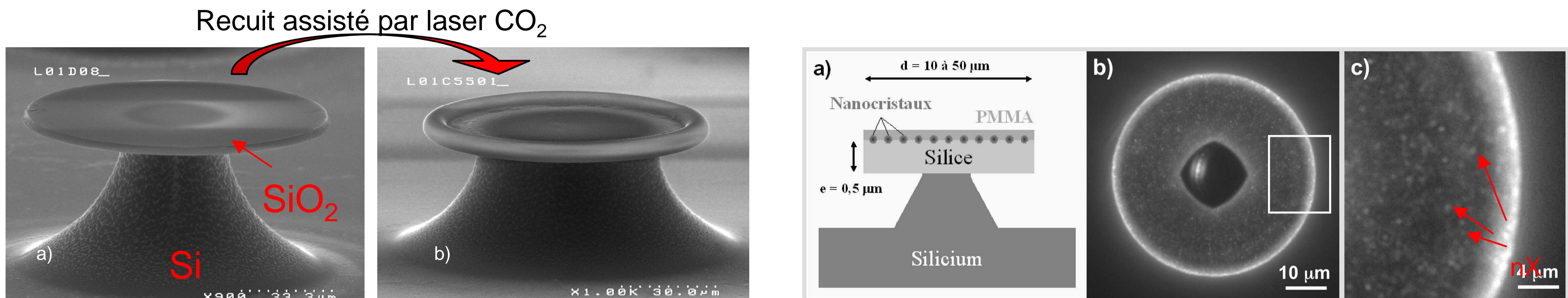


### Contexte et objectifs

Le développement de sources de lumière à bas seuil intégrées sur silicium est un enjeu majeur pour la réalisation d'interconnexions optiques « intra-puce ». Les microtores en silice, introduits par Caltech en 2002 [1], sont particulièrement intéressants dans ce contexte, car ces résonateurs optiques présentent des pertes cent fois plus faibles que les meilleures microcavités semiconductrices disponibles. Le projet microtore visait à intégrer pour la première fois des émetteurs (ions de terres rares, nanocristaux semiconducteurs) au sein de microtores en silice, en vue de réaliser des expériences d'électrodynamique quantique en cavité et de réaliser une microsource laser à très bas seuil intégrée sur Si [1,2].

[1] D. K. Armani et al, Nature 421, 925 (2003); [2] J.M. Gérard, Nature Mat. 2, 140 (2003)

### Fabrication de microcavités SiO<sub>2</sub> optiquement actives



Les microdisques en silice (a) sont définis en combinant lithographie optique, gravure humide sélective de la couche de silice, et gravure ionique réactive du pied de Si [3]. Les microtores (b) sont obtenus à partir des microdisques en chauffant la couche de silice à l'aide d'un faisceau laser CO<sub>2</sub> [1,4]. Cette étape technologique est en pratique assez délicate. La morphologie du tore dépend fortement de l'homogénéité du chauffage sur la surface du disque ainsi que de la forme du pied en silicium, qui joue le rôle d'un puits à chaleur. De plus, un recuit prolongé dégrade l'état de surface du tore. L'étude de cette étape à l'aide d'une caméra rapide nous a permis de montrer que le tore atteint sa forme finale en 8 ms environ, et de minimiser le temps de recuit laser.

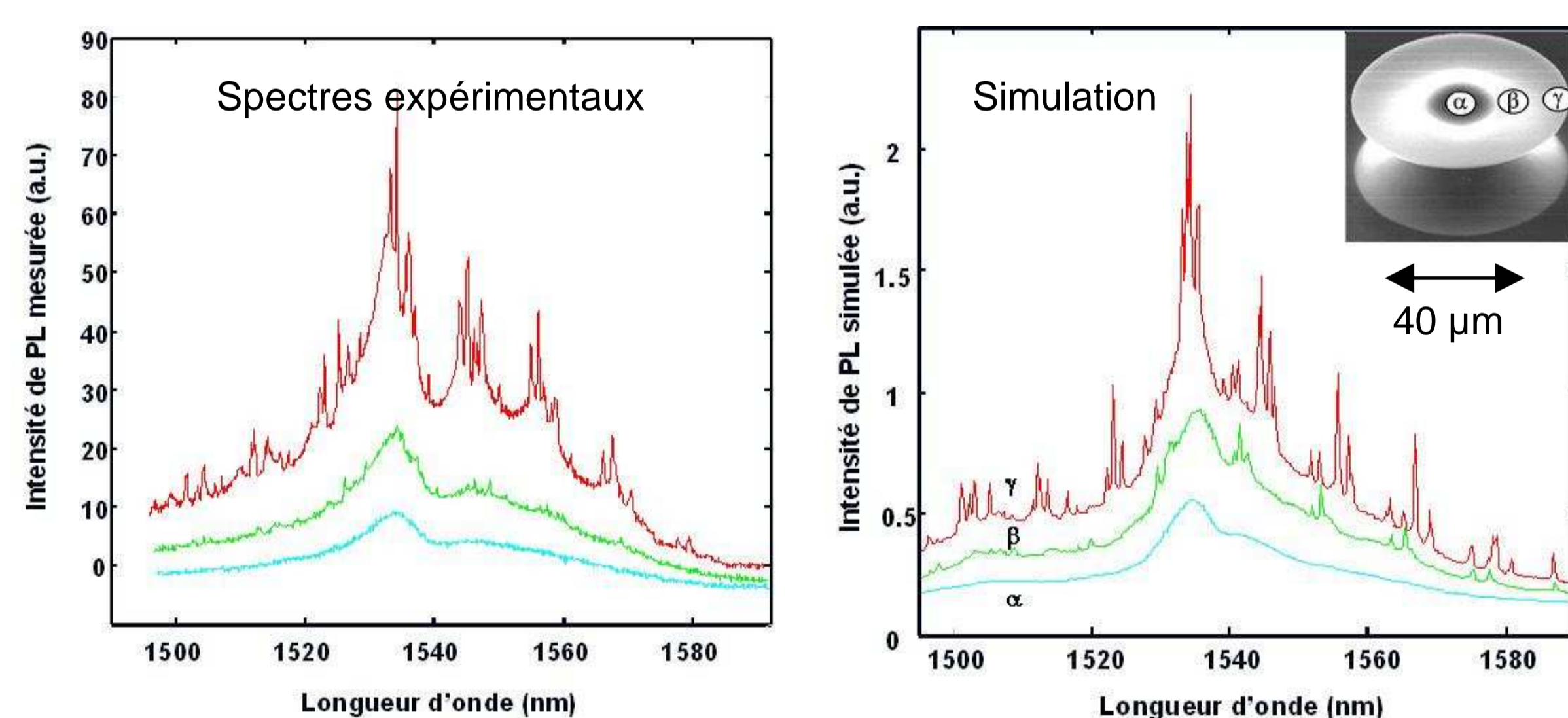
[3,4] J. Verbert et al, APL 86, 11117 (05) et EPJ-AP 34, 81 (06)

[5] S. Carayon et al, soumis à Appl. Phys. Lett.

Plusieurs stratégies ont été mises en œuvre pour intégrer des émetteurs dans ces microcavités :

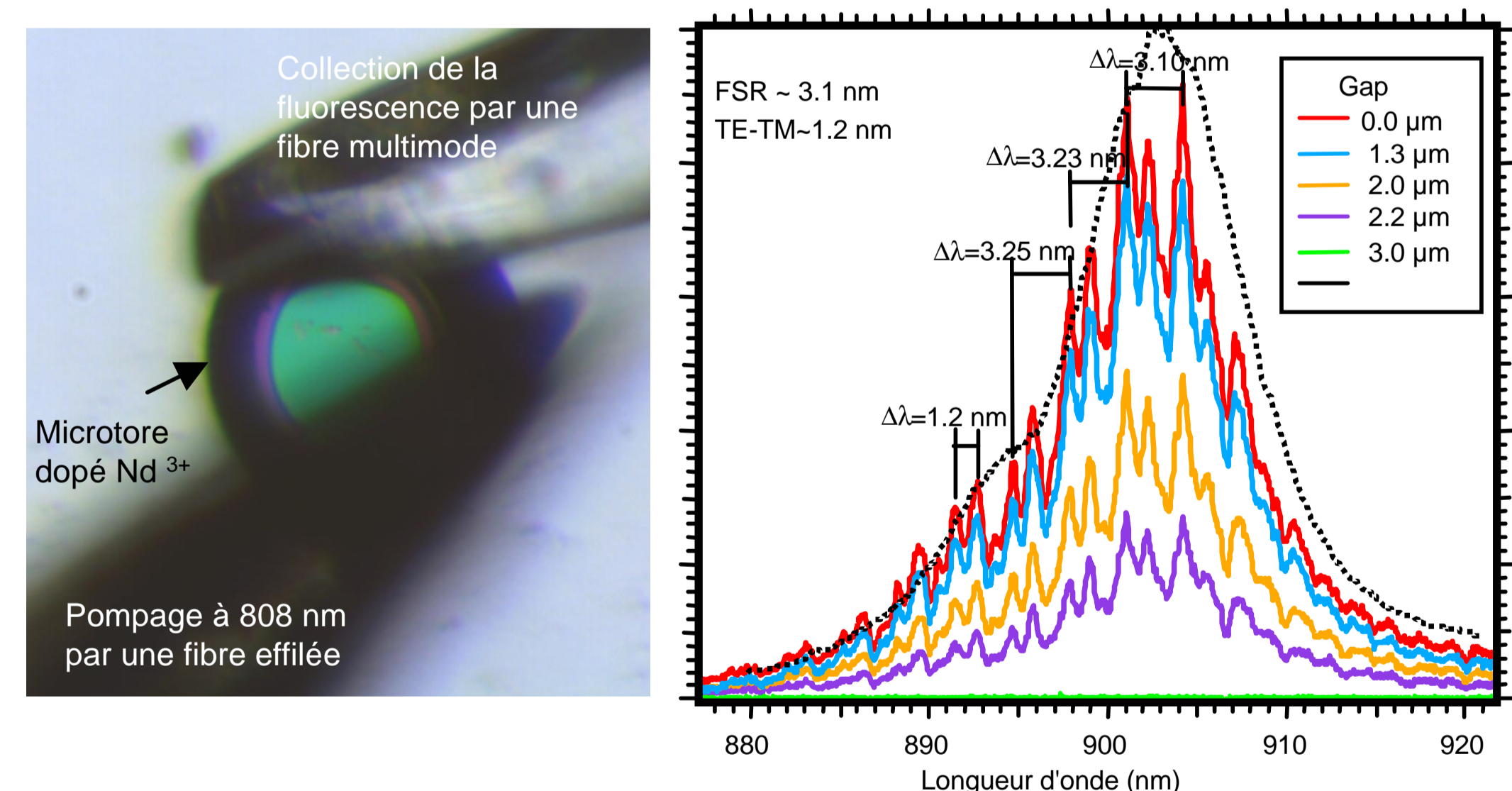
- Dépôt sur les microdisques d'une couche de silice non stoechiométrique riche en Si et dopée à l'erbium (SRO:Er) [3]. La fusion de ces disques permet d'obtenir des microtores optiquement actifs; l'étape de recuit laser est suffisamment brève pour éviter l'agrégation des atomes d'Er et le « quenching » de leur luminescence [4].
- Introduction de terres rares (ex: Nd) par implantation ionique de microtores.
- Déposition à la tournette de nanocristaux (nX) de CdSe/ZnSe puis d'une couche de PMMA sur des microdisques (figure ci-dessus). Cette couche de PMMA permet de protéger les nXs et d'augmenter leur couplage aux modes de galerie [5].

### Etudes optiques et modélisation



La caractérisation optique de ces microcavités optiques a été réalisée par microphotoluminescence [3,4,5]. L'émission des ions de terre-rare ou de nX permet d'étudier les modes de galerie auxquels ces émetteurs sont couplés. Ces modes sont particulièrement bien visibles lorsqu'on combine une excitation localisée à la périphérie de la microcavité et une détection de la lumière dans son plan. Dans cette expérience, les facteurs de qualité mesurés ( $Q \sim 9000$ ) sont limités par la résolution expérimentale.

Les spectres obtenus pour les microdisques ont pu être modélisés de façon très satisfaisante à partir d'une description analytique des modes de galerie basée sur l'approximation de l'indice effectif (voir figure ci-dessus). La modélisation -plus délicate- des microtores est en cours.



Un banc permettant une excitation sélective des modes de galerie est en cours de développement, d'une part pour caractériser finement leur  $Q$  par spectroscopie laser, d'autre part pour assurer un pompage plus efficace et observer l'effet laser. La mise en œuvre de pointes effilées a permis d'étudier la luminescence de microtores dopés au néodyme (ci-dessus). Cependant le positionnement de ces pointes n'est ni précis, ni reproductible, à cause des forces de Van der Waals induites par la proximité du substrat de Si. Un montage exploitant des fibres étirées est en cours de développement pour résoudre ce problème. En parallèle, nous avons entrepris des expériences à basse température afin d'observer l'effet Purcell pour les nX ou les atomes de terres rares.

**Contacts : J.M. Gérard et E. Hadji (CEA/DRFMC Grenoble), J. Hare (ENS/LKB), A Morand (INPG/IMEP)**

[jean-michel.gerard@cea.fr](mailto:jean-michel.gerard@cea.fr); [emmanuel.hadji@cea.fr](mailto:emmanuel.hadji@cea.fr); [jean.hare@lkb.ens.fr](mailto:jean.hare@lkb.ens.fr); [morand@enserg.fr](mailto:morand@enserg.fr)