

## Résonance paramagnétique électronique

### MISE EN ÉVIDENCE DE LA RÉSONANCE PARAMAGNÉTIQUE ÉLECTRONIQUE SUR DU DPPH

- Observer la courbe de résonance du DPPH.
- Déterminer la fréquence de résonance en fonction du champ magnétique.
- Déterminer le facteur de Landé de l'électron libre.

UE5030100

01/18 UD



Fig. 1: Disposition pour mesure

### NOTIONS DE BASE GÉNÉRALES

La résonance paramagnétique électronique (RPE) est basée sur l'absorption d'énergie par des matériaux comportant des électrons non appariés qui sont placés dans un champ magnétique statique externe. L'énergie est prise dans un champ magnétique alternatif haute fréquence qui est perpendiculaire au champ statique. Si la fréquence du champ alternatif correspond à la fréquence de résonance, l'impédance de la bobine remplie du matériau analysé est modifiée par résonance et on peut observer une déviation sur l'oscilloscope. La cause de l'absorption par résonance

est le « basculement » du moment magnétique de l'électron libre. La fréquence de résonance dépend de la puissance du champ magnétique statique, la largeur du signal de résonance de son homogénéité.

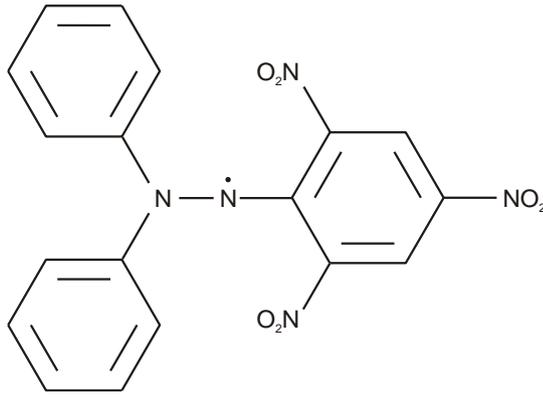


Fig. 2: Structure moléculaire du DPPH

Dans le champ magnétique  $B$ , le moment magnétique d'un électron avec un magnétisme de spin pur prend les états discrets

$$(1) \quad E_m = -g_J \cdot \mu_B \cdot m \cdot B, \quad m = -\frac{1}{2}, \frac{1}{2}$$

$$\mu_B = 9,274 \cdot 10^{-24} \frac{\text{J}}{\text{T}} : \text{le magnéton de Bohr}$$

$$g_J = 2,0023: \text{le facteur de Landé.}$$

Par conséquent, la distance entre les deux niveaux d'énergie est de

$$(2) \quad \Delta E = g_J \cdot \mu_B \cdot B$$

L'effet de résonance est atteint au moment précis où la fréquence  $f$  du champ magnétique alternatif remplit la condition

$$(3) \quad h \cdot f = \Delta E, \\ h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} : \text{constante de Planck.}$$

Dans l'expérience, la résonance paramagnétique électronique est mise en évidence avec du 1,1-diphényl-2-picryl-hydrazyl (DPPH), un composé organique dont les molécules présentent un électron non apparié. Le champ magnétique statique est généré par une paire de bobines de Helmholtz et traversé par un signal en dents de scie entre zéro et la valeur maximale  $B_{\text{max}} = 3,5 \text{ mT}$ . À présent, on recherche la fréquence  $f$  à laquelle l'absorption par résonance est générée à une position précise de la dent de scie, c.-à-d. pour un champ magnétique prédéterminé. Lorsque la fréquence est augmentée, l'absorption de résonance s'oriente vers des champs magnétiques plus grands.

## LISTE DES APPAREILS

- |    |                                       |                       |
|----|---------------------------------------|-----------------------|
| 1  | Équipement de base pour RSE/RME @230V | 1000638 (U188031-230) |
| ou |                                       |                       |
| 1  | Équipement de base pour RSE/RME @115V | 1000637 (U188031-115) |
| 1  | Équipement complémentaire RSE         | 1000640 (U188501)     |
| 1  | Oscilloscope pour PC 2x25 MHz         | 1020857 (U11830)      |
| 2  | Cordon HF                             | 1002746 (U11255)      |

## MONTAGE

- Monter l'unité de base et la brancher à la console de commande comme le décrivent les instructions d'utilisation de l'extension ESR 1000640.
- Brancher la sortie « SIGNAL OUT » de la console de commande au canal 1 de l'oscilloscope du PC et la sortie « FIELD OUT » au canal 2.
- Régler les paramètres suivants sur l'oscilloscope du PC :
 

Horizontal :	
Base de temps :	2 ms/div
Position de trigger horizontale :	5 000 ms
Vertical :	
CH1 :	
Graduation de tension :	1 V/div CC
Position du point zéro :	-2.52 divs
CH2 :	
Graduation de tension :	200 mV/div CC
Position du point zéro :	-2.52 divs
Trigger :	
Single (pas Alternate)	
Source :	CH2
Mode :	Edge
Flanc :	Rise
Seuil :	400 mV
Mode trigger :	Auto

## REALISATION

- Sur la console de commande, régler la plus petite fréquence à laquelle on puisse observer un signal d'absorption de résonance défini (env. 37 MHz).
- Régler le dispositif de réglage de sensibilité « SENSITIVITY » pour obtenir un signal maximal.

Si le réglage est optimal, on observe un léger vacillement de la DEL. Si la DEL brille trop, le signal est trop fort.

- Lire la tension de bobine de résonance  $U_R$  à l'aide du curseur de l'oscilloscope du PC (Fig. 3, 4). Pour cela, dans le menu principal, sélectionner le sous-menu « Curseur ». Sous « Canal : », cocher « Tension » et sélectionner « CH2 ». Utiliser le premier curseur (Y1) pour la lecture, régler le second (Y2) sur 0,000 mV. Le second curseur correspond alors à la position du point zéro -2,52 divs de CH1 et CH2.

### Note :

Après toute modification des paramètres sur l'oscilloscope du PC, il faut de nouveau cocher « Tension » et sélectionner « CH2 » dans le sous-menu « Curseur ».

- Répéter la mesure à différentes fréquences entre 40 et 70 MHz en pas de 5 MHz et inscrire à chaque fois les fréquences réglées ainsi que les tensions de bobine de résonance mesurées dans le Tab. 1.

### Note :

En cas de fréquences supérieures à 45 MHz, il faut régler la graduation de la tension de CH1 de 1 V/div à 500 mV/div.

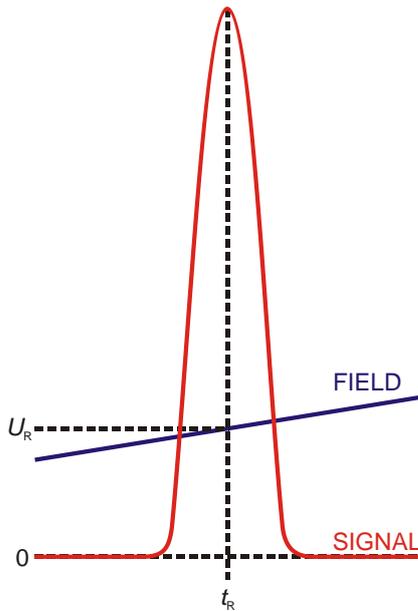


Fig. 3: Schéma pour la lecture de la tension de bobine de résonance  $U_R$  dans l'oscillogramme.

- À partir des tensions de bobine de résonance  $U_R$  (Tab. 1), calculer les champs magnétiques de la manière suivante :

$$(5) \quad B = 3,47 \frac{\text{mT}}{\text{V}} \cdot U_R$$

et inscrire les valeurs dans le Tab. 1.

À partir de (2) et (3), on obtient l'équation suivante entre la fréquence de résonance  $f$  et le champ magnétique  $B$  :

$$(6) \quad f = g_J \cdot \frac{\mu_B}{h} \cdot B = a \cdot B.$$

Les valeurs de mesure se situent donc sur une droite passant par l'origine, dont la pente  $a$  permet de déterminer le facteur de Landé.

- Appliquer les fréquences de résonance réglées (Tab. 1) contre les champs magnétiques (Tab. 1) calculés à partir des tensions de bobine de résonance et tracer une droite passant par l'origine (Fig. 5).
- Déterminer le facteur de Landé à l'aide de l'équation (6) :

$$(7) \quad g_J = a \cdot \frac{h}{\mu_B} = 30 \cdot 10^9 \frac{1}{\text{T} \cdot \text{s}} \cdot \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{9,274 \cdot 10^{-24} \frac{\text{J}}{\text{T}}} = 2,1.$$

Dans le cadre de son incertitude relative, la valeur d'env. 5 % coïncide bien à la valeur empirique.

### EXEMPLE DE MESURE ET EVALUATION

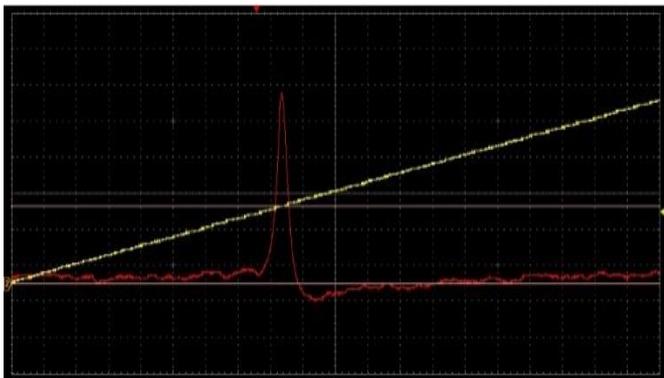


Fig. 4: Signal d'absorption (rouge) et évolution temporelle du champ magnétique (jaune) dans le cas d'un essai de résonance paramagnétique électronique sur du DPPH.

Tab. 1: Fréquences de résonance réglées  $f$ , tensions de bobine de résonance  $U_R$  et champs magnétiques résultants  $B$ .

$f / \text{MHz}$	$U_R / \text{V}$	$B / \text{mT}$
37,408	0,360	1,25
40,006	0,384	1,33
44,996	0,432	1,50
49,995	0,480	1,67
55,004	0,524	1,82
59,999	0,580	2,01
65,004	0,632	2,19
70,005	0,680	2,36

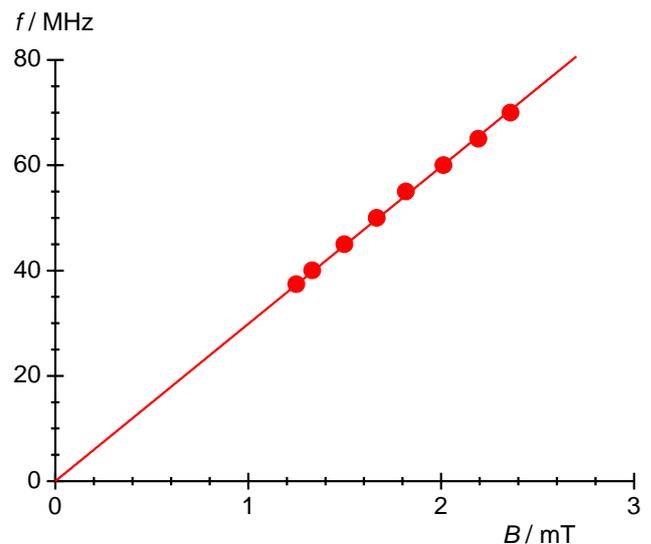


Fig. 5: Fréquence de résonance  $f$  en fonction du champ magnétique  $B$ .