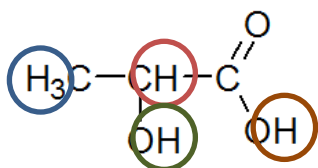


LA SPECTROSCOPIE EN ARCHÉOLOGIE

1. Questions préalables

1.a. **Faux** car sur la formule semi-développée de l'acide lactique on décompte 4 groupes de protons équivalents et non 3 :



1.b. Le nombre de groupes de protons équivalents est égal au nombre de signaux présents sur le spectre RMN.

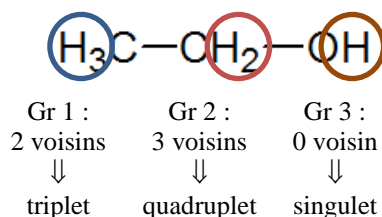
La molécule d'acide lactique ayant 4 groupes de protons équivalents, son spectre RMN présentera 4 signaux \Rightarrow **Vrai**

1.c. **Vrai** : c'est la règle des (n+1)-uplets.

1.d. **Vrai** : la hauteur de chaque saut vertical de la courbe d'intégration est proportionnelle au nombre de protons équivalents responsables du signal correspondant.

1.e. **Faux** :

L'éthanol a pour formule semi-développée :



Le spectre RMN de la substance n°2 (doc. 4) présente bien 3 signaux, des multiplicités qui sont cohérentes avec l'analyse ci-dessus, des intégrations en accord avec les nombres de protons responsables des signaux associés.

Il ne peut cependant pas être celui de l'éthanol car le déplacement chimique du proton d'un alcool est inférieur à 5,5ppm or le singulet du spectre RMN de la substance n°2 est à 12ppm correspondant à celui d'un acide carboxylique.

1.f. **Vrai**

1.g. **Vrai**. Le spectre IR de la substance n°4 (doc. 6) correspond bien à celui d'un acide carboxylique :

- bande OH large centrée sur 3000cm^{-1} ,
- et présence d'une bande C=O un peu au-dessus de 1700cm^{-1} .

Le spectre IR pourrait donc être celui de l'acide éthanoïque (ou bien celui d'un autre acide carboxylique).

2. Analyse et synthèse de documents

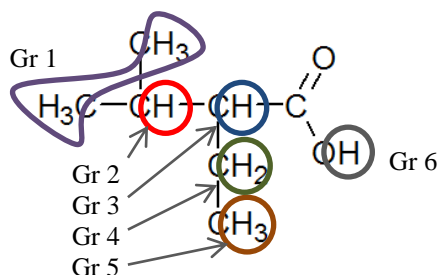
Une cruche anglaise en grès hermétiquement fermée datant de la première guerre mondiale et contenant encore un liquide a été retrouvée dans une cave. Il pourrait s'agir de lait, de bière ou de rhum.

Comment identifier la boisson à partir des analyses spectroscopiques effectuées ?

- L'acide lactique présent uniquement dans le lait possède 4 groupes de protons équivalents d'après **1.a**. Aucun spectre RMN ne faisant apparaître 4 signaux, l'acide lactique ne fait donc pas partie des 3 substances isolées. La boisson étudiée n'est donc probablement pas du lait.

- Le document 3 donne le spectre RMN d'une substance qui pourrait être de l'éthanol : nombre de signaux, multiplicité, intégrations sont cohérents (cf. **1.e**) et cette fois-ci, le déplacement chimique du singulet correspond bien à celui d'un alcool. Or l'éthanol est présent dans la bière et le rhum. La boisson étudiée doit donc être l'une de ces deux boissons.

- La substance n°3 est un acide carboxylique : le singulet à 11,5ppm correspondant à celui d'un acide carboxylique. Son spectre RMN (doc. 5) comporte 6 signaux donc la molécule associée possède 6 groupes de protons équivalents. Un signal retient l'attention sur ce spectre car il a une multiplicité élevée : un octuplet d'intégration 1. Ce proton possède donc 7 voisins. Il faut donc rechercher une molécule ramifiée pouvant expliquer une telle multiplicité tout en répondant aux critères précédents. L'acide 2-éthyl-3-méthylbutanoïque réunit ces caractéristiques et l'analyse du spectre RMN concorde parfaitement avec la structure de cette molécule. Les différents signaux du spectre RMN du doc. 5 ont été numérotés de gauche à droite.

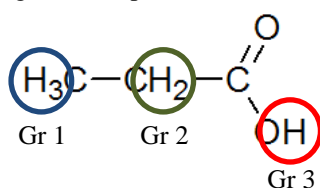


Groupe	nombre de protons	nombre de voisins	multiplicité	n° du signal sur le spectre
1	6	1	2	6
2	1	7	8	3
3	1	3	4	2
4	2	4	5	4
5	3	2	3	5
6	1	0	1	1

La boisson étudiée contient bien de l'acide 2-éthyl-3-méthylbutanoïque présent dans le rhum.

- Le spectre RMN de la substance n°2 (doc. 4) est celui d'un acide carboxylique (singulet à 12 ppm) et possède 3 groupes de protons équivalents. C'est celui de l'acide propanoïque présent lui aussi dans le rhum.

Les signaux du spectre RMN du doc. 4 ont été numérotés de gauche à droite



Groupe	nombre de protons	nombre de voisins	multiplicité	n° du signal sur le spectre
1	3	2	3	3
2	2	3	4	2
3	1	0	1	1

L'analyse des spectres a mis en évidence la présence d'éthanol : la boisson étudiée est alcoolisée. Elle contient aussi de l'acide 2-éthyl-3-méthylbutanoïque et de l'acide propanoïque qui sont des espèces chimiques uniquement présentes dans le rhum. La boisson présente dans la cruche en grès est donc du rhum.

Il aurait été probablement plus rapide d'observer la boisson puis de la goûter pour arriver à la même conclusion.