

THEME 1 : Ondes et matière

C7 Spectres de RMN

En AP
N° 19, 21 et 25
P.143

19 À qui appartient ces spectres ?

Compétence générale Exploiter des informations

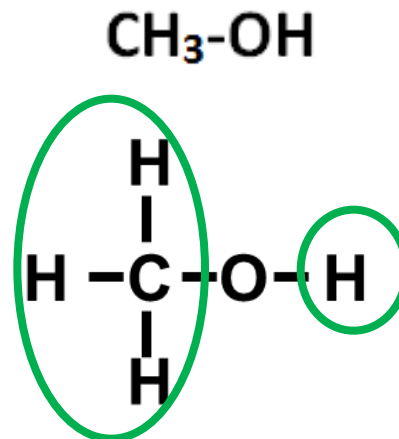


On dispose des spectres de deux molécules. Le spectre A contient un seul signal à 9,60 ppm.

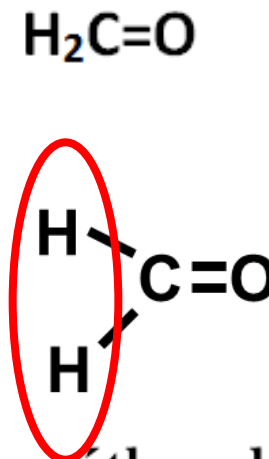
Le spectre B est constitué de deux signaux, l'un à 3,43 ppm, et l'autre à 3,66 ppm.

a. Écrire les formules semi-développées de ces molécules, sachant qu'elles comportent chacune un atome de carbone, un atome d'oxygène et des atomes d'hydrogène. Nommer ces deux molécules.

b. Donner deux arguments permettant d'attribuer un spectre de RMN à chacune de ces molécules. On s'aidera de la table simplifiée de valeurs de déplacement chimique présentée dans les rabats.



méthanol



méthanal

Spectres de RMN du proton

Type de proton	Exemple	Déplacement chimique δ (ppm)
Proton d'un alcane ou d'une chaîne carbonée éloignée d'atomes électro-négatifs	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	0,8 - 2,5
Proton sur un atome de carbone lié à un atome électro-négatif	$\text{CH}_3\text{-OH}$ $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_3$ $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-Cl}$	3,1 - 5,0
Proton lié à une double liaison C=C: - d'un alcène; - d'un dérivé du benzène.	$\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$	4,5 - 6,0 6,5 - 8,2
Proton lié à l'atome de carbone d'un groupe carbonyle	$\text{CH}_3\text{-CH=O}$	9,5 - 11
Proton du groupe carboxyle	$\text{CH}_3\text{-CO}_2\text{H}$	10,5 - 12
Proton du groupe hydroxyle	$\text{CH}_2\text{-OH}$	0,5 - 5,5
Proton de groupe amino	$\text{CH}_3\text{-NH}_2$	0,5 - 5,5

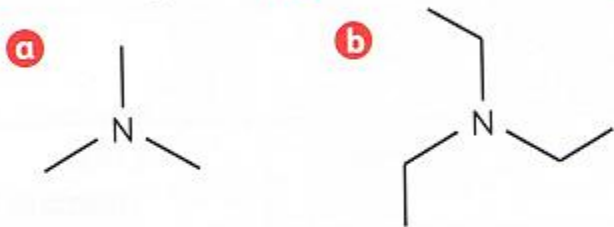
b) Spectre A : **un seul** signal (à **9,60** ppm) donc **un seul groupe** de protons équivalents => c'est le méthanal

Spectre B : **deux** signaux (à **3,43** et **3,66** ppm) donc **deux groupes** de protons équivalents.

21 Amines

Compétence générale Restituer ses connaissances

On donne ci-dessous les formules topologiques de deux amines: la triméthylamine **a** et la triéthylamine **b**.



a. Combien de signaux différents le spectre de RMN du proton de la triméthylamine comporte-t-il? Même question pour la triéthylamine. Pour justifier les réponses, on pourra s'aider d'un éditeur de molécules.

b. Prévoir la multiplicité des signaux pour la triméthylamine et la triéthylamine.

c. À l'aide d'un logiciel de simulation de spectres, tracer les spectres de RMN du proton de ces deux amines, et vérifier les prévisions.

d. Interpréter les écarts de déplacement chimique des signaux dans le cas de la triéthylamine.

a. Les protons de la triméthylamine sont tous équivalents (les 9 protons des 3 branches CH_3 -) =>

un seul signal. Pour la triéthylamine, il y a 3 branches identiques $\text{CH}_3\text{-CH}_2$ - qui contiennent chacune

2 groupes de protons équivalents =>

2 signaux :

- 1 pour les 9 protons des CH_3 - (noté **a**)
- 1 pour les 6 protons des $-\text{CH}_2$ - (noté **b**)

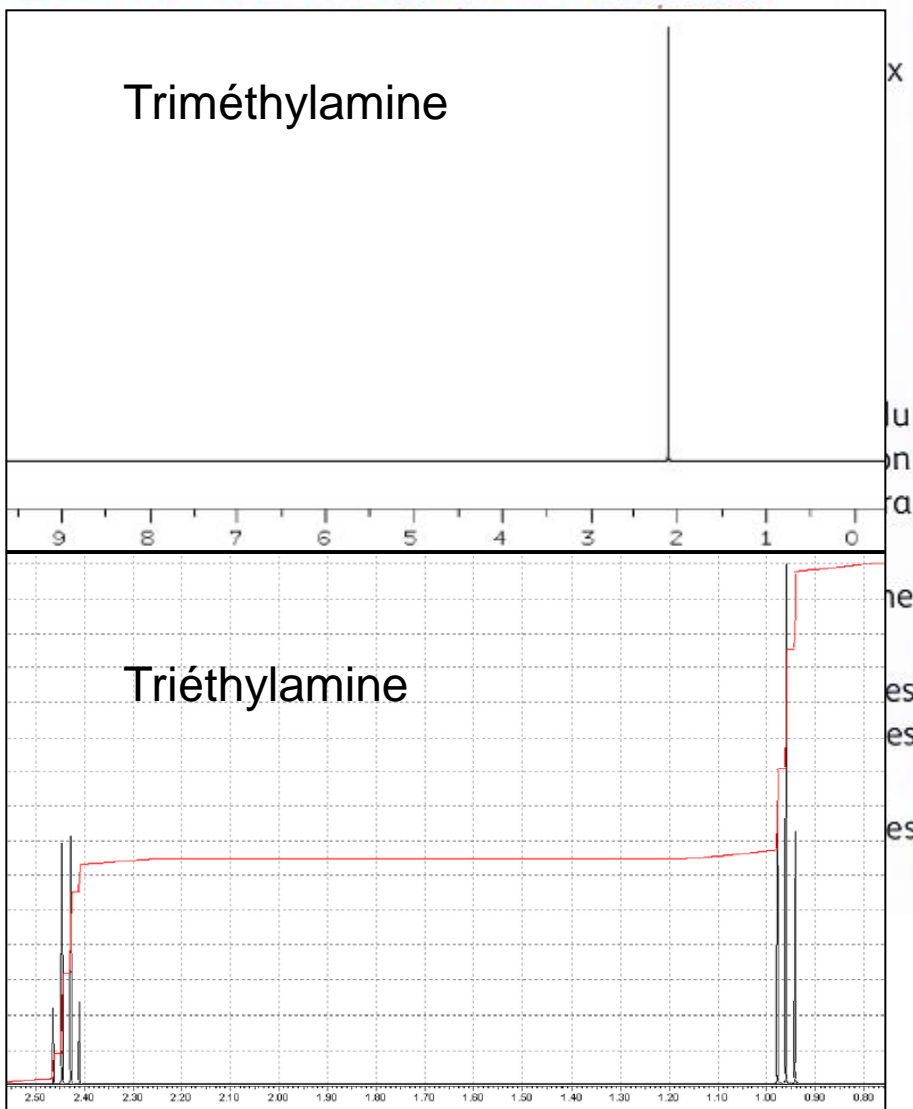
b. Triméthylamine :

aucun proton voisin =>

un singulet

Triéthylamine :

- Les 9 protons du groupe **a** ont chacun 2 protons voisins => le signal est un triplet
- Les 6 protons du groupe **b** ont chacun 3 protons voisins => le signal est un quadruplet



a. Les protons de la triméthylamine sont tous équivalents (les 9 protons des 3 branches CH_3 -) => un seul signal. Pour la triéthylamine, il y a 3 branches identiques $\text{CH}_3\text{-CH}_2$ - qui contiennent chacune 2 groupes de protons équivalents => 2 signaux :

- 1 pour les 9 protons des CH_3 - (noté **a**)
- 1 pour les 6 protons des -CH_2 - (noté **b**)

b. Triméthylamine : aucun proton voisin => un singulet

Triéthylamine :

- Les 9 protons du groupe **a** ont chacun 2 protons voisins => le signal est un triplet
- Les 6 protons du groupe **b** ont chacun 3 protons voisins => le signal est un quadruplet

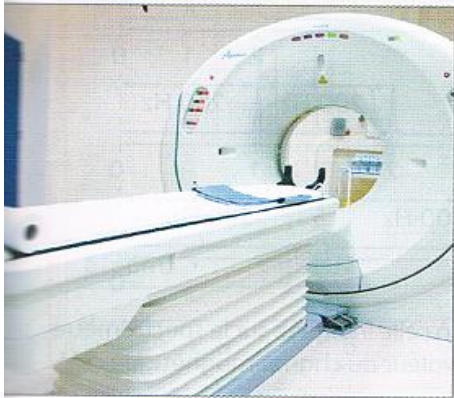
d. Les 9 protons **a** (triplet) sont plus loin de l'atome d'azote (électronégatif) que les 6 protons **b** (quadruplet) donc leur déplacement chimique est plus petit.

25 ★ IRM ou scanner ?

Compétences générales Extraire et exploiter des informations

La tomodensitométrie (TDM), dite aussi scanographie, ou simplement scanner, et l'imagerie par résonance magnétique (IRM) sont deux techniques d'imagerie médicale permettant d'obtenir des vues en deux dimensions ou en trois dimensions de l'intérieur du corps.

La tomodensitométrie consiste à mesurer l'absorption des rayons X par le corps du patient ; un traitement informatique permet ensuite de construire une image des organes étudiés. Cette technique est particulièrement adaptée pour visualiser les os ; les autres tissus peuvent être observés après injection d'un produit absorbant les rayons X, dit « produit de contraste ». Les précautions à prendre pour



un tel examen sont les mêmes que celles de la radiologie en général : la durée d'exposition doit être limitée, et le personnel médical est protégé par des vitres en verre plombé.

Tomodensitomètre.

L'IRM a d'abord été appelée « imagerie par résonance magnétique nucléaire » (IRMN). Cette technique utilise les propriétés magnétiques des noyaux d'hydrogène ^1H (ou protons) des molécules d'eau du corps. Dans l'appareil d'IRM, souvent désigné sous le nom de *scanner*, les protons sont soumis à un champ magnétique puissant et à des ondes radio ; le traitement des signaux émis permet ensuite de visualiser les organes. L'administration

de produits de contraste avant l'examen peut améliorer la qualité des images. L'IRM ne permet pas la recherche fine de fractures osseuses, mais est très utilisée pour le cerveau, les muscles, le cœur et les tumeurs, les images étant plus contrastées que celles obtenues en tomodensitométrie. Cet examen n'est pas nocif, mais est contre-indiqué en cas de port d'un stimulateur cardiaque ou de présence d'un corps étranger métallique (comme une prothèse).



Scanner IRM.

- Donner plusieurs raisons expliquant la confusion fréquente entre la tomodensitométrie et l'IRM dans l'opinion publique.
- Pourquoi a-t-on choisi comme appellation « IRM » (Imagerie par Résonance Magnétique) et non « IRMN » (Imagerie par Résonance Magnétique Nucléaire) ?
- Pourquoi a-t-on choisi la RMN du noyau d'atome d'hydrogène pour l'imagerie des organes ?
- L'IRM et la tomodensitométrie sont-elles prescrites pour les mêmes examens ? Laquelle de ces deux techniques d'imagerie a le plus d'effets secondaires sur le patient et le personnel médical ?

a.

- deux techniques pour obtenir des images (2D ou 3D) de l'intérieur du corps humain
- les appareils utilisés se ressemblent extérieurement
- la tomodensitométrie = "scanner". L'appareil IRM est parfois appelé à tort "scanner".
- Dans les deux techniques, on peut utiliser des produits de contraste pour améliorer la qualité et l'exploitation des images.

d.

Les deux techniques peuvent être utilisées pour visualiser les mêmes organes et les mêmes tissus. Cependant, la tomodensitométrie est particulièrement adaptée à l'imagerie des os, et l'IRM à la visualisation d'organes comme le cerveau, le coeur...

de produits de contraste avant l'examen peut améliorer la qualité des images. L'IRM ne permet pas la recherche fine

b.

Même si l'IRM utilise la RMN, cette appellation a été évitée, en raison du mot "nucléaire", présent par exemple dans "centrale nucléaire" : les patients auraient pu alors craindre la nocivité de cette technique d'imagerie.

c.

L'eau est l'espèce majoritaire dans le corps humain, et une molécule d'eau contient deux noyaux d'atomes d'hydrogène. Il est donc judicieux d'utiliser la RMN du proton.

a.

er

b. Pourquoi a-t-on choisi comme appellation « IRM » (Imagerie par Résonance Magnétique) et non « IRMN » (Imagerie par Résonance Magnétique Nucléaire) ?

c. Pourquoi a-t-on choisi la RMN du noyau d'atome d'hydro-

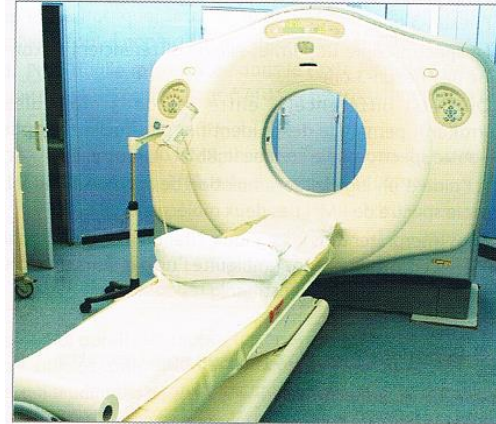
C'est la tomodensitométrie qui a le plus d'effets secondaires, à cause de l'utilisation de rayons X, très énergétiques. Le personnel médical doit se protéger.

e.
Une contre-indication à un examen par IRM est le port d'un stimulateur cardiaque ou de prothèses métalliques, sensibles à la présence d'un champ magnétique intense.

f.
- Échographie :
ultrasons (20 000 à 70 000 Hz).
- Radiologie classique :
rayons X ($3 \cdot 10^{16}$ à $3 \cdot 10^{19}$ Hz).
- IRM :
ondes radio ($1,5 \cdot 10^5$ à $3 \cdot 10^9$ Hz).
Les rayonnements les plus nocifs sont les plus énergétiques : ce sont les rayons X.
Les radiations ionisantes correspondent à des OEM très énergétiques : elles transforment des atomes en ions.

de produits de contraste avant l'examen peut améliorer la qualité des images. L'IRM...

f.
Si les rayons X sont ionisants, ils ne sont cependant pas issus de la radioactivité contrairement à ce qu'affirme la deuxième phrase.



Scanner IRM.

e. Citer et expliquer une contre-indication à un examen par IRM.

f. Sur un site Internet destiné au grand public, on peut lire :

« Comme l'échographie, l'IRM n'émet pas de radiations ionisantes », souligne la radiologue. Cette technique d'imagerie n'utilise donc pas de radioactivité, contrairement au scanner et à la radiologie classique.

Faire une recherche pour trouver le domaine de fréquences des ondes utilisées pour chacune des techniques citées. Conclure, et commenter la deuxième phrase de l'extrait ci-dessus.