

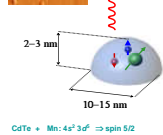
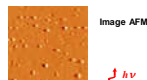
Le projet MOMES a pour objectif de développer une recherche concertée sur la maîtrise du spin dans des structures semi-conductrices confinées. Cela sous-entend la mise en oeuvre de moyens d'injection et de détection de porteurs polarisés en spin, la compréhension des mécanismes de relaxation de spin dans des objets aux dimensions réduites et le développement de techniques de manipulation du spin. Il s'appuie sur le savoir-faire et les acquis de 7 partenaires dans les domaines i) de la fabrication et caractérisation de matériaux (semi-conducteurs III-V et II-VI, boîtes quantiques et interfaces semi-conducteurs/matériaux ferromagnétiques), ii) de la nanofabrication (lithographie optique, électronique et nanoindentation), iii) de l'optique et iv) du transport électronique. L'ambition de ce projet est d'évaluer et de développer des objets dans les domaines de **l'information quantique** (réalisation de qubit) et de **l'électronique de spin** (réalisation de composants basés non plus sur la charge des porteurs mais sur le spin).

## Propriétés de spin dans des nano-objet

- 1) Boite III-V InAs
- 2) Boite II-VI CdTe
- 3) Injection électrique de spin dans une boite quantique

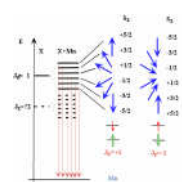
### Ex:boite quantique II-VI avec 1 ion Mn

Boîtes quantiques Cd(Mn)Te/ZnTe:

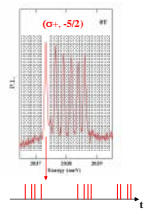


En introduisant un seul atome magnétique dans une boîte quantique de semi-conducteur, on peut contrôler et contrôler optiquement l'état de spin de cet atome. Les boîtes quantiques choisies pour cette étude sont des boîtes II-VI Cd(Mn)Te.

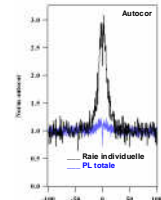
Grâce à l'interaction trou-Mn, à chaque projection de spin du Mn correspond un photon avec une énergie et une polarisation données: l'émission optique de la boîte est donc une sonde de l'état de spin de l'atome magnétique.



Détection optique des fluctuations d'un spin individuel:



Les fluctuations d'intensité de PL sont analysées en effectuant une auto-corrélation de l'intensité de PL. L'amplitude et la largeur du signal de groupement de photons sont reliées au temps de relaxation de spin du Mn. Un temps de relaxation d'environ 50ns est obtenu pour un Mn isolé.



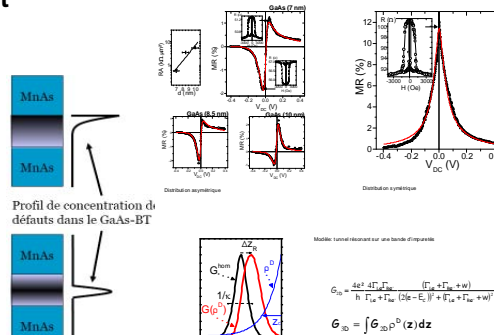
Les fluctuations temporelles du spin du Mn entraînent une fluctuation de l'intensité de luminescence de chacune des raies du spectre excitation-Mn. Les photons s'ont émis en paquets (groupement de photon).

## Transport dépendant du spin

- 1) Métaux ferromagnétiques/isolant/Semi-conducteur Vers un transistor latéral
- 2) DMS: (type III-V: GaMnAs, Type II-VI: CdMnTe)
- 3) Structures hybrides: MnAs/III-V

### Ex:tunnel résonant

Les mesures de magnéto-résistance sur des jonctions MnAs/GaAs/MnAs de quelques micromètres carrés, ont fait apparaître une dépendance en tension très atypique de la magnéto-résistance tunnel. Pour interpréter ces nouveaux effets nous avons développé un modèle de transport tunnel résonant à travers une distribution inhomogène d'impuretés dans le semi-conducteur. Nous avons pu valider cette interprétation en contrôlant la distribution de défauts dans la barrière tunnel de GaAs. Conformément aux prédictions du modèle le contrôle a permis d'augmenter significativement les effets de magnéto-résistance tunnel. Une forte polarisation de spin à l'interface MnAs/GaAs a été déduite de la confrontation de l'ensemble des résultats de transport au modèle de tunnel résonant.

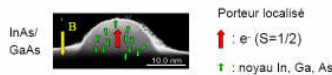


## Controler l'information de spin

- 1) Utiliser l'interaction hyperfine entre les spins d'un électrons et du noyau dans une boîte quantique unique pour stoker l'information de spin

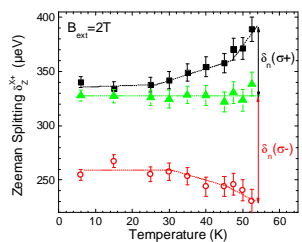
### Ex:Interaction hyperfine:Bistabilité de l'effet overhauser

applications → achieve through optical pumping a nuclear polarisation degree that is high enough to transfer a coherent spin state from a single electron to the nuclear spin system in individual InGaAs quantum dots.

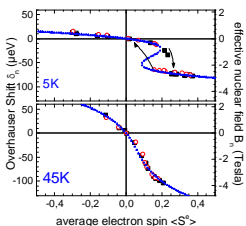


Crucial experimental parameters: (i) applied magnetic field and excitation laser polarization/power

(ii) sample temperature We show that by increasing the sample temperature we achieve a higher nuclear polarisation as the nuclear spin generation is more and the nuclear spin relaxation is less efficient. The physics of electrons trapped at donor sites interacting with nuclear spins in bulk material has been studied mainly at low temperature, as the trapped electrons are ionised at temperatures of only a few K. The strong confinement in quantum dots allows us to study the coupled electron-nuclear spin system up to 50K and we demonstrate that a nuclear polarisation in the order of 50%. This is an encouraging result for future quantum memory schemes and a nice demonstration of the surprising physics of the coupled electron to nuclear spin system.



Zeeman splitting measured for the X+ exciton of an individual QD for three different excitation laser polarizations: + (solid squares), - (hollow circles) and linear (solid triangles) in an applied magnetic field of 2T as a function of temperature. The arrows show the Overhauser shift due to the effective nuclear field B<sub>n</sub>, which is zero for linear excitation.



The contribution to the Zeeman splitting due to the nuclear field B<sub>n</sub> (Overhauser shift δ<sub>n</sub>) is measured as a function of temperature. The bistability observed at low temperature disappears at 45K.

## Pour en savoir plus

### Publications issues du contrat

Phys. Rev. Lett.  
Spectroscopic Measurement of Spin-Dependent Resonant Tunneling through a 3D Disorder: The Case of MnAs/GaAs/MnAs Junctions. V. Garcia et al. Phys. Rev. Lett. 97 24802 (2006)  
Electrical Control of a Single Mn Atom in a Quantum Dot. Y. Léger et al. Phys. Rev. Lett. 97, 107401 (2006)  
Biaxial strain in the hexagonal plane of MnAs thin films: The key to stabilize ferromagnetism to higher temperature? Garcia et al. Phys. Rev. Lett. 99, 117205 (2007)  
Exchange-mediated anisotropy of GaMnAs valence band probed by resonant tunnelling spectroscopy. M. Elton et al. Phys. Rev. Lett. 99, 127203 (2007)

Appl. Phys. Lett.  
Band structure of the epitaxial FeMgO/GaAs(001) tunnel junction studied by x-ray and ultraviolet photoelectron spectroscopies. L. Liu et al. Appl. Phys. Lett. 89, 152106 (2006).  
Measurement of the valence-band offset at the epitaxial MgO/GaAs(001) heterojunction by x-ray photoelectron spectroscopy. Y. Li et al. Appl. Phys. Lett. 88, 042108 (2006).  
Formation of a body-centered-cubic Fe-based alloy at the Fe/GaAs(001) interface. P. Schieffler et al. Appl. Phys. Lett. 89, 161923 (2006).  
Inserting one single Mn ion into a Quantum Dot. L. Maingault et al. Applied Physics Letters 89, 193106 (2006).  
Electrical spin injection into p-doped quantum dots through a tunnel barrier. L. Lombez et al. Appl. Phys. Letters 90, 081111 (2007)

Phys. Rev. B  
MnAs/GaAs/MnAs morphology and interfacial properties. V. Garcia et al. Phys. Rev. B 73, 035308 (2006)  
Magnetization reversal and anomalous dependence of the coercive field with temperature in MnAs epilayers grown on GaAs. B. Steen et al. Phys. Rev. B 74, 144402 (2006).  
σ<sub>g</sub> phase transition in MnAs/GaAs(001) thin films: an optical spectroscopic investigation. F. Vidal et al. Phys. Rev. B 74, 115330 (2006).  
Surface reconstructions of epitaxial MnAs films grown on GaAs(111)B. A. Overgurtl et al. Phys. Rev. B 74, 155412 (2006).  
Magnetic properties and domain structure of (Ga,Mn)As films with perpendicular anisotropy. L. Thevenard et al. Phys. Rev. B 73, 195331 (2006).  
Spin transfer experiments on (Ga,Mn)As/(In,Ga)As tunnel junctions. M. Elton et al. Phys. Rev. B 73 (3) 035303 (2006)  
Bistability of the nuclear polarization created through optical pumping in In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As quantum dots in applied magnetic fields. F. F. Braun et al. Phys. Rev. B 74, 245306 (2006)  
Electron spin quantum beats in positively charged quantum dots: Nuclear field effects. L. Lombez et al. Phys. Rev. B 75, 035113 (2007)  
Fine structure of exciton excited levels in a quantum dot with a magnetic ion. M. M. Glazov et al. Phys. Rev. B 75, 195218 (2007)  
Valence band mixing in neutral, charged and Mn-doped self-assembled quantum dots. Y. Léger et al. A paratère des Phys. Rev. B (2007).  
Efficient dynamical nuclear polarization in quantum dots: Temperature dependence. B. Urbacek et al. cond-mat/0707.0370 (submitted to Phys. Rev. B. Rapid Comm)