



Manipuler le spin de défauts atomiques dans le diamant

Premier semestre 2023-2024

Introduction aux centres NVs du diamant

L'isolation et la manipulation de systèmes quantiques uniques est un enjeu fondamental de la physique quantique expérimentale, notamment pour le contrôle de systèmes quantiques à deux niveaux : les Qbits. Si les plateformes permettant l'étude de tels systèmes sont multiples, nous nous intéresserons aux défauts de spin dans les semi-conducteurs. Pour ces systèmes, la présence d'un défaut dans la maille cristalline induit l'apparition de niveaux d'énergie intermédiaires entre la bande de valence et la bande de conduction.

Pour ce projet expérimental, nous étudierons l'un de ces défauts, qui a l'avantage d'être optiquement actif et de pouvoir être étudié à température ambiante : le centre NV (*Nitrogen-Vacancy*) du diamant [1]. Les temps de cohérences relativement longs de ces Comme son nom l'indique, il s'agit d'un manque de deux atomes de carbone voisins dans la maille diamant, dont l'un est remplacé par un atome d'azote. La présence de ce défaut donne naissance à des niveaux d'énergie intermédiaires, donc la structure simplifiée est représentée en figure 1.

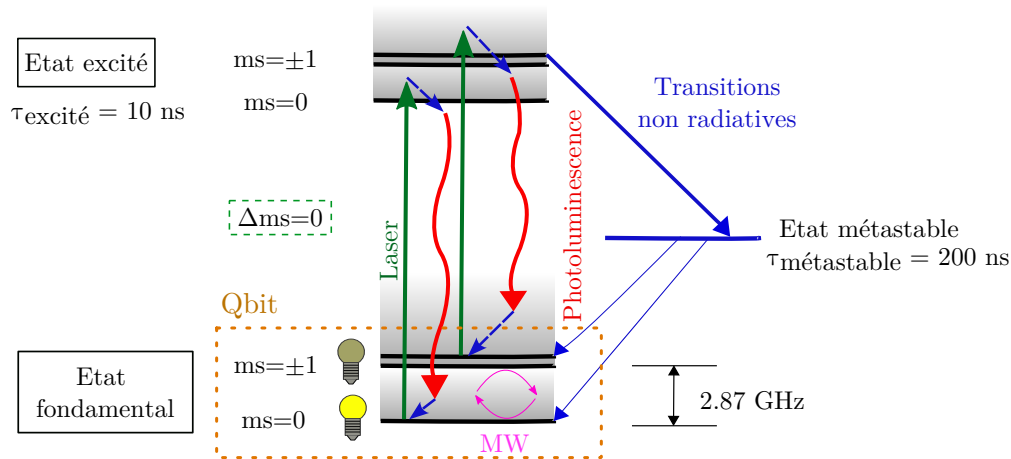


FIGURE 1 – Schéma simplifié des niveaux énergétiques et transitions du centre NV du diamant.

Cette configuration présente plusieurs caractéristiques qui permettent l'étude et la manipulation de ce type de défauts. Un premier avantage vient des échelles d'énergies en jeu, permettant d'effectuer des mesures optiques et une manipulation micro-onde des populations. La présence d'un état métastable avec un long temps de vie permet d'effectuer un pompage optique dans un mélange de populations défini [2]. Ce second canal de désexcitation, via l'état métastable, permet de distinguer optiquement l'état $ms = 0$ des états $ms = \pm 1$. Enfin, une levée de dégénérescence entre les deux niveaux fondamentaux $ms = \pm 1$ à l'aide d'un champ magnétique peut permettre des applications à la magnétométrie [3][4].

Pistes d'études possibles (à titre indicatif)

1. Étude de la photoluminescence : *Concevoir et mettre en oeuvre un montage expérimental permettant d'observer la photoluminescence d'un échantillon de diamant dopé en centres NVs.*
2. Étude de la dynamique de pompage : *Comment évolue la photoluminescence lors d'un pompage optique ? Comment la mesurer ?*
3. Spectroscopie RF et magnétométrie : *Quel est l'effet d'un champ magnétique ? Comment le mesurer ?*

Références

- [1] A. GRUBER, A. DRÄBENSTEDT, C. TIETZ, L. FLEURY, J. WRACHTRUP, AND C. V. B. R. WORK(S) : Scanning Confocal Optical Microscopy and Magnetic Resonance on Single Defect Centers. *Science, New Series*, **1997**, 276, 2012–2014.
- [2] L. ROBLEDO, H. BERNIEN, T. VAN DER SAR, AND R. HANSON. Spin dynamics in the optical cycle of single nitrogen-vacancy centres in diamond. *New Journal of Physics*, **2011**, 13, 025013.
- [3] R. SCHIRHAGL, K. CHANG, M. LORETZ, AND C. L. DEGEN. Nitrogen-Vacancy Centers in Diamond : Nanoscale Sensors for Physics and Biology. *Annual Review of Physical Chemistry*, **2014**, 65, 83–105.
- [4] L. RONDIN, J.-P. TETIENNE, T. HINGANT, J.-F. ROCH, P. MALETINSKY, AND V. JACQUES. Magnetometry with nitrogen-vacancy defects in diamond. *Reports on Progress in Physics*, **2014**, 77, 056503.