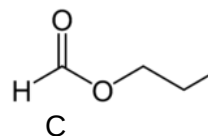
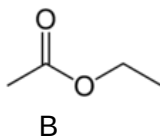
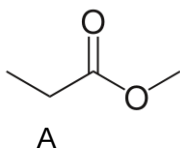


Devoir Maison 5 - Correction

Exercice 1 : Identification d'une molécule par RMN

On donne ci-dessous les formules topologiques de trois esters que l'on trouve dans des arômes alimentaires.



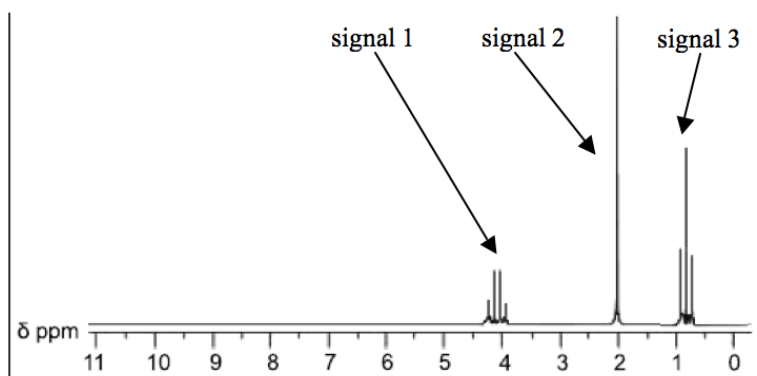
a) Nommer ces trois esters.

A est le propanoate de méthyle. B est l'éthanoate d'éthyle. C est le méthanoate de propyle.

b) Donner la formule brute de chaque ester. Comment qualifier ces trois molécules ?

La formule brute est $C_4H_8O_2$ pour les trois esters, ce sont donc des isomères.

On donne ci-contre le spectre RMN d'un de ces trois esters



c) Qu'appelle-t-on protons équivalents ?

Des protons équivalents sont des atomes d'hydrogène H qui ont le même environnement chimique.

d) Combien de groupes de protons équivalents cette molécule contient-elle ? Justifier.

Comme il y a 3 massifs sur le spectre on conclut qu'il y a 3 groupes de protons équivalents. En effet dans chaque groupe, les protons équivalents ayant le même environnement chimique, ils ont un déplacement chimique identique.

e) En déduire que ce spectre ne peut pas être celui d'un des trois esters de la question a). Préciser lequel.

Le méthanoate de propyle à 4 groupes de protons équivalents, ce spectre ne lui correspond donc pas car il devrait avoir 4 massifs.

f) Expliquer brièvement la différence entre les valeurs du déplacement chimique d'un proton présent dans le groupe CH_3-C et d'un autre présent dans le groupe $CH_3-O-CO-R$.

L'environnement électronique des protons présents dans un groupe qui contient des atomes électro-négatifs (comme l'oxygène) est moins dense car ces électrons sont attirés par les atomes électro-négatifs. Par conséquent, les protons vont ressentir davantage le champ magnétique et leur déplacement chimique va être plus important.

g) Utiliser les valeurs des déplacements chimiques données en annexe pour interpréter le spectre RMN et identifier l'ester auquel il correspond. Justifier soigneusement.

Le signal 1 a un déplacement chimique qui est le plus déblindé, $\delta = 4,1$ ppm ce qui veut dire que ces H sont proches d'un atome d'oxygène. Cela peut être $-CH_2-O-CO-$

Le signal 2 a un déplacement chimique de $\delta = 2,0$ ppm ce qui veut dire que ces H sont proches d'un atome d'oxygène. Cela peut être $CH_3-CO-O-R$

■ Déplacement chimique δ d'un protons du groupe CH_3-

$CH_3 - C$	0,9 ppm
$CH_3 - CO - O - R$	2,0 ppm
$CH_3 - O - CO - R$	3,7 ppm

■ Déplacement chimique δ d'un protons du groupe $-CH_2-$

$-CH_2 - C$	1,3 ppm
$-CH_2 - CO - O - R$	2,2 ppm
$-CH_2 - O - CO$	4,1 ppm

Le signal 3 a un déplacement chimique qui est le plus blindé, $\delta = 0,8$ ppm ce qui veut dire que ces H sont les plus loin d'un atome d'oxygène. Cela peut être $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-R}$. On en déduit que la molécule est l'ester B l'éthanoate d'éthyle.

h) Vérifier que la multiplicité de chaque signal est en accord avec votre réponse

Le signal 1 est un quadruplet il y a donc 3 H voisins (CH_3). Son déplacement chimique est le plus déblindé, $\delta = 4,1$ ppm ce qui veut dire que ces H sont proches d'un atome d'oxygène. Cela peut être $-\text{CH}_2\text{-O-CO-}$ car le CH_2 à CH_3 comme voisin

Le signal 2 est un singulet il y a donc aucun H voisin. Son déplacement chimique est $\delta = 2,0$ ppm ce qui veut dire que ces 3 H sont proches d'un atome d'oxygène. Cela peut être $\text{CH}_3\text{-CO-O-}$ car le CH_3 n'a pas de voisin.

Le signal 3 est un triplet il y a donc 2 H voisins ($-\text{CH}_2-$). Son déplacement chimique est le plus blindé, $\delta = 0,8$ ppm ce qui veut dire que ces H sont les plus loin d'un atome d'oxygène.

Cela peut être $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-}$ on en déduit que la molécule est l'ester B l'éthanoate d'éthyle.

Exercice 2 : Curling...

Au curling, pendant la phase de « pousser et glisser », le joueur exerce sur la pierre, dont la vitesse initiale est nulle, une force $\vec{F}$ horizontale constante (phase 1).

Le joueur lâche ensuite la pierre qui glisse sans frottements sur la glace (phase 2).

On modélise la pierre par un point matériel A de masse $m = 20$ kg.

1- Préciser le référentiel d'étude et le système étudié.

Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre (le sol de la patinoire) supposé galiléen.

Etude de la phase 1

2- Quelle est la nature du mouvement pendant cette phase ?

Le mouvement de la pierre est rectiligne accéléré car la vitesse initiale est nulle et elle augmente quand le joueur pousse la pierre.

3- Faire le bilan des actions extérieures exercées sur le système pendant cette phase.

Les actions exercées sur la pierre sont le poids $\vec{P}$ (action de la Terre sur la pierre), la réaction $\vec{R}$ de la glace et la force de poussée $\vec{F}$.

4- Enoncer la loi de Newton que l'on peut utiliser pour étudier le mouvement pendant cette phase.

Le mobile est en mouvement, soumis à des forces extérieures qui ne se compensent pas, il accélère, on peut donc utiliser la deuxième loi de Newton, "La somme vectorielle des forces extérieures $\sum \vec{F}_{\text{Ext}}$ qui s'exercent sur un système de masse m est égale à la dérivée par rapport au temps de son vecteur quantité de mouvement $\vec{p}(t)$ dans le référentiel galiléen : "

$$\sum \vec{F}_{\text{Ext}} = m \cdot \vec{a}(t) \text{ car la masse de la pierre est constante.}$$

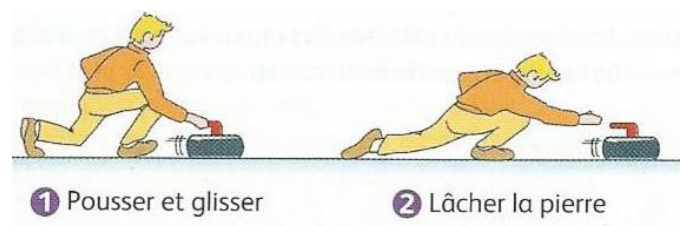
Etude de la phase 2

5- Quelle est la nature du mouvement pendant cette phase ?

Le mouvement de la pierre est rectiligne uniforme (voir décéléré si on ne néglige pas les forces de frottements) durant cette phase. La vitesse ne varie pas.

6- Faire le bilan des actions extérieures exercées sur le système pendant cette phase.

Les actions exercées sur la pierre sont le poids $\vec{P}$ (action de la Terre sur la pierre) et la réaction $\vec{R}$ de la glace. Ces deux forces se compensent, la pierre est alors pseudo isolée et on peut appliquer la première loi de Newton "Dans un référentiel galiléen, si la somme vectorielle des forces qui s'exercent sur le système est nulle ($\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$) alors le vecteur vitesse du centre d'inertie G d'un système est un vecteur constant ($\vec{v}_G = \vec{cte}$), et réciproquement."



7- Les représenter sur un schéma en justifiant clairement.



Exercice 3 :

Deux siècles avant J.-C., Hipparque proposait déjà une description complète du mouvement de la Lune.

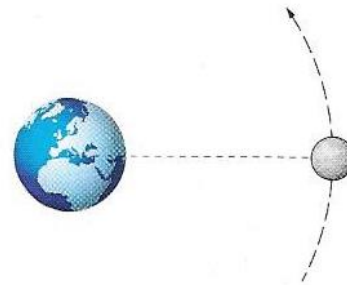
Donnée. Distance moyenne Terre-Lune : $d = 384\,000\text{ km}$.

1. Dans quel référentiel peut-on affirmer que l'orbite de la Lune autour de la Terre est circulaire et que sa période de révolution est de 27,3 jours ?

2. Calculer la valeur de la vitesse du centre d'inertie de la Lune, supposée constante, dans ce référentiel.

3. Sur la figure ci-contre, que vous reproduirez, et à l'aide d'une échelle adaptée, tracer ce vecteur vitesse.

4. Compléter cette figure en ajoutant, sans souci d'échelle, le vecteur accélération du centre d'inertie de la Lune.



5. a. Dans ce référentiel, la Lune est-elle un système pseudo-isolé ou isolé ?

b. Que se passerait-il si la Lune devenait un système isolé ?

1. On peut affirmer que le mouvement de la Lune est circulaire dans le référentiel géocentrique.

2. Si la vitesse est supposée constante alors on peut calculer une vitesse moyenne:

$$v = \frac{D}{t}$$

avec D = longueur de la trajectoire d'un tour de la Lune autour de la Terre = $2 \times \pi \times d$

soit $D = 2 \times \pi \times 3,84 \times 10^8\text{ m} = 2,4 \times 10^9\text{ m}$

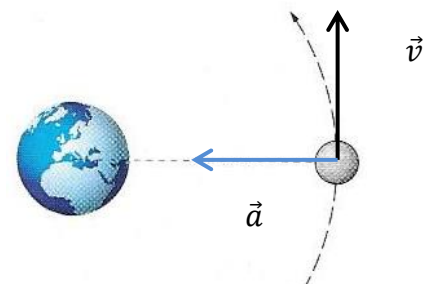
et t = durée d'un tour de la Terre = $27,3\text{ j} = 27,3 \times 24 \times 3600\text{ s} = 2,4 \times 10^6\text{ s}$

On obtient $v = 1,0 \times 10^3\text{ m.s}^{-1}$

3. Echelle 1 cm représente $0,5 \times 10^3\text{ m.s}^{-1}$

le vecteur vitesse sera représenté par un vecteur de 2 cm

4. Comme le mouvement est circulaire uniforme, l'accélération est centripète, dirigée vers le centre de la Terre.

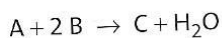


5.a. Dans ce référentiel la Lune est soumise à une force, l'interaction gravitationnelle. La Lune ne peut donc pas être un système isolé (qui ne subit aucune force). Aucune autre action ne vient compenser l'interaction gravitationnelle donc la Lune n'est pas non plus un système pseudo isolé.

5.b. Si la Lune devenait un système isolé alors, sachant que sa vitesse est non nulle, elle aurait un mouvement rectiligne uniforme d'après la première loi de Newton.

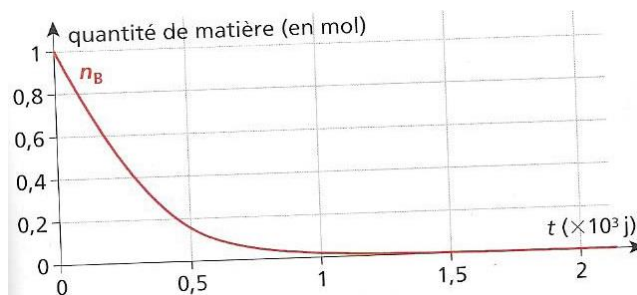
Exercice 4 : Synthèse chimique

L'équation de la réaction chimique étudiée sera écrite sous la forme :



À l'instant initial, $n_{0,A} = 1,0$ mol du réactif A est mélangé à $n_{0,B} = 1,0$ mol de réactif B. Le milieu réactionnel est maintenu à la température constante de 25 °C.

1. En utilisant les notations imposées par l'énoncé, établir le tableau d'avancement de cette transformation avec l'état initial, un état intermédiaire quelconque et l'état final.
2. Pour un état intermédiaire quelconque, exprimer la quantité de matière n_C de produit C en fonction de la quantité de matière du réactif B n_B et de la quantité de matière de B $n_{0,B}$ introduite initialement.
3. La mesure de la quantité de matière de B au cours du temps a permis de tracer la courbe ci-dessous. Utiliser la relation précédente pour obtenir la courbe représentant l'évolution temporelle de la quantité de matière de C.



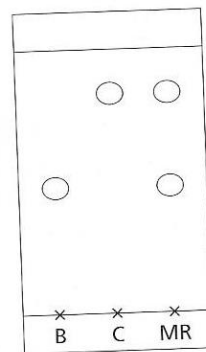
4. Rappeler la définition du temps de demi-réaction $t_{1/2}$. Déterminer ici sa valeur en expliquant la démarche.

5. Pour suivre qualitativement la réaction, des CCM ont été réalisées à différentes dates. Le chromatogramme suivant a été ainsi obtenu à $t = 100$ jours (B : dépôt de B ; C : dépôt de C ; MR : dépôt du mélange réactionnel). Représenter l'allure des chromatogrammes obtenus à $t = 0$, $t = 500$ jours et $t = 1500$ jours.

6. À la température ambiante, la réaction précédente peut durer plusieurs mois, durée rendant cette synthèse sans intérêt pour une application industrielle par exemple.

- a. Sans changer les réactifs, proposer une méthode pour écourter la durée de cette synthèse.

- b. Sur la même figure que pour la question 3., tracer à la main l'allure de la courbe de la quantité de matière n_C de produit C qui serait alors obtenue en fonction du temps.



1. On établit un tableau d'avancement.

Equation chimique	Avancement (en mol)	Réactifs		Produits	
		A	+ 2B	C	+ H ₂ O
Etat initial	$x = 0$	$n_{0,A} = 1,0$	$n_{0,B} = 1,0$	0	0
Etat intermédiaire	x	$1,0 - x$	$1,0 - 2x$	x	x
Etat final	$x_{\max}$	$1,0 - x_{\max} = 0,5$	$1,0 - 2 \cdot x_{\max} = 0,0$	$x_{\max} = 0,5$	$x_{\max} = 0,5$

Pour calculer l'avancement final on résout deux équations:

$$1,0 - x_{\max A} = 0 \text{ et } 1,0 - 2 \cdot x_{\max B} = 0$$

On obtient $x_{\max A} = 1,0$ mol et $x_{\max B} = 0,5$ mol.

L'avancement est donc $x_{\max B} = 0,5$ mol, B est le réactif limitant car entièrement consommé et A est en excès.

2. Ce tableau nous permet de déterminer la quantité de matière n_C produit en fonction de n_B et $n_{B,0}$. On a donc $n_C = x$ et $n_B = n_{B,0} - 2x$ d'où $n_B = n_{B,0} - 2 \cdot n_C$

On en déduit alors $n_C = \frac{1}{2} (n_{B,0} - n_B)$

3. En utilisant la courbe donnée et la relation précédente on a

$$n_C(t=0) = \frac{1}{2} (1-1) = 0 \text{ mol}$$

$$n_C(t_1) = \frac{1}{2} (1-0,8) = 0,1 \text{ mol}$$

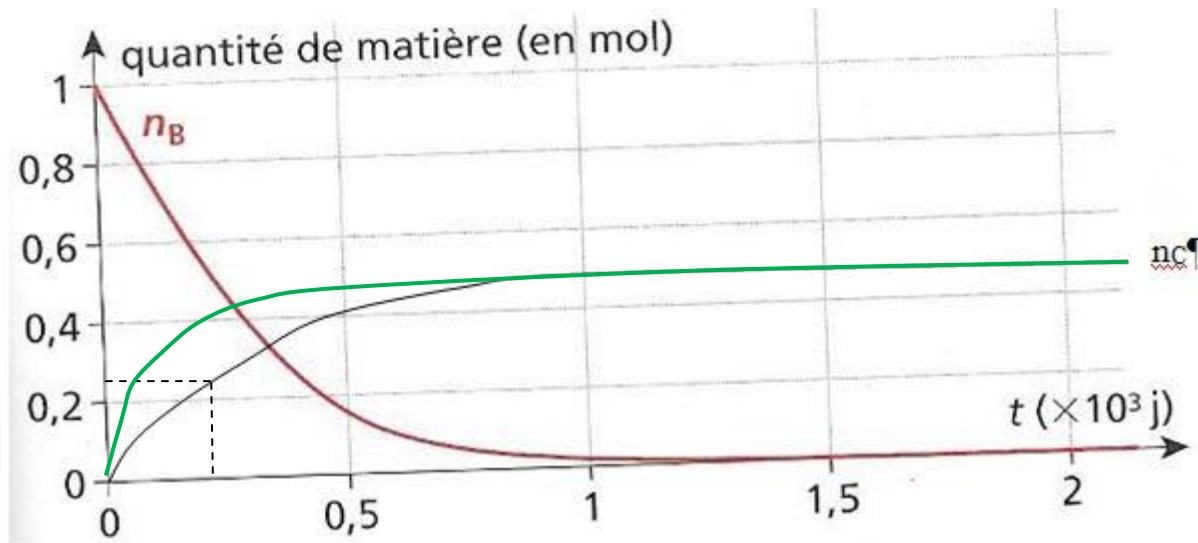
$$n_C(t_2) = \frac{1}{2} (1-0,6) = 0,2 \text{ mol}$$

$$n_C(t_3) = \frac{1}{2} (1-0,4) = 0,3 \text{ mol}$$

$$n_C(t_4) = \frac{1}{2} (1-0,2) = 0,4 \text{ mol}$$

$$n_C(t_5) = \frac{1}{2} (1-0) = 0,5 \text{ mol}$$

Ces valeurs nous permettent de tracer l'évolution de n_C au cours du temps.



4. Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement de la réaction a atteint la moitié de sa valeur finale x_f .

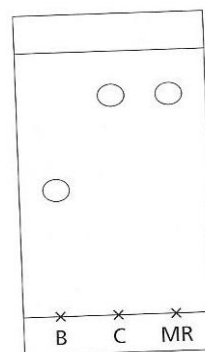
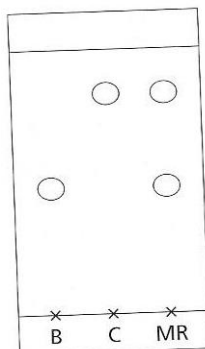
On détermine la valeur du temps de demi-réaction par lecture graphique. On sait que $x_f = 0,5 \text{ mol}$ donc on recherche à quelle date $x(t_{1/2}) = 0,25 \text{ mol}$

On obtient $t_{1/2} = 0,23 \times 10^3 \text{ j}$

5. A $t = 0 \text{ j}$ B est présent sur la ligne de dépôt, C n'est pas encore formé et le mélange réactionnel ne contient que A et B.



A $t = 500 \text{ j}$ B a migré et n'est plus présent sur la ligne de dépôt, C s'est formé et le mélange réactionnel contient A, B, C et de l'eau.



A $t = 1500$ j B a migré et n'est plus présent sur la ligne de dépôt, C s'est formé et le mélange réactionnel contient A, B est entièrement consommé, C et de l'eau.

6.a. Pour écourter la durée de la réaction on peut augmenter la température du milieu réactionnel, augmenter la concentration d'un des réactifs, apporter un catalyseur par exemple.

6.b. Lorsque la réaction est accélérée le temps de demi réaction est atteint plus tôt.