



© 2000 Université de Liège
Section de Chimie
Groupe Transition
<http://www.ulg.ac.be/grptrans>

Conditions d'utilisation **des versions électroniques des modules de chimie**

Vous pouvez:

- consulter les versions électroniques sur un ou plusieurs ordinateurs
- imprimer un ou plusieurs modules pour une distribution en classe en mentionnant l'origine du didacticiel
- distribuer gratuitement un ou plusieurs fichiers PDF ou ZIP complets et sans modification à d'autres personnes

Vous ne pouvez pas:

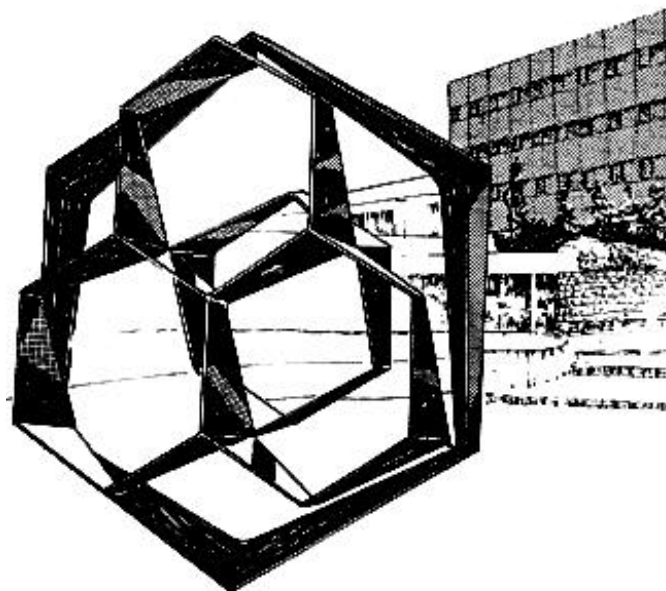
- modifier ou traduire un module
- enlever ou modifier les logos ou les copyrights
- recopier entièrement ou partiellement un module pour l'inclure dans un autre projet
- mettre à disposition les versions électroniques des modules sur un autre site internet
- inclure les fichiers ZIP ou PDF dans un projet commercial (p.ex. un CD-ROM d'un périodique) sans autorisation écrite préalable du Groupe Transition

Responsable administratif:
André Cornélis
Université de Liège
Institut de Chimie B6
Sart-Tilman
B 4000 Liège (Belgique)
Fax: +32-4-3664738
Email: Andre.Cornelis@ulg.ac.be

Université de Liège
Section de Chimie

Remédiation chimie :

**V. COLLIGNON
A. CORNÉLIS
R. CAHAY
G. KROONEN
B. LEYH
R. WUYTACK**



**REPRESENTATIONS
DES MOLECULES ORGANIQUES :
les hydrocarbures saturés**

Année académique 1999-2000

Dépôt légal : D/2000/0480/7

Ce module fait suite au module " L'organisation des molécules organiques : les fonctions" dont il constitue une amplification.

Son objectif est de développer davantage votre aptitude à passer d'un type de formule à un autre, tant au niveau de la lecture que de la traduction et de l'écriture.

L'introduction à la nomenclature des hydrocarbures saturés, y compris les hydrocarbures monocycliques, est importante du fait qu'il faut maîtriser la nomenclature des squelettes carbonés avant d'aborder celle des autres fonctions. En effet, ce squelette carboné constitue l'élément architectural de base de toutes les molécules organiques.

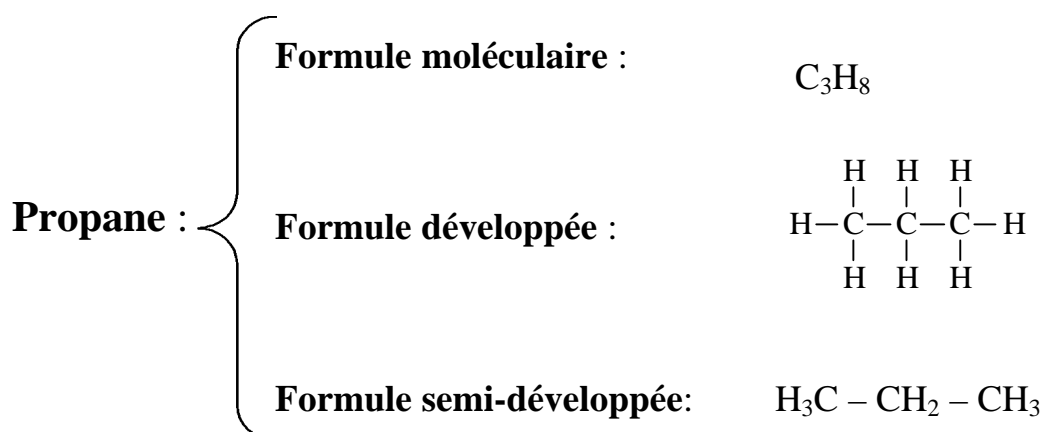
Ce module doit aussi vous aider à prendre conscience du fait que les molécules sont des objets tridimensionnels et qu'elles sont dotées d'une certaine flexibilité.

Pour faciliter l'assimilation de ces notions, des questions vous sont régulièrement posées. Inscrivez vos réponses dans les cases laissées vides à cet effet, ensuite confrontez-les aux réponses données à la page suivante.

LES FORMULES DES MOLECULES ORGANIQUES

Il existe différentes façons de représenter des molécules organiques au moyen de formules. Cette multiplicité de formules n'est pas gratuite; elle répond souvent à des besoins pratiques : deux formules différentes pour la même molécule peuvent apporter des informations différentes. Leur compréhension implique également un certain nombre de sous-entendus et de non dits qu'une connaissance approfondie du langage de la chimie rend évidents.

Prenons l'exemple de la molécule de propane. C_3H_8 en est la formule moléculaire. La formule développée fait apparaître toutes les liaisons tandis que la formule semi-développée ne représente pas les liaisons C – H de manière explicite.



Question 1

Pour les 3 molécules suivantes, écrivez la formule semi-développée:

<p>a)</p> <pre> H H H H H - C - C - C - C - H H H H H </pre>	<p>Réponse (a) :</p>
<p>b)</p> <pre> H H H H - C - C - C - H H C H / \ H H </pre> <p>ou</p> <pre> H H H H - C - C - C - H H H - C - H H </pre>	
<p>Réponse (b) :</p>	
<p>c)</p> <pre> H H H H - C - C - C - C - C - H H C H H H / \ H H </pre> <p>ou</p> <pre> H H H H H H H - C - C - C - C - C - C - H H H - C - H H H H </pre>	
<p>Réponse (c) :</p>	


Réponse 1

a)	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
b)	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $
c)	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $

Une simplification supplémentaire est souvent utilisée pour des molécules plus compliquées telles que les molécules cycliques. La molécule est dessinée sans faire apparaître les C et les H, seules les liaisons C – C sont dessinées de manière à représenter le squelette carboné.

C'est ainsi que, pour une même substance, on peut écrire différentes formules.

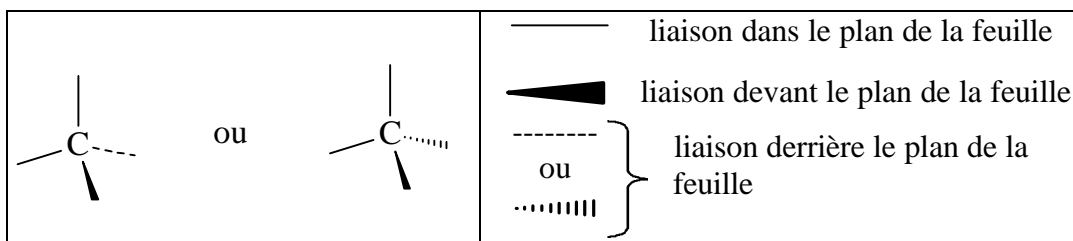
Illustrons par un exemple non cyclique, le butane :

<u>formule moléculaire</u>	C_4H_{10}
<u>formule développée</u>	$ \begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \\ & & & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{H} \\ & & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \end{array} $
<u>formule semi-développée</u>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
<u>formule simplifiée</u>	

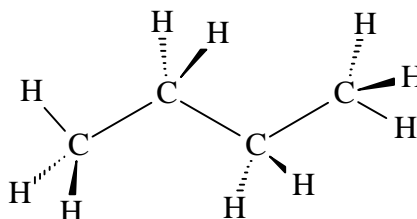
Dans l'exemple choisi, la formule simplifiée évoque un enchaînement en ligne brisée des liaisons C-C.

Nous allons apprendre à passer à ce dernier type de formule étape par étape.

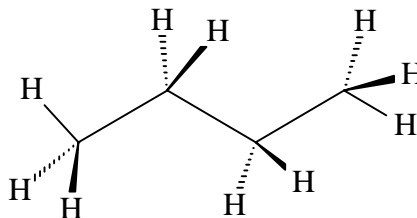
Lorsqu'un atome de carbone est uni à 4 autres atomes, ses 4 liaisons sont placées suivant la géométrie tétraédrique: chaque liaison pointe vers l'un des quatre sommets d'un tétraèdre dont l'atome de carbone constitue le centre. Les liaisons forment entre elles des angles de $109^{\circ}28'$. Cette géométrie est décrite en perspective dans la figure ci-dessous.



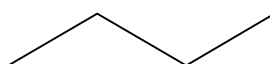
Prenons la formule développée du butane, chaque C est au centre d'un tétraèdre. Si on assemble ces 4 tétraèdres, on obtient une représentation perspective qui peut s'écrire:



Le squelette d'un hydrocarbure étant toujours constitué de carbone, il n'est pas indispensable de noter explicitement les symboles C.



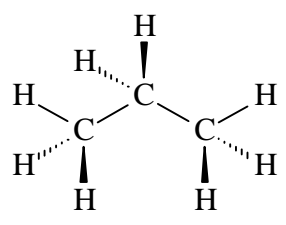
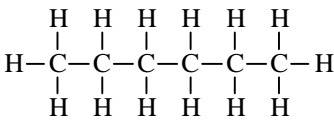
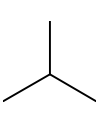
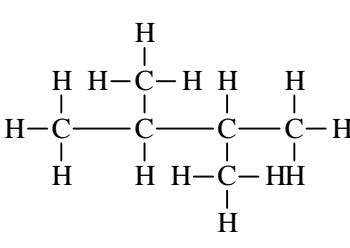
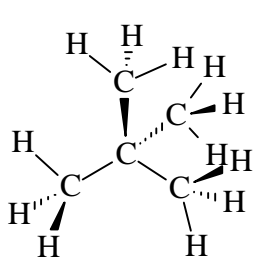
Dans un hydrocarbure, tout atome lié au C et qui n'est pas lui-même C est obligatoirement H. Chaque C est lié à un nombre de H fixé par le respect de sa tétravalence. Sur base de cette règle, on peut se passer d'écrire les H et les liaisons C – H. Ainsi, on obtient l'écriture simplifiée suivante :



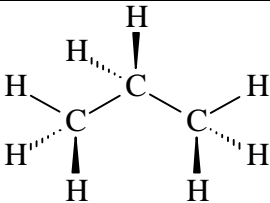
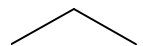
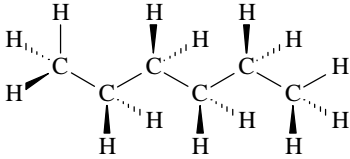
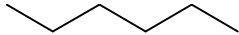
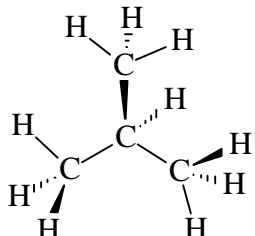
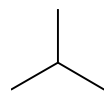
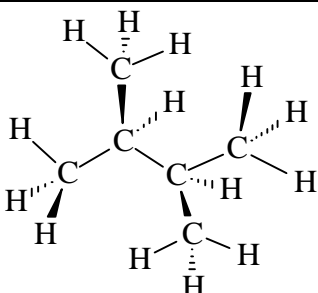
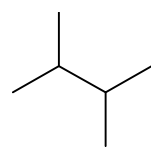
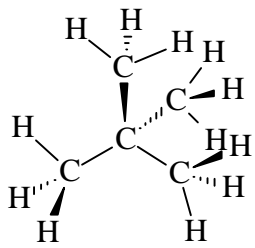
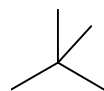
Cette écriture évoque l'enchaînement en ligne brisée des liaisons C-C. On voit immédiatement sa limitation: la molécule étant tridimensionnelle, la formule simplifiée n'en donne qu'une représentation plane, comme si elle projetait le squelette carboné sur la feuille.

Question 2

En suivant le même raisonnement, complétez le tableau ci-dessous.

Formule développée	Formule perspective	Formule simplifiée
a)		
b)		
		
c)		
d)		
		
e)		

Réponse 2

Formule développée	Formule perspective	Formule simplifiée
a) $ \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $		
b) $ \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $		
c) $ \begin{array}{c} & \text{H} & \\ & & \\ \text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $		
d) $ \begin{array}{c} & \text{H} & & & \text{H} & \\ & & & & & \\ \text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{H} & \text{H} & & \text{H} & \\ & & & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{H} & \text{H} & \text{H} & \\ & & & & & \\ & & \text{H} & & & \end{array} $		
e) $ \begin{array}{c} & \text{H} & & & \text{H} & \\ & & & & & \\ \text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{H} & \text{H} & & \text{H} & \\ & & & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{H} & \text{H} & \text{H} & \\ & & & & & \\ & & \text{H} & & & \end{array} $		

Question 3

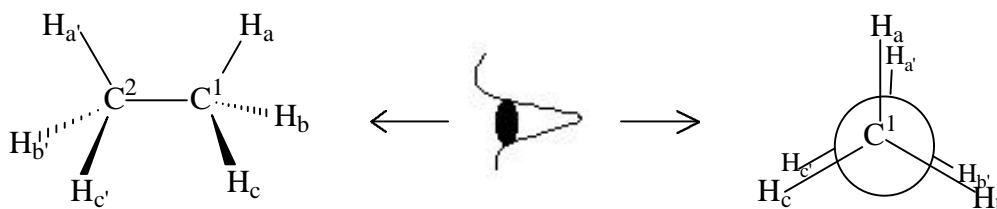
Pour l'exemple (d) ci-dessus, écrivez la formule semi-développée.

Formule développée	Formule semi-développée
$ \begin{array}{c} & \text{H} & & & \text{H} & \\ & & & & & \\ \text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{H} & \text{H} & & \text{H} & \\ & & & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{H} & \text{H} & \text{H} & \\ & & & & & \\ & & \text{H} & & & \end{array} $	

Réponse 3

Il n'y a pas de différence entre ces deux formules: ce sont des représentations figées et planes de la même molécule. Or cette molécule d'hydrocarbure saturé non cyclique est un objet tridimensionnel doté d'une certaine flexibilité due à la rotation autour de chaque liaison C – C. Celle-ci entraîne une fluctuation permanente de la géométrie de la molécule tout en conservant les angles de liaisons d'environ 109° autour de chaque C.

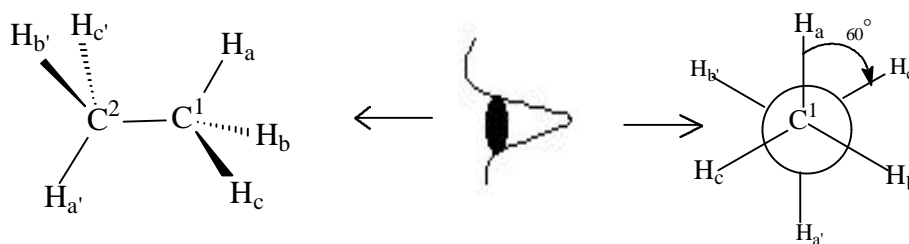
Illustrons par un exemple plus simple, la molécule d'éthane (C_2H_6 ou $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$). La rotation des 2 groupes – CH_3 autour de la liaison C – C fait passer la molécule d'éthane par une infinité de dispositions géométriques appelées conformations. Pour bien comprendre cette notion, il faut dessiner la molécule d'éthane en faisant apparaître la structure spatiale pour deux de ses conformations.

La conformation éclipsée :

La conformation éclipsée apparaît plus clairement lorsqu'on regarde la molécule dans l'axe $\text{C}^1 - \text{C}^2$ comme le montre le schéma de droite. Les 3 liaisons C – H de C^1 sont en face des 3 liaisons C – H de C^2 .

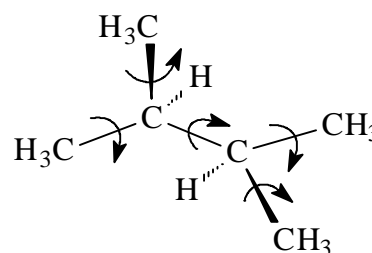
Une autre conformation remarquable est la conformation décalée où les projections des 3 liaisons C – H de C^2 sont décalées d'un angle de 60° par rapport aux liaisons C – H de la conformation éclipsée.

La conformation décalée :




Chaque rotation de 60° d'un groupe CH_3 par rapport à l'autre, fait passer la molécule d'une conformation à l'autre. A température ordinaire, la molécule est en rotation continue, passant alternativement par 3 conformations éclipsées et 3 conformations décalées à chaque tour. Ce phénomène de rotation existe autour de la plupart des liaisons C-C.

Lorsque nous écrivons les formules développées, semi-développées ou simplifiées d'hydrocarbures saturés non cycliques, n'oublions pas ce phénomène de rotation même s'il n'apparaît pas explicitement dans l'écriture.

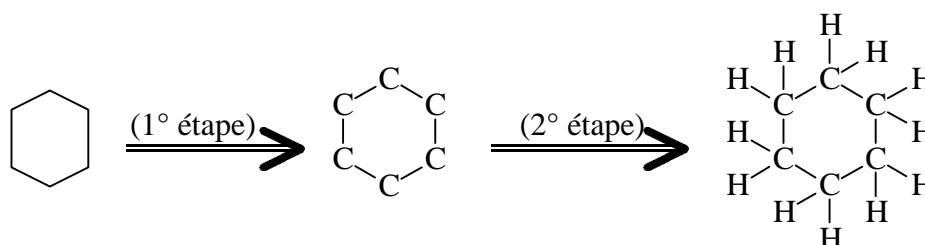


Passons aux molécules cycliques.

La formule simplifiée du cyclohexane est , interprétons sa signification.

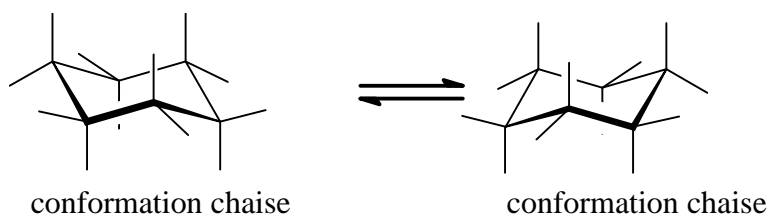
Dans une première étape, à chaque jonction de segments, plaçons un C.

Ensuite, dans la 2ème étape, ajoutons autant de liaisons C – H que requière la tétravalence du carbone.



Remarquons qu'à ce niveau, on représente une structure cyclique à 6 liaisons C – C par un hexagone c'est-à-dire un polygone régulier présentant le même nombre d'éléments. Mais ceci ne tient pas compte de la valeur réelle des angles des liaisons

d'environ 109° . Les formules perspectives de cette molécule nous montrent qu'elle n'est pas plane et que suite à sa flexibilité elle passe aisément d'une conformation dite chaise à une autre conformation chaise.



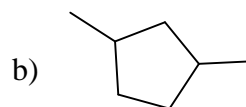
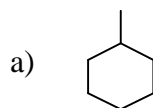
Dans la suite, nous utiliserons uniquement les formules simplifiées qui représentent une molécule cyclique par un polygone régulier. Ainsi, un hydrocarbure cyclique à 5 C sera représenté par un pentagone, un à 7 C par un heptagone etc...

Insistons : cette représentation simplifiée n'implique nullement que les angles C-C-C de la molécule d'hydrocarbure cyclique soient ceux du polygone régulier. Ainsi, dans le cyclohexane, ces angles sont de d'environ 109° , et non de 120° comme entre les côtés consécutifs d'un hexagone régulier.

Question 4

Pour les deux substances suivantes, donnez la formule simplifiée.

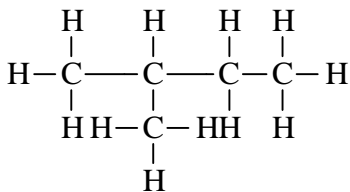
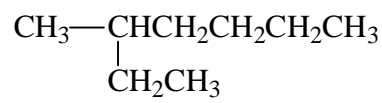
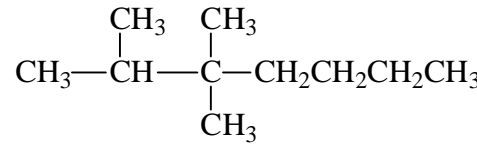
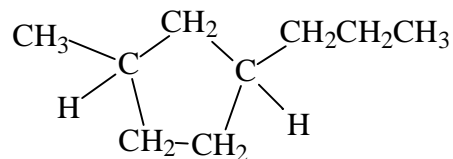
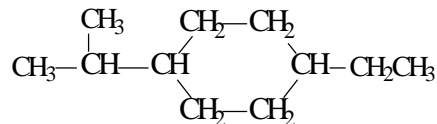
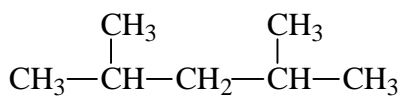
<p>a)</p>	<p>Réponse (a) :</p>
<p>b)</p>	<p>Réponse (b)</p>

Réponse 4

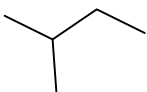
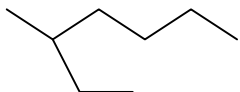
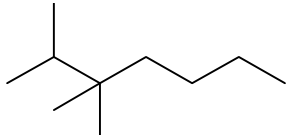
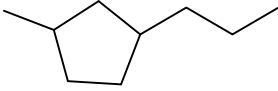
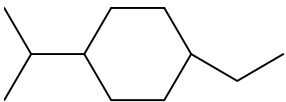
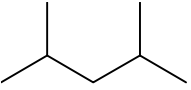
Il apparaît évident que cette façon simplifiée de dessiner les molécules organiques cycliques est rapide et claire. Remarquons que lorsqu'un segment dessiné présente une extrémité libre, celle-ci correspond à un groupe CH_3

Question 5

Donnez la formule simplifiée des molécules d'hydrocarbures saturés ci-dessous, en tenant compte que les chaînes carbonées non cycliques doivent être dessinées en zigzag et que les cycles doivent être représentés par des polygones réguliers.

<p>a) </p>	Réponse (a)
<p>b) </p>	Réponse (b)
<p>c) </p>	Réponse (c)
<p>d) </p>	Réponse (d)
<p>e) </p>	Réponse (e)
<p>f) </p>	Réponse (f)

Réponse 5

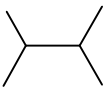
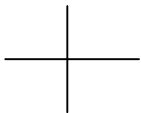
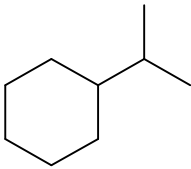
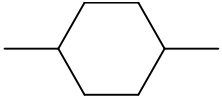
a) 	b) 
c) 	d) 
e) 	f) 

Plus la molécule est complexe, plus l'écriture simplifiée est avantageuse.

Il est important de se rappeler que les C et les H sont toujours présents; si on veut trouver la formule moléculaire et la masse molaire (M) ou la masse moléculaire relative (M_r) d'une substance en ayant sous les yeux sa formule simplifiée, il faut d'abord réintroduire tous les atomes de carbone et d'hydrogène.

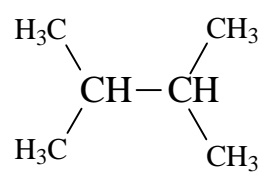
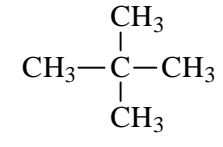
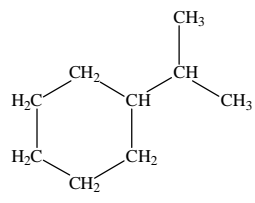
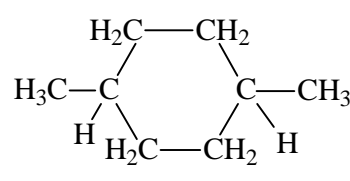
Question 6

Quelles sont la formule moléculaire et la masse molaire des substances suivantes?

a) 	b) 
c) 	d) 

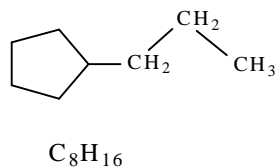
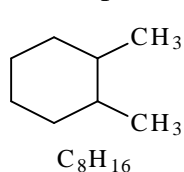
Réponse 6

L'idéal est de trouver directement la réponse sans passer par la formule semi-développée. Mais au début, il est prudent d'écrire tous les C et tous les H afin de ne pas en oublier.

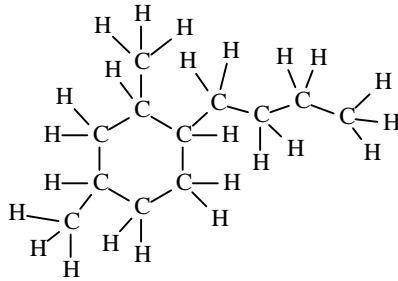
 <p>a) C_6H_{14} $M_r = 6 \cdot 12,01 + 14 \cdot 1,01 = 86,20$ $M = 86,20 \text{ g mol}^{-1}$</p>	 <p>b) C_5H_{12} $M_r = 5 \cdot 12,01 + 12 \cdot 1,01 = 72,17$ $M = 72,17 \text{ g mol}^{-1}$</p>
 <p>c) C_9H_{18} $M_r = 9 \cdot 12,01 + 18 \cdot 1,01 = 126,27$ $M = 126,27 \text{ g mol}^{-1}$</p>	 <p>d) C_8H_{16} $M_r = 8 \cdot 12,01 + 16 \cdot 1,01 = 112,24$ $M = 112,24 \text{ g mol}^{-1}$</p>

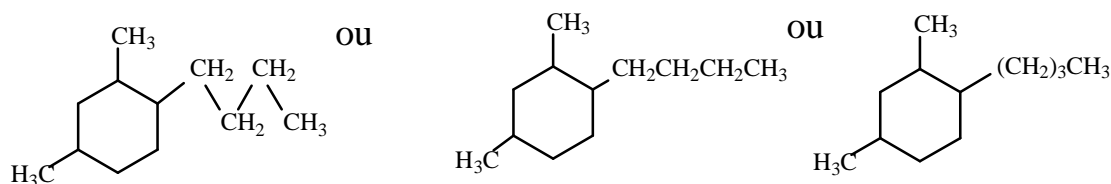
Pour toutes les substances qui ne contiennent que C et H, on remarque que la formule moléculaire possède toujours un nombre pair de H quel que soit le nombre de C. Dans cette situation, un nombre impair de H indique toujours une erreur.

Parfois, on utilise la formule simplifiée pour une partie de la molécule et la formule semi-développée pour l'autre partie. C'est le cas lorsque dans la même molécule il y a un ou plusieurs cycles et des chaînes carbonées comme pour les exemples :

**Question 7**

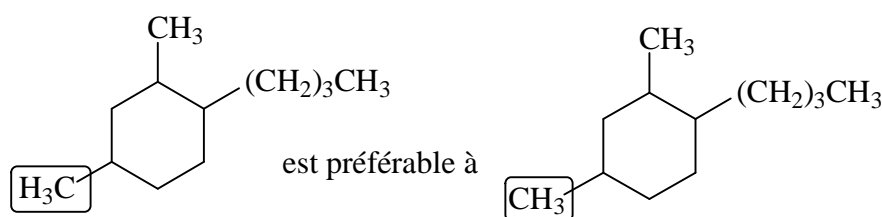
Par analogie avec les exemples ci-dessus, simplifiez la formule suivante

	<p>Réponse:</p>
---	-----------------

Réponse 7

Remarquez une première variante d'écriture; les tirets symbolisant les liaisons C–C n'ont pas été indiqués dans la partie semi-développée de la formule du milieu. Une deuxième variante d'écriture apparaît dans la formule de droite. Elle consiste à ne pas répéter le groupe CH₂, mais à l'écrire entre parenthèses et à le multiplier par le nombre de fois qu'il est présent dans cette partie de chaîne carbonée.

Remarquez également que le groupe méthyle (CH₃–) est écrit H₃C– pour insister sur le fait que c'est le carbone qui est directement lié au reste de la molécule (ici au cycle) et non l'hydrogène.

**En résumé**

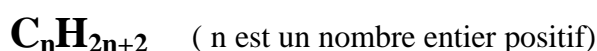
- ✓ Les molécules organiques sont souvent dessinées sans faire apparaître les liaisons C – H
- ✓ La formule simplifiée fait apparaître uniquement les liaisons C – C sans indiquer les C et en se rappelant qu'à chaque jonction il y a un atome de carbone.
- ✓ On retrouve le nombre de H en considérant que chaque C a toujours 4 liaisons.
- ✓ En écriture simplifiée, les molécules cycliques sont le plus souvent représentées par des polygones réguliers.
- ✓ Les chaînes carbonées liées à un cycle peuvent être représentées
 - en écriture simplifiée
 - en faisant apparaître chaque groupe d'atomes (..CH₂CH₂...CH₃) sans indiquer les liaisons
 - en ne répétant pas le groupe CH₂ mais en le plaçant entre parenthèses (CH₂)_n

NOMENCLATURE DES HYDROCARBURES SATURÉS

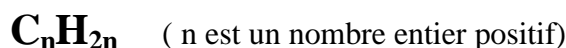
Les molécules des **hydrocarbures** sont des molécules qui contiennent uniquement du **carbone** et de l'**hydrogène**. Les **hydrocarbures** sont qualifiés de **saturés** lorsque dans leurs molécules il y a uniquement des liaisons simples.

Parmi les hydrocarbures saturés, on distingue :

- les **alcanes** dont la formule moléculaire répond à



- les **cycloalcanes** dont les molécules comportent un ou plusieurs cycles. Nous nous limiterons à l'étude des monocycles de formules moléculaires



Nomenclature des alcanes ayant une chaîne carbonée simple

Tous les noms des substances organiques sont basés sur la nomenclature des alcanes:

- le **préfixe informe sur le nombre de C** (ex. méth = 1C, éth = 2C, prop = 3C, ...)
- la terminaison **ane** indique qu'il s'agit d'un alcane.

Nom	Formule moléculaire	Formule semi-développée
méthane	CH ₄	CH ₄
éthane	C ₂ H ₆	H ₃ C CH ₃
propane	C ₃ H ₈	H ₃ C CH ₂ CH ₃
butane	C ₄ H ₁₀	H ₃ C CH ₂ CH ₂ CH ₃
pentane	C ₅ H ₁₂	H ₃ C CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
hexane	C ₆ H ₁₄	H ₃ C CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
heptane	C ₇ H ₁₆	H ₃ C CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
octane	C ₈ H ₁₈	H ₃ C CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
nonane	C ₉ H ₂₀	H ₃ C CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
décane	C ₁₀ H ₂₂	H ₃ C CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃

A titre indicatif, voici quelques autres noms :

C₁₁H₂₄ : undécane

C₂₀H₄₂ : eicosane

C₃₀H₆₂ : triacontane

C₈₀H₁₆₂ : octacontane

C₁₂H₂₆ : dodécane

C₂₁H₄₄ : heneicosane

C₄₀H₈₂ : tétracontane

C₉₀H₁₈₂ : nonacontane

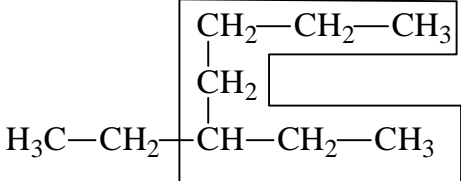
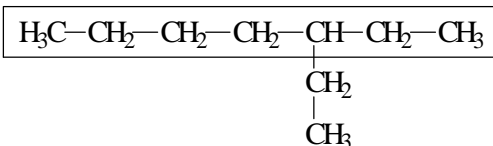
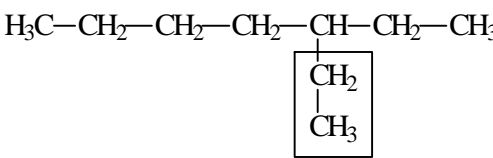
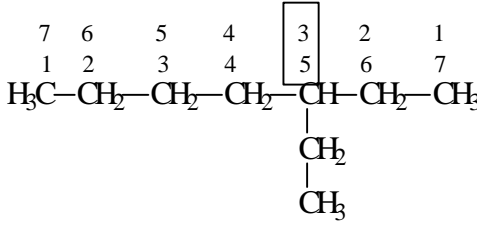
C₁₃H₂₈ : tridécanne

C₂₂H₄₆ : docosane

C₅₀H₁₀₂ : pentacontane

C₁₀₀H₂₀₂ : hectane

Nomenclature des alcanes ayant une chaîne carbonée ramifiée

<p>1. Il faut repérer la chaîne carbonée la plus longue, c'est la chaîne principale et il est commode de l'écrire horizontalement</p>	 <p>The diagram shows the chemical structure of 3-ethylheptane. The main chain, consisting of seven carbon atoms, is enclosed in a rectangular box. The structure is written as H₃C-CH₂-CH-CH₂-CH₂-CH₂-CH₃, with a CH₂-CH₂-CH₃ group attached to the third carbon of the boxed chain.</p>
<p>2. la chaîne principale porte le nom de l'alcane. Dans l'exemple, la chaîne principale se nomme heptane puisqu'elle contient 7 atomes de C.</p>	 <p>The diagram shows the chemical structure of 3-ethylheptane. The main chain, consisting of seven carbon atoms, is enclosed in a rectangular box. The structure is written as H₃C-CH₂-CH₂-CH₂-CH-CH₂-CH₃, with a CH₂-CH₃ group attached to the fifth carbon of the boxed chain.</p>
<p>3. Il faut repérer la (les) ramification(s) = groupe alkyle, dont le nom porte la terminaison yl [□] et précède le nom de la chaîne principale. Dans l'exemple, -CH₂-CH₃ (= -C₂H₅) se nomme éthyle Le nom de l'ensemble est éthylheptane</p>	 <p>The diagram shows the chemical structure of 3-ethylheptane. The ethyl group, -CH₂-CH₃, attached to the third carbon of the main chain, is enclosed in a rectangular box.</p>
<p>4. Il faut préciser quel C de la chaîne principale est lié au groupe alkyle. Pour ce faire, il faut numéroté la chaîne principale à partir d'une de ses extrémités de telle sorte que le numéro attribué au C porteur du substituant soit le plus petit possible. Pour l'exemple choisi, c'est 3. Dans le nom, le chiffre précède le nom alkyle, chiffre et lettre sont séparés par un tiret. Le nom complet de la molécule est 3-éthylheptane</p>	 <p>The diagram shows the chemical structure of 3-ethylheptane with the main chain numbered 1 to 7 from right to left. The ethyl group is attached to carbon 3. The numbering is indicated by numbers 1 through 7 above and below the chain.</p>

□ Le groupe alkyle a parfois la terminaison **yl** parfois **yle** !

C'est ainsi que l'on peut désigner le groupe CH₃ par méthyl ou méthyle.

Quand faut-il écrire méthyle ?

Il faut écrire méthyle :

- 1) si on désigne le groupe CH₃ en dehors d'un nom de composé.
- 2) s'il est utilisé à la fin d'un nom de composé, comme par exemple : éthanoate de méthyle.

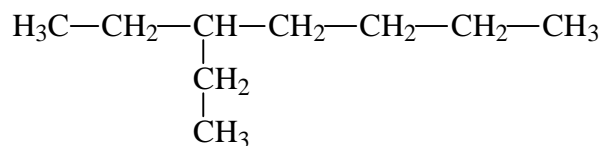
Quand faut-il écrire méthyl ?

Il faut écrire méthyl, lorsqu'il est utilisé en préfixe dans le nom d'un composé, comme par exemple : méthylbutane, 3-méthyl-4-propyloctane.

En anglais, ce problème ne se pose pas car seul *methyl* est utilisé.

Question 8

La molécule de 3-éthylheptane a pour formule semi-développée :



D'autres molécules peuvent avoir la même formule moléculaire C_9H_{20} .

Lors d'un test, des étudiants ont proposé les appellations suivantes:

- | | |
|-------------------|-------------------|
| a) 1-éthylheptane | d) 5-éthylheptane |
| b) 2-éthylheptane | e) 6-éthylheptane |
| c) 4-éthylheptane | f) 7-éthylheptane |

Dessinez les formules semi-développées des molécules auxquelles ils pensaient et critiquez les appellations qu'ils ont suggérées.

a)	d)
b)	e)
c)	f)

Réponse 8

<p>a) L'appellation 1-éthylheptane est fausse car elle ne respecte pas la règle de la chaîne la plus longue.</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Le nom correct est nonane et sa formule semi-développée est</p> $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	<p>d) L'appellation 5-éthylheptane est fausse car elle ne respecte pas la règle de la numérotation.</p> $\begin{array}{ccccccc} 7 & 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ & & & & \\ & & & & \text{CH}_2 \\ & & & & \\ & & & & \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Le nom correct est 3-éthylheptane</p>
<p>b) L'appellation 2-éthylheptane est fausse car elle ne respecte pas la règle de la chaîne la plus longue.</p> $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Le nom correct est 3-méthyloctane et sa formule semi-développée est</p> $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ $\quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \text{CH}_3$	<p>e) L'appellation 6-éthylheptane est fausse car elle ne respecte pas la règle de la chaîne la plus longue, c'est la même molécule que (b) avec une numérotation inversée.</p> $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Le nom correct est 3-méthyloctane et sa formule semi-développée est</p> $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ $\quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \text{CH}_3$
<p>c) L'appellation 4-éthylheptane est correcte et elle correspond à la molécule suivante.</p> $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<p>f) L'appellation 7-éthylheptane est fausse car elle ne respecte pas la règle de la chaîne la plus longue, c'est la même molécule que (a) avec une numérotation inversée.</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Le nom correct est nonane et sa formule semi-développée est</p> $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

Conclusion : Il n'existe que deux sortes de molécules d'éthylheptane qui diffèrent par la position du groupe éthyle:

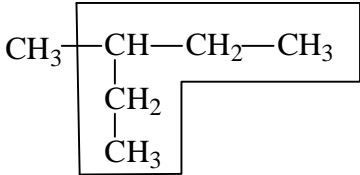
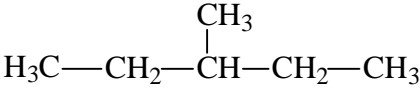
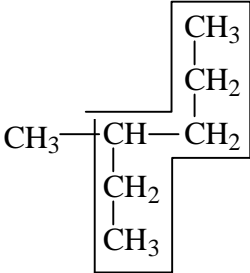
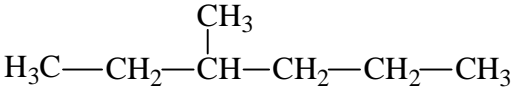
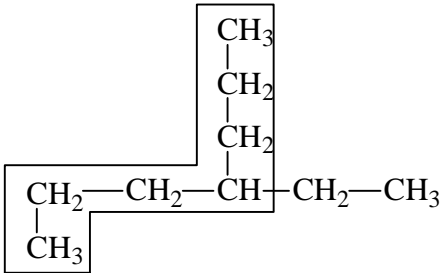
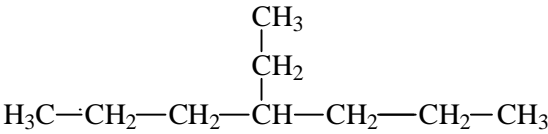
le 3-éthylheptane	le 4-éthylheptane
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Question 9

Représentez les molécules suivantes en écrivant la chaîne principale horizontalement, puis nommez-les.

$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	a)
$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	b)
$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	c)

Réponse 9

Questions	Réponses
	a)  3-méthylpentane
	b)  3-méthylhexane
	c)  4-éthylheptane

S'il y a plusieurs groupes alkyle reliés à la même chaîne principale, il faut :

- les citer par ordre alphabétique
- utiliser les préfixes di, tri ... s'il y a plusieurs fois le même groupe, mais ces préfixes n'interviennent pas dans l'établissement de l'ordre alphabétique.
- totaliser les chiffres de position, le sens correct de la numérotation est celui qui correspond au total le plus petit.
- faire précéder les préfixes di, tri, .. de tous les chiffres de position; ces chiffres étant séparés par une virgule et raccordés au reste du nom par un tiret. Exemples : 2,3 – diméthylbutane
2,2 – diméthylbutane.

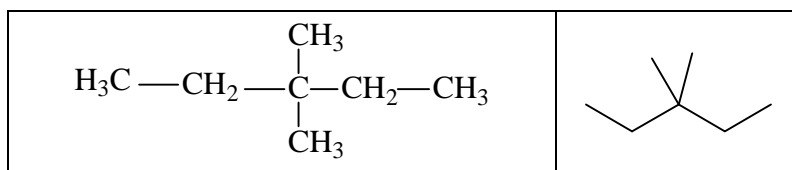
Question 10

Pour les 5 molécules suivantes, représentez la formule semi-développée et la formule simplifiée.

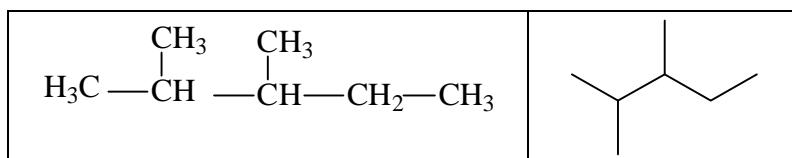
Nom	Formule semi-développée	Formule simplifiée
1) 3,3-diméthylpentane		
2) 2,3-diméthylpentane		
3) 3-éthylpentane		
4) 3-éthyl-2,2-diméthylhexane		
5) 2,2,3-triméthylpentane		

Réponse 10

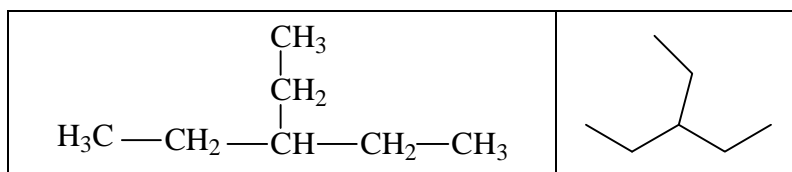
- 1) 3,3-diméthylpentane signifie qu'il y a deux groupes méthyle ($-\text{CH}_3$) liés au 3^{ème} carbone de la chaîne pentane.



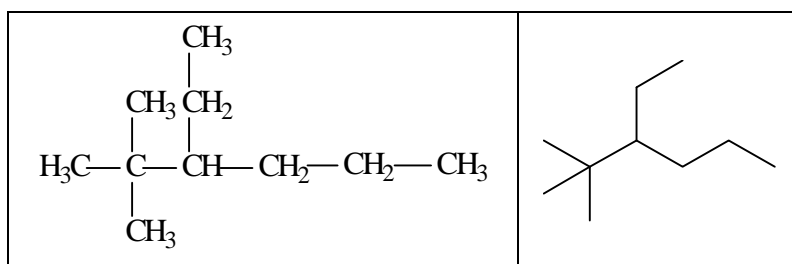
- 2) 2,3-diméthylpentane signifie qu'il y a deux groupes méthyle ($-\text{CH}_3$), un est lié au 2^{ème} carbone et l'autre est lié au 3^{ème} carbone de la chaîne pentane.



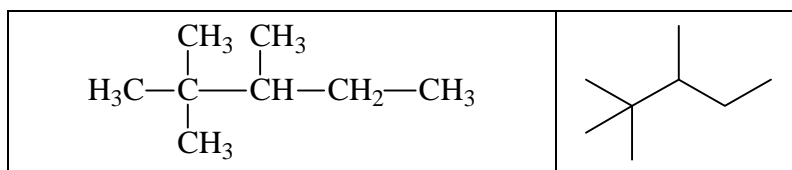
- 3) 3-éthylpentane signifie qu'il y a un groupe éthyle ($-\text{C}_2\text{H}_5$) lié au 3^{ème} carbone de la chaîne pentane.



- 4) 3-éthyl-2,2-diméthylhexane signifie qu'il y a un groupe éthyle ($-\text{C}_2\text{H}_5$) lié au 3^{ème} carbone et deux groupes méthyle ($-\text{CH}_3$) liés au 2^{ème} carbone de la chaîne hexane.



- 5) 2,2,3-triméthylpentane signifie qu'il y a 3 groupes méthyle ($-\text{CH}_3$), deux sont liés au 2^{ème} carbone et un est lié au 3^{ème} carbone de la chaîne pentane.



Pour que chaque molécule d'alcane porte un nom unique et sans équivoque, il faut scrupuleusement appliquer les règles de nomenclature suivantes :

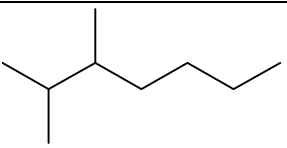
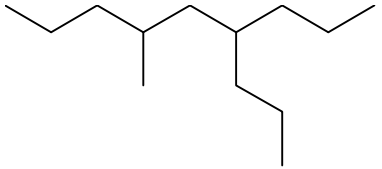
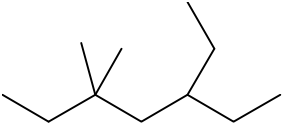
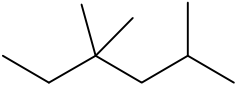
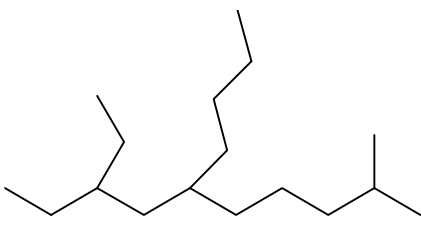
Résumé des règles de nomenclature des alcanes:

1. La chaîne principale est la chaîne la plus **longue** et porte le suffixe **ane**.

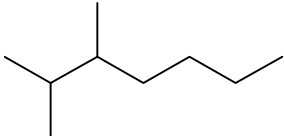
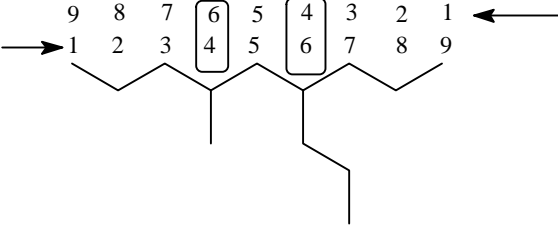
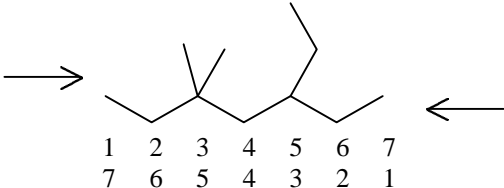
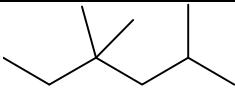
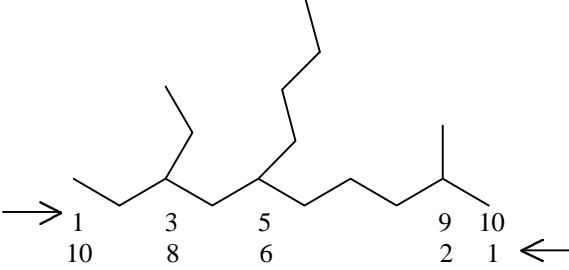
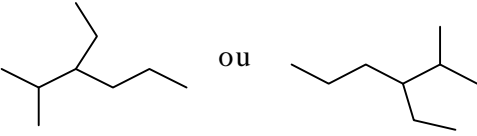
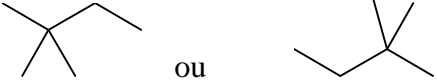
2. Les chaînes latérales sont les groupes alkyle; qui s'écrivent en préfixe, par ordre alphabétique, et qui portent le suffixe **yl** (méthyl, éthyl, propyl, butyl, pentyl ...).
 S'il y a plusieurs fois le même groupement alkyle, son nom est précédé du préfixe **di, tri, tétra** ... dont on ne tient pas compte dans l'ordre alphabétique.

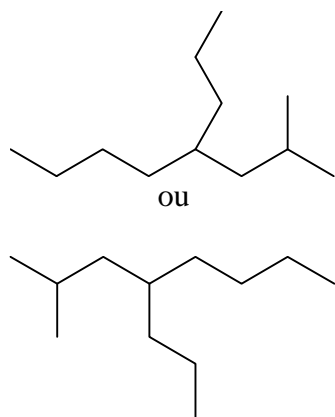
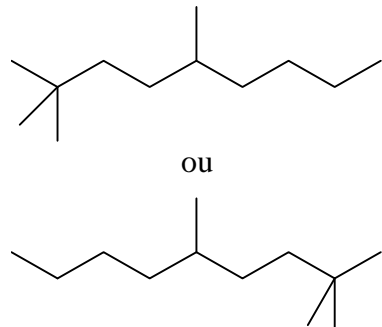
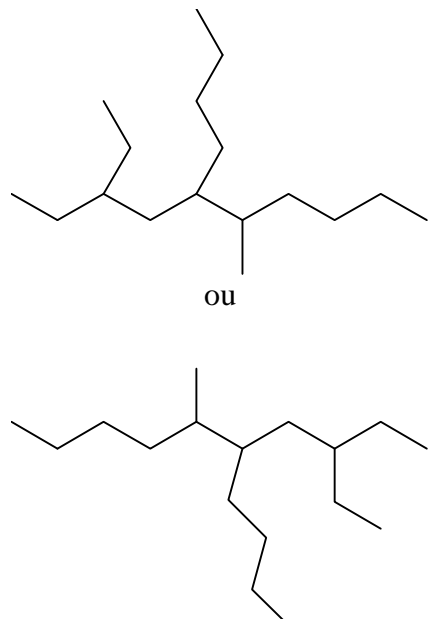
3. La numérotation de la chaîne principale se fait dans le sens qui aboutit à **la plus petite somme des indices de position**.
 Les chiffres **précèdent** les noms des groupements alkyle auxquels ils se rapportent.
 Les chiffres sont séparés des lettres par **un tiret** et entre eux par une **virgule**.

Question 11*Complétez le tableau suivant*

NOM	FORMULE SIMPLIFIEE
	
	
	
	
	
3-éthyl-2-méthylhexane	
2,2-diméthylbutane	
2-méthyl-4-propyloctane	
2,2,5-triméthylnonane	
5-butyl-3-éthyl-6-méthyldécane	

Réponse 11


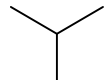
NOM	FORMULE SIMPLIFIEE
2,3-diméthylheptane	
<p>Quel nom faut-il choisir, 4-méthyl-6-propylnonane ou 6-méthyl-4-propylnonane ?</p> <p>Dans les deux cas, la somme vaut $6 + 4 = 10$ or il ne faut qu'un nom.</p> <p>Une règle est prévue dans cette situation, c'est le premier alkyle cité qui a le plus petit indice de position.</p> <p>→ le nom est 4-méthyl-6-propylnonane</p>	
<p>Quel nom faut-il choisir, 3-éthyl-5,5-méthylheptane ou 5-éthyl-3,3-méthylheptane ?</p> <p>Le nom correct est 5-éthyl-3,3-méthylheptane car la somme des indices de position est la plus petite.</p> <p>En effet, $5 + 3 + 3 = 11$ est inférieur à $3 + 5 + 5 = 13$</p>	
2,4,4-triméthylhexane	
<p>6-butyl-8-éthyl-2-méthyldécane (car $6 + 8 + 2 = 16 < 5 + 3 + 9 = 17$)</p>	
3-éthyl-2-méthylhexane	
2,2-diméthylbutane	

<p>2-méthyl-4-propyloctane</p>	 <p>ou</p>
<p>2,2,5-triméthylnonane</p>	 <p>ou</p>
<p>5-butyl-3-éthyl-6-méthyldécane</p>	 <p>ou</p>

Les isomères sont des molécules qui ont la même formule moléculaire mais des formules développées différentes.

De ce fait, ce sont des molécules différentes, qui portent des noms différents et qui possèdent des propriétés physiques et chimiques différentes.

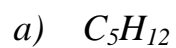
Exemple : à la formule moléculaire C_4H_{10} correspondent 2 substances :

le butane	
le méthylpropane	

Il s'agit d'isomères de constitution. Dans ce cas on parle **d'isomérisme de squelette carboné** car ces 2 molécules diffèrent par leur chaîne carbonée.

Question 12

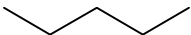
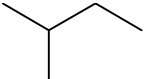

Trouvez la formule simplifiée et le nom de tous les isomères de squelette carboné de:



a)	b)
a)	b)
a)	b)
a)	b)
a)	b)

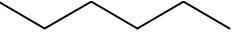
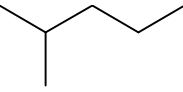
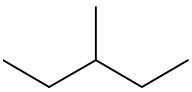
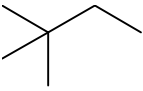
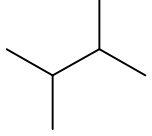
Réponse 12

Les 3 isomères de squelette carboné de C_5H_{12} sont

le pentane 	le méthylbutane 
le diméthylpropane 	

Lorsqu'il n'y a qu'une seule position possible pour le groupe alkyle, il n'est pas nécessaire de la préciser.

Les 5 isomères de squelette carboné de C_6H_{14} sont

l'hexane 	
le 2-méthylpentane 	le 3-méthylpentane 
le 2,2-diméthylbutane 	le 2,3-diméthylbutane 

Avez-vous vérifié que chaque carbone possède 4 liaisons ?

Avez-vous pensé à écrire la chaîne principale la plus longue et horizontalement ?



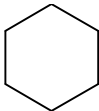
Dans ce cas vous aurez remarqué

- qu'il n'existe pas d'éthylpropane, c'est en réalité le méthylbutane.
- qu'il n'existe pas d'éthylbutane, c'est en réalité le 3-méthylpentane
- que les carbones des extrémités de la chaîne principale ne portent jamais de groupe alkyle; le 1-méthylpentane n'existe pas, c'est en réalité de l'hexane.

Nomenclature des cycloalcanes

Les noms des hydrocarbures monocycliques saturés sont formés en faisant précéder du préfixe **cyclo** le nom de l'hydrocarbure acyclique non ramifié saturé comportant le même nombre d'atomes de carbone.

Exemples :

Formule simplifiée :			
Nom :	cyclobutane	cyclopentane	cyclohexane
Formule moléculaire:	C ₄ H ₈	C ₅ H ₁₀	C ₆ H ₁₂

Lorsque des groupes alkyle sont liés au cycle, on applique les mêmes règles de nomenclature que pour les alcanes ramifiés :

- les groupes alkyle se placent en préfixe, par ordre alphabétique et portent le suffixe **yl** (méthyl, éthyl, propyl, butyl ...).

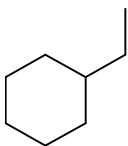
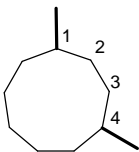
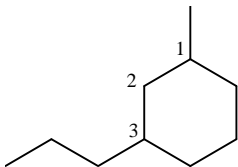
S'il y a plusieurs fois le même groupe alkyle, il est précédé du préfixe

di, tri, tétra ... dont on ne tient pas compte dans l'ordre alphabétique.

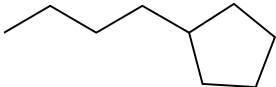
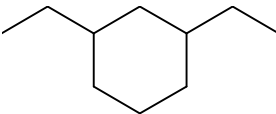
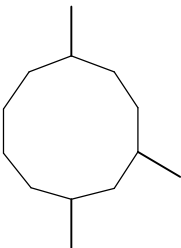
- La numérotation du cycle se fait dans le sens qui aboutit **aux plus petits indices de position**. Lorsque deux numérotations sont identiques, c'est au premier groupe alkyle cité dans le nom que l'on attribue l'indice le plus petit.

Les chiffres **précèdent** les noms des groupes alkyle auxquels ils se rapportent.

Exemples :

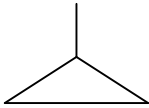
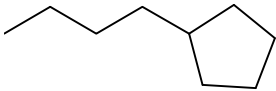
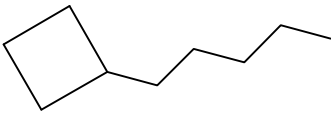
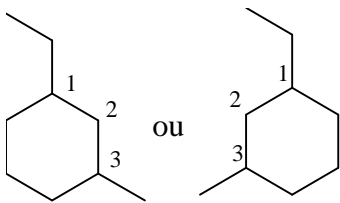
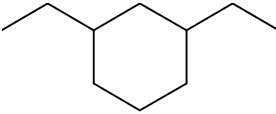
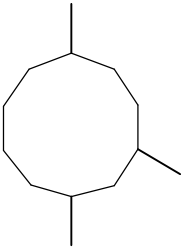
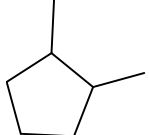
	éthylcyclohexane
	1,4-diméthylcyclononane
	1-méthyl-3-propylcyclohexane

Question 13*Complétez le tableau suivant*

NOM	FORMULE SIMPLIFIEE	FORMULE MOLECULAIRE
méthylcyclopropane		
		
pentylcyclobutane		
1-éthyl-3-méthylcyclohexane		
		
		
1,2-diméthylpentane		

Réponse 13

Complétez le tableau suivant

NOM	FORMULE SIMPLIFIEE	FORMULE MOLECULAIRE
méthylcyclopropane		C_4H_8
butylcyclopentane		C_9H_{18}
pentylcyclobutane		C_9H_{18}
1-éthyl-3-méthylcyclohexane		C_9H_{18}
1,3-diéthylcyclohexane		$C_{10}H_{20}$
1,4,6-triméthylcyclodécane		$C_{13}H_{26}$
1,2-diméthylcyclopentane		C_7H_{14}

Toutes les formules moléculaires des cyclanes à monocycle vérifient donc bien la formules C_nH_{2n} où n est un nombre entier.

Conclusions

Ce module, consacré aux hydrocarbures saturés, vous a appris à maîtriser les règles de la nomenclature et les différents niveaux d'écriture des formules des alcanes et des cycloalcanes monocycliques.

Désormais, vous savez qu'une molécule d'hydrocarbure saturé possède un nom officiel précis et sans équivoque. Mais, suivant le contexte, on peut écrire sa formule moléculaire, sa formule perspective, sa formule développée, sa formule semi-développée ou sa formule simplifiée; en connaissant les avantages et les limites de chaque mode d'écriture.

De plus, vous ne perdrez jamais de vue, qu'une molécule est un objet tridimensionnel doté d'une flexibilité, alors que votre formule la représente figée dans le plan.

Pour atteindre les objectifs fixés dans ce module, il faut beaucoup s'entraîner au niveau des différents mode d'écriture. En cas de difficultés persistantes, il est conseillé d'utiliser des modèles moléculaires en plastique afin de visualiser les molécules dans l'espace.

Ce module est un pré-requis essentiel avant d'aborder la nomenclature, la structure et la réactivité des fonctions organiques.