

# PAES – 1<sup>er</sup> Semestre 2011-2012

## RESONANCE MAGNETIQUE NUCLEAIRE

### RMN



**Une particule chargée en mouvement circulaire uniforme a un moment magnétique.**

Les nucléons ont un moment cinétique (spin) aligné sur l'axe de rotation  $\vec{S}$  :

- Le proton induit un moment magnétique  $\vec{\mu}$
- Le neutron induit un moment magnétique égal à 2/3 de celui du proton

**Moment magnétique du noyau :**  $\mu = \gamma \hbar I$

où  $\gamma$  = rapport gyromagnétique caractéristique du noyau

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

$I$  = nombre quantique de spin =  $\Sigma$  spins des nucléons

**3 phases du phénomène de RMN :** précession, résonance, relaxation.

**Si Z et N pairs :**  $I = 0$

**Si Z et N impairs :**  $I = 1 ; 2 ; 3 ; \dots$

**Si Z ou N impairs :**  $I = \frac{1}{2} ; \frac{3}{2} ; \frac{5}{2} ; \dots$

## I. Précession :

**Aimantation :** application d'un champ magnétique sur un objet présentant un moment magnétique.

- L'aimant supra-conducteur de la machine à IRM génère un champ puissant  $\vec{B}_0 = 0,5$  à 2 Tesla
- **Dans le cas d'un proton isolé :**

Interaction entre  $\vec{\mu}$  et  $\vec{B}_0$ , le proton tourne en décrivant un cône dont l'axe est parallèle à  $\vec{B}_0$ .

**Vitesse angulaire de rotation :**  $\omega_0 = \gamma B_0$  [rad.s<sup>-1</sup>] ➔ **Fréquence de Larmor :**  $\nu_0 = \frac{\gamma B_0}{2\pi}$  [MHz]

En fait, la précession est double : proton up (parallèle) et down (anti-parallèle) ➔  $E = \pm \gamma \hbar \frac{B_0}{2}$

- **Dans le cas d'un ensemble de protons :**

- ✗ En l'absence de champ magnétique :  $\Sigma \vec{\mu} = 0$  et l'aimantation  $\vec{M} = 0$
- ✓ Sous l'effet de  $B_0$ , si la répartition des protons up et down est égale :  $\Sigma \vec{\mu} = 0$  et  $\vec{M} = 0$
- 🔊 Dans un champ magnétique, un excès de protons (5/1 million) précesse dans le sens parallèle, produisant une aimantation.

Le niveau d'énergie le plus bas est favorisé et la différence est proportionnelle à  $B_0$ .

## II. Résonance :

Il est plus facile de mesurer une aimantation qui varie dans le temps qu'une aimantation au repos, la résonance permet de basculer le moment macroscopique  $\vec{M}$ .

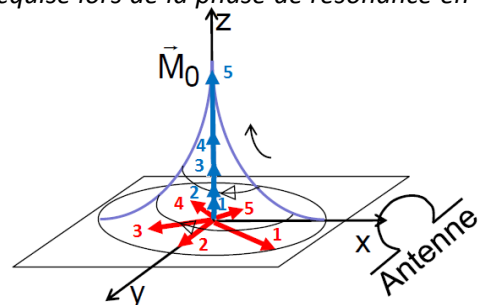
- ou {
- Un champ  $B_1$  tournant dans un plan perpendiculaire à  $B_0$  entraîne  $M$  lorsque  $\omega = \omega_0$ .
  - Une onde radiofréquence à la fréquence Larmor ( $E = \gamma \hbar B_0$ ) va provoquer l'inversion de précession des protons et l'inclinaison de  $\vec{M}$ , qui toujours en tournant autour de l'axe  $B_0$  va décrire une sphère. On considère un temps d'application tel que l'angle de bascule soit  $\frac{\pi}{2}$ .

## III. Relaxation :

Le système va restituer l'énergie (c'est elle que l'on mesure) acquise lors de la phase de résonance en revenant à sa position d'équilibre.

On décompose le mouvement de relaxation en 2 projections :

- le signal lié à l'évolution de  $M_z$
- le signal lié à l'évolution de  $M_{xy}$



★ Paramètre de relaxation T1 :

Constante de recroissance en z = temps de relaxation longitudinale = spin réseau

$$M_z(t) = M_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_1}}\right) ; \quad M_z(T_1) = 0,63 M_0$$

→ Analogie avec le retour après compression d'un objet viscoélastique.

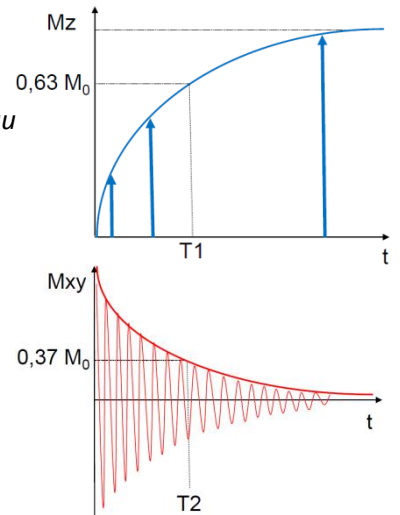
★ Paramètre de relaxation T2 :

Constante de temps de disparition de  $M_{xy}$  = temps de relaxation transversale

= temps d'annulation de la composante transverse = spin-spin

$$M_{xy}(t) = M_0 e^{-\frac{t}{T_2}} ; \quad M_{xy}(T_2) = 0,37 M_0$$

→ Analogie avec la vibration d'un verre.



➔  $T_2 \ll T_1$

➔ La mesure de l'aimantation transversale constitue le signal IRM.