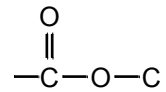
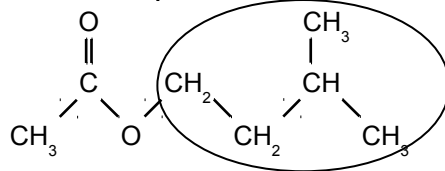


Exercice I : Des molécules témoins du mûrissement des pommes**/20****Partie A : Identification des molécules A et B****1. Propriétés des molécules A et B.**

1.1. Dans les deux molécules A et B, on reconnaît le groupe caractéristiques ester, la fonction chimique ester y est donc présente.



1.2. La molécule A se nomme éthanoate de 3-méthylbutyle.

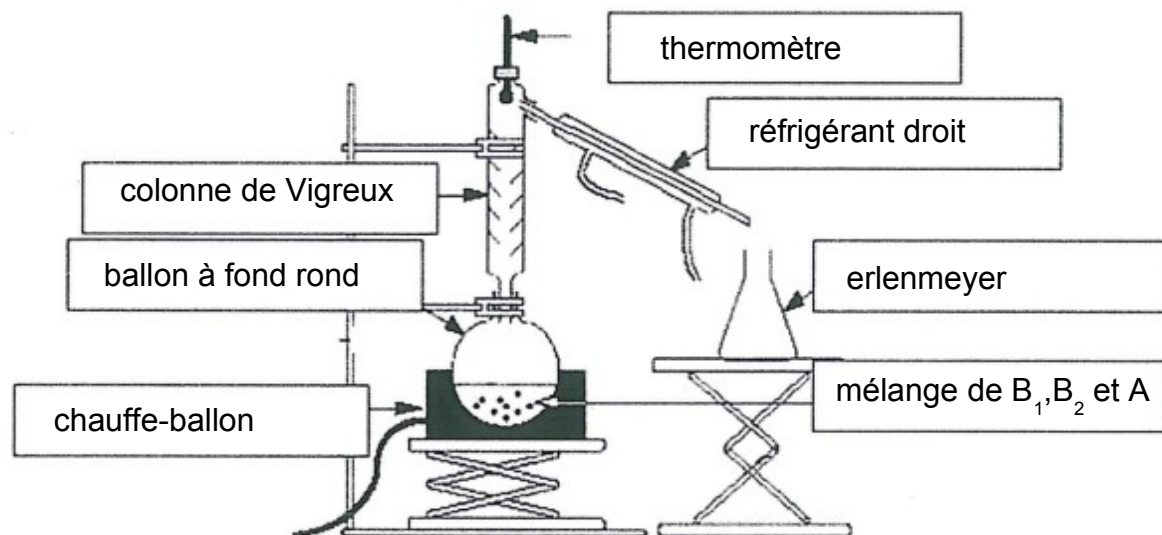


Groupe alkyle
nommé 3-méthylbutyle

1.3. Les deux molécules ont la même formule brute : $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$, mais des formules semi-développées différentes. Les molécules A et B sont des molécules isomères.

1.4. Aucun des atomes de carbone de la molécule A n'est relié à quatre groupes d'atomes différents, donc la molécule A ne présente aucun carbone asymétrique.

1.5. Les composés B_1 et B_2 sont images l'un de l'autre dans un miroir plan et ne sont pas superposables. Ce sont des énantiomères.

2. Séparation des molécules A, B_1 et B_2 par distillation fractionnée.**2.1.**

2.2. La distillation fractionnée permet de séparer des espèces chimiques dont les températures d'ébullition sont différentes ; ainsi il ne sera pas possible de séparer B_1 de B_2 . Tandis que A peut être séparée de B_1 et B_2 .

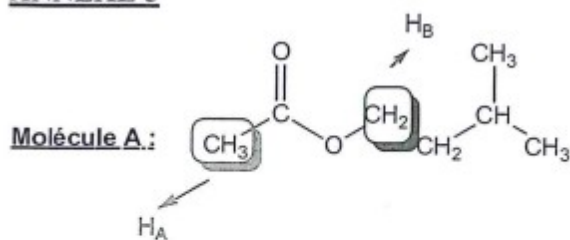
Les stéréoisomères B_1 et B_2 se vaporisent en premier à 133°C . À cette température, A reste dans le ballon.

Remarque : la faible différence entre les températures d'ébullition nécessitera d'utiliser une grande colonne de Vigreux.

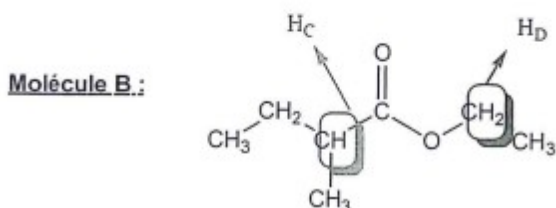
3. Identification des molécules A et B à l'aide de la spectroscopie RMN du proton ^1H .

3.1. La multiplicité des signaux dépend du nombre n d'atomes hydrogène portés par les atomes de carbone voisins. Le nombre de pics dans un signal est égal à $n+1$.

ANNEXE 3



Hydrogène	Multiplicité
H_A	Singulet
H_B	Triplet



Hydrogène	Multiplicité
H_C	Hexuplet = Sextuplet
H_D	Quadruplet

3.2. Le spectre 1 présente un singulet or aucun atome H de la molécule B ne donne de singulet. Ce spectre 1 correspond à la molécule A. Le spectre 2 présente un sextuplet de déplacement chimique $\delta \approx 2,4$ ppm qui correspond aux H_C et qui est en conformité avec le tableau de données (CH-COOR).

La molécule B correspond au spectre 2.

Partie B : Synthèse de la molécule A

1. Analyse du protocole.

1.1. L'équation peut s'écrire en formules brutes : $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + \text{C}_5\text{H}_{12}\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$

1.2. L'acide sulfurique est un catalyseur. Il permet de réduire la durée de réaction.

1.3. La molécule A est moins soluble dans l'eau salée que dans l'eau, et moins soluble dans l'eau froide que dans l'eau à 20°C. Ainsi l'ajout d'eau salée glacée permet d'extraire la molécule A de la phase aqueuse.

1.4. Comme expliqué précédemment la molécule A est essentiellement dans la phase organique.

L'eau est essentiellement dans la phase aqueuse.

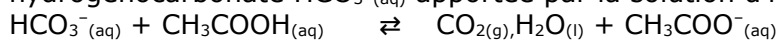
Les ions sont dans la phase aqueuse.

Le 3-méthylbutan-1-ol en excès est dans la phase organique puisqu'il possède une très faible solubilité dans l'eau salée froide.

L'acide éthanóïque, possédant une forte solubilité dans l'eau salée froide, est dans la phase aqueuse.

La phase située au-dessus est la moins dense, il s'agit de la phase organique dont tous les constituants ont des densités inférieures à 1.

1.5. L'effervescence est due à la réaction entre l'acide éthanóïque $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$ et la base hydrogénocarbonate $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$ apportée par la solution d'hydrogénocarbonate de sodium.



Du dioxyde de carbone CO_2 gazeux est libéré.

* *

*

*

*

* *

*

*

*

* *

2. Calcul du rendement :

2.1. calcul des quantités de matières

$$d = \frac{\rho}{\rho_{\text{eau}}} \text{ donc } \rho = d \cdot \rho_{\text{eau}} \quad | \quad m = \rho \cdot V \text{ donc } m = d \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot V \quad | \quad n = \frac{m}{M} \text{ finalement } n = \frac{d \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot V}{M}$$

**3-méthylbutan-1-ol :

masse volumique $\rho = d \cdot \rho_{\text{eau}} = \mathbf{0,81g/mL}$ masse $m = \rho \cdot V = 0,81 \cdot 20 = \mathbf{16,2g}$ quantité de matière $n = m/M = 16,2/88 = \mathbf{0,18mol}$	$n_1 = \frac{0,81 \times 1,00 \times 20,0}{88} = \mathbf{0,18 \text{ mol}}$
---	---

**acide éthanoïque

masse volumique $\rho = d \cdot \rho_{\text{eau}} = \mathbf{1,05g/mL}$ masse $m = \rho \cdot V = 1,05 \cdot 30 = \mathbf{31,5g}$ quantité de matière $n = m/M = 31,5/60 = \mathbf{0,53mol}$	$n_2 = \frac{1,05 \times 1,00 \times 30,0}{60} = \mathbf{0,53 \text{ mol}}$
---	---

2.2. calcul du rendement

$$\text{D'après l'énoncé, rendement : } r = \frac{n_A}{n_{\text{limitant}}}$$

On a obtenu $V = 18,1 \text{ mL}$ de la molécule A, déterminons la quantité de matière n_A correspondant :

$$\text{d'après 2.1. } n = \frac{d \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot V}{M} \Rightarrow n_A = \frac{0,87 \times 1,00 \times 18,1}{130} \Rightarrow n_A = \mathbf{0,12 \text{ mol}} \text{ de molécules A.}$$

Déterminons le **réactif limitant** :

D'après l'équation de la réaction, les coefficients stoechiométriques des réactifs sont égaux à 1. Le réactif limitant est donc le réactif introduit en plus petite quantité.

C'est donc le **3-méthylbutan-1-ol**

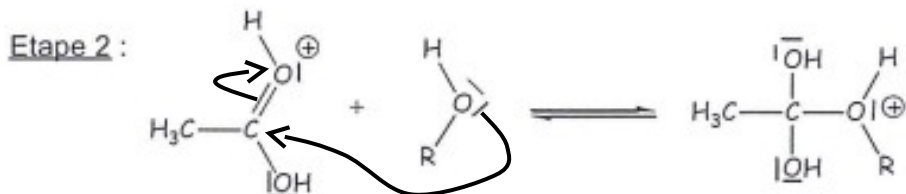
(on pouvait aussi utiliser le tableau d'avancement.)

$$\text{Rendement : } r = \frac{0,12}{0,18} = \mathbf{0,66 = 66 \%} \quad \text{calcul effectué avec } n_A \text{ et } n_1 \text{ non arrondies}$$

3. étude du mécanisme de la réaction d'estérification.

3.1. Annexe 4	Substitution	Addition	Élimination
Étape 2		X	
Étape 4			X

3.2.



3.3. Le cation H^+ est attaqué par un doublet d'un atome d'oxygène lors de l'étape 1 du mécanisme. Puis ce cation H^+ est libéré en fin de réaction lors de l'étape 5. H^+ est bien un catalyseur, le mécanisme réactionnel confirme qu'il n'intervient pas dans le bilan réactionnel.

1. Les transferts thermiques mis en jeu lors du chauffage

1.1.	Chauffage par le poêle de l'air de la pièce	Chauffage par le poêle des pierres
Mode de transfert thermique principal	Convection	Conduction
Avec ou sans déplacement de matière	Avec	Sans

*
*

*

1.2. Les flèches de la figure 1 symbolisent les mouvements de convection de l'air dans le sauna.

*

1.3. Les entrées d'air sont situées en-dessous ou au-dessus du poêle. Ces emplacements ont été choisis afin d'assurer une bonne convection dans le sauna. L'air froid est rapidement chauffé par le poêle et ainsi efficacement mis en mouvement.

*

La sortie d'air doit être éloignée de l'entrée d'air froid pour éviter que l'air froid ne s'évacue directement sans avoir été chauffé.

*

1.4. Les caractéristiques techniques du poêle montrent que celui-ci est adapté à un volume compris entre 8 et 15 m³. Ce qui est bien adapté aux dimensions du sauna (2,0 × 2,0 × 3,0 = 12 m³).

*

2. Les matériaux pour la construction de la pièce

2.1. $\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$ et $R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S}$ alors $\Phi = \frac{\Delta T}{\frac{e}{\lambda \cdot S}} = \frac{\Delta T \cdot \lambda \cdot S}{e}$

* *

En considérant la différence de température ΔT , la surface d'échange S et l'épaisseur de la paroi comme étant constantes, et sachant que $\lambda(\text{béton}) > \lambda(\text{sapin})$ alors le flux thermique échangé entre l'intérieur du sauna et le milieu extérieur serait plus grand avec du béton qu'avec du sapin.

**

Le **sapin isolera mieux** le sauna que le béton, il faut donc le privilégier.

2.2. Les parois sont équivalentes si elles possèdent la même résistance thermique R_{th} .

$R_{th}(\text{sapin}) = R_{th}(\text{béton})$

$\frac{e(\text{sapin})}{\lambda(\text{sapin}) \cdot S} = \frac{e(\text{béton})}{\lambda(\text{béton}) \cdot S} \Rightarrow$ La surface des parois reste identique alors $\frac{e(\text{sapin})}{\lambda(\text{sapin})} = \frac{e(\text{béton})}{\lambda(\text{béton})}$

* *

$e(\text{béton}) = \frac{e(\text{sapin})}{\lambda(\text{sapin})} \cdot \lambda(\text{béton}) \Rightarrow e(\text{béton}) = \frac{5,0}{0,15} \times 1,75 = \mathbf{58 \text{ cm.}}$

* *

Une paroi de 58 cm de béton serait équivalente à une paroi de 5 cm de sapin. Le sapin est clairement un meilleur isolant thermique.

3. Les pierres posées sur le poêle

3.1. Le poêle a une puissance de $P = 10,00 \text{ kW}$.

* *

Il fournit une énergie $E = P \cdot \Delta t$ aux pierres qui ainsi voient leur énergie interne varier de ΔU .

En considérant que toute l'énergie électrique reçue par le poêle est transférée aux pierres alors

$\Delta U = E$

$\Leftrightarrow m \cdot c \cdot \Delta T = P \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{P} \Rightarrow \Delta t = \frac{20 \times 980 \times (250 - 25)}{10,0 \times 10^3} = \mathbf{4,4 \times 10^2 \text{ s}}$

* *

3.2. La notice indique un temps de préchauffage bien plus long puisque compris entre 40 et 70 min, soit entre $2,4 \times 10^3 \text{ s}$ et $4,2 \times 10^3 \text{ s}$.

*

L'énergie électrique consommée par le poêle ne sert pas exclusivement au chauffage des pierres, elle sert aussi au chauffage de l'air par exemple

1. Première partie : étude de l'orbite de Hubble

1.1. Le télescope Hubble évolue à une altitude constante de la surface de la Terre. Dans le référentiel géocentrique, sa trajectoire est un cercle. *

1.2. Système étudié {Hubble} dans le référentiel géocentrique supposé galiléen.

Bilan des forces : force gravitationnelle exercée par la Terre sur Hubble $\vec{F} = -G \frac{m_H \times M_T}{d^2} \vec{u}$

où \vec{u} est un vecteur unitaire dirigé de la Terre vers Hubble
 d la distance entre le centre de la Terre et Hubble
 m_H la masse de Hubble

D'après la 2^{ème} loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = m_H \times \vec{a} \quad \Leftrightarrow \quad -G \frac{m_H \times M_T}{d^2} \vec{u} = m_H \times \vec{a} \quad \Rightarrow \quad \vec{a} = -G \frac{M_T}{d^2} \vec{u}$$

L'accélération est donc dirigée dans le sens opposé de \vec{u} donc de Hubble vers la Terre. *

D'autre part, dans le repère de Frénet, l'accélération s'exprime $\vec{a} = \frac{v^2}{r} \vec{u}_N + \frac{dv}{dt} \vec{u}_T$ *

Or $\vec{u} = -\vec{u}_N$ ainsi $\vec{a} = +G \frac{M_T}{d^2} \vec{u}_N$

Par identification entre les deux expressions du vecteur accélération \vec{a} , on en déduit que :

$$\vec{a} \begin{cases} \vec{a}_N \\ \vec{a}_T \end{cases} \Rightarrow \vec{a} \begin{cases} \frac{v^2}{r} = G \frac{M_T}{d^2} \\ \frac{dv}{dt} = 0 \end{cases} \text{ Ainsi } \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = \text{constante.}$$

La vitesse du satellite Hubble étant constante, le mouvement est dit **uniforme**.

1.3 Montrer que la vitesse $v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}}$

D'après la question précédente, on a $\frac{v^2}{r} = G \frac{M_T}{d^2}$ ici $d=r = R_T+h$ donc $v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T+h}}$ *

1.4 Période T

Hubble fait le tour soit $2\pi(R_T+h)$ de la Terre en une durée T, à la vitesse v.

$$v = \frac{d}{t} \Leftrightarrow v = \frac{2\pi(R_T+h)}{T} \Leftrightarrow T = \frac{2\pi(R_T+h)}{v}$$

1.5 Énoncé de la 3^{ème} loi de Kepler : Le rapport du carré de la période de révolution par le cube du demi-grand axe de l'ellipse (ou du cube du rayon du cercle) est une constante qui ne dépend que du centre attracteur.

D'après la question 1.4 $T = \frac{2\pi(R_T+h)}{v} = \frac{2\pi r}{v} \Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{v^2}$

D'après la question 1.3 $v = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$ donc $v^2 = \frac{GM_T}{r}$

ainsi $T^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{\left(\frac{GM_T}{r}\right)} \Rightarrow \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_T}$ *

1.6. Calcul de T

Pour calculer la valeur de T : R_T et h sont à exprimer en m

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot (R_T + h)^3}{G \cdot M_T}} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2 \times ((6370 + 600) \times 10^3)^3}{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}} = 5,79 \times 10^3 \text{ s} = \mathbf{96,6 \text{ min}}$$

* *

2. Deuxième partie : étude de la mise en orbite du télescope spatial James Webb

2.1.1. Calcul du poids de la fusée : $P = M \cdot g$ (avec M la masse en kg)

$$P = 780 \times 10^3 \times 9,8 \Rightarrow \mathbf{P = 7,6 \times 10^6 \text{ N}}$$

* *

2.1.2. En appliquant la deuxième loi de Newton, dans le référentiel terrestre, et en supposant la masse M de la fusée constante : $\vec{P} + \vec{F} = M \times \vec{a}$

$$\vec{P} \begin{cases} P_x = 0 \\ P_y = 0 \\ P_z = -P \end{cases} \quad (\text{le vecteur } \vec{P} \text{ est dirigé vers le bas})$$
$$\vec{F} \begin{cases} F_x = 0 \\ F_y = 0 \\ F_z = F \end{cases} \quad (\text{le vecteur } \vec{F} \text{ est dirigé vers le haut})$$
$$\vec{a} \begin{cases} a_x \\ a_x \\ a_x \end{cases}$$

* *

On en déduit que sur l'axe Oz, $M \times a_z = -P + F = -Mg + F \Rightarrow a_z = \frac{F}{M} - g$

2.1.3. Calculons l'altitude après une durée de 10 s :

*

$$z(t=10\text{s}) = \frac{1}{2} \left(\frac{14,0 \cdot 10^6}{780 \cdot 10^3} - 9,8 \right) \times 10^2 = 4,1 \cdot 10^2 \text{ m}$$

2.1.4. Les forces de frottements ne sont pas négligeables : le travail résistant de ces dernières engendre une diminution de l'énergie mécanique de la fusée.

*

2.2. Au point L2, le télescope James WEBB sera dans l'ombre de la Terre et ne sera pas perturbé par la lumière issue du Soleil.

*