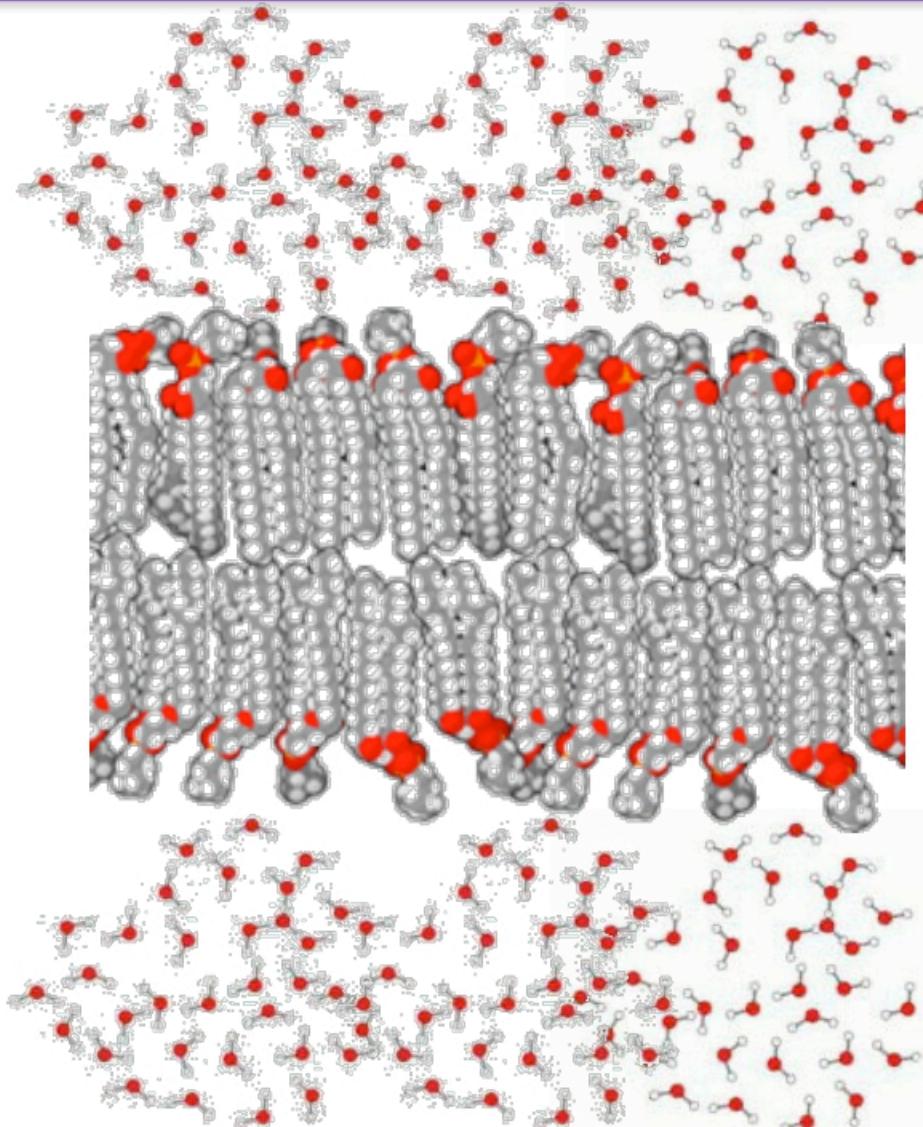
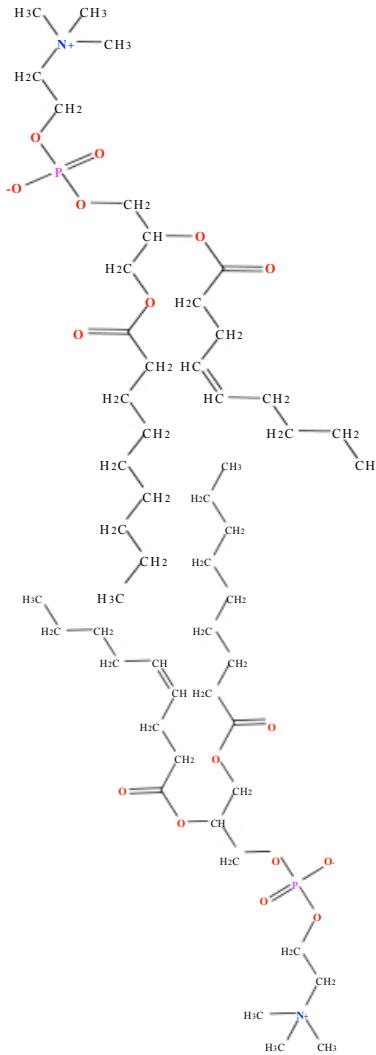


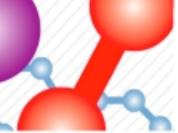
Le regroupement des molécules d'eau augmente le nombre de liaisons hydrogène et « expulse » la molécule d'alcane.

Partie 1.1: Les Alcanes



Partie 1.1.4: Propriétés physiques des alcanes



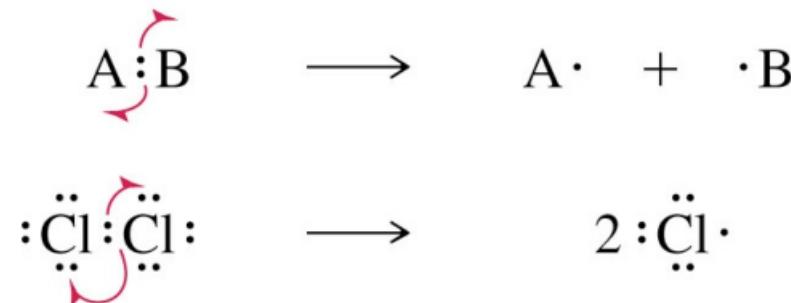


Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.5: Réactivité des alcanes

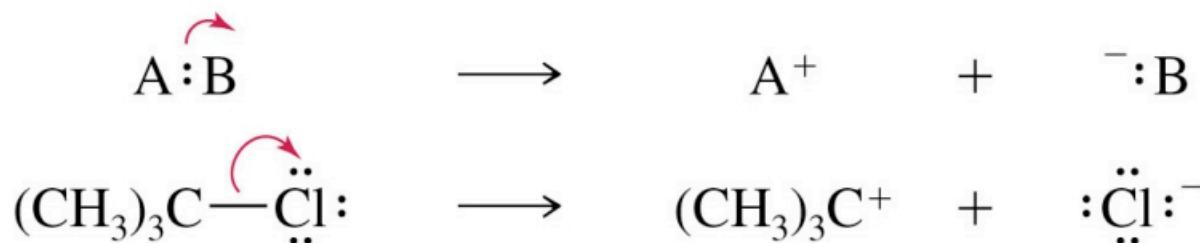
1. La coupure **homolytique**: les deux électrons qui constituaient la liaison se répartissent entre les deux atomes.

Chaque atome emporte l'un des électrons. Il se forme des **radicaux**. ③



2. La coupure **hétérolytique**: l'un des deux atomes conserve les deux électrons qui constituaient la liaison.

Il se forme deux **ions**: un cation et un anion.



③

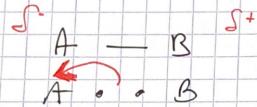
Couplage homolytique

A & B : δEN très proche.



Couplage hétérolytique

A & B, $\delta \neq$; $A_{\text{EN}} > B_{\text{EN}}$



\ominus



\oplus



Partie 1.1: Les Alcanes

Partie 1.1.5: Réactivité des alcanes

H 2.2	Faible différence d'électronégativité (0.3)						
Li 1.0	Be 1.6	B 1.8	C 2.5	N 3.0	O 3.4	F 4.0	
Na 0.9	Mg 1.3	Al 1.6	Si 1.9	P 2.2	S 2.6	Cl 3.2	
K 0.8						Br 3.0	
						I 2.7	

Énergies de dissociation élevées :

Liaison C—C : $\Delta H^\circ = 320 \text{ à } 360 \text{ kJ}$

Liaison C—H : $\Delta H^\circ = 380 \text{ à } 420 \text{ kJ}$

Liaison Cl—Cl : $\Delta H^\circ = 240 \text{ kJ}$

- ☞ Les alcanes sont peu réactifs
- ☞ Les réactions des alcanes se feront par des mécanismes radicalaires



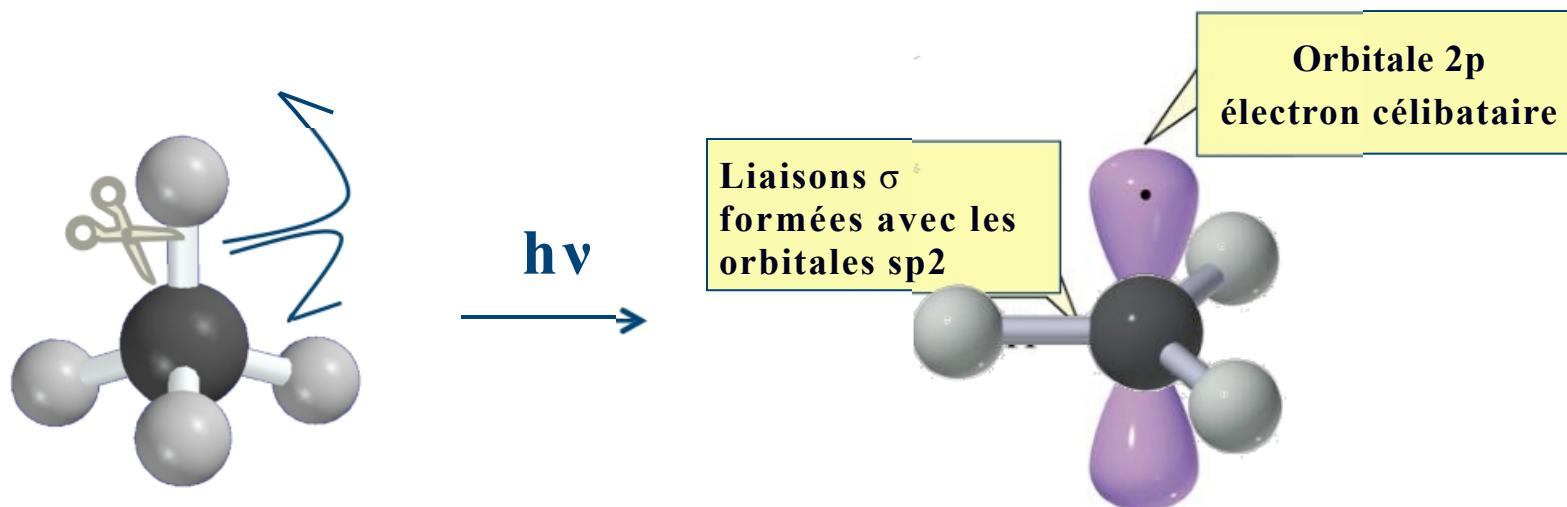


Partie 1.1: Les Alcanes

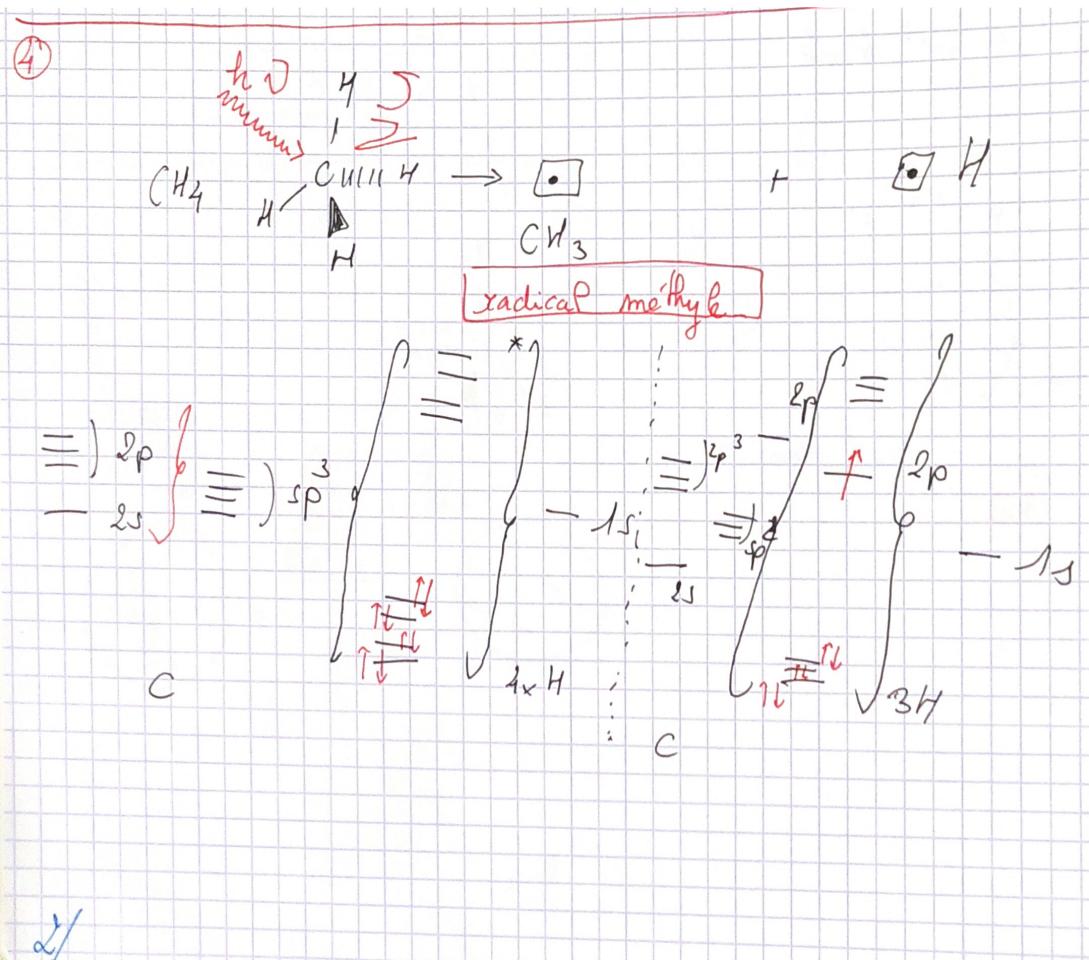
Partie 1.1.5: Réactivité des alcanes

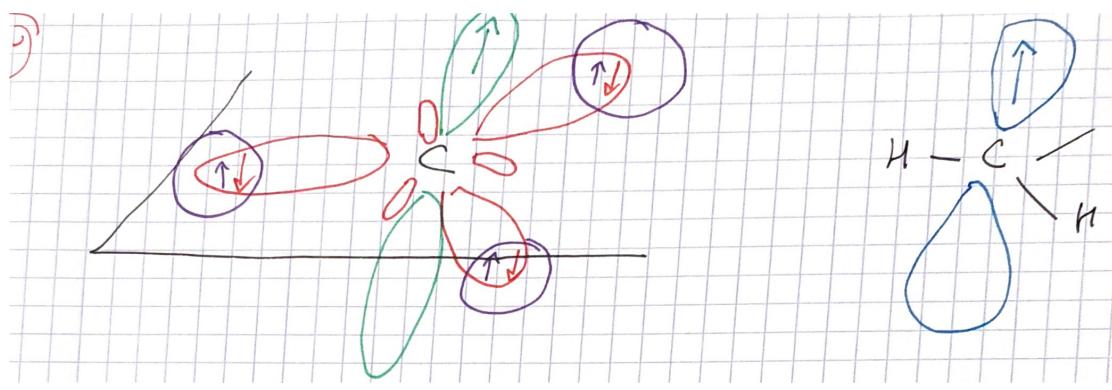
■ Le radical méthyle. ④

Un radical est une espèce chimique très instable, hautement réactive

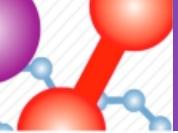


Demi-vie : 0.2 millisecondes à T° ambiante





Partie 1.1: Les Alcanes



Partie 1.1.5: Réactivité des alcanes

Métabolisme des alcanes

– Oxydation, en ω ou $\omega-1$

