

Chapitre I. Bases théoriques de l'IRM des gaz hyperpolarisés

I.1. Introduction

Ce chapitre a pour but de poser les bases théoriques et bibliographiques nécessaires à la compréhension des travaux décrits dans ce document. Dans un premier temps seront abordées les notions théoriques de relaxométrie en résonance magnétique nucléaire (RMN). L'influence de la diffusion sur celle-ci sera largement abordée. Une description théorique du Rapport Signal sur Bruit (RSB) est aussi proposée.

I.2. Principes de la RMN

I.2.1. Généralités

Selon les postulats de la mécanique quantique [5] un noyau de spin I a $2I+1$ états d'énergie, m_z , répartis entre $+I$ et $-I$. La séparation entre ces niveaux d'énergie vaut :

$$\Delta E = \frac{\mu B_0}{I} \quad (\text{I.1}),$$

où B_0 est l'intensité du champ magnétique statique appliqué (I), et μ le moment magnétique nucléaire. $\mu = \frac{\gamma \hbar I}{2\pi}$, avec \hbar la constante de Planck, et γ le rapport gyromagnétique pour le noyau étudié ($\gamma_{^1\text{H}} = 267 \times 10^6 \text{ rad.s}^{-1}.\text{T}^{-1}$ et $\gamma_{^3\text{He}} = 204 \times 10^6 \text{ rad.s}^{-1}.\text{T}^{-1}$).

D'après la relation de Bohr, la fréquence de radiation qu'induit la transition entre 2 niveaux contigus est :

$$\nu = \frac{\Delta E}{\hbar} = \frac{\gamma B_0}{2\pi} \quad (\text{I.2})$$

A l'équilibre thermique, le système est distribué sur les différents niveaux d'énergie conformément à la loi de distribution de Boltzmann. Pour les noyaux qui nous intéressent le proton (^1H) et l'hélium-3 (^3He), I égale $1/2$. La répartition de ces noyaux se fait donc en deux populations, l'une parallèle au champ appliqué $m_z=+1/2$ et notée n_\uparrow , l'autre antiparallèle $m_z=-1/2$ notée n_\downarrow . La polarisation P vaut alors à température ambiante :

$$P = \frac{n_\uparrow - n_\downarrow}{n_\uparrow + n_\downarrow} = \frac{\gamma \hbar B_0}{2kT} \quad (\text{I.3})$$

avec $\hbar = \hbar/2\pi$, k la constante de Boltzmann, et T la température.