

A dramatic landscape featuring a mountain range under a dark, cloudy sky. A bright light source, possibly the sun or moon, is positioned behind the mountains, creating a strong lens flare and illuminating the scene with a warm, golden glow. The foreground shows a textured, brownish ground, possibly a field or a path. The overall atmosphere is mysterious and powerful.

# Chapitre 10

## Aspects énergétiques de la transformation de la matière

# Transformations physiques

# Fly Geyser, Nevada - États-Unis



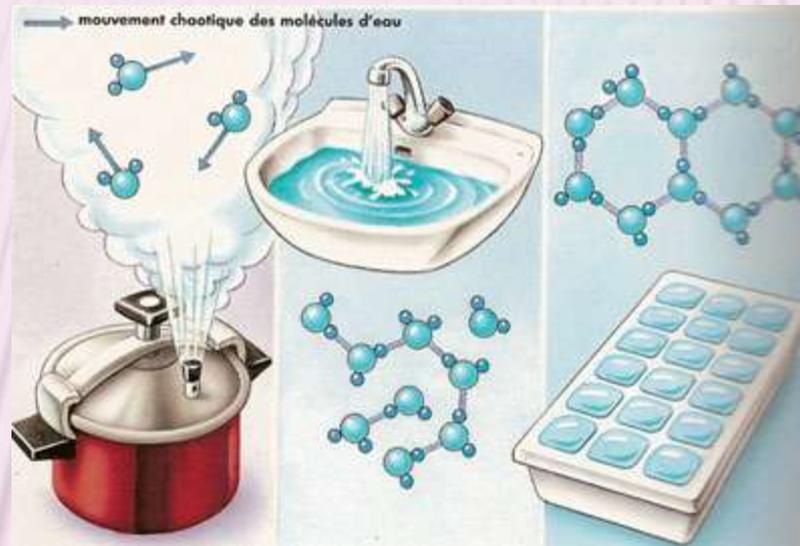
<http://desirdevasion.wordpress.com/voyages/fly-geyser-nevada/>

# Les trois états physiques



# Les trois états physiques

Il en existe trois : solide, liquide, gaz présentant chacun des caractéristiques différentes.



L'ordre de chaque état diminue quand l'évolution se fait dans le sens solide → liquide → gaz.

# Les effets d'un transfert thermique



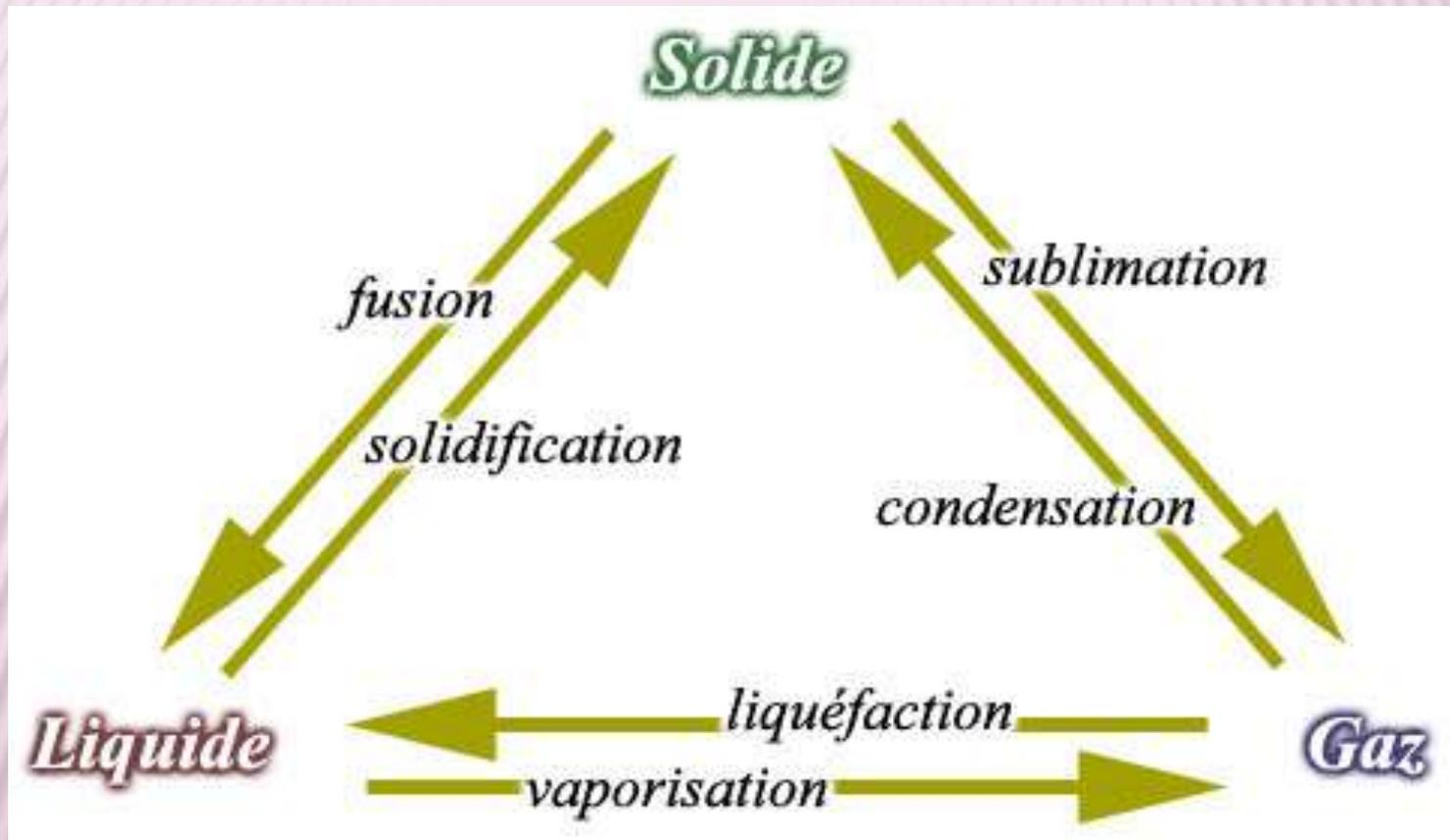
# Les effets d'un transfert thermique

**Un transfert thermique entre un milieu extérieur et un corps peut se manifester de deux façons selon la température de départ :**

- un changement d'état du corps à température constante ;**
- une augmentation ou une diminution de la température du corps.**

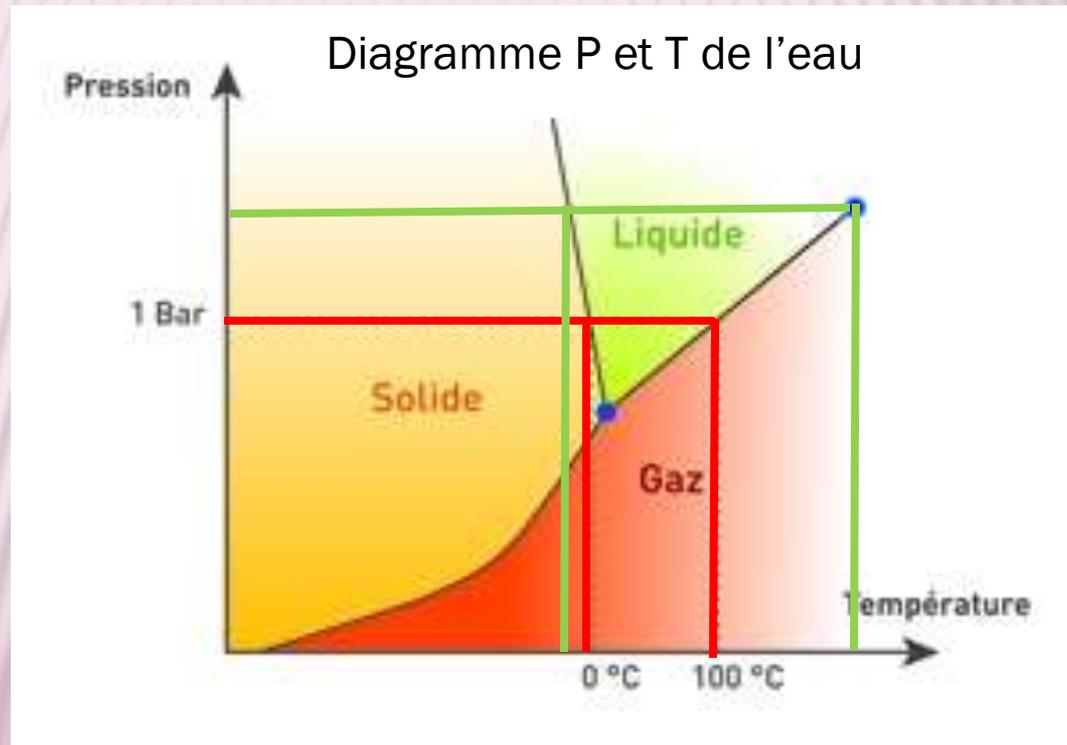
Sans changer d'état, si le corps cède de l'énergie, sa température diminue. Au contraire, s'il capte de l'énergie, sa température augmente.

# Les différents changements d'état



# Les différents changements d'état

La température de changement d'état d'un corps est caractéristique de ce corps sous une pression donnée.



# Les différents changements d'état

**La température de changement d'état d'un corps est caractéristique de ce corps sous une pression donnée.**

**Activité 1** : capter ou céder de l'énergie

- 1) Pour passer d'un état plus ordonné vers un état moins ordonné (solide  $\rightarrow$  liquide par exemple), une espèce chimique doit-elle capter ou céder de l'énergie ?
- 2) Pour passer d'un état moins ordonné vers un état plus ordonné (liquide  $\rightarrow$  solide par exemple), une espèce chimique doit-elle capter ou céder de l'énergie ?
- 3) Qui fournit de l'énergie ou qui le reçoit ?



# Les différents changements d'état

**La température de changement d'état d'un corps est caractéristique de ce corps sous une pression donnée.**

**Activité 1** : correction

- 1) Pour passer d'un état plus ordonné vers un état moins ordonné, une espèce chimique doit capter de l'énergie.
- 2) Pour passer d'un état moins ordonné vers un état plus ordonné, une espèce chimique doit céder de l'énergie.
- 3) C'est le milieu extérieur qui reçoit ou fournit de l'énergie au corps ou système qui en cède ou qui en reçoit.



# Les différents changements d'état

## Conclusion

Pour passer d'un état plus ordonné vers un état moins ordonné (solide  $\rightarrow$  liquide par ex), le milieu extérieur fournit de l'énergie au corps pour rompre les interactions intermoléculaires attractives. Au contraire, le passage inverse libère de l'énergie vers le milieu extérieur.



# Énergie de changement d'état

Prenons l'exemple de la fusion :

À 0°C (température de fusion de la glace) et sous la pression atmosphérique, il faut fournir à un kg d'eau sous forme solide une énergie valant  $3,33 \cdot 10^5$  J pour obtenir un litre d'eau liquide à la même température.

**Cette énergie fournie par unité de masse pour changer un corps d'état physique s'appelle l'énergie massique de changement d'état ou chaleur latente de changement d'état et s'exprime en  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$  ou  $\text{J} \cdot \text{g}^{-1}$ . Notation :  $\Delta E_{\text{changement}}$  ou L**

# Énergie de changement d'état

Pour une masse  $m$  quelconque, l'énergie transférée aura pour expression :

$$\Delta E = m \times \Delta E_{\text{changement}}$$

$$\text{J} \quad \text{kg} \quad \text{J.kg}^{-1}$$

$$\text{J} \quad \text{g} \quad \text{J.g}^{-1}$$

L'unité pour exprimer  $m$  s'adapte à celle donnée de  $\Delta E_{\text{changement}}$ .

# Du congélateur au verre de soda

**Activité 2** : un glaçon quitte le congélateur à la température de  $-18^{\circ}\text{C}$  pour finir fondu dans un verre de soda à  $20^{\circ}\text{C}$ . Précisez les transferts thermiques subis par la quantité d'eau congelée de la glace à sa fin dans le soda et l'évolution de la température.

## **Cocktail Arc en Ciel aux sirops de grenadine et d'orgeat**

2 cl de Sirop de Grenadine

1/2 Sirop d'orgeat

5 cl de Nectar de Banane

10 cl de Jus de Fruit Exotique

Glaçon

**Disposez des glaçons dans un verre à taille haute : Versez le nectar de banane puis le jus de fruit exotique. Remuez le mélange et ajoutez le sirop d'orgeat. Terminez avec le sirop de grenadine.**



# Du congélateur au verre de soda

## Activité 2 : correction

La glace ne changera pas d'état avant la  $t^{\circ}$  de fusion.

♥ le premier apport d'énergie sert à faire passer la glace de  $-18^{\circ}\text{C}$  à  $0^{\circ}\text{C}$ .

♥ à  $0^{\circ}\text{C}$ , la glace commence à fondre et la température tout au long de cette fusion reste constante, cela signifie que toute l'énergie sert uniquement au changement d'état.

♥ quand toute la glace est devenue de l'eau à  $0^{\circ}\text{C}$ , l'énergie qu'elle reçoit sert à augmenter sa température jusqu'à celle du milieu Extérieur jusqu'à la température d'équilibre thermique.



# Du congélateur au verre de soda

## Activité 2 : correction

### *Remarque :*

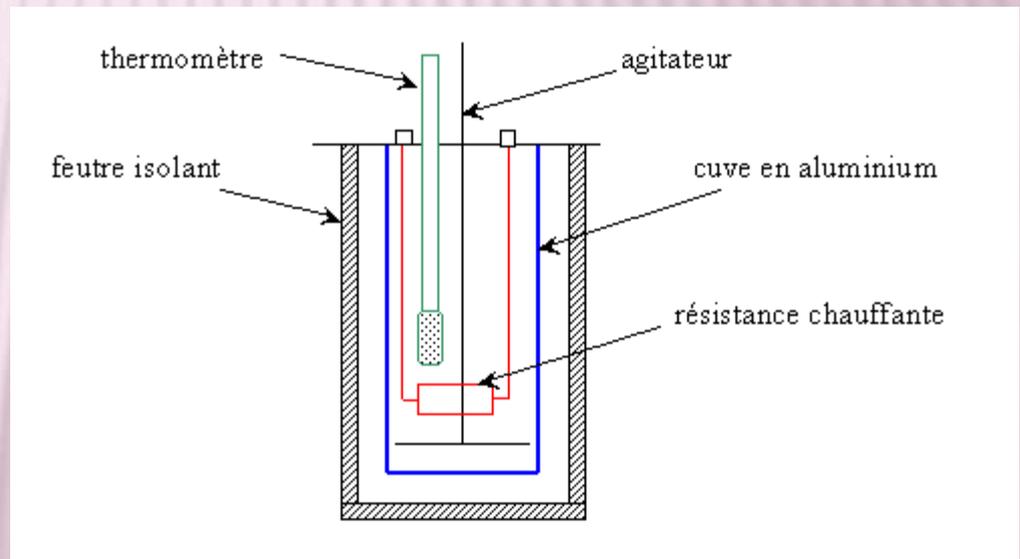
Le soda (et, par extension, le milieu extérieur au système étudié) a donc cédé de l'énergie au corps froid (glace puis eau de fusion) qui lui a reçu cette énergie.



# Du congélateur au verre de soda

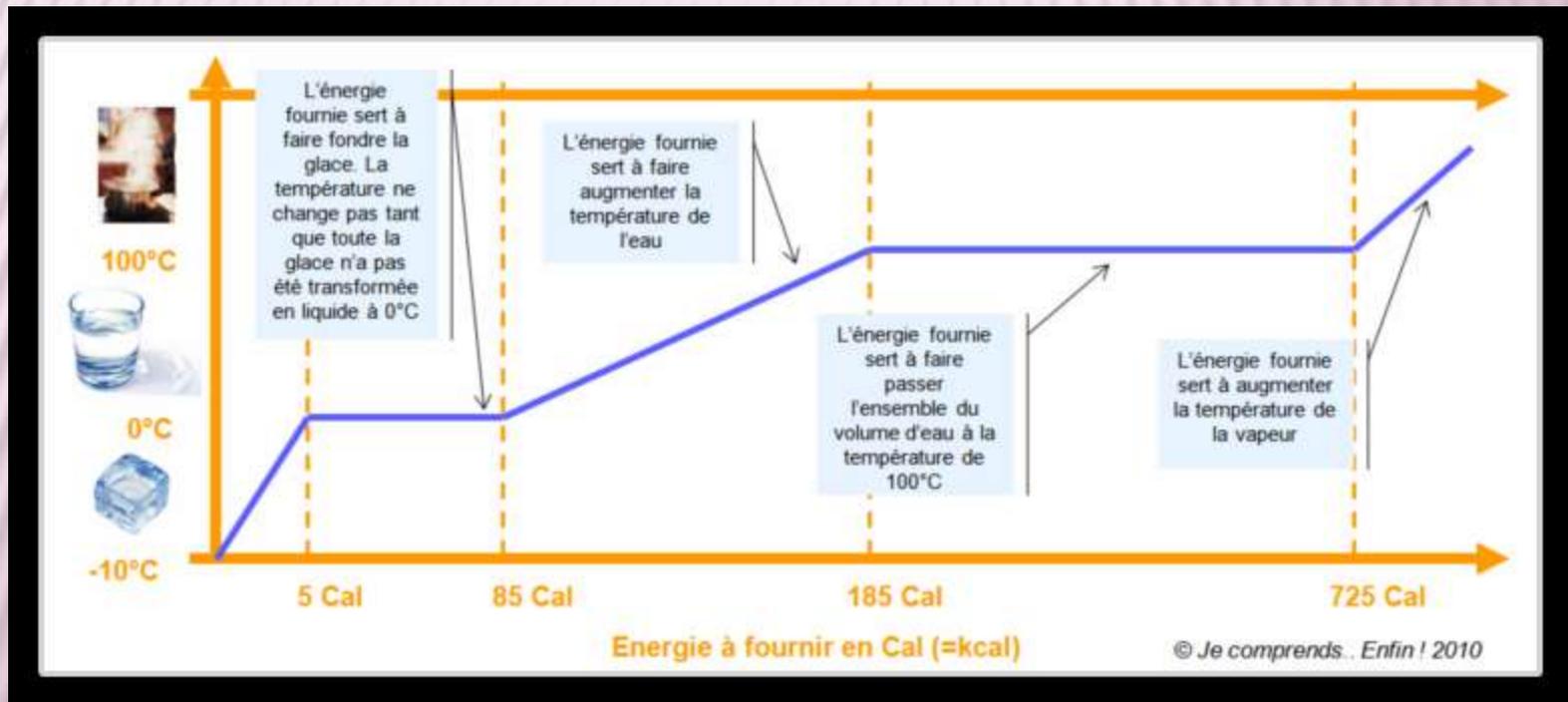
La température atteinte est celle de **l'équilibre thermique**.

La mesure de tels échanges d'énergie se fait dans un **calorimètre** sur le **principe de la conservation d'énergie**, c'est-à-dire que **tout ce qui est donné par un corps est reçu par l'autre sans perte**.



# Du congélateur au verre de soda

## Exemple expliqué



# Les alcanes

# Ce sont des hydrocarbures

**Ils sont uniquement constitués d'atomes de carbone et d'hydrogène**

# Les alcanes

Formule générale



Terminaison

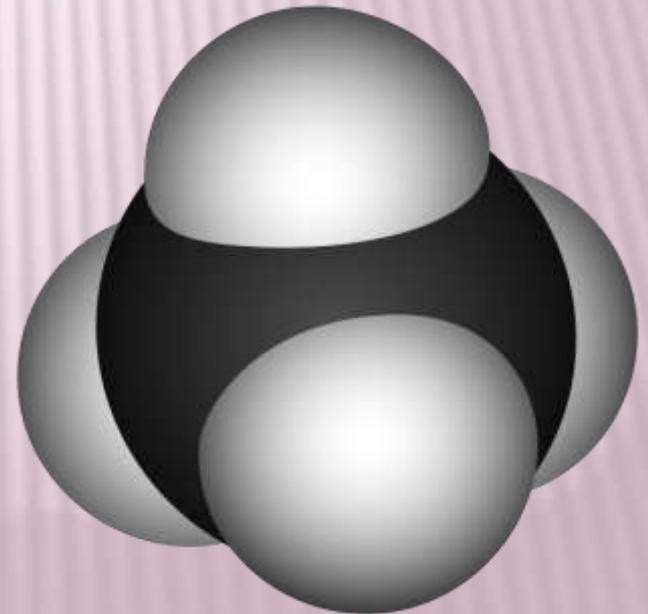
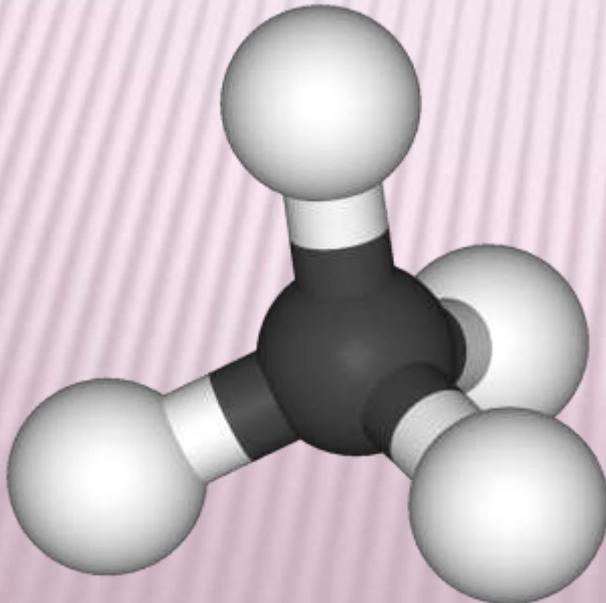
« **ane** »

# Les alcanes

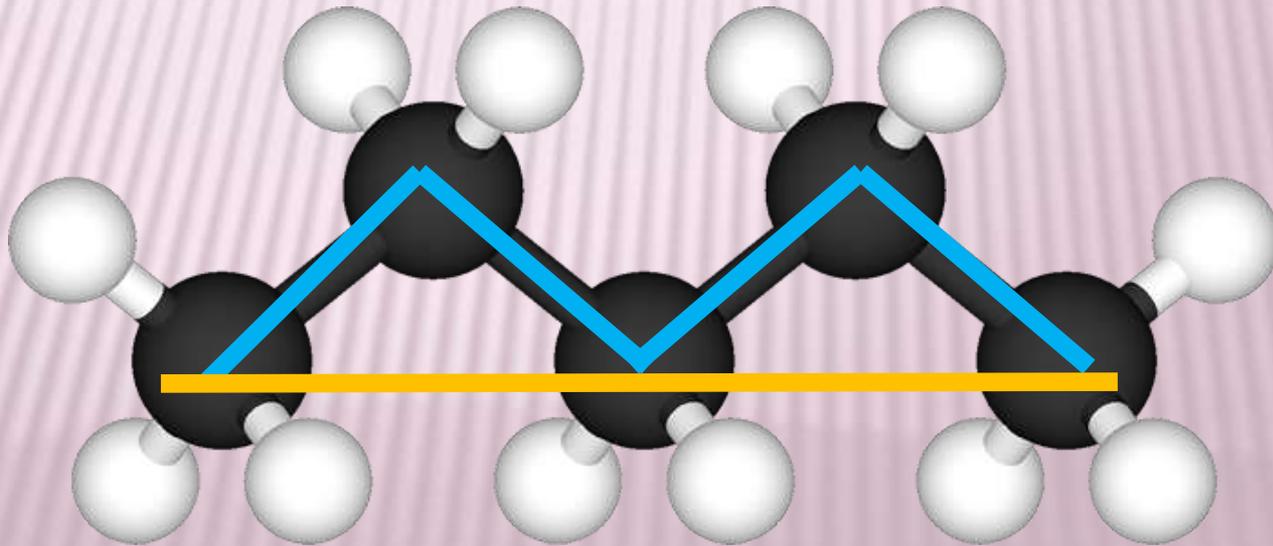
Ce sont des composés  
**saturés** car ils ne  
contiennent que des  
**liaisons simples**

# Présentation des alcanes

Les alcanes sont des **hydrocarbures saturés**, c'est-à-dire des molécules uniquement constituées d'atomes de **carbone** et d'**hydrogène**. Les liaisons entre les atomes de carbone sont exclusivement des **liaisons simples** et leur formule générale est  $C_nH_{2n+2}$ .



# La différence entre ligne droite et chaîne linéaire

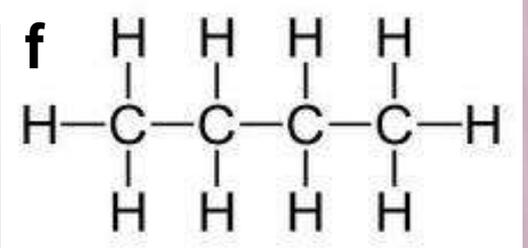
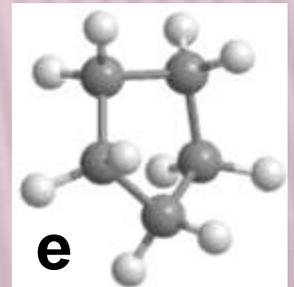
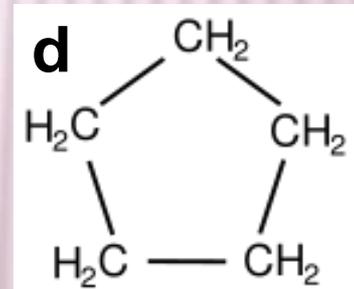
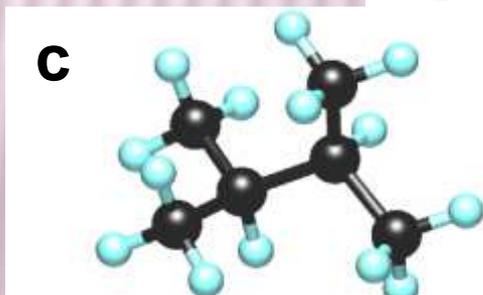
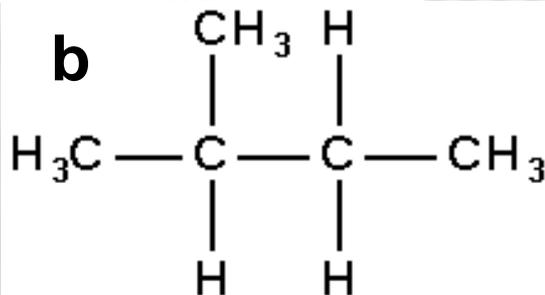
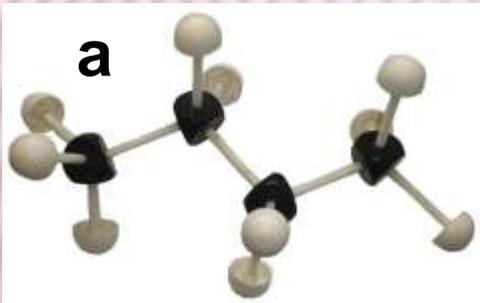


# Des enchaînements variés

**Activité 3** : Voici quelques molécules, identifiez parmi elles :

- des composés où la chaîne carbonée est linéaire ;
- des composés ramifiés où d'un carbone de milieu de chaîne partent au moins deux chaînes carbonées (il existe plusieurs chemins pour parcourir la chaîne carbonée) ;
- des chaînes cycliques.

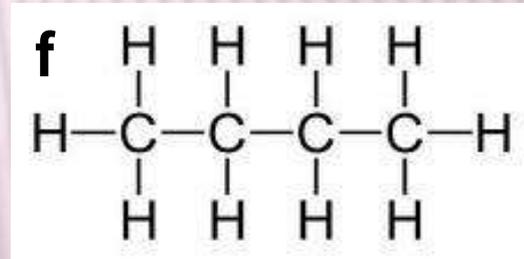
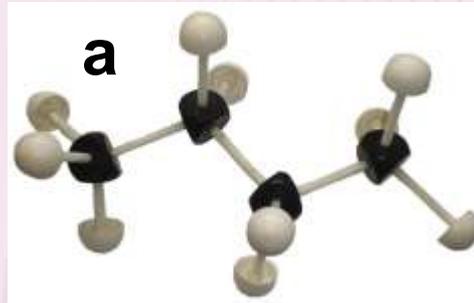
**Attention !** Linéaire ne signifie pas en ligne droite mais où les atomes de carbone sont reliés par une seule ligne.



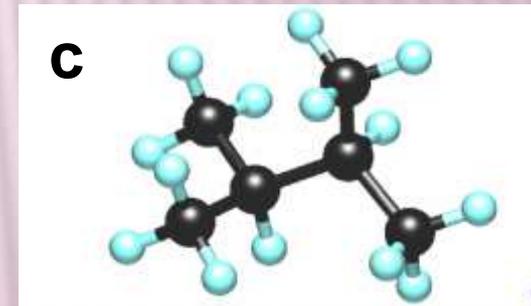
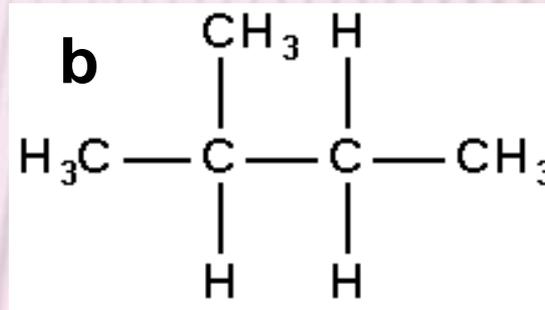
# Des enchaînements variés

## Activité 3 : correction

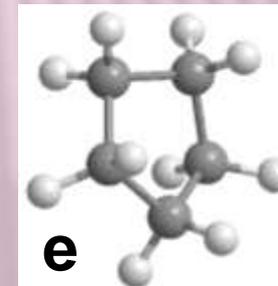
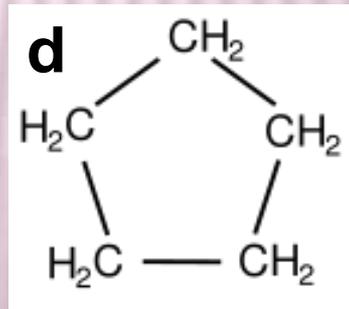
- chaîne linéaire : a et f



- chaîne ramifié : b et c



- chaînes cycliques : d et e



# Nomenclature des alcanes linéaires

Le nom d'un alcane est constitué par l'association d'un **préfixe numérique** (nombre de carbone de la chaîne linéaire) et de la terminaison **ane**.

**Formule générale :  $C_nH_{2n+2}$**

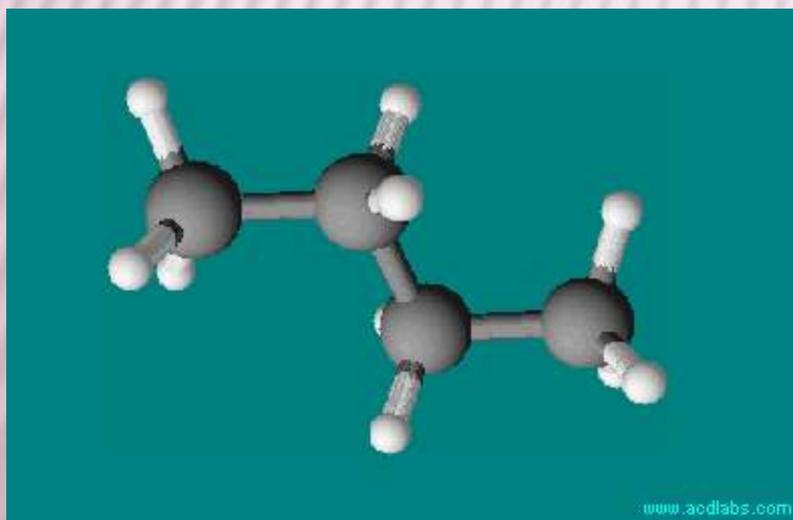
**Exemple : le méthane  $CH_4$**

# Nomenclature des alcanes linéaires

Méthane  $\text{CH}_4$



butane  $\text{C}_4\text{H}_{10}$



Méthylpropane  $\text{C}_4\text{H}_{10}$

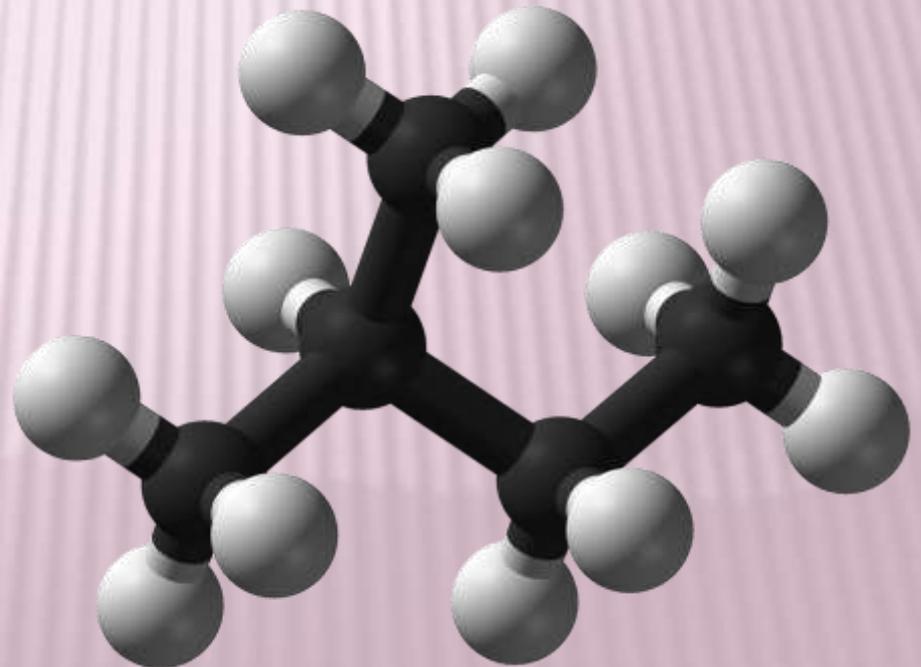


# Nomenclature des alcanes linéaires

Nombre de carbones	de	préfixe	Nom de l'alcane	Formule brute
1		méth-	méth <b>ane</b>	CH <sub>4</sub>
2		éth	éth <b>ane</b>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
3		pro-	prop <b>ane</b>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
4		but-	but <b>ane</b>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
5		pent-	pent <b>ane</b>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>
6		hex-	hex <b>ane</b>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>
7		hept-	hept <b>ane</b>	C <sub>7</sub> H <sub>18</sub>
8		oct-	oct <b>ane</b>	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>

# Nommer un alcane

## Exemple



Je recherche la chaîne  
linéaire la plus longue

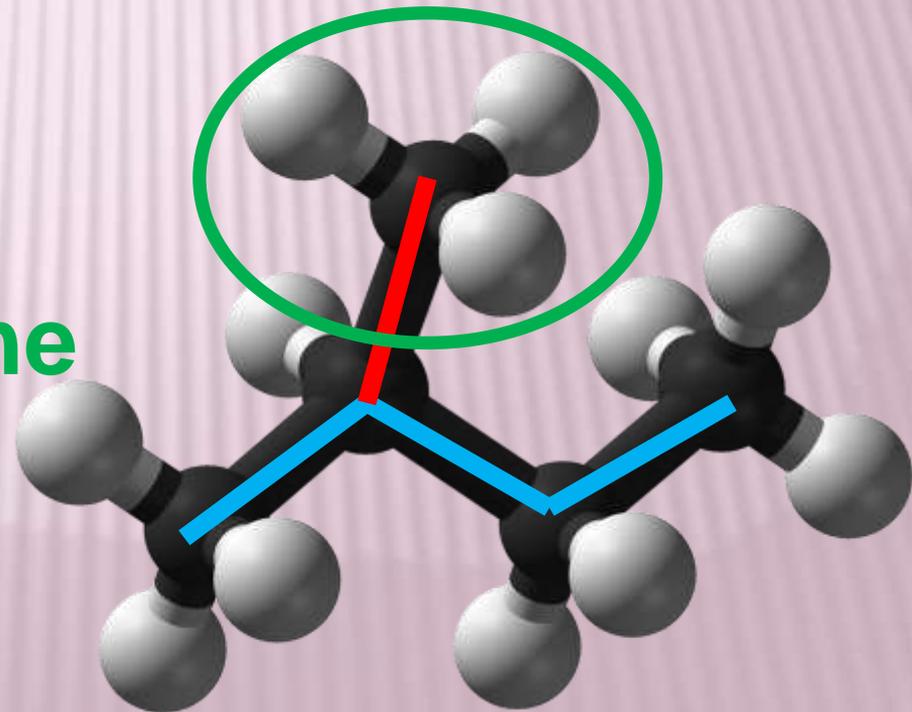
J'identifie la ramification

Je nomme le groupement  
substituant

- CH<sub>3</sub>

Il provient du méthane

C'est un groupe  
méthyle



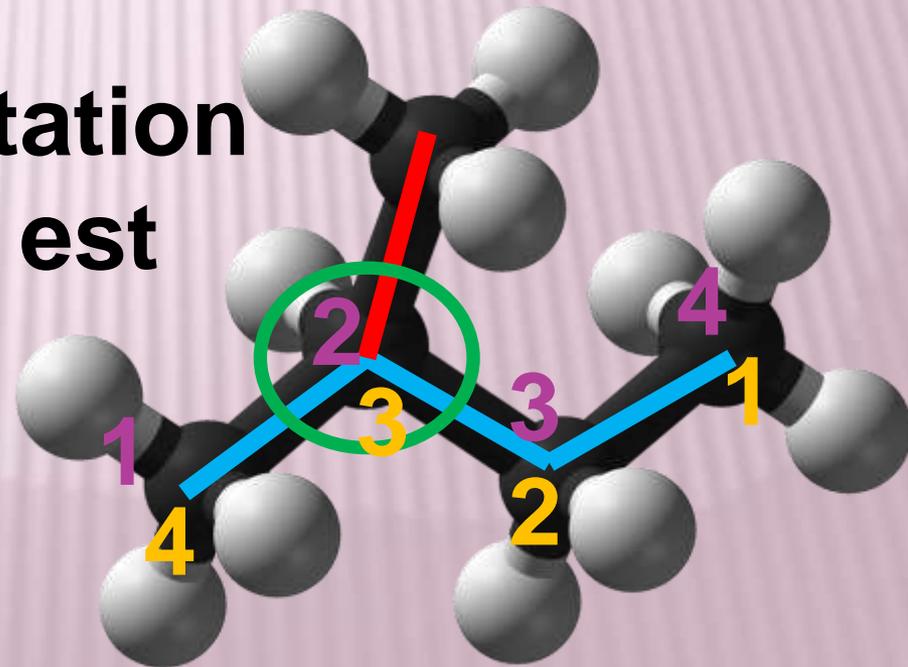
# Je numérote la chaîne linéaire la plus longue

Il existe deux possibilités :

- le groupe méthyle est sur le carbone 3
- le groupe méthyle est sur le carbone 2

Je choisis la numérotation pour laquelle l'indice est le plus petit :

carbone 2



La chaîne linéaire la plus longue est celle d'un butane

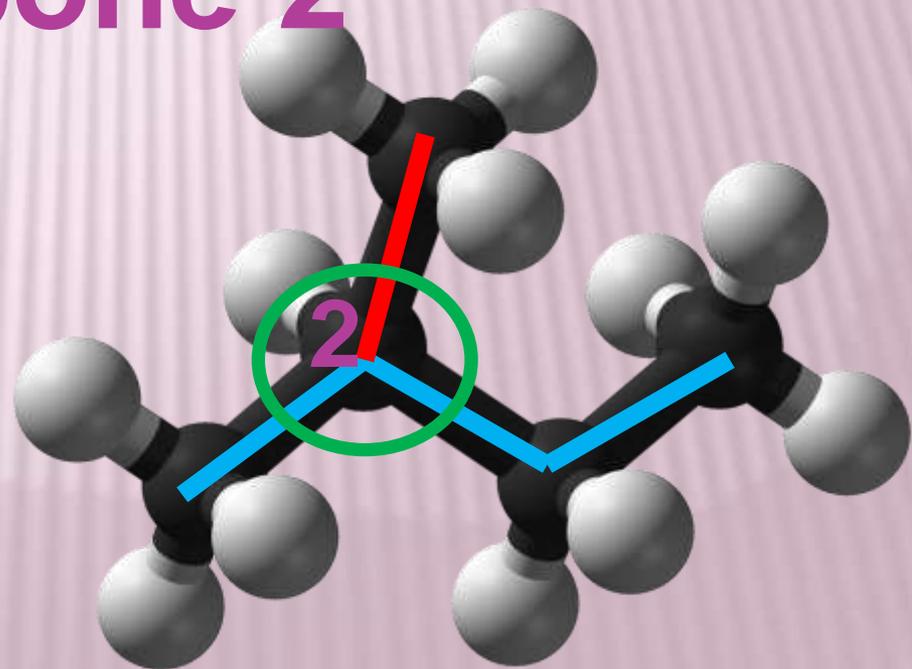
Le groupe substituant est méthyle

Il est sur le carbone 2

2-méthylbutane



!! sans « e »



# Les groupes alkyles les plus courants

- $\text{CH}_3$  : méthyle
- $\text{C}_2\text{H}_5$  : éthyle
- $\text{C}_3\text{H}_7$  : propyle

# La notation générale des groupes alkyles

**-R** pour  **$-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$**

# La nomenclature des alcanes

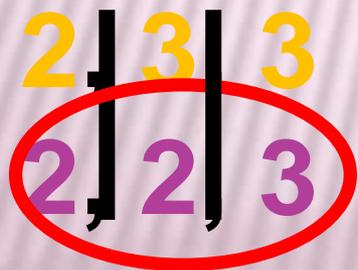
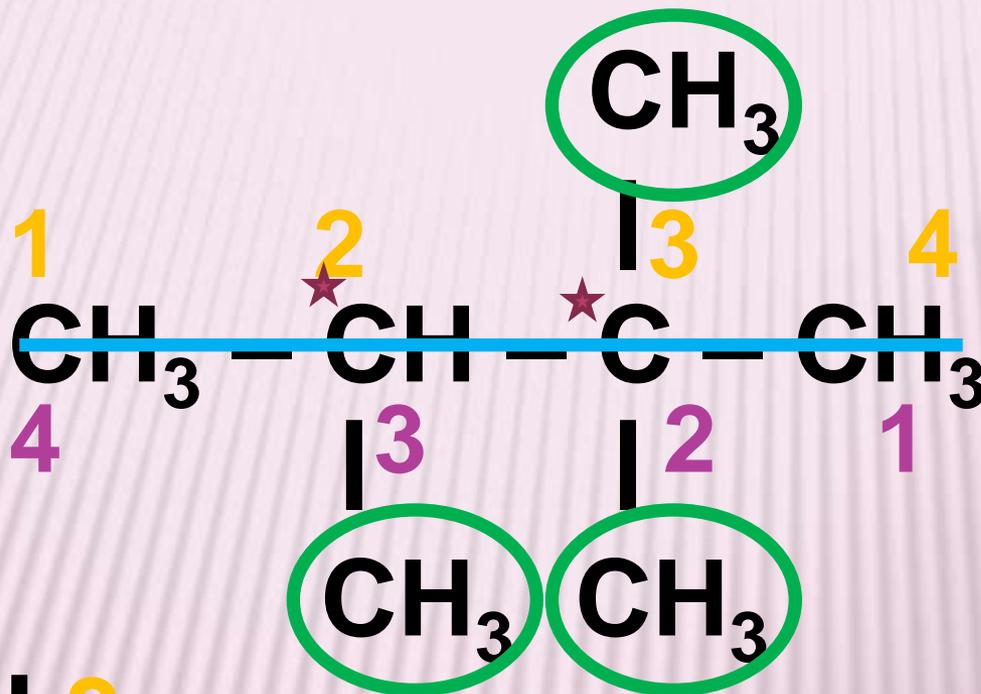
**Pour nommer un alcane,  
il faut respecter un  
certain nombre de règles**

- 1) Rechercher la chaîne linéaire la plus longue**
- 2) Identifier les carbones substitués**
- 3) Établir deux numérotations de la chaîne et choisir celle pour laquelle les indices de ces carbones, comparés par rang, sont les plus petits**
- 4) Identifier les groupes substituants et les classer par ordre alphabétique**
- 5) S'il existe plusieurs groupements identiques, leur nom est précédé de « di », « tri », etc...**

# Nomenclature des alcanes linéaires

**Activité 4** : recherchez les noms des alcanes suivants :

# S'entraîner

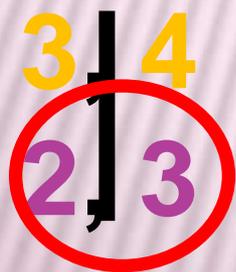
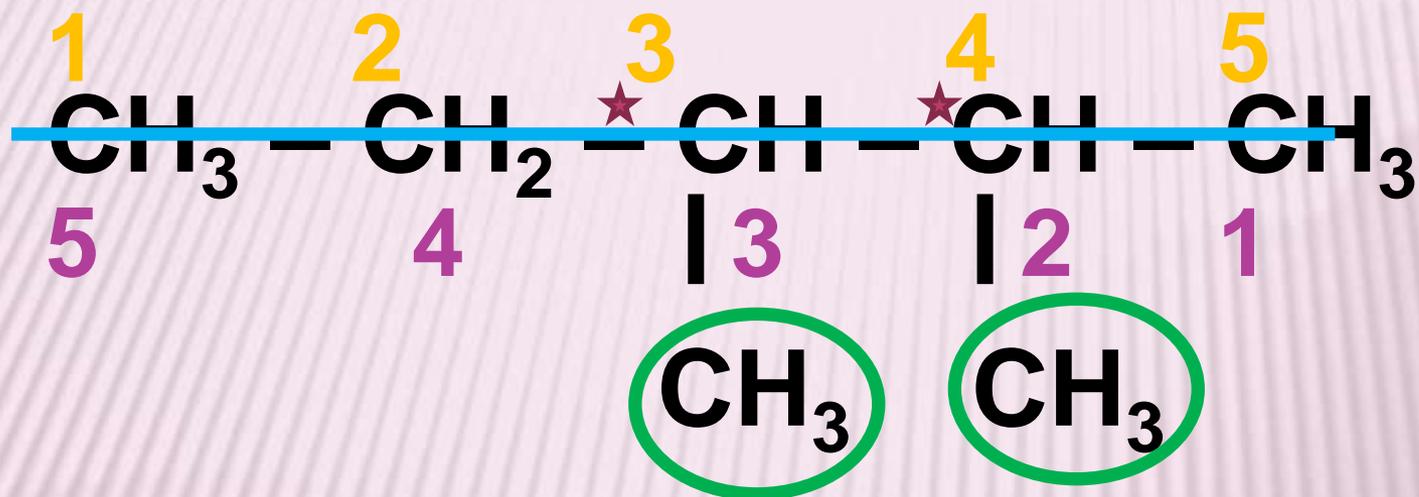


$$2 = 2$$

$$2 < 3$$

2,2,3-triméthylbutane

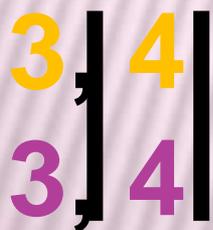
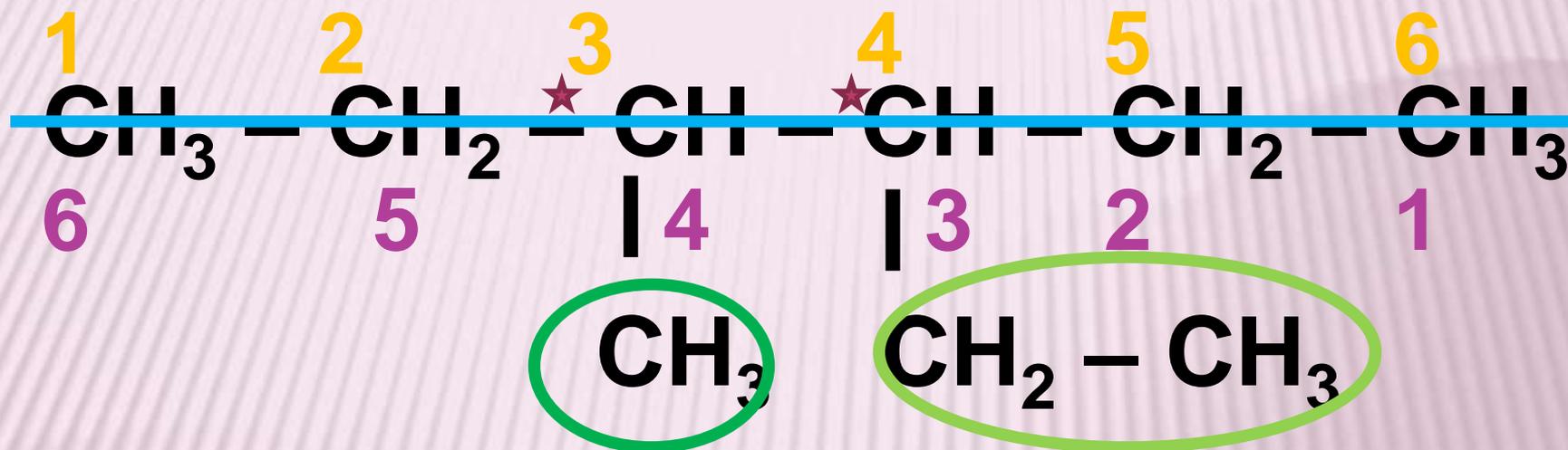
# S'entraîner



2 < 3

2,3-diméthylpentane

# S'entraîner



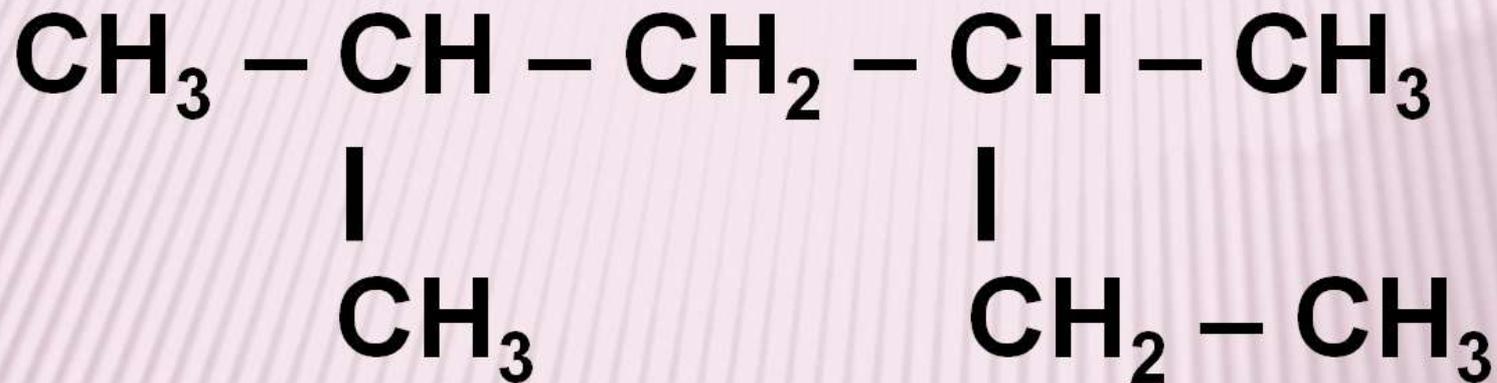
$$3 = 3$$

$$4 = 4$$

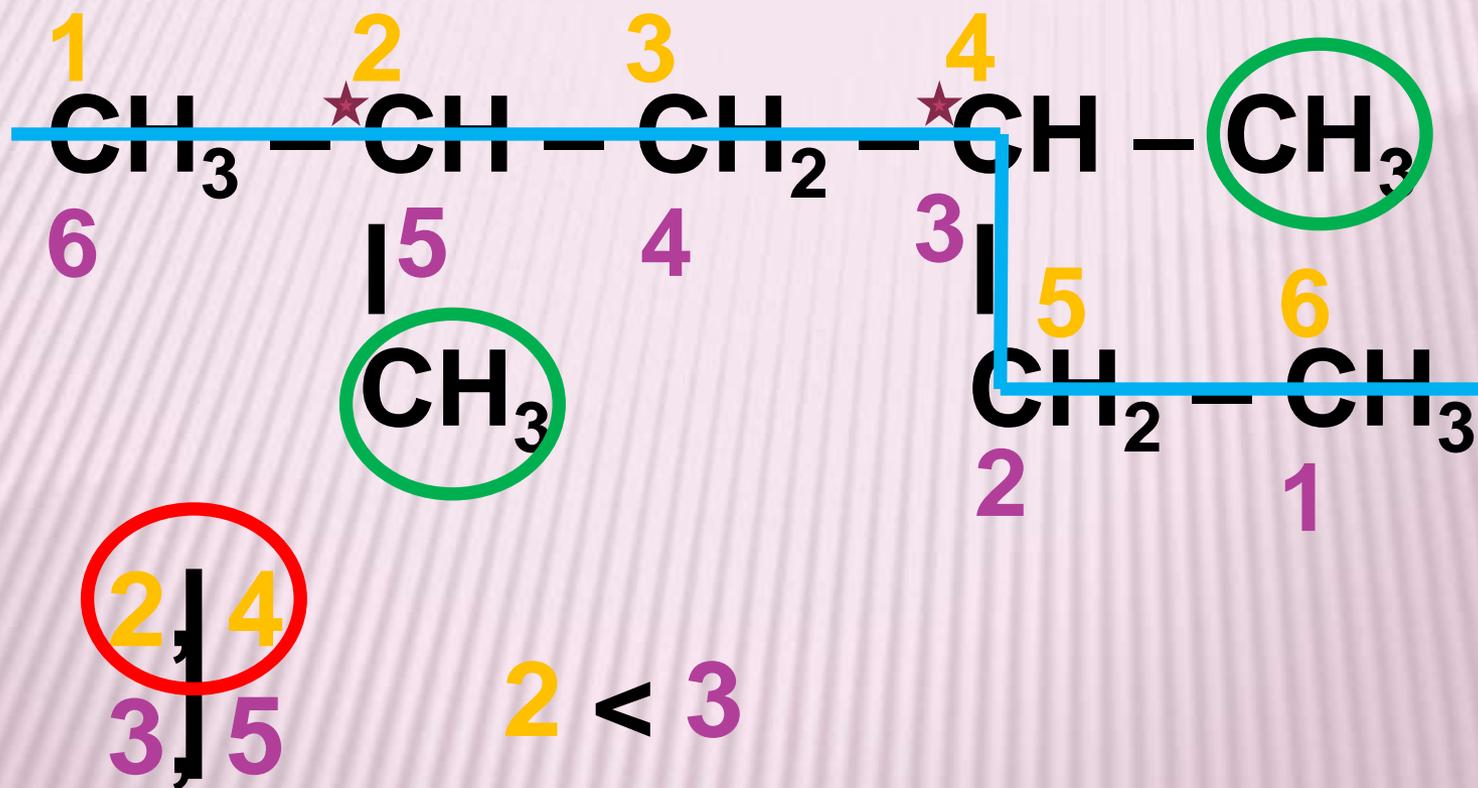
**3-éthyl-4-méthylhexane**

# Nomenclature des alcanes linéaires

Activité 4 : recherchez les noms des alcanes suivants :



# S'entraîner



2,4-diméthylhexane

# Les cycloalcanes

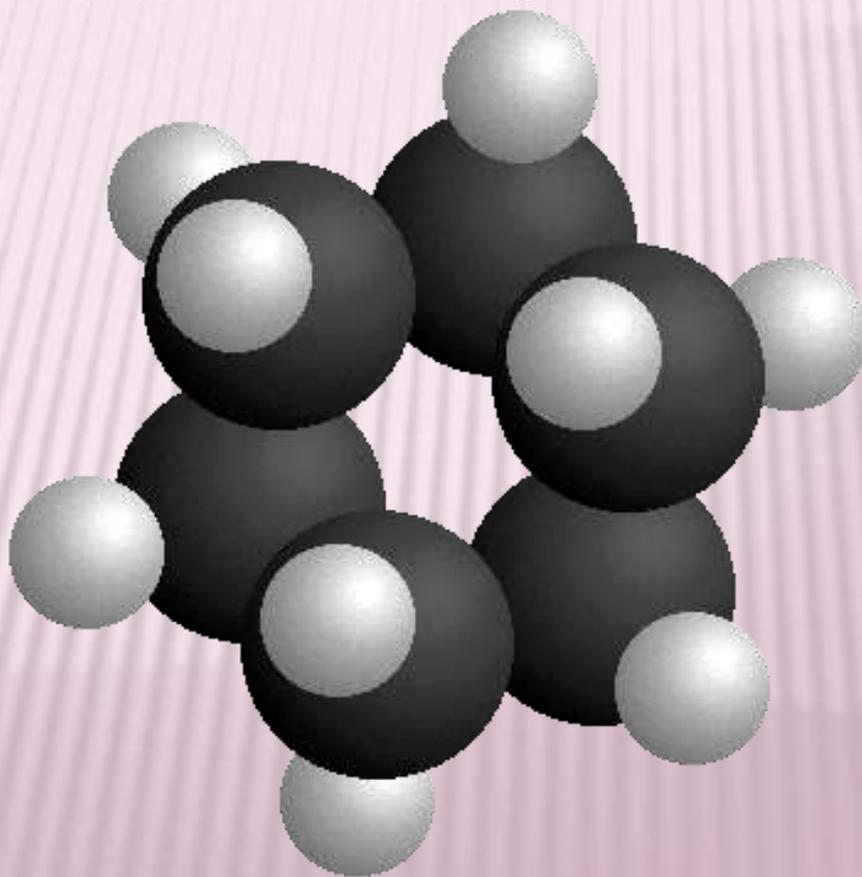
Formule générale



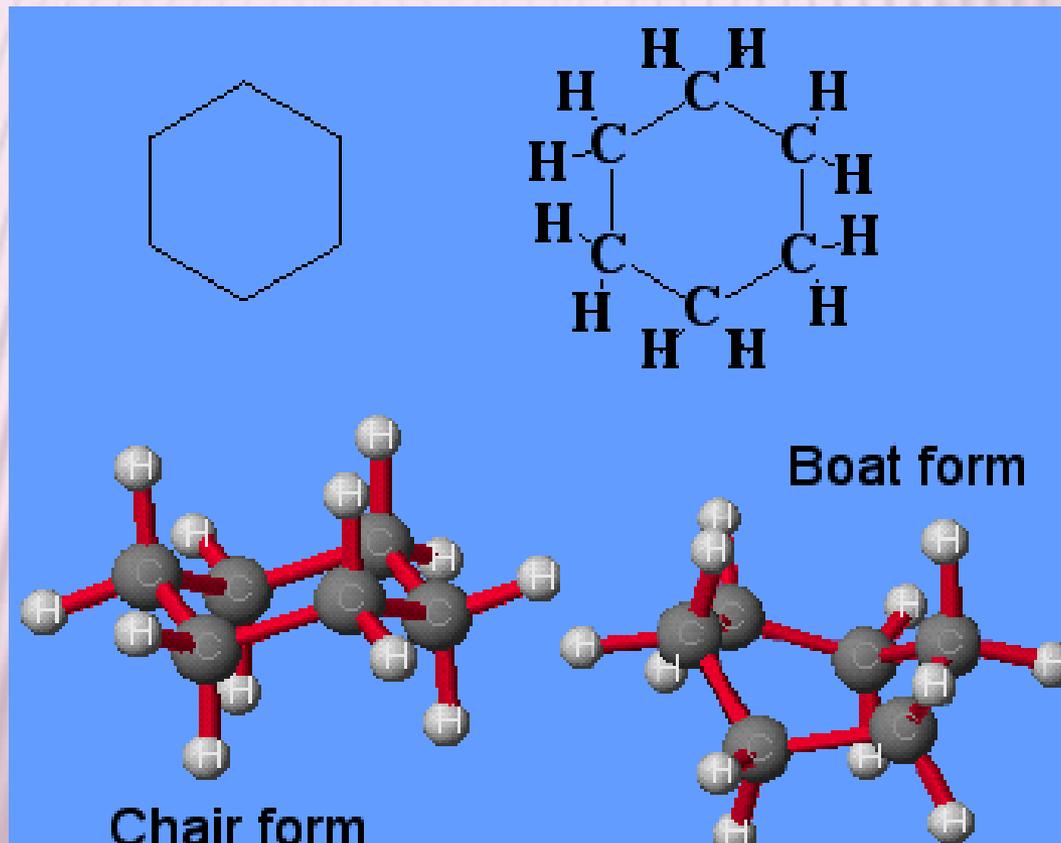
« **cyclo** » +

terminaison « **ane** »

**Ce sont des  
alcanes cycliques**



# Exemple : le cyclohexane



# Les alcools

# Les alcools

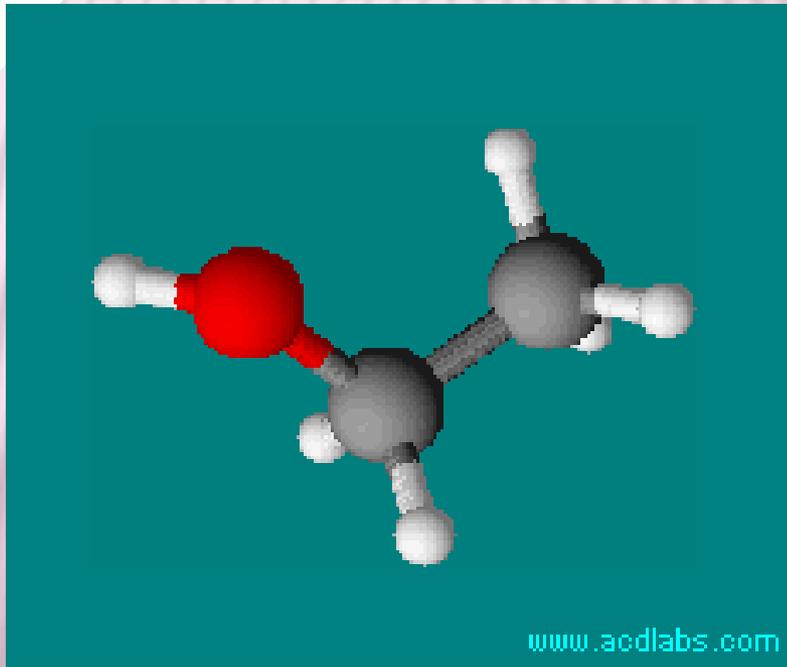
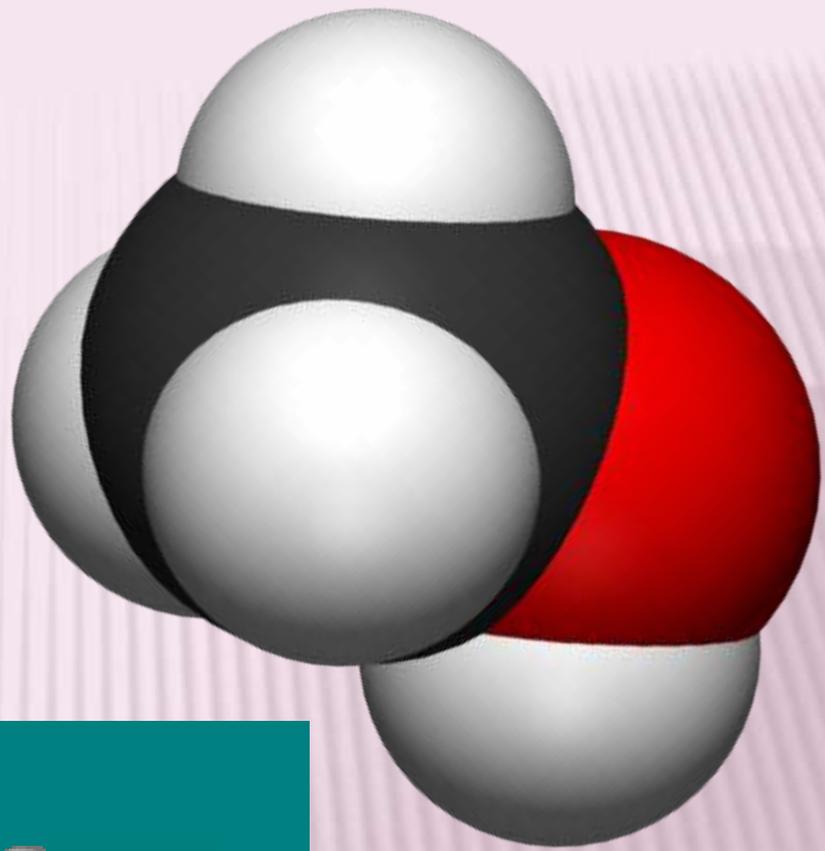
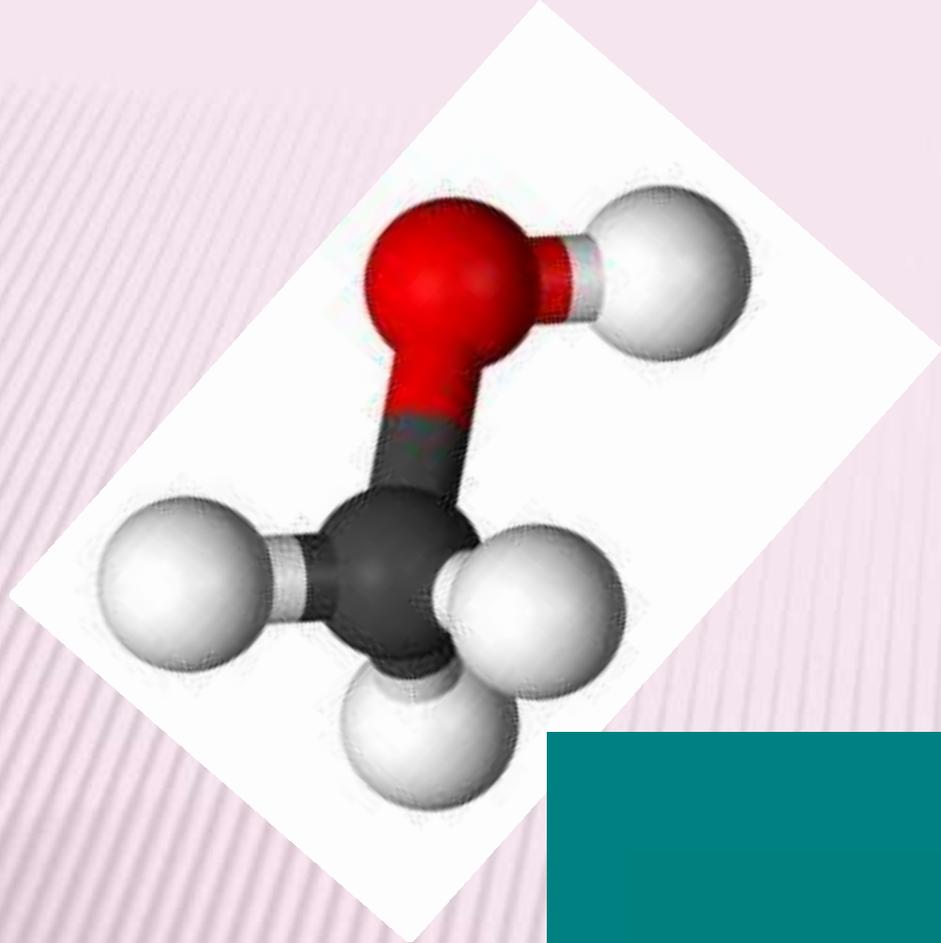
**Formule générale :**



**Groupe caractéristique :**

**hydroxyle : - OH**

**Terminaison en « ol »**



# Présentation des alcools

Les alcools répondent à la formule générale est  $C_nH_{2n+1}OH$ .

Leur structure est celle d'un alcane auquel l'un des atomes d'hydrogène a été remplacé par un groupement – OH.

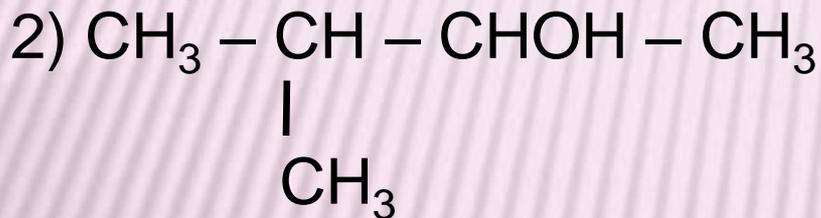
Attention ! Entre le O et le H, même si elle n'est pas représentée, il existe une liaison covalente simple – O – H.



# Nomenclature des alcools

Le nom d'un alcool est constitué par l'association d'un **préfixe numérique** indiquant le nombre de carbone de la chaîne linéaire la plus longue, l'indice éventuel du groupe – OH entre deux tirets et la terminaison **ol**.

**Activité 5** : Nommez les composés suivants :

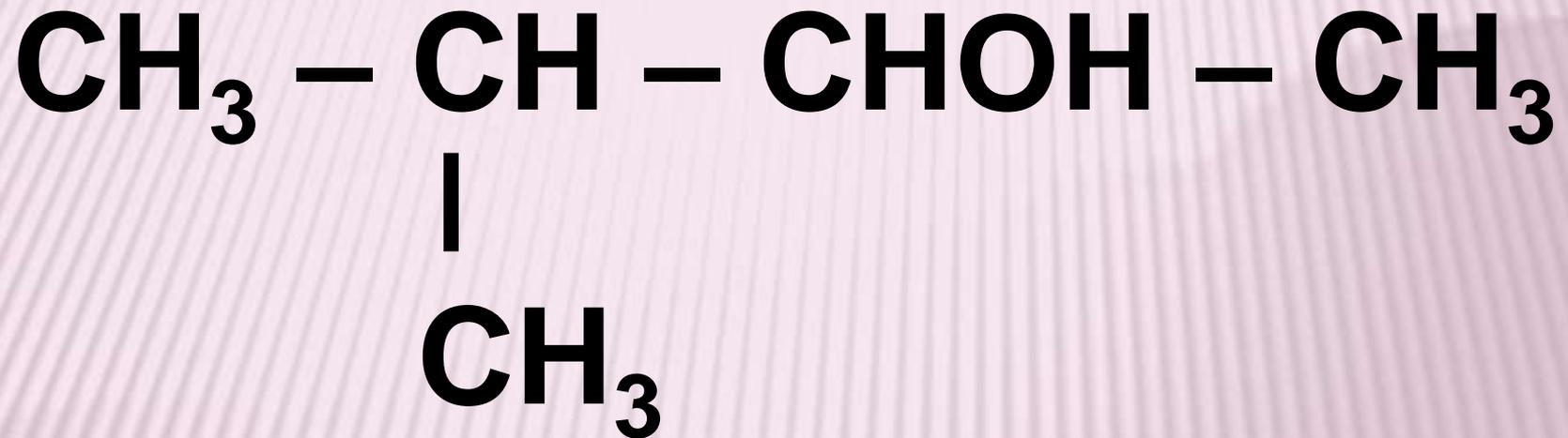


**1<sup>er</sup> exemple**



**Propan-2-ol**

# 2<sup>ème</sup> exemple



**3-méthylbutan-2-ol**

# Relation entre structure chimique et propriétés

# Température de changement d'état

**Activité 6** : températures de changement d'état chez les alcanes et les alcools

1) Retrouvez 3 ou 4 critères de comparaison des alcanes (ou alcools) entre eux ou les uns avec les autres.

2) Établissez l'incidence de chaque critère sur l'évolution des températures des changements d'états chez les alcanes et chez les alcools ou en comparant alcanes et alcools.

Nom de l'alcool	TE (°C)	Densité <i>d</i>
méthanol	64,7	0,792
éthanol	78,3	0,789
propan-1-ol	97,2	0,804
propan-2-ol	82,3	0,786
butan-1-ol	117,7	0,810
2-méthylpropan-2-ol	82,5	0,789
hexan-1-ol	155,8	0,820
dodécanol	259	0,831

même masse molaire.

Composé	propane ( $M = 44 \text{ g.mol}^{-1}$ )	éthanol ( $M = 46 \text{ g.mol}^{-1}$ )
Température d'ébullition	- 42 °C	78,5 °C

Nom	Formule	N atomes C	T fusion °C	T ébullition °C
Méthane	CH <sub>4</sub>	1	-182,6	-161,6
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2	-183,6	-88,6
Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	3	-187,7	-42,3
Butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	4	-138,3	-0,5
Pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	5	-129,7	36,1
Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	6	-95,3	68,7
Heptane	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	7	-90,6	98,4

# Température de changement d'état

Nom de l'alcool	TE (°C)	Densité <i>d</i>
méthanol	64,7	0,792
éthanol	78,3	0,789
propan-1-ol	97,2	0,804
propan-2-ol	82,3	0,786
butan-1-ol	117,7	0,810
2-méthylpropan-2-ol	82,5	0,789
hexan-1-ol	155,8	0,820
dodécanol	259	0,831

Masses molaires proches

propane ( $M = 44 \text{ g.mol}^{-1}$ )	éthanol ( $M = 46 \text{ g.mol}^{-1}$ )
- 42 °C	78,5 °C

Nom	Formule	N atomes C	T fusion °C	T ébullition °C
Méthane	CH <sub>4</sub>	1	-182,6	-161,6
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2	-183,6	-88,6
Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	3	-187,7	-42,3
Butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	4	-138,3	-0,5
Pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	5	-129,7	36,1
Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	6	-95,3	68,7
Heptane	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	7	-90,6	98,4

# Température de changement d'état

## Activité 6 correction

1) Quelques critères : longueur de la chaîne, présence de ramification ou du groupe – OH, masse moléculaire similaire, (position du groupe – OH dans la chaîne).

2) Ces températures augmentent quand la chaîne carbonée s'allonge pour les alcanes et pour les alcools mais elle reste plus élevée chez les alcools que chez les alcanes.

Nom de l'alcool	TE (°C)	Densité <i>d</i>
méthanol	64,7	0,792
éthanol	78,3	0,789
propan-1-ol	97,2	0,804
propan-2-ol	82,3	0,786
butan-1-ol	117,7	0,810
2-méthylpropan-2-ol	82,5	0,789
hexan-1-ol	155,8	0,820
dodécanol	259	0,831

même masse molaire.

Composé	propane ( $M = 44 \text{ g.mol}^{-1}$ )	éthanol ( $M = 46 \text{ g.mol}^{-1}$ )
Température d'ébullition	- 42 °C	78,5 °C

De même si les masses molaires sont proches.

Nom	Formule	N atomes C	T fusion °C	T ébullition °C
Méthane	CH <sub>4</sub>	1	-182,6	-161,6
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2	-183,6	-88,6
Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	3	-187,7	-42,3
Butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	4	-138,3	-0,5
Pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	5	-129,7	36,1
Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	6	-95,3	68,7
Heptane	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	7	-90,6	98,4

# Température de changement d'état

## Activité 4 correction

2) Ces températures chez deux composés isomères seront plus élevées chez le composé linéaire.

La température d'ébullition est plus grande chez un alcool dont le groupe – OH est en bout de chaîne que celui dont le groupe – OH est en milieu de chaîne

Nom de l'alcool	TE (°C)	Densité <i>d</i>
méthanol	64,7	0,792
éthanol	78,3	0,789
propan-1-ol	97,2	0,804
propan-2-ol	82,3	0,786
butan-1-ol	117,7	0,810
2-méthylpropan-2-ol	82,5	0,789
hexan-1-ol	155,8	0,820
dodécanol	259	0,831

même masse molaire.

Composé	propane ( $M = 44 \text{ g.mol}^{-1}$ )	éthanol ( $M = 46 \text{ g.mol}^{-1}$ )
Température d'ébullition	- 42 °C	78,5 °C

Nom	Formule	N atomes C	T fusion °C	T ébullition °C
Méthane	CH <sub>4</sub>	1	-182,6	-161,6
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2	-183,6	-88,6
Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	3	-187,7	-42,3
Butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	4	-138,3	-0,5
Pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	5	-129,7	36,1
Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	6	-95,3	68,7
Heptane	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	7	-90,6	98,4

# Température de changement d'état

## Conclusion

Sous une pression donnée :

- que ce soit chez les alcools ou chez les alcanes, **les températures de changement d'état augmentent avec la longueur de la chaîne carbonée**. Cela est dû à l'augmentation de l'intensité des interactions de van der Waals entre des chaînes plus longues pour les alcanes et aux liaisons hydrogènes pour les alcools ;

- pour deux composés (alcanes ou alcools) de même formule brute, **celui ayant le plus grand nombre de ramifications aura les températures de changements d'état les plus faibles** ;

# Température de changement d'état

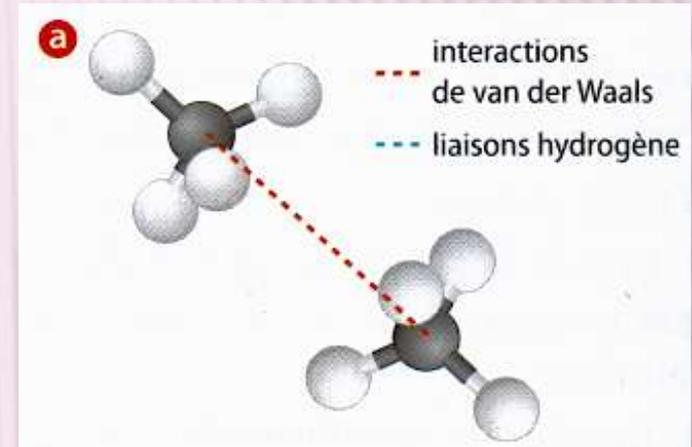
## Conclusion

- à longueurs de chaîne identiques, les alcools auront des températures de changement d'état plus élevées que les **alcane**s. Cela est dû à l'existence des liaisons hydrogène liées à la présence du groupe  $\text{-OH}$  dans les alcools.

# Explication

Quelles sont les interactions présentes dans les alcanes ?

Les interactions de Van der Waals

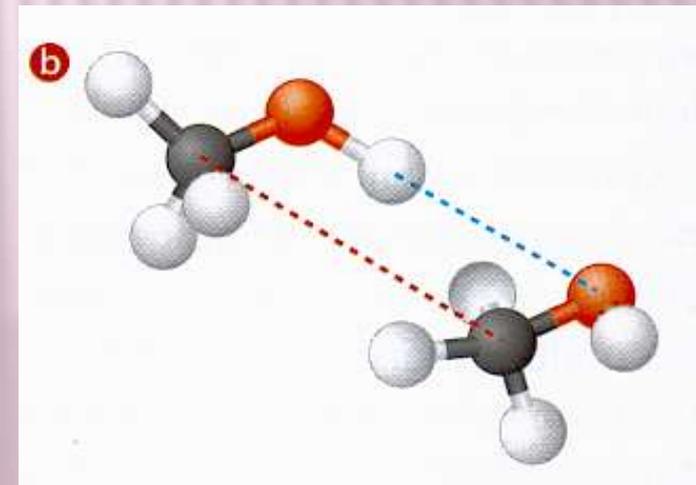


Quelles sont les interactions présentes dans les alcools ?

Les interactions de Van der Waals

+

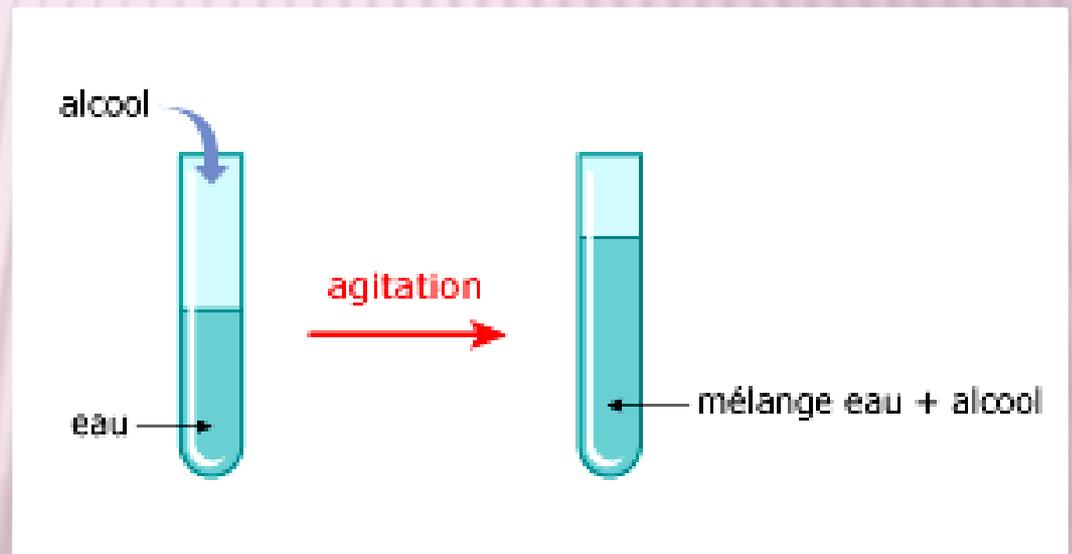
les liaisons hydrogène



# Miscibilité des alcools dans l'eau

## Rappel

Deux substances miscibles forment un mélange homogène.



# Miscibilité des alcools dans l'eau

Nom	Solubilité en g.L <sup>-1</sup>
méthanol	infinie
éthanol	infinie
propan-1-ol	infinie
butan-1-ol	77
pentan-1-ol	22
hexan-1-ol	6
heptan-1-ol	2

## Conclusion

Les 3 premiers alcools sont totalement miscibles avec l'eau en raison des interactions existant entre le groupe –OH et les molécules d'eau (liaisons hydrogène).

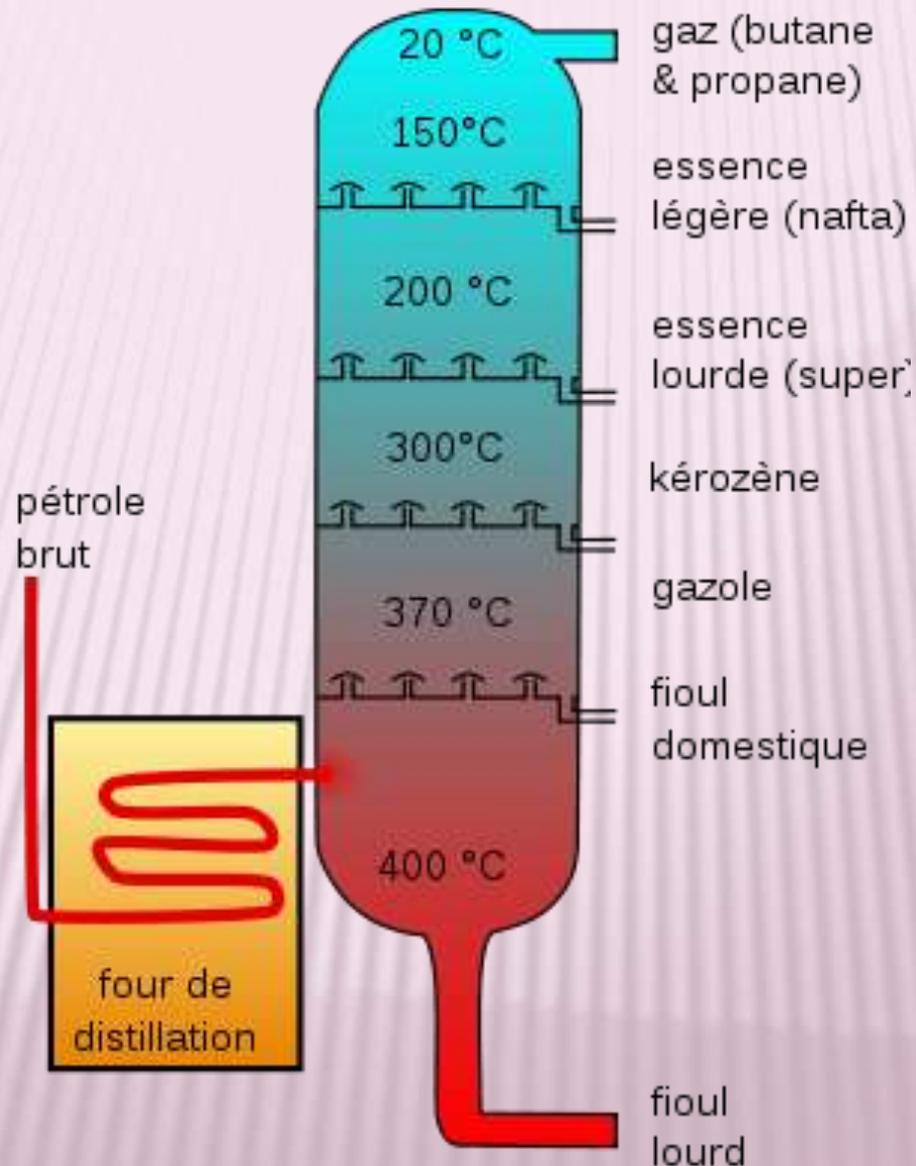
# Miscibilité des alcools dans l'eau

Nom	Solubilité en g.L <sup>-1</sup>
méthanol	infinie
éthanol	infinie
propan-1-ol	infinie
butan-1-ol	77
pentan-1-ol	22
hexan-1-ol	6
heptan-1-ol	2

## Conclusion

Dans le cas des alcools, la miscibilité diminue quand la longueur de la chaîne augmente.

# Application : la distillation fractionnée



# Application : la distillation fractionnée

Cette technique de séparation de liquides miscibles entre eux utilise leur différence de  $t^{\circ}$  de changement d'état.

Elle sert à séparer les différents constituants du pétrole (principalement des alcanes).

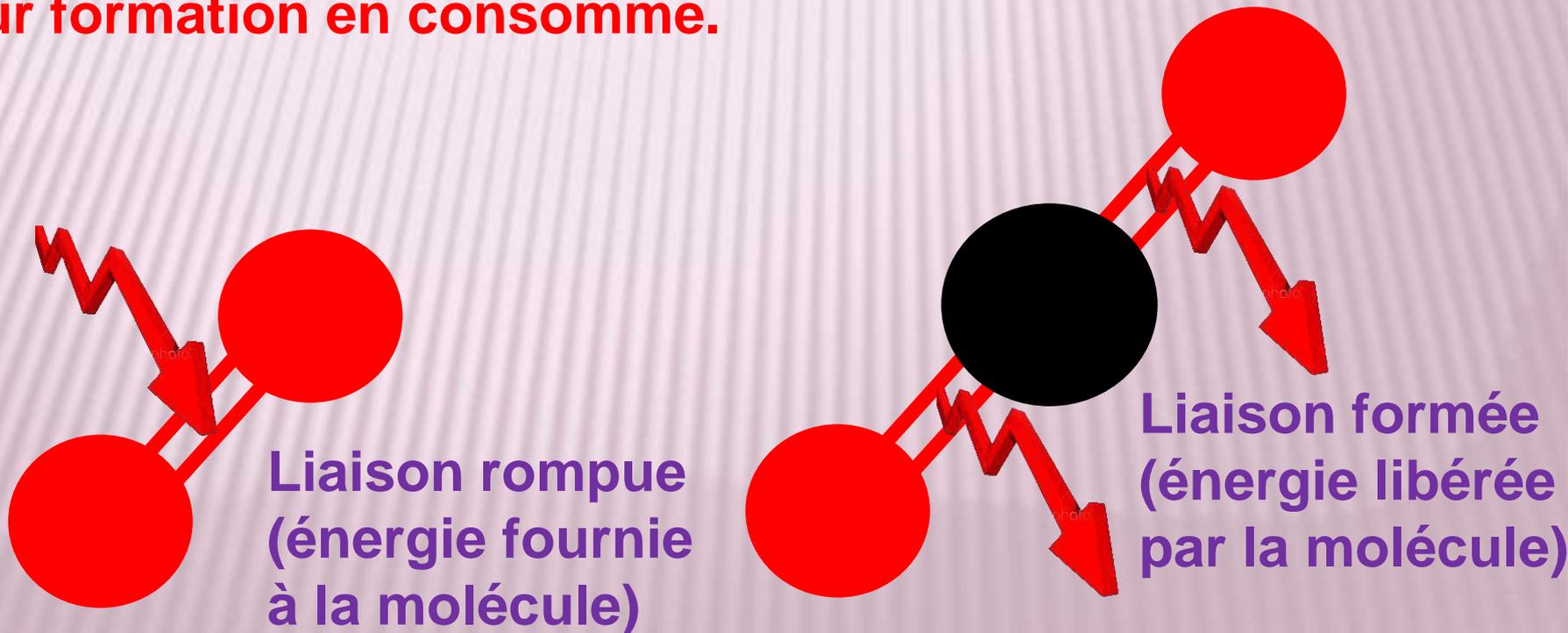


# **Transformations chimiques**

# Énergie d'une transformation chimique

Au cours d'une transformation chimique, les liaisons présentes dans les **réactifs** se **brisent** tandis que celles présentes dans les **produits** se **reforment**.

La cassure des liaisons libère de l'énergie tandis que leur formation en consomme.



# Énergie d'une transformation chimique

Si l'énergie libérée est plus grande que l'énergie consommée alors la réaction libère de l'énergie, souvent sous forme de chaleur, vers le milieu extérieur et la réaction est dite **exothermique**.

Dans le cas contraire, il faut un apport extérieur d'énergie pour que la réaction se produise et elle est **endothermique**.



# Cas d'une combustion

L'énergie échangée est proportionnelle à l'avancement et peut s'exprimer ainsi :

$$\Delta E = x_{\max} \times \Delta_r E$$

J            mol            J.mol<sup>-1</sup>

avec  $\Delta_r E$  : énergie de réaction.

$\Delta_r E < 0$  si la réaction est **exothermique**.

$\Delta_r E > 0$  si la réaction est **endothermique**.

Exemple :



A dramatic landscape featuring a range of dark, jagged mountains under a dark, cloudy sky. A bright, glowing light source, possibly the sun or moon, is positioned behind the mountains, creating a strong lens flare and illuminating the scene with a mix of blue, green, and yellow light. The foreground shows a textured, brownish ground.

# Chapitre 10

## Aspects énergétiques de la transformation de la matière

C'est fini...