

Spectroscopie IR et RMN

Corrigé des exercices - niveau Terminale

Voici le corrigé détaillé des exercices de spectroscopie IR et RMN. Compare chaque démarche avec la tienne : lire les bandes, calculer δ , interpréter l'intégration et la multiplicité sont des gestes à maîtriser, avec leurs unités et leurs chiffres significatifs.

Ce corrigé est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

La correction détaillée : corrigé spectroscopie IR et RMN

Correction de l'exercice 1 : Questions de cours

1. Le **nombre d'onde σ** , en cm^{-1} .
2. Une bande d'absorption est le domaine de nombres d'onde où une liaison absorbe le rayonnement ; sur un spectre de transmittance, c'est un **creux** (T diminue).
3. Le **tétraméthylsilane (TMS)**, auquel on attribue **$\delta = 0$** .
4. Le **nombre relatif de protons** responsables de chaque signal (hauteur de marche proportionnelle).
5. Un groupe de protons équivalents ayant **n protons voisins** donne un multiplet de **n + 1 pics**.

Correction de l'exercice 2 : Vrai ou faux ?

- a. **Faux** : l'axe est gradué de 4 000 à 400 cm^{-1} , donc dans l'ordre décroissant de gauche à droite.
- b. **Vrai** : O-H lié, bande forte et large entre 3 200 et 3 450 cm^{-1} .
- c. **Faux** : les trois protons d'un CH_3 sont équivalents et donnent un seul signal.
- d. **Vrai** : les protons d'aldéhyde résonnent entre 9,5 et 10 ppm.
- e. **Faux** : les six protons sont équivalents et n'ont pas de voisins, donc un **singulet**.
- f. **Vrai** : T faible signifie peu de lumière transmise, donc forte absorption.
- g. **Faux** : δ est un rapport (ppm) précisément indépendant de la fréquence de travail ; seul l'écart en Hz en dépend.

Correction de l'exercice 3 : Longueur d'onde et nombre d'onde

1. $\lambda = 3,0 \mu\text{m} = 3,0 \times 10^{-4} \text{ cm}$; $\sigma = 1 \div (3,0 \times 10^{-4}) = \mathbf{3,3 \times 10^3 \text{ cm}^{-1}}$.
2. $\lambda = 1 \div 1\,710 = 5,85 \times 10^{-4} \text{ cm} = \mathbf{5,85 \mu\text{m}}$.

3. $\lambda = 1 \div 2\,900 = 3,45 \times 10^{-4} \text{ cm} = \mathbf{3,45 \mu m}$.

4. $1 \div 4\,000 = 2,5 \times 10^{-4} \text{ cm} = \mathbf{2,5 \mu m}$; $1 \div 400 = 2,5 \times 10^{-3} \text{ cm} = \mathbf{25 \mu m}$.

Correction de l'exercice 4 : Calculs de déplacements chimiques

1. $\delta = 1\,200 \div (400 \times 10^6) \times 10^6 = \mathbf{3,00 \text{ ppm}}$.

2. $\nu - \nu_{\text{TMS}} = \delta \times \nu_0 \times 10^{-6} = 2,10 \times 400 \times 10^6 \times 10^{-6} = \mathbf{840 \text{ Hz}}$.

3. $2,10 \times 60 \times 10^6 \times 10^{-6} = \mathbf{126 \text{ Hz}}$.

4. L'écart en Hz est proportionnel à la fréquence de travail du spectromètre ; δ en ppm est un rapport, **identique quel que soit l'appareil**, donc comparable entre spectres.

Correction de l'exercice 5 : Un spectre IR à interpréter

1. Une bande vers **2 950 à 3 000 cm^{-1}** (on lit environ 2 970) et une bande vers **1 700 à 1 750 cm^{-1}** (environ 1 715).

2. La première est la liaison **C-H** ; la seconde est la liaison **C=O**, bande **forte et fine**, la plus intense du spectre.

3. **Non** : la transmittance reste proche de 100 % entre 3 100 et 3 700 cm^{-1} ; aucune bande large ne signale de O-H.

4. On retient la **butan-2-one** (cétone, présence de C=O et absence de O-H). Le but-3-én-1-ol aurait une bande large vers 3 300 cm^{-1} et pas de C=O vers 1 715 cm^{-1} .

Correction de l'exercice 6 : Spectre IR d'un composé de formule $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$

1. Une bande **très large**, de 3 300 à 2 500 cm^{-1} environ, et une bande **forte et fine** à 1 710 cm^{-1} ; on voit aussi une bande C-O vers 1 290 cm^{-1} .

2. La bande très large de 2 500 à 3 200 cm^{-1} est caractéristique de la liaison **O-H d'un acide carboxylique**.

3. La bande à 1 710 cm^{-1} correspond à un **C=O d'acide carboxylique** (1 680 à 1 710 cm^{-1}).

4. Le composé est l'**acide éthanoïque**. Le méthanoate de méthyle n'a aucune liaison O-H et son C=O d'ester absorberait à un nombre d'onde plus élevé (1 730 à 1 750 cm^{-1}) ; il est exclu.

Correction de l'exercice 7 : Compter les signaux RMN

Éthanol : **3 signaux** (CH_3 , CH_2 , OH). Propanone : **1 signal** (deux CH_3 équivalents).

Éthanal : **2 signaux** (CH_3 et CHO). Méthoxyméthane : **1 signal** (six protons équivalents).

Éthanoate de méthyle : **2 signaux** (CH_3 -CO et O- CH_3 , non équivalents).

Propane : **2 signaux** (les deux CH_3 sont équivalents, le CH_2 est différent).

Correction de l'exercice 8 : Prévoir les multiplicités

Bromoéthane : CH_3 ($n = 2$) **triplet 1:2:1** ; CH_2 ($n = 3$) **quadruplet 1:3:3:1**.
1,1-dichloroéthane : CH_3 ($n = 1$) **doublet 1:1** ; CH ($n = 3$) **quadruplet**.
2-bromopropane : les deux CH_3 équivalents (6 H, $n = 1$) **doublet** ; CH ($n = 6$) **septuplet** (7 pics).
1,2-dichloroéthane : les quatre protons sont équivalents, **un singulet** ($n = 0$).

Correction de l'exercice 9 : Un spectre RMN, deux isomères

1. **Trois signaux**. Le méthoxyméthane, dont les six protons sont équivalents, n'en donnerait qu'**un seul** : il est exclu.
2. Triplet à 1,2 ppm ; singulet à 2,6 ppm ; quadruplet à 3,7 ppm.
3. Triplet (3 H) : CH_3 , 2 voisins ; quadruplet (2 H) : CH_2 , 3 voisins, déplacé vers 3,7 ppm par l'oxygène ; singulet (1 H) : O-H. Le composé est l'**éthanol**.
4. Le proton O-H s'échange rapidement : il ne se couple pas aux protons du CH_2 , d'où un **singulet**.

Correction de l'exercice 10 : Lire une courbe d'intégration

1. Total : $15 + 6 + 9 = 30$ mm pour 10 H, soit **3 mm par proton**.
2. $15 \div 3 = \mathbf{5\ H}$ (7,2 ppm) ; $6 \div 3 = \mathbf{2\ H}$ (2,6 ppm) ; $9 \div 3 = \mathbf{3\ H}$ (1,2 ppm).
3. Massif à 7,2 ppm : les 5 H aromatiques ; quadruplet à 2,6 ppm : CH_2 ; triplet à 1,2 ppm : CH_3 .
4. Le CH_2 a 3 voisins (CH_3) : $n + 1 = 4$, quadruplet. Le CH_3 a 2 voisins (CH_2) : $n + 1 = 3$, triplet.

Correction de l'exercice 11 : Deux esters isomères

1. Éthanoate d'éthyle : **3 signaux** : $\text{CH}_3\text{-CO}$ singulet 3 H (vers 2,0 ppm) ; O-CH_2 quadruplet 2 H (vers 4,1 ppm) ; CH_3 triplet 3 H (vers 1,2 ppm). Propanoate de méthyle : **3 signaux** : CH_3 triplet 3 H (vers 1,1 ppm) ; $\text{CH}_2\text{-CO}$ quadruplet 2 H (vers 2,3 ppm) ; O-CH_3 singulet 3 H (vers 3,7 ppm).
2. Le spectre présente un triplet à 1,1 ppm, un quadruplet à **2,3 ppm** et un singulet à **3,7 ppm** : c'est le **propanoate de méthyle**. Le quadruplet n'est pas à 4,1 ppm (CH_2 lié à O) et le singulet n'est pas à 2,0 ppm (CH_3 voisin du C=O).
3. Au groupe **O-CH₃** (déplacé par l'oxygène, 3 H sans voisin).

Correction de l'exercice 12 : Spectre RMN avec courbe d'intégration

1. Total $5 + 10 + 15 = 30$ mm pour 6 H : **5 mm par proton**. Signal à 11,5 ppm : **1 H** ; à 2,4 ppm : **2 H** ; à 1,2 ppm : **3 H**.
2. La bande très large et la bande à $1\,710\text{ cm}^{-1}$ indiquent un **acide carboxylique** (-COOH).
3. 11,5 ppm : singulet, proton de COOH ; 2,4 ppm : quadruplet, CH_2 (3 voisins) voisin du

C=O ; 1,2 ppm : triplet, CH₃ (2 voisins).

4. CH₃-CH₂-COOH : l'**acide propanoïque**.

Correction de l'exercice 13 : Trois isomères de formule C₃H₆O

1. Propanone : **C=O** vers 1 715 cm⁻¹ et C-H, pas de O-H. Propanal : **C=O** vers 1 725 cm⁻¹ et C-H, pas de O-H. Prop-2-én-1-ol : **O-H lié** (bande large vers 3 300 cm⁻¹), **C=C** vers 1 640 cm⁻¹, C-O vers 1 050 cm⁻¹, pas de C=O.

2. Propanone : **1 signal** (singulet, 6 H). Propanal : **3 signaux** : triplet 3 H (CH₃, vers 1,1 ppm), multiplet 2 H (CH₂, vers 2,4 ppm), triplet 1 H (CHO, vers 9,8 ppm).

3. **Oui** : le spectre RMN de la propanone est le seul réduit à un unique singulet de 6 H, ce qui l'identifie sans ambiguïté. En IR seul, la propanone et le propanal se ressemblent (C=O dans les deux cas).

Correction de l'exercice 14 : Associer des déplacements chimiques

0,9 ppm : **H alkyle** (CH₃ ou CH₂ éloigné de tout groupe). 2,1 ppm : **H-C-C=O**. 3,6 ppm : **H-C-O**. 5,3 ppm : **H d'alcène**. 7,2 ppm : **H aromatique**. 9,7 ppm : **H d'aldéhyde**. 11,0 ppm : **H d'acide carboxylique**. Les zones ne se recouvrent pas ici, donc chaque association est unique.

Correction de l'exercice 15 : Transmittance et absorbance

1. $A = -\log 0,25 = \mathbf{0,60}$; $A = -\log 0,50 = \mathbf{0,30}$.

2. $T = 10^{-A}$: $A = 1,00$ donne $T = 0,10$ soit **10 %** ; $A = 2,00$ donne $T = 0,010$ soit **1,0 %**.

3. $A = -\log 0,05 = \mathbf{1,30}$.

4. Une absorption forte laisse passer peu de lumière : la transmittance **diminue**, donc la courbe descend ; la bande est un creux.

Correction de l'exercice 16 : Suivre l'oxydation de l'éthanol

1. Avant : une bande O-H lié large vers 3 340 cm⁻¹ et pas de C=O. Après : **apparition de la bande C=O** à 1 710 cm⁻¹ et d'une bande O-H d'acide très large (2 500 à 3 200 cm⁻¹) : la bande O-H lié de l'alcool a disparu.

2. Éthanol : **3 signaux** : triplet 3 H, quadruplet 2 H, singulet 1 H. Acide éthanoïque : **2 signaux** : singulet 3 H (CH₃, vers 2,1 ppm) et singulet 1 H (COOH, vers 11,5 ppm).

3. Le **triplet** (vers 1,2 ppm) et le **quadruplet** (vers 3,7 ppm) de l'éthanol doivent avoir disparu.

Correction de l'exercice 17 : Corriger les erreurs

a. Un quadruplet correspond à **3 protons voisins** ($n + 1 = 4$).

b. Un spectre IR est tracé en fonction du **nombre d'onde en cm⁻¹**.

- c. Le TMS a un déplacement chimique de **0 ppm**.
- d. Une bande à $1\,715\text{ cm}^{-1}$ caractérise la liaison **C=O** ; la liaison O-H absorbe vers $3\,300\text{ cm}^{-1}$.
- e. L'aire d'un signal est proportionnelle au **nombre de protons équivalents**, pas au nombre de pics.

Correction de l'exercice 18 : Identifier un composé $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$

- La bande à $1\,715\text{ cm}^{-1}$ révèle un **C=O** de cétone ou d'aldéhyde. Ce n'est **pas un alcool** : il n'y a pas de bande O-H au-dessus de $3\,100\text{ cm}^{-1}$.
- Triplet à 1,0 ppm (3 H) : CH_3 voisin d'un CH_2 (2 voisins). Quadruplet à 2,4 ppm (2 H) : CH_2 voisin d'un CH_3 (3 voisins) et du C=O. Singulet à 2,1 ppm (3 H) : $\text{CH}_3\text{-C=O}$, sans proton voisin. Total : $3 + 2 + 3 = 8\text{ H}$, conforme à $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$.
- $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_3$: la **butan-2-one**.

Correction de l'exercice 19 : Contrôler la pureté d'un ester

- La bande large vers $3\,300\text{ cm}^{-1}$ révèle de l'**éthanol** résiduel (O-H lié) ; la bande très large de $2\,500$ à $3\,200\text{ cm}^{-1}$ et l'épaule à $1\,710\text{ cm}^{-1}$ révèlent de l'**acide éthanoïque** résiduel.
- Il ne reste que l'ester : plus de bande O-H, une seule bande C=O à $1\,740\text{ cm}^{-1}$ (ester) ; **le produit est pur** vis-à-vis de ces réactifs.
- Trois signaux** : singulet 3 H ($\text{CH}_3\text{-CO}$, vers 2,0 ppm), quadruplet 2 H (O-CH_2 , vers 4,1 ppm), triplet 3 H (CH_3 , vers 1,2 ppm) ; intégrations 3 : 2 : 3.
- Le **quadruplet de l'éthanol vers 3,7 ppm** (ou son singulet O-H) : il se distingue du quadruplet de l'ester à 4,1 ppm. Pour l'acide, le singulet à 11,5 ppm.

Correction de l'exercice 20 : Trois flacons sans étiquette

- Démarche.** (1) On enregistre d'abord le spectre IR des trois flacons, plus rapide.
- Propan-1-ol : bande O-H large vers $3\,300\text{ cm}^{-1}$, pas de C=O. Propanone : C=O vers $1\,715\text{ cm}^{-1}$, pas de O-H. Acide propanoïque : C=O vers $1\,710\text{ cm}^{-1}$ et bande O-H très large de $2\,500$ à $3\,200\text{ cm}^{-1}$. Les trois flacons sont donc déjà distingués.
- (2) On confirme en RMN : propanone, **un seul signal** (singulet 6 H) ; acide propanoïque, **trois signaux** (triplet 3 H, quadruplet 2 H, singulet 1 H vers 11,5 ppm) ; propan-1-ol, **quatre signaux** (triplet 3 H, multiplet 2 H, triplet 2 H vers 3,6 ppm, singulet 1 H).
- (3) Le critère de décision est la **concordance des deux techniques** : une identification repose sur plusieurs indices cohérents, jamais sur une seule bande.

Comment progresser après ce corrigé

entraîne-toi à une lecture en trois temps : formule brute, groupes caractéristiques (IR), puis squelette (RMN : nombre de signaux, intégration, multiplicité). Vérifie toujours que le nombre total de protons trouvé en RMN correspond à la formule brute. Refais les exercices 11, 12 et 18 sans regarder la correction.

[Retour aux énoncés des exercices](#)