

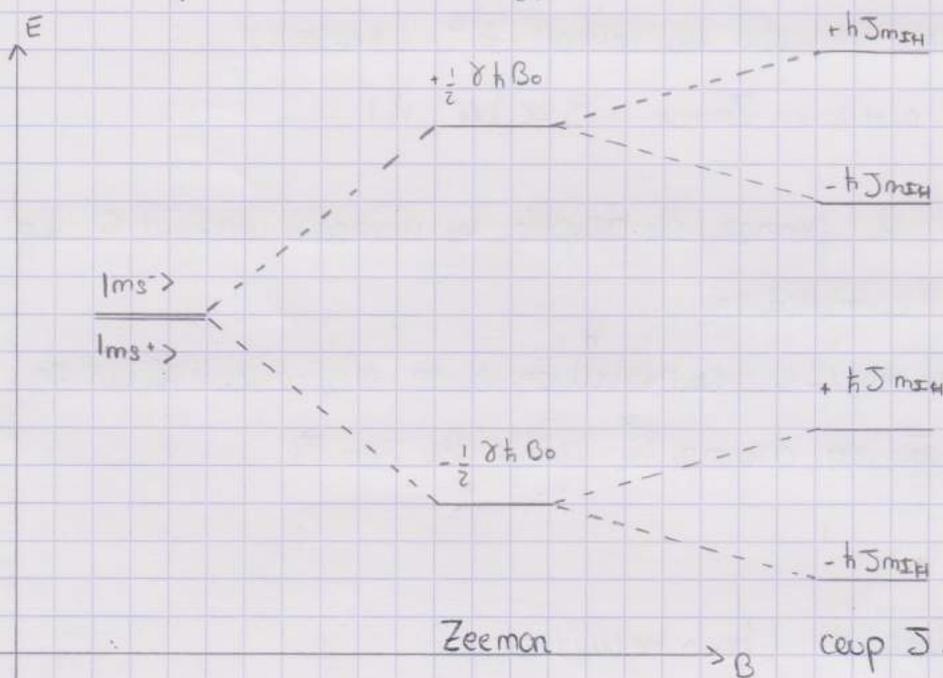
Fiche révision RPN I

Principe de base et spin nucléaire

• Spin nucléaire : $\begin{cases} \|\vec{I}\| = \hbar \sqrt{I(I+1)} \\ I_z = m_I \hbar \end{cases} \quad m_I \in [-I; I]$

↳ moment mag. : $\vec{\mu} = \gamma \vec{I}$

• RPN fait intervenir effet Zeeman :



↳ $E = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$
 $= -\gamma m_I \hbar B_0$ (Zeeman) $\Rightarrow \Delta E = \gamma \hbar B_0$

→ Fréquence Larmor : $\nu_L = \frac{\gamma B_0}{2\pi}$ (freq spectro pour γ_H)

• Boltzmann : $\frac{n_\alpha}{n_\beta} = e^{-\Delta E/k_B T} \approx 1 - \frac{\gamma \hbar B_0}{k_B T}$ (eq thermo)

↳ Aimantation eq : $M_z = \frac{\gamma \hbar}{2} (n_\alpha - n_\beta) = \frac{N \gamma^2 \hbar^2 B_0}{4 k_B T} = M_z$

↳ Importance abondance et γ .

- Déplacement chimique

- Influence des e^- de l'environnement λ sur spin nucléaire

↳ modification niveaux Zeeman

$$\Rightarrow \nu_{L,loc} = \nu_L (1 - \sigma) \quad \Rightarrow \quad \sigma = \frac{\nu_{L,loc} - \nu_{ref}}{\nu_{ref}} \cdot 10^6$$

- Autres interactions:

* Couplage dipolaire $\langle E_{dip} \rangle = 0$ (moyenne des liq : mvmt Brownien)

* * quadrupolaire $\langle E_{quad} \rangle = 0$

* Couplage entre deux noyaux via interaction e^- (liaisons)

↳ Dédoublé \neq niveaux Zeeman $\gg \ll |\nu_1 - \nu_2|$

\Rightarrow Irradier à fréquence ν_L permet de peupler les niveaux énergétiques

↳ changement de l'aimantation

↳ En RMN on fait évoluer l'aimantation et on mesure cette évolution

↳ On l'envoie sur \vec{e}_x car champ \vec{B}_0 trop fort sur \vec{e}_z

- Appareillage:

- Bobines supraconductrices (bain He (liq))

- Champ homogène \Rightarrow Bobines Shim

- Champ stable au cours du temps \Rightarrow Lock

↳ Signal de sortie transformé par Fourier

↳ Deux signaux en quadrature ($\pi/2$) pour obtenir partie Im et Re signal

- Equation de Bloch

\triangle On modélise l'aimantation comme un vecteur $\vec{M} \leftrightarrow \vec{\mu}$

↳ dans un champ \vec{B}_0 :

$$\frac{d\vec{\mu}}{dt} = \vec{\mu} \wedge \gamma \vec{B}_0 = \vec{\mu} \wedge \vec{\omega}_0$$

$$\frac{d\vec{M}}{dt} = \vec{M} \wedge \vec{\omega}_0 \quad \text{precession autour } \vec{B}_0$$

Fiche révision RPN II

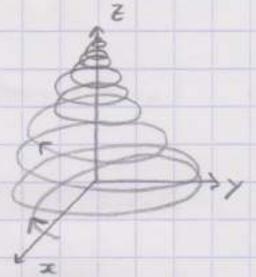
• Perturbation champ \vec{B}_0 par impulsion radio fréquence ($\omega_1 = \gamma B_1$)

$$\hookrightarrow \frac{d\vec{\pi}}{dt} = \vec{\pi} \wedge (\omega_0 \vec{e}_z + \omega_1 \cos(\omega t) \vec{e}_x + \omega_1 \sin(\omega t) \vec{e}_y)$$

→ Référentiel tournant

$$\begin{cases} \vec{e}_{z'} = \vec{e}_z \\ \vec{e}_{x'} = \cos(\omega t) \vec{e}_x + \sin(\omega t) \vec{e}_y \\ \vec{e}_{y'} = \cos(\omega t) \vec{e}_y - \sin(\omega t) \vec{e}_x \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{d\vec{\pi}}{dt}_{(R')} = [(\omega - \omega_0) \vec{e}_{z'} + \omega_1 \vec{e}_{x'}] \wedge \vec{\pi} = -\Omega_{\text{eff}} \wedge \vec{\pi}$$



On se place à $\omega = \omega_0 \Rightarrow \frac{d\vec{\pi}}{dt}_{(R')} = \omega_1 \vec{e}_{x'} \wedge \vec{\pi}$

↳ précession autour $\vec{e}_{x'}$

• En pratique impulsion pendant τ tq $\omega_1 \tau = \pi/2 ; \pi$

- Relaxation : revient à l'équilibre

• T_1 : longitudinal : $\pi_z \rightarrow \pi_{zeq}$ $\tau \sim 100 \text{ ms} - 10 \text{ sec}$

↳ Spin-Réseau : molécule bage et se reoriente % B_0 : perte cohérence $\vec{e}_{x'}$

• T_2 : transversal : $\pi_x \rightarrow 0$ $\tau \sim 1 \text{ ms} - 100 \text{ ms}$

↳ Spin-Spin : déphasage entre spin : perte intensité $\vec{e}_{x'}$

⇒ Bloch

$$\begin{cases} d\pi_x/dt = \omega_0 \pi_x - \pi_y/T_2 \\ d\pi_y/dt = -\omega_0 \pi_y - \pi_x/T_2 \\ d\pi_z/dt = -\frac{1}{T_1} (\pi_z - \pi_{zeq}) \end{cases}$$

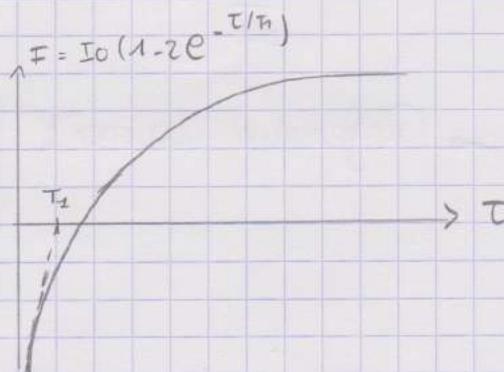
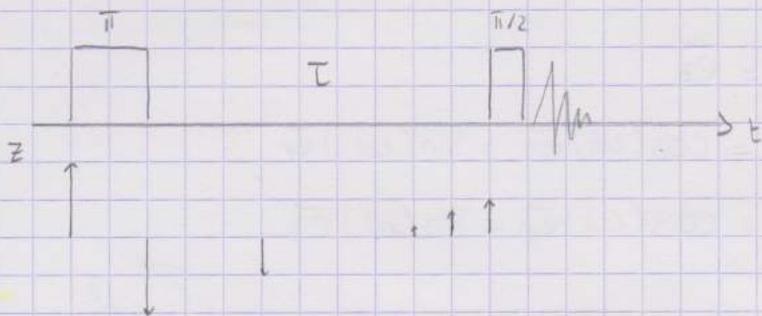
⇒ il faut attendre le retour à l'équilibre avant faire un autre scan

- RPN pulsee:

• Impulsion courte decree \xrightarrow{TF} haute frequence \Rightarrow excitation de niveaux

• Impulsion Simple: $\pi/2$ - Acquisition

• Inversion recupere^s: mesure de T_1

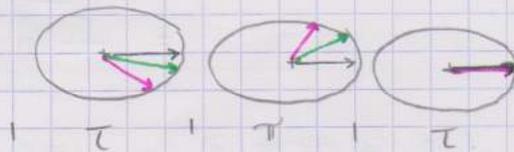


↳ En changeant τ on trouve T_1

• Echo de Spin: $\pi/2$ - τ - π - τ - Acq

↳ Refocalisa^s spin

↳ Mesure de T_2



• Multidimensionnelle

- Preparations

- Evolution: t_{ps} variable (evol^s diff par^s couplage)

- Melange

- Detection: TF 2D par avoc spectre 2D