

SYMIAE (SYstèmes Miniaturisés Intelligents pour l'Aéronautique et l'Espace)

R. Plana et F. Coccetti (LAAS), G. Teyssedre (LAPLACE), P. Tailhades (CIRIMAT).

Réalisé entre mars 2008 et mars 2011, le projet SYMIAE avait pour but de concevoir une nouvelle génération de puces électroniques, de dimension millimétrique, destinées à des capteurs ou des émetteurs miniaturisés de signaux divers. Les applications poursuivies concernent des réseaux de senseurs « sans fils » pour des systèmes d'imagerie médicale ou environnementale, ou encore des réseaux de communications à haut débit.

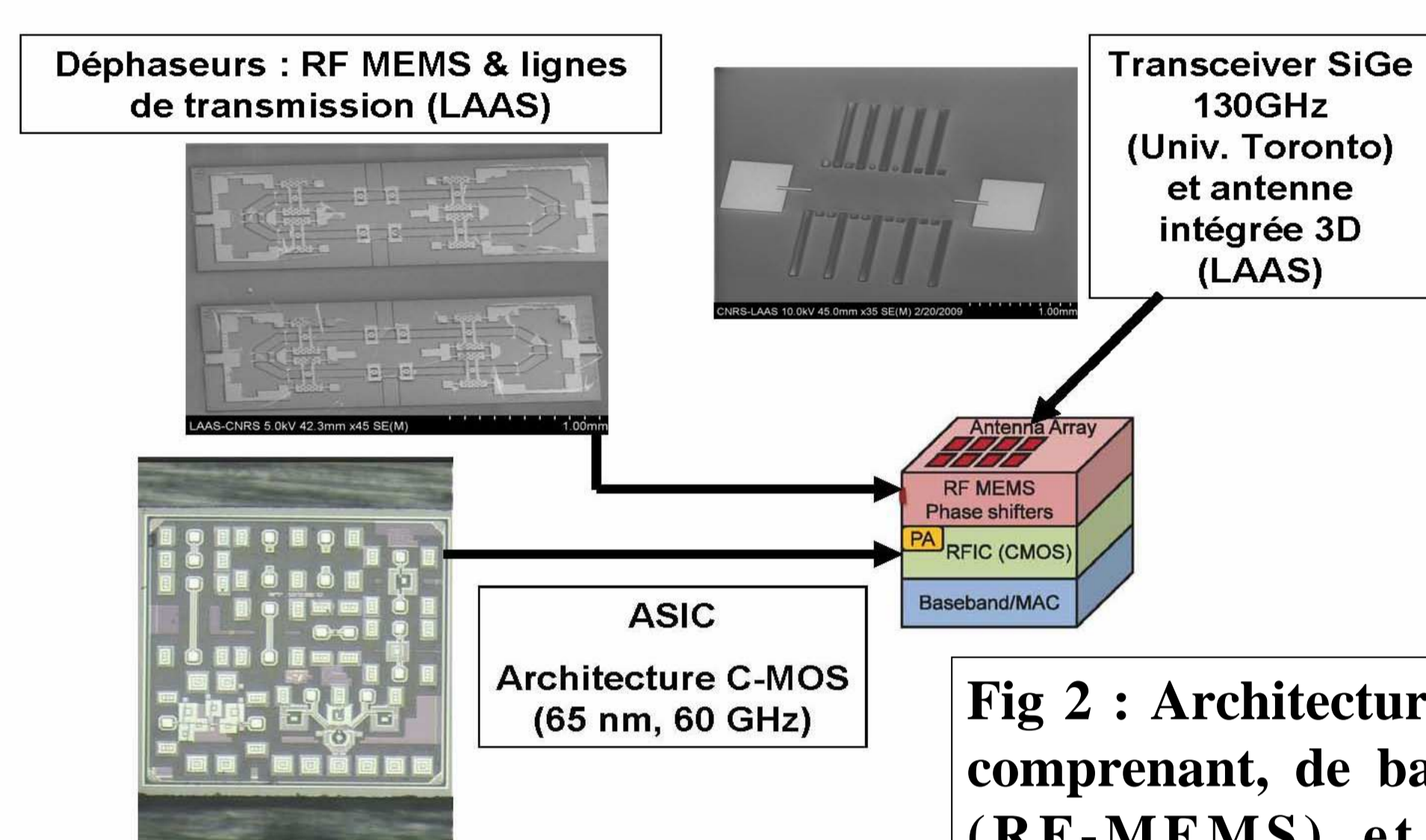
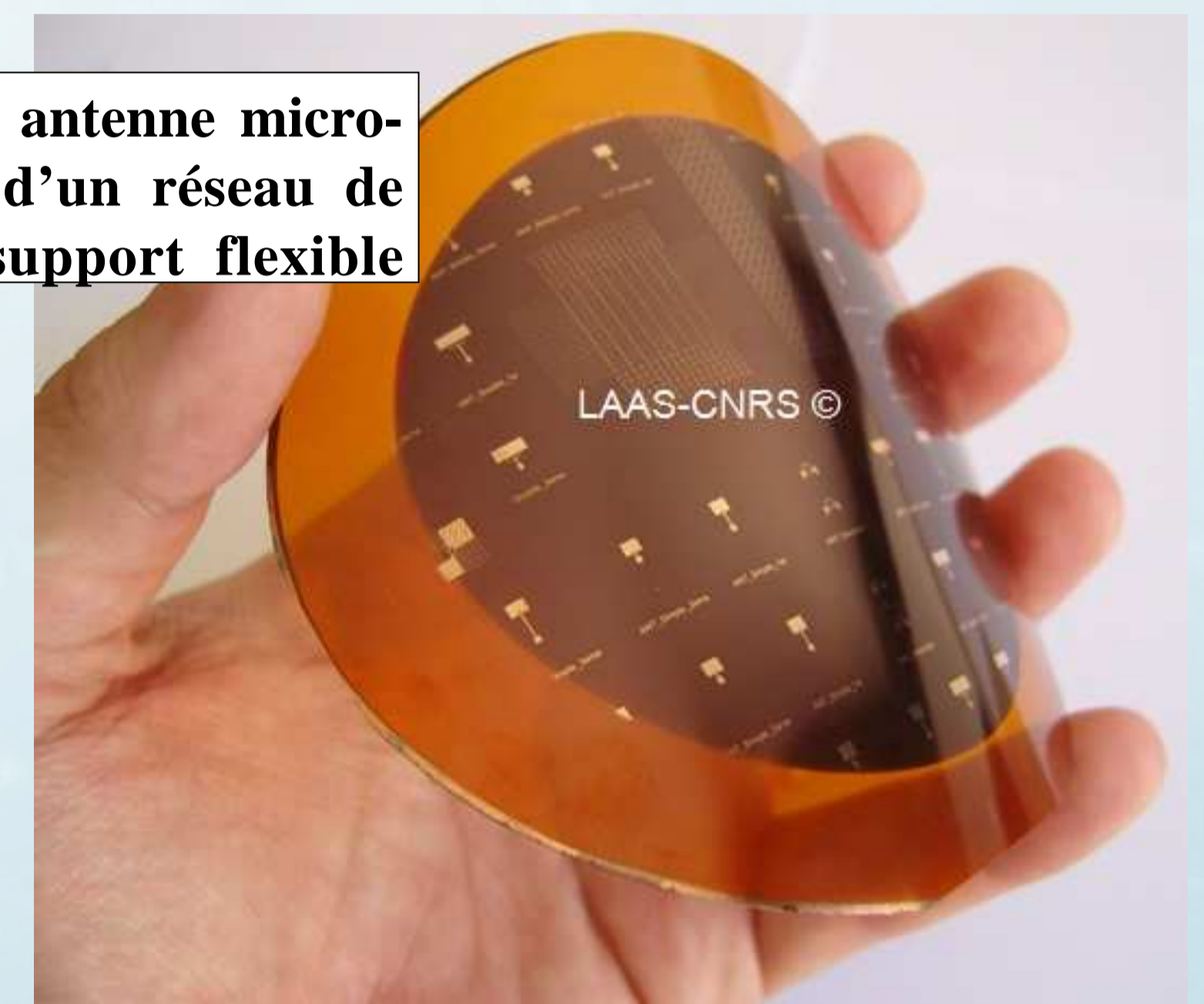


Fig 2 : Architecture du microsysteme élémentaire du réseau : un empilement comprenant, de bas en haut, un étage CMOS, un circuit codeur/déphaseur (RF-MEMS) et un transceiver connecté à une antenne patch

Fig. 1 : Exemple d'application du projet SYMIAE : antenne micro-ondes (~ 30 - 100 GHz) directionnelle, constituée d'un réseau de microsystemes émetteurs/récepteurs, fixé sur un support flexible

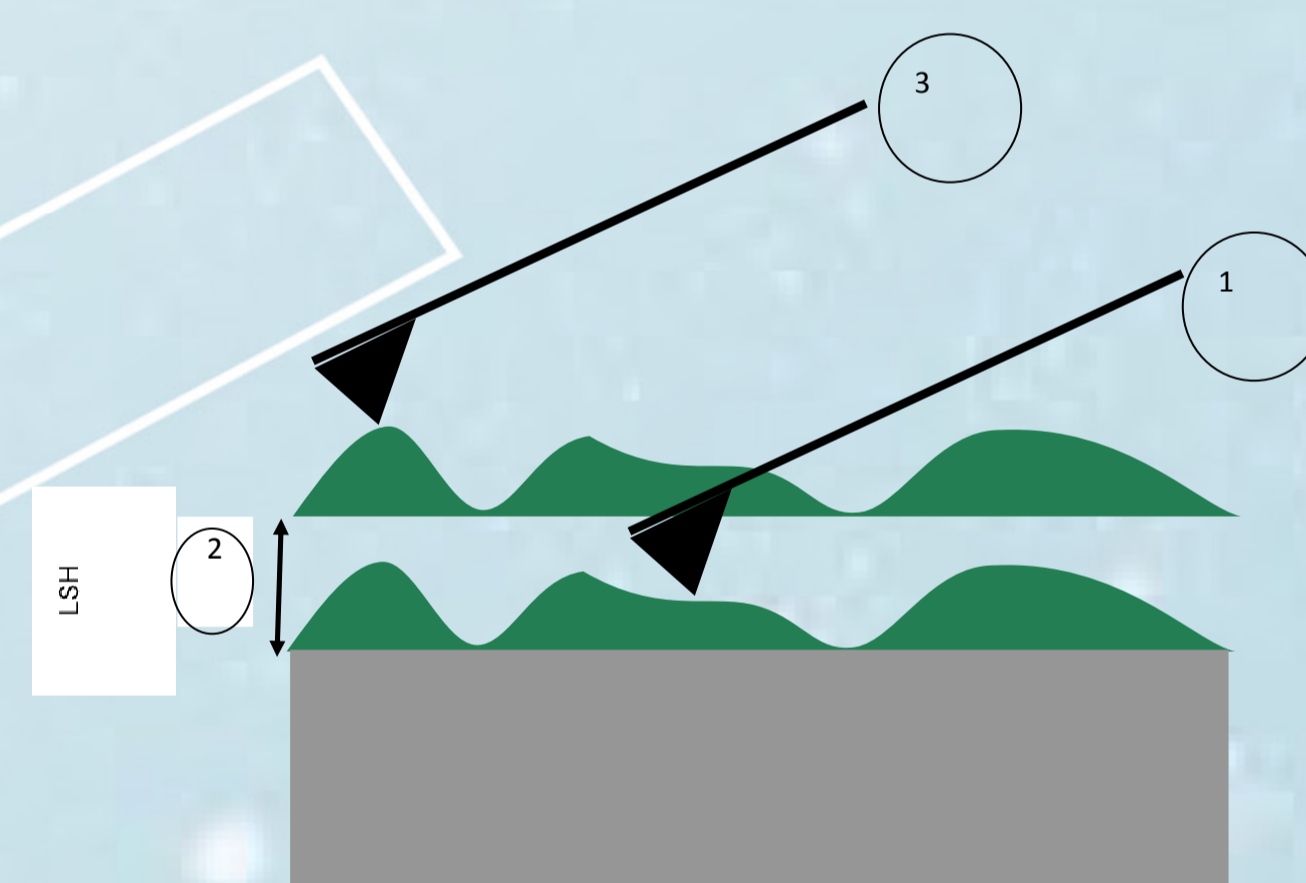


Pour cette dernière application, SYMIAE explore les potentialités de l'intégration hétérogène de Systèmes « Microélectromécaniques » Radio Fréquence (acronyme anglais RF-MEMS) avec des circuits intégrés (technologie CMOS à 65 nm). Ces MEMS sont couplés à des émetteurs - récepteurs (transceiver) opérant dans la gamme millimétrique (100 GHz). L'ensemble constitue la brique de base d'une interface radio reconfigurable, utilisant la technique dite « ultra large bande par impulsions ». Elle émet des impulsions EHF de courte durée, avec selon des cycles pseudo aléatoires, afin de transmettre des informations à haut débit, avec un faible coût énergétique, dans un contexte « Multi-Utilisateurs ».

SYMIAE conjugue quatre types d'études, respectivement sur i) l'élaboration des matériaux, ii) les procédés de fabrication, iii) la conception du circuit individuel, iv) l'implémentation du système

L'étude « matériaux » (CIRIMAT) s'est focalisée sur les diélectriques (ZnO) « orientés », susceptibles de constituer les actuateurs piézoélectriques sous faible tension.

Les recherches sur les procédés (LAPLACE et LAAS) ont porté sur l'optimisation des contraintes mécaniques et des effets de non planéité entre couches diélectriques, lors de l'implémentation



Charges mesurées sur le substrat à différents temps d'injection (0,1 ms à 1s) à un potentiel de 40 V

Fig. 3 : Nano caractérisation de la charge de surface et de la force adhésives entre deux couches de substrats diélectriques par utilisation d'un microscope à force atomique.

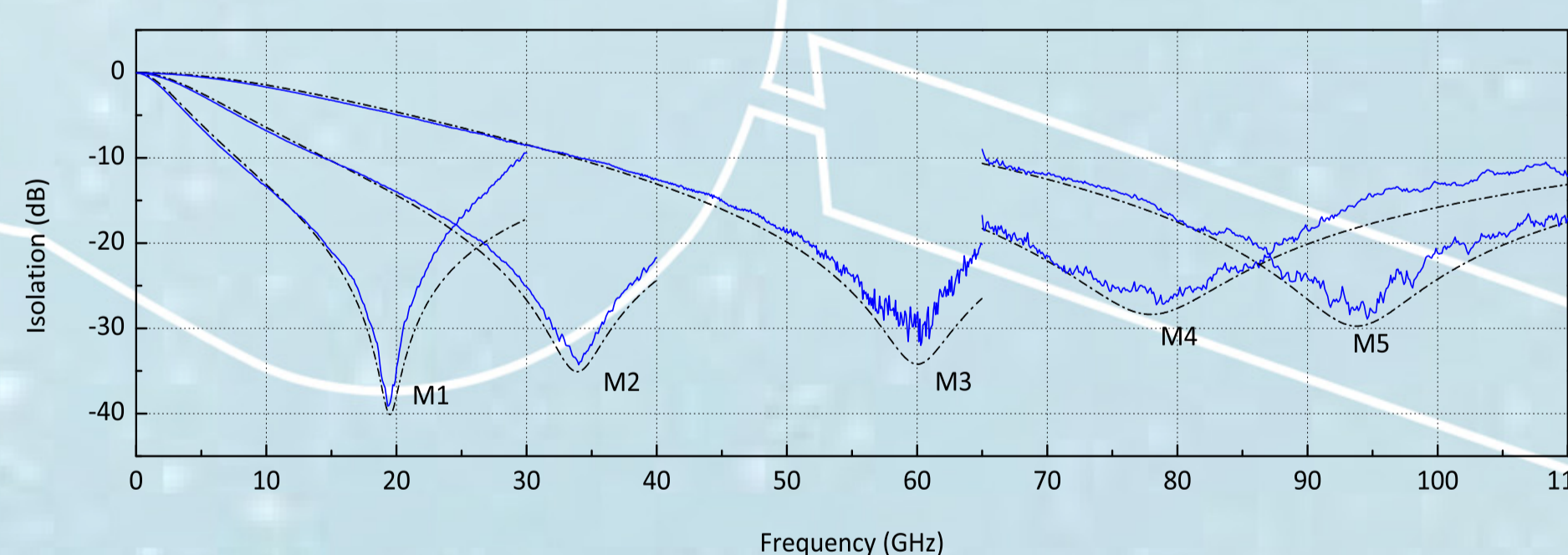
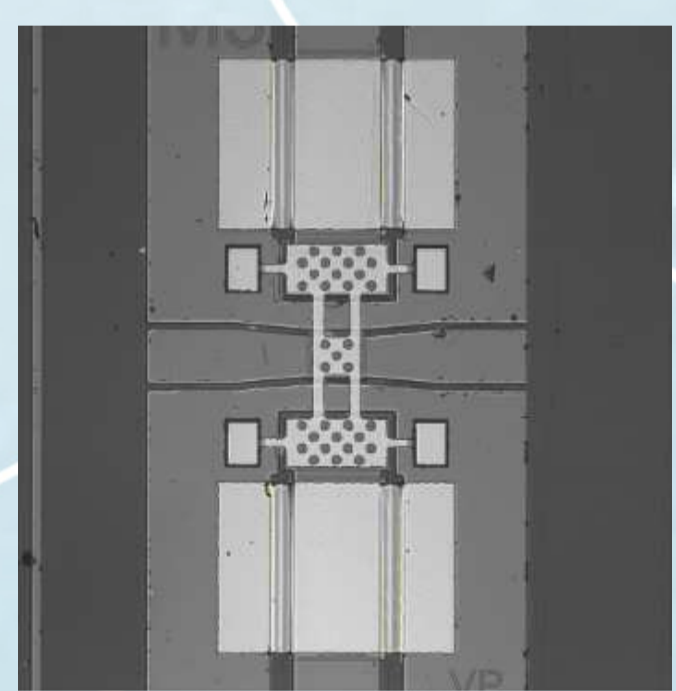


Fig. 4 : (à gauche) un interrupteur élémentaire de l'actuateur de codage RF-MEMS développé dans SYMIAE ; (à droite), courbe de résonance des différents interrupteurs développés : la courbe M3 (résonance à 60 GHz) correspond à l'exemple.

Le projet s'est concentré sur le développement d'un actuateur RF -MEMS fiable, commandé par un dispositif piézo-électrique, qui coupe / ouvre le circuit autour de sa fréquence de résonance (fig. 4). Ces actuateurs connectent et déconnectent alternativement les éléments du réseau déphaseur, permettant le contrôle du faisceau d'émission / réception.

SYMIAE a bénéficié du développement d'un transceiver 100 GHz (Université de Toronto / LAAS), le « front end » du système, et de compétences en matière d'impression « low cost » de circuits par jet d'encre et d'intégration hétérogène sur des substrats flexibles. (Georgia Tech / CIRIMAT)

SYMIAE a joué un rôle précurseur d'accélérateur de technologie, qui permettra peut-être de faire bénéficier l'industrie de réseaux de communication fiables dans les bandes Q-V (~ 40-50 GHz) et millimétriques (~100 GHz), pour les avions et les futurs satellites de communication à très haut débit. Les actuateurs sont au stade du prototype de démonstration (TRL5-6), bientôt de pré industrialisation. Des plateformes technologiques de caractérisation sont à la disposition des industriels. Le système complet est encore au niveau de la validation de laboratoire (TRL 4) et devra encore faire l'objet d'une démonstration.

Puyal V., Dragomirescu D., Villeneuve C., Ruan J., Pons P., Plana R. « *Frequency Scalable Model for MEMS Capacitive Shunt Switches at Millimeter Wave Frequencies* », *IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques* 57, 11 (2009) p.2824-2833