

Thème 1. Exercices de fin de thème

Thème 1 – Exercices de fin de thème

Manuel pages 152 à 155

Ces exercices concernent les chapitres 1 à 7 du manuel.

1. 1. a. Les ultrasons sont des vibrations de même type que les vibrations sonores mais de fréquences supérieures aux fréquences audibles par l'homme.

b. Son pur : vibration sinusoïdale.

Fréquence fondamentale : fréquence la plus petite dans la décomposition harmonique.

Harmoniques : vibration sinusoïdale obtenue par décomposition d'une vibration périodique.

c. La fréquence fondamentale est associée à la hauteur d'un son.

d. La composition en harmoniques est associée au timbre d'un son.

e. Les fréquences des harmoniques sont multiples de la fréquence du fondamental.

Harmonique de rang 2 : 60 Hz ; harmonique de rang 3 : 90 Hz.

f. Signal **(a)** : cri FM ; signal **(b)** : cri FC ; signal **(c)** : cri FC-FM.

g. Pour les petits obstacles, la diffraction devient importante (il y a alors un étalement du faisceau réémis). En admettant que la dimension minimale de l'insecte est la longueur d'onde du signal émis :

$$\lambda = \frac{v_{\text{son}}}{f} = 1,1 \times 10^{-2} \text{ m}$$

2. a. $d = v \times \Delta t$.

b. Distance de propagation du signal :

$$L = 2D - d = 2D - v\Delta t$$

c. La distance de propagation du signal s'écrit aussi :

$$L = v_{\text{son}}\Delta t$$

d'où :

$$v_{\text{son}}\Delta t = 2D - v\Delta t$$

d'où :

$$\Delta t = \frac{2D}{v + v_{\text{son}}} = 1,7 \times 10^{-2} \text{ s}$$

d. En négligeant le déplacement de la chauve-souris :

$$v_{\text{son}}\Delta t^2 = 2D$$

Erreur relative :

$$\frac{\Delta t' - \Delta t}{\Delta t} = \frac{\Delta t'}{\Delta t} - 1 = \frac{v + v_{\text{son}}}{v_{\text{son}}} - 1 = \frac{v}{v_{\text{son}}} = 2 \%$$

On peut effectivement négliger le déplacement de la chauve-souris pour effectuer ce calcul avec une bonne précision.

3. a. L'effet Doppler est le changement de la fréquence du signal reçu par rapport à celle du signal émis lorsque le récepteur est en mouvement relatif par rapport à la source.

Exemple : changement de hauteur d'un klaxon perçu au passage d'un véhicule.

Applications : mesure de la vitesse des étoiles, radar routier de contrôle de vitesse.

b. Les maxima de compression sont émis avec une période T . Entre deux maxima, l'émetteur et le récepteur se sont déplacés ; ainsi, la durée séparant la réception de deux maxima successifs est différente de T .

Thème 1. Exercices de fin de thème

c. Considérons deux maxima de compression successifs. Le deuxième maximum met moins de temps pour parvenir à la chauve-souris : la période est donc raccourcie, la fréquence est plus grande.

d. Ici, la fréquence apparente est plus grande que la fréquence d'émission, ce qui n'est vérifié que par la deuxième expression

$$f_a = 62 \text{ kHz}$$

e. Les ailes du papillon constituent un émetteur ayant, par rapport à la chauve-souris, une vitesse qui varie périodiquement. Le décalage Doppler dû à ces variations est donc lui aussi périodique.

f. La fréquence du fondamental est la moitié de la fréquence du premier harmonique. Cette fréquence doit donc varier de 1,5 Hz. Ici, l'effet Doppler provoque une augmentation de la fréquence perçue donc, pour compenser, les fréquences émises doivent diminuer.

2. 1. a. Le son est une onde progressive, car c'est le phénomène de propagation d'une perturbation sans transport de matière, mais avec transport d'énergie.

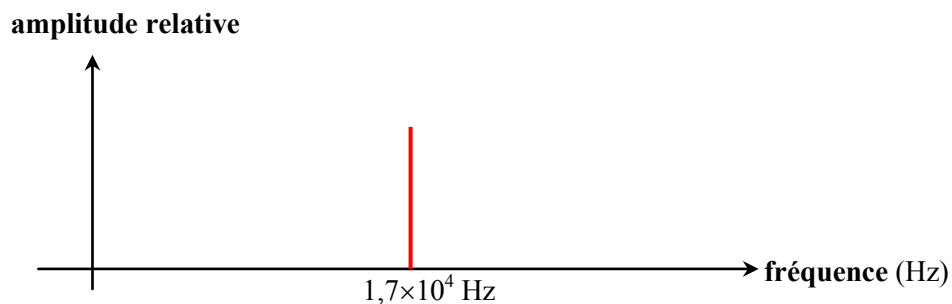
b. Valeur de la vitesse du son v_{son} dans l'air : $v_{\text{son}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

c. Période T : $T = 60 \text{ }\mu\text{s}$.

d. Fréquence f : $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{60 \times 10^{-6}} = 1,7 \times 10^4 \text{ Hz}$.

e. Ce son est audible, car la fréquence est comprise entre 20 et 20 000 Hz. C'est un son aigu, car la fréquence est élevée.

f. Le son est une onde progressive sinusoïdale, donc l'allure du spectre est la suivante :



2. a. Distance entre les récepteurs R_1 et R_2 : lorsque les deux signaux sont en coïncidence pour la première fois, alors la distance parcourue est égale à la longueur d'onde soit

$$v_{\text{son}} = \lambda \times f \text{ donc } \lambda = \frac{v_{\text{son}}}{f} = \frac{340}{1,7 \times 10^4} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ m} = 2,0 \text{ cm}$$

b. La valeur 95 dB correspond au niveau d'intensité sonore.

c. Les adultes ne sont pas gênés par le Mosquito, car leur domaine de fréquences audibles est plus restreint.

Thème 1. Exercices de fin de thème

3. a. Les ondes ultrasonores et lumineuses (ondes électromagnétiques) sont utilisées dans le télémètre à pointeur laser.

b. Les ondes ultrasonores sont utilisées par le télémètre pour faire une mesure de distance.

Les ondes lumineuses du pointeur laser sont utilisées pour pointer la cible.

c. Principe de fonctionnement d'un télémètre : le télémètre envoie une onde ultrasonore vers l'objet pour déterminer la distance d qui nous sépare de celui-ci.

L'onde émise se réfléchit puis revient après une certaine durée Δt mesurée par l'appareil.

L'affichage d du télémètre est obtenu en utilisant la valeur de la vitesse v des ondes ultrasonores et la relation $2d = v\Delta t$.

d. Une mesure réalisée sur une surface plane et dure possède une grande précision car l'onde sonore revient directement vers le télémètre.

e. L'appareil ne mesure pas à travers une vitre car l'onde ultrasonore est fortement absorbée par le verre.

f. Pour réaliser des mesures de distances de 13,5 m jusqu'à 18 m, le taux d'humidité ne doit pas être trop élevé pour limiter l'absorption des ondes ultrasonores et l'objet pointé doit être grand pour pallier au problème de directivité du faisceau d'ultrasons.

g. Calcul de l'incertitude sur une distance $d = 9,0$ m :

$$\text{la précision est } \frac{\Delta d}{d} = 0,5 \% \text{ soit } \Delta d = \frac{0,5}{100} \times 9,0 = 4,5 \times 10^{-2} \text{ m} = 4,5 \text{ cm}$$

Cap vers LE SUPÉRIEUR

4. a. La distance d_E parcourue par la source pendant une période T_E de la vibration sonore émise est :

$$d_E = v_E T_E$$

b. La date t_1 à laquelle ce maximum atteint R est :

$$t_1 = \frac{D}{v_{son}}$$

c. À l'instant de date $t_0' = T_E$, la distance entre E et R est : $D - d_E$.

La durée mise par le son pour parcourir cette distance est :

$$t' = \frac{D - d_E}{v_{son}}$$

La date à laquelle R reçoit ce maximum de vibration est :

$$t_2 = T_E + \frac{v_{son}t_1 - v_E T_E}{v_{son}} = t_1 + T_E \left(1 - \frac{v_E}{v_{son}}\right)$$

d.

$$T_R = t_2 - t_1 = T_E \left(1 - \frac{v_E}{v_{son}}\right)$$

Cette relation implique :

$$\frac{1}{f_R} = \frac{1}{f_E} \left(1 - \frac{v_E}{v_{son}}\right)$$

$$f_R = f_E \left(\frac{v_{son}}{v_{son} - v_E}\right)$$

Thème 1. Exercices de fin de thème

e. Si E s'éloigne du récepteur, à l'instant de date $t_0' = T_E$, la distance entre E et R est $D + d_E$, ce qui entraîne en fin de raisonnement :

$$f_R = f_E \left(\frac{v_{son}}{v_{son} + v_E} \right)$$

f. Si E se rapproche de R à $v_E = 120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ soit $\frac{120 \times 10^3}{3600} = 33,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, alors :

$$f_R = \frac{340}{340 - 33,3} \times 400 = 443 \text{ Hz}$$

Si E s'éloigne de R à $v_E = 120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 33,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ alors :

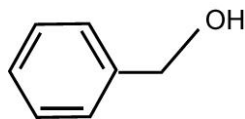
$$f_R = \frac{340}{340 + 33,3} \times 400 = 364 \text{ Hz}$$

g. La variation relative de la fréquence est au minimum de 17,8 %, ce qui est supérieur à l'écart de 6 % correspondant à un demi-ton entre deux notes. La différence est perceptible.

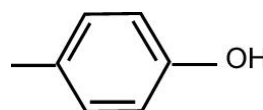
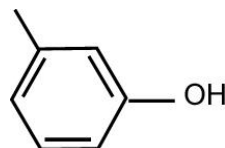
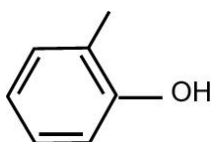
5. 1. a. Ce sont les spectres IR qu'il est judicieux d'analyser pour identifier d'éventuels groupes caractéristiques présents dans les produits obtenus (par l'identification des différents types de liaisons qu'ils contiennent).

b. Le spectre IR du produit A_1 en phase condensée présente une bande large autour de 3300 cm^{-1} , qui correspond vraisemblablement à la liaison O–H d'un groupe hydroxyle, et non d'un groupe carboxyle puisque le produit A_1 ne contient qu'un seul atome d'oxygène (et qu'on ne repère pas de bande vers 1700 cm^{-1}).

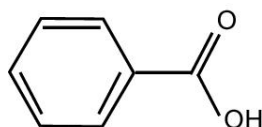
c. La molécule A_1 ($\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$) comporte un groupe hydroxyle et le même cycle à 6 atomes de carbone que le benzaldéhyde, elle peut avoir comme formule topologique :



On peut aussi proposer les trois isomères suivants :



d. Le spectre IR de A_2 présente une bande large entre 2500 cm^{-1} et 3200 cm^{-1} ainsi qu'une bande fine et intense aux environs de 1700 cm^{-1} . On en déduit, grâce à une table IR, que cette molécule comporte un groupe carboxyle. La formule topologique de A_2 ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$) est donc vraisemblablement :



Thème 1. Exercices de fin de thème

e. Spectre de RMN de A_1

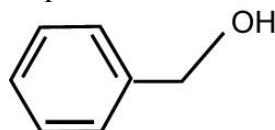
Le spectre de RMN de A_1 présente trois signaux.

À 7,2 ppm, le signal correspond aux protons (notés **(a)**) liés au cycle benzénique à 6 atomes de carbone. Le saut correspondant sur la courbe d'intégration mesure 1 cm.

Le saut de la courbe d'intégration correspondant au signal à 2,4 ppm (protons notés **(b)**) mesure 2 mm, et celui correspondant au signal à 4,6 ppm (protons notés **(c)**) mesure 4 mm.

Il y a donc 5 fois plus de protons **(a)** que de protons **(b)**, et 2 fois plus de protons **(c)** que de protons **(b)**.

Parmi les formules proposées, la seule qui est en accord avec ces observations est :



Il y a 5 protons liés aux atomes de carbone du cycle (protons **(a)** à 7,2 ppm), un proton lié à l'atome d'oxygène (proton **(b)** à 2,4 ppm) et 2 protons liés à l'atome de carbone lié au cycle (protons **(c)** à 4,6 ppm).

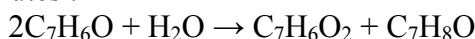
Les signaux à 2,4 et 4,6 ppm sont des singulets, les protons correspondant n'ayant pas de protons voisins.

Les trois autres formules ne conviennent pas, les proportions des différents types de protons ne correspondant pas à l'exploitation de la courbe d'intégration (seulement 4 protons liés au cycle, 3 protons équivalents – groupe méthyle – et le proton du groupe hydroxyle).

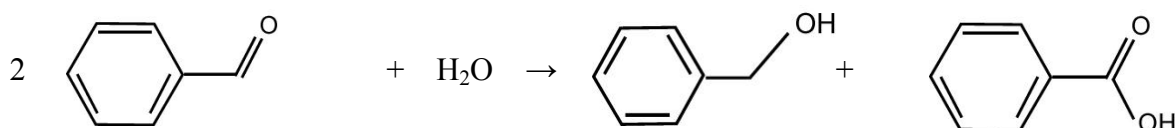
Spectre de RMN de A_2

Le signal à 12 ppm correspond au proton du groupe carboxyle. Les deux autres signaux (l'un correspondant à 2 protons et l'autre à 3 protons d'après la courbe d'intégration) correspondent aux 5 protons liés au cycle benzénique.

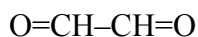
f. En utilisant les formules brutes :



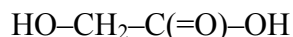
soit, avec les formules topologiques :



2. Le glyoxal contient deux atomes de carbone et deux groupes carbonyle : sa formule semi-développée est donc :



Lors de la réaction de Cannizzaro, l'un des deux groupes carbonyle va se transformer en groupe hydroxyle, tandis que l'autre va se transformer en groupe carboxyle. La formule semi-développée de l'espèce obtenue est donc :



ce qui correspond bien à la formule brute $C_2H_4O_3$.

Thème 1. Exercices de fin de thème

6. a. Calcul de la célérité v de l'onde périodique pour chaque enregistrement :

$$v = \lambda \times f$$

f (Hz)	12	24	48	96
λ (m)	0,018	0,0097	0,0059	0,0036
v (m·s ⁻¹)	0,22	0,23	0,28	0,35

b. La célérité augmente en fonction de la fréquence de l'onde. Ce phénomène est appelé dispersion.

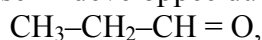
Le phénomène de dispersion s'observe en optique dans le cas de la dispersion de la lumière blanche dans un milieu transparent : d'après la loi de Snell-Descartes, $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ pour le même angle d'incidence i_1 , les valeurs de i_2 sont différentes. Ceci implique que l'indice de réfraction du milieu transparent dépend de la fréquence (donc de la longueur d'onde et donc de la couleur) des radiations.

Comme $n = \frac{c}{v}$, la vitesse de propagation de la lumière dans un milieu transparent dépend aussi de la vitesse. Le prisme utilise cette propriété pour décomposer une lumière polychromatique.

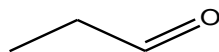
7.

a. Les deux formules topologiques données correspondent à la même formule brute : C_3H_6O . Les deux molécules A et B sont donc bien isomères.

b. Le propanal est un aldéhyde dont la chaîne carbonée est constituée d'un enchaînement de trois atomes de carbone. La formule semi-développée du propanal est donc :

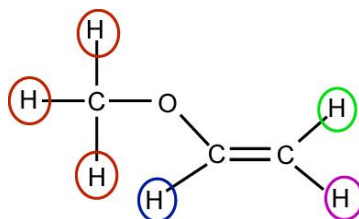


soit, en formule topologique :



c. Le propanal contient trois groupes de protons équivalents : l'un formé par les trois protons du groupe méthyle CH_3- , un autre formé par les deux protons de $-CH_2-$, et un autre formé par le proton lié à l'atome de carbone du groupe carbonyle.

d. Les protons équivalents entre eux sont entourés d'une même couleur sur la formule développée ci-dessous :



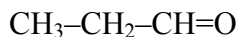
Les trois protons entourés en rouge sont équivalents du fait de la libre rotation autour de la liaison simple C-O. Le proton entouré en vert et celui entouré en violet ne sont pas équivalents du fait de l'impossibilité de la rotation autour de la double liaison C=C : le proton entouré en vert est donc spatialement plus proche de l'atome d'oxygène de la molécule que le proton entouré en violet.

e. Le spectre de RMN de la molécule A fait apparaître trois signaux : la molécule A comporte donc trois groupes de protons équivalents.

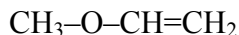
Le spectre de RMN de la molécule B fait apparaître quatre signaux : la molécule B comporte donc quatre groupes de protons équivalents.

L'isomère A est donc le propanal :

Thème 1. Exercices de fin de thème



tandis que la formule semi-développée de l'isomère *B* est :



f. Dans le propanal (isomère *A*), tous les protons ont des protons voisins : les 3 protons du méthyle -CH_3 ont 2 protons voisins (ceux de $\text{-CH}_2\text{-}$) et donnent donc un triplet ; le proton lié à l'atome de carbone du groupe carbonyle a aussi 2 protons voisins (ceux de -CH-) et donne donc un triplet. Enfin, les protons de $\text{-CH}_2\text{-}$ ont deux types de voisins : les 3 protons du groupe méthyle et le proton lié à l'atome de carbone du carbonyle ; on observe un massif.

Tous les signaux du spectre de RMN de *A* sont donc bien des multiplets.

Dans la molécule *B*, les trois protons du groupe méthyle n'ont pas de protons voisins et donnent donc un singulet, bien visible sur le spectre (vers 3,2 ppm).

g. Le signal à 9,8 ppm dans le spectre de RMN de *A* correspond à un atome d'hydrogène lié à l'atome de carbone d'un groupe carbonyle. Ce signal permet immédiatement de conclure que *A* est le propanal.

h. Dans le spectre IR, on observe une bande fine et intense vers $1\,750\text{ cm}^{-1}$, caractéristique d'une double liaison C=O . Ce spectre IR correspond donc au propanal : *A*. La spectroscopie IR est donc tout aussi efficace que la spectroscopie de RMN du proton pour distinguer les deux isomères étudiés ici.
