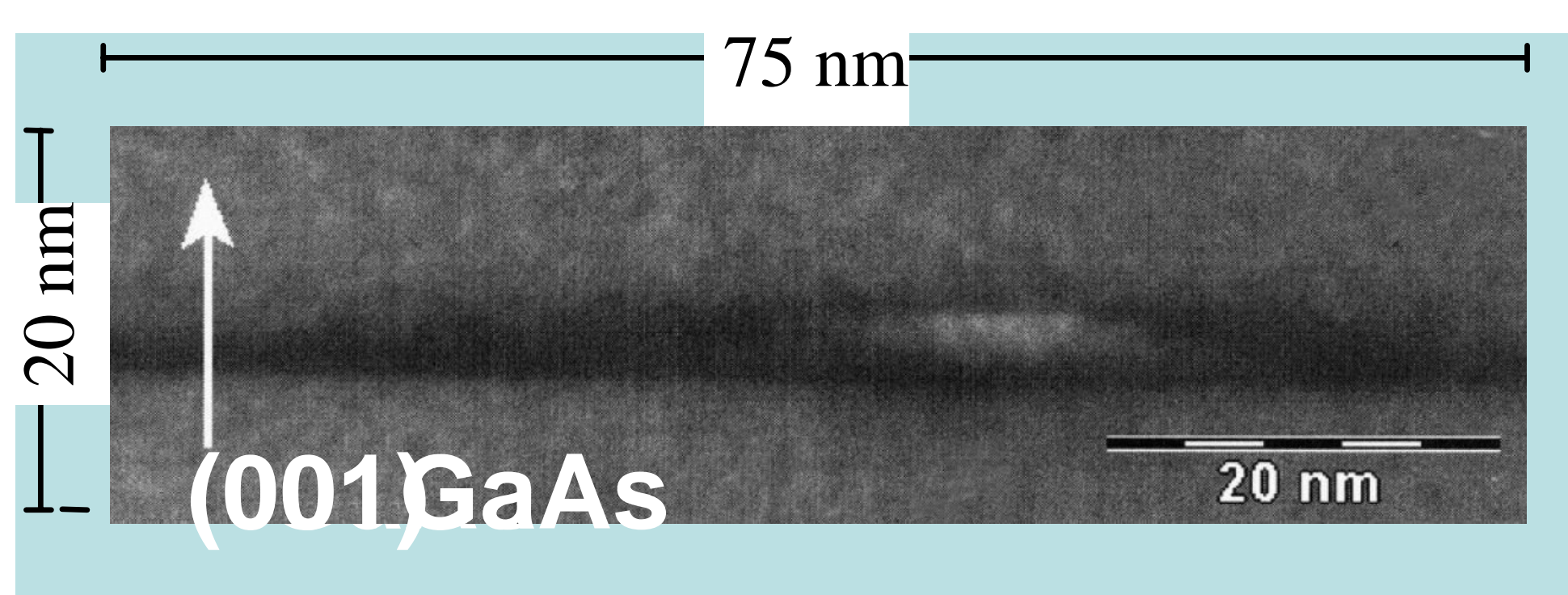


Objectifs

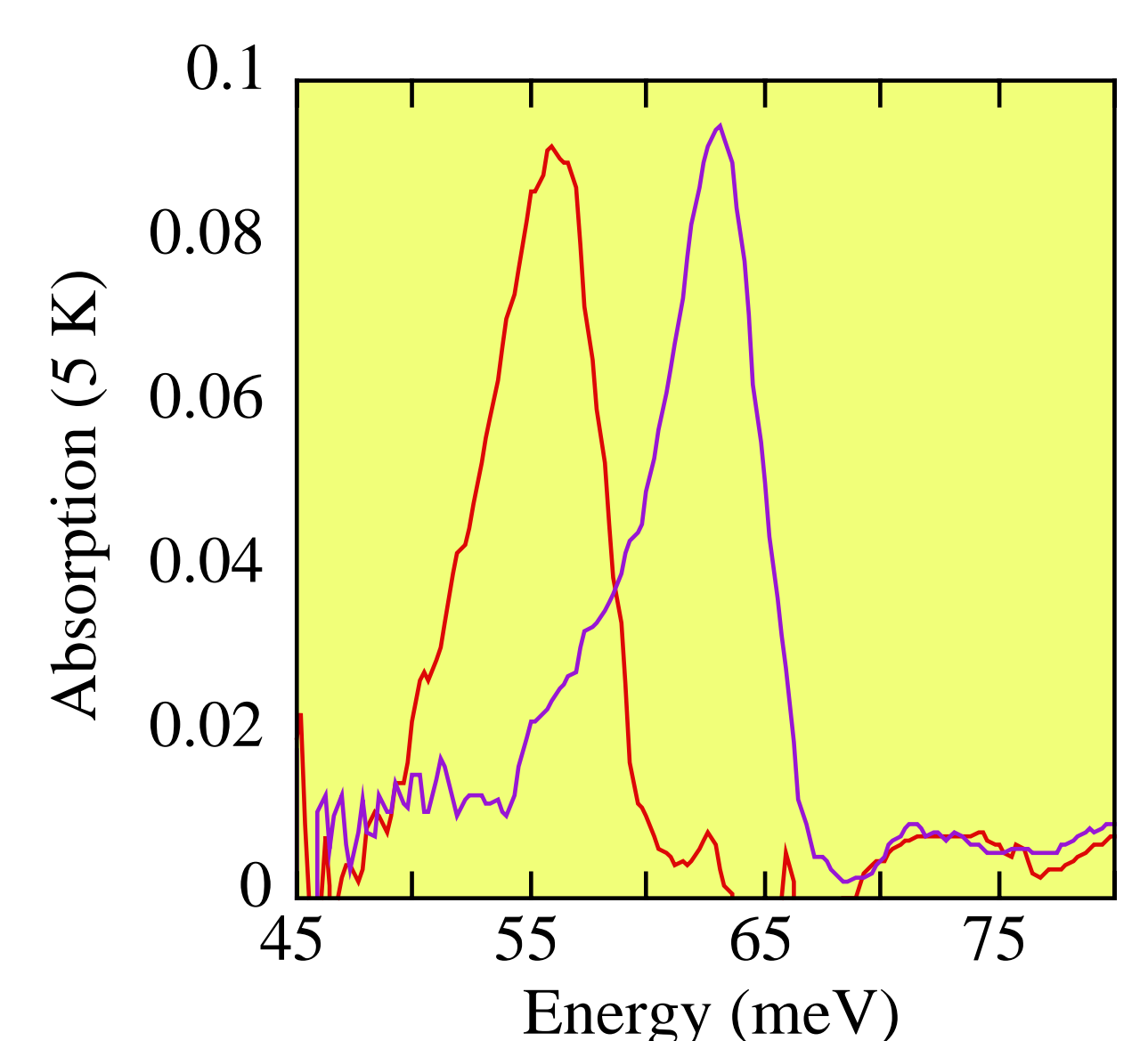
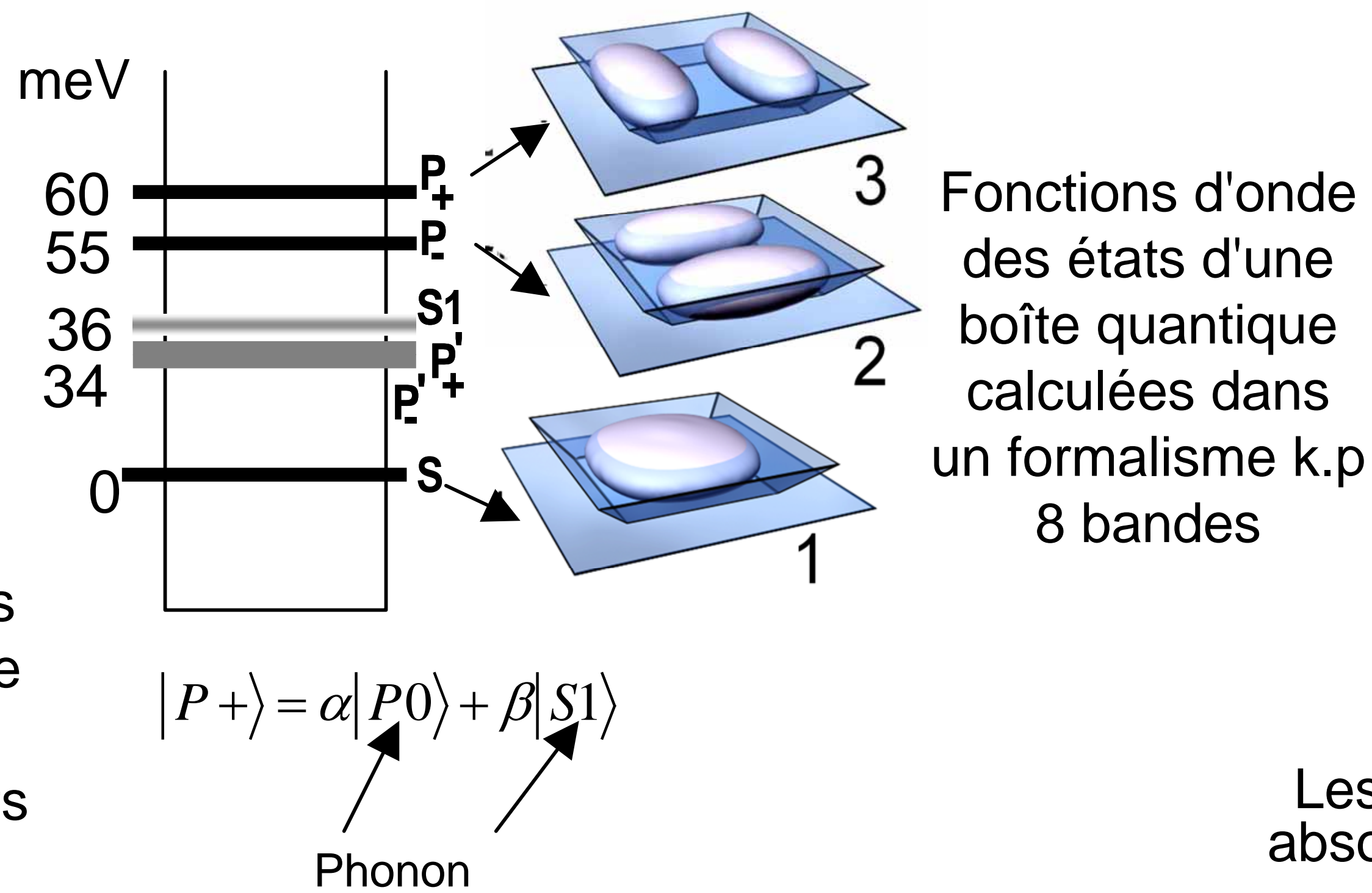
Dans les boîtes quantiques auto-assemblées de semi-conducteurs comme InAs/GaAs, il existe un couplage fort pour l'interaction électron-phonon qui se traduit par la formation de quasiparticules électron-phonon appelées polarons. L'existence de ces polarons a des conséquences très importantes sur les propriétés des boîtes, en particulier sur la dynamique des excitations intersousniveaux qui est gouvernée par l'instabilité de la composante à 1 phonon du polaron. Les temps de vie de polarons peuvent ainsi être très longs (plusieurs dizaines de ps). Dans des boîtes quantiques dopées n, les polarons sont observés à des longueurs d'onde moyen infrarouge autour de 20 μm . L'objectif de ce projet est d'étudier pour la première fois des polarons insérés dans des microcavités optiques. Ces microcavités présentant des modes résonants avec les transitions de polarons seront obtenues à partir de cristaux photoniques bidimensionnels dans une approche de type membrane. Des cavités avec un facteur de qualité adapté à la largeur spectrale des polarons seront ainsi fabriquées. Nous étudierons pour la première fois l'émission de ces polarons en cavité. Le changement de densité d'états photonique induit par la cavité devrait permettre d'observer une exaltation forte de l'émission spontanée des polarons par effet Purcell. Ces expériences ouvriront la route à la réalisation d'un premier laser intersousniveaux à polaron.

Les polarons de boîtes quantiques de semi-conducteurs



Boîte quantique InGaAs/GaAs

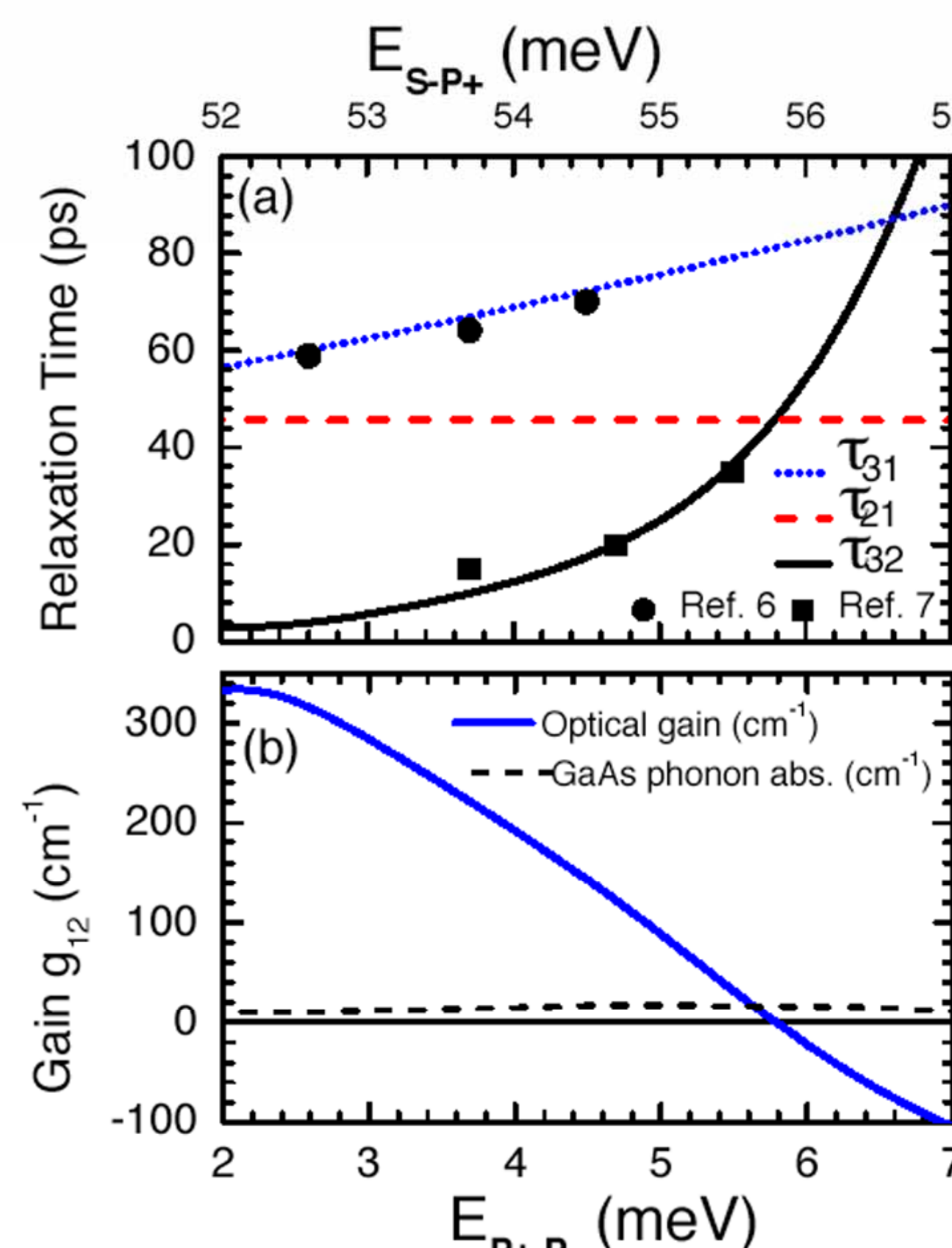
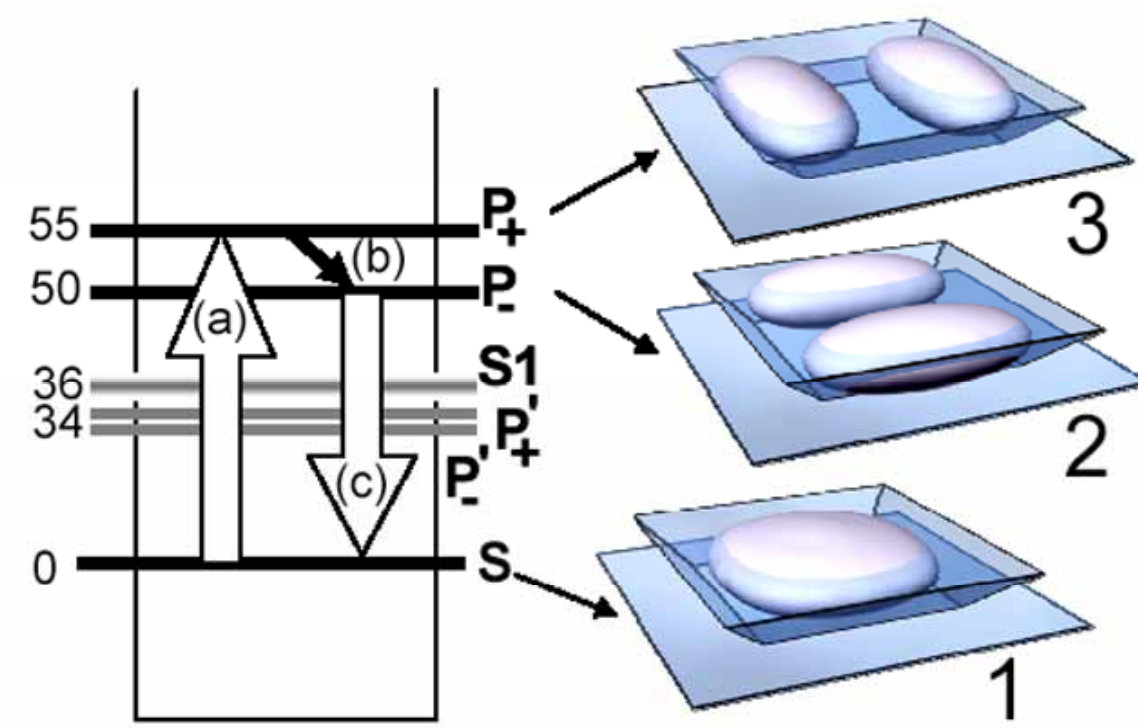
Les boîtes quantiques sont des nanostructures dans une matrice cristalline. Les états propres du système sont des états de polarons, quasiparticules mixtes électron-phonon. La formation et l'instabilité des états polarons contrôle la dynamique dans les boîtes quantiques dopées n.



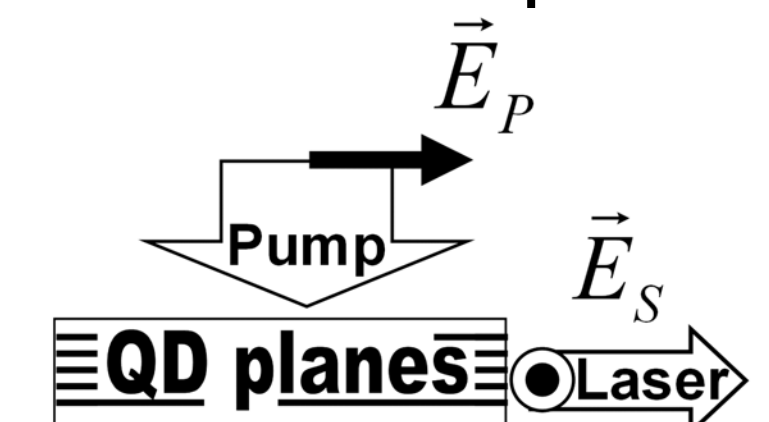
Les polarons peuvent être sondés par l'absorption optique intersousniveaux dans des boîtes quantiques dopées n.

Ingénierie de la relaxation - gain optique

Une relaxation assistée par phonons acoustiques peut se produire entre les états P+ et P- séparés de quelques meV. Le temps caractéristique varie de quelques ps à quelques dizaines de ps. La relaxation du niveau P- vers le fondamental est gouvernée par l'instabilité et le poids de la composante à 1 phonon du polaron. Elle conduit à des temps de relaxation de plusieurs dizaines de ps. Les trois niveaux S, P+, P- correspondent à un schéma à trois niveaux type Laser à Rubis, pour lequel il est possible d'obtenir une inversion de population sous pompage optique

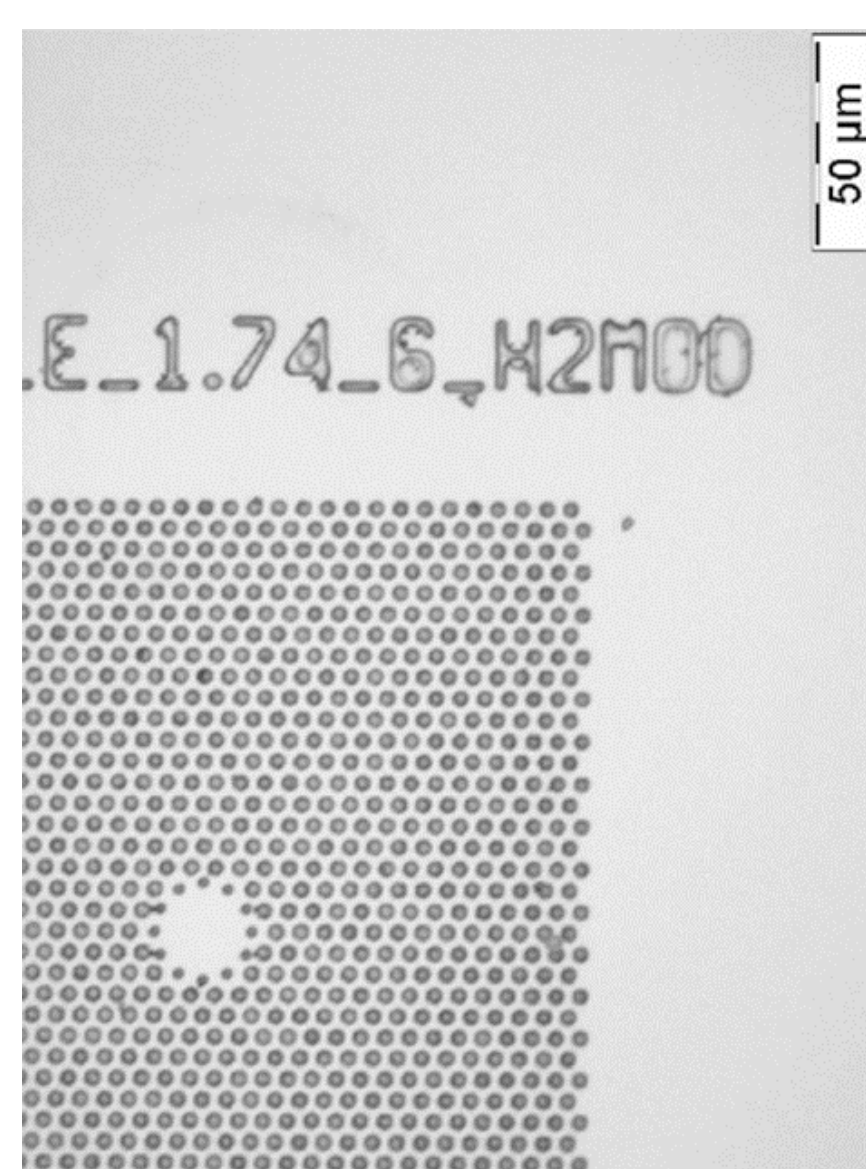


Calcul des temps de relaxation à partir des données expérimentales dynamiques obtenues avec un laser à électrons libres. On obtient une inversion de population si $\tau_{32} < \tau_{21}$. La figure du bas montre la variation du gain optique en fonction de l'écart en énergie des niveaux P+ et P- pour une structure contenant 80 plans de boîtes quantiques.

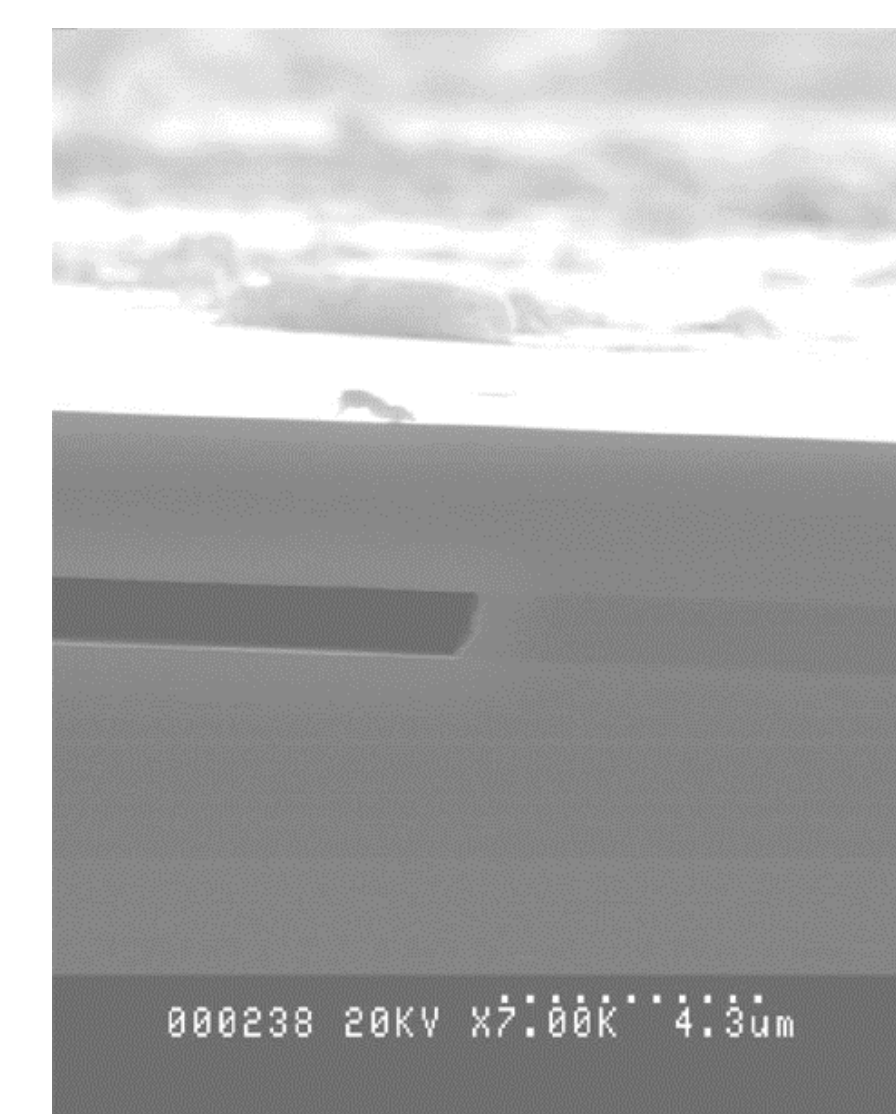


Fabrication de cavités à cristaux photoniques aux longueurs d'onde de 20 μm

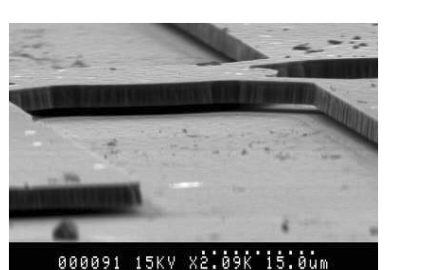
Cristal photonique bidimensionnel adapté aux longueurs d'onde de transition des polarons ($\sim 20 \mu\text{m}$)



Nous développons la fabrication de cristaux photoniques bidimensionnels en GaAs pour des longueurs d'onde proches de 20 μm . La modification de la densité d'états photoniques doit modifier le taux d'émission spontanée des transitions de polarons. Ces résonateurs devraient également être adaptés pour faire la démonstration de lasers à polarons de boîtes quantiques dans le moyen infrarouge.



Membrane de GaAs de $\sim 3 \mu\text{m}$ d'épaisseur contenant des plans de boîtes quantiques InAs/GaAs



Contact : Philippe Boucaud, philippe.boucaud@ief.u-psud.fr
Institut d'Electronique Fondamentale, CNRS, Université Paris Sud



CEA-DRFMC



LABORATOIRE DE
PHOTONIQUE ET DE
NANOSTRUCTURES