

## Détection par un diapason de quartz en spectroscopie d'absorption infra-rouge

Boris Leonardo Rincon Castillo, Xavier Vacheret,  
Michel Spajer<sup>\*</sup>, Pascal Vairac, Sébastien Euphrasie,  
Samuel Moec, Patricia Hirtz, Nadège Marthouret, David Vernier



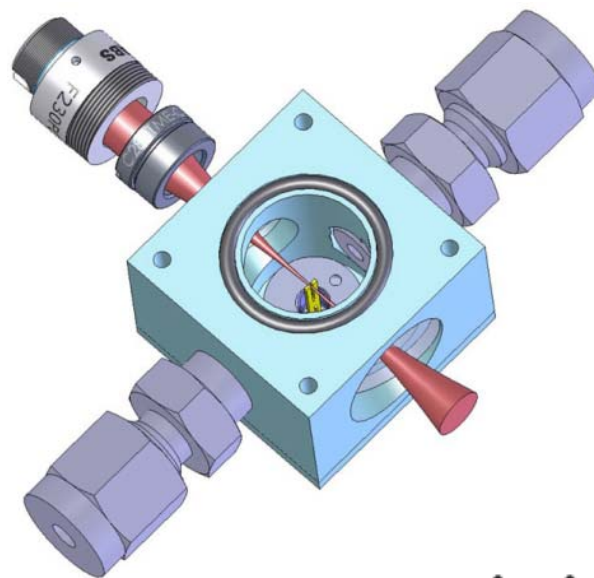
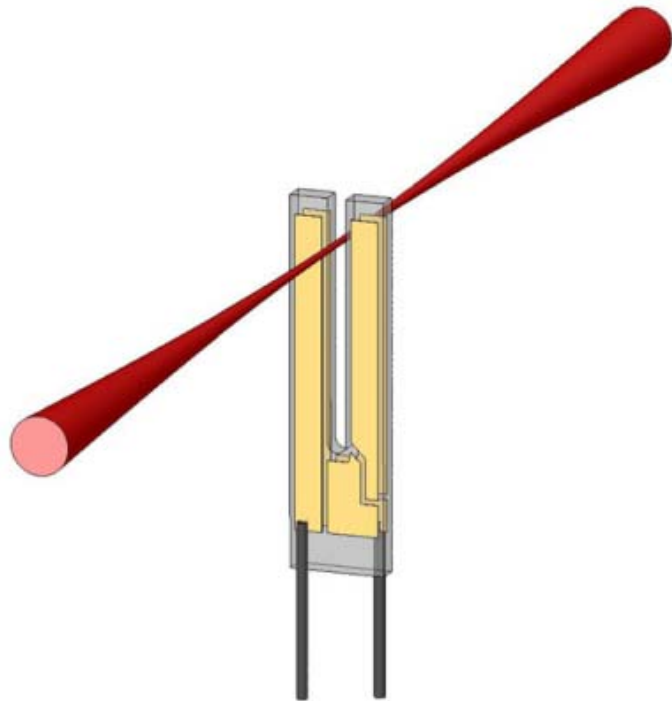
*Institut FEMTO-ST . UMR 6174 CNRS .  
Université de Franche-Comté, ENSMM, UTBM  
32 avenue de l'Observatoire . 25044 Besançon cedex*

Alain Jalocho

*CILAS, Departement de Photonique,  
8 av. Buffon - BP 6319, 45000 Orléans.*

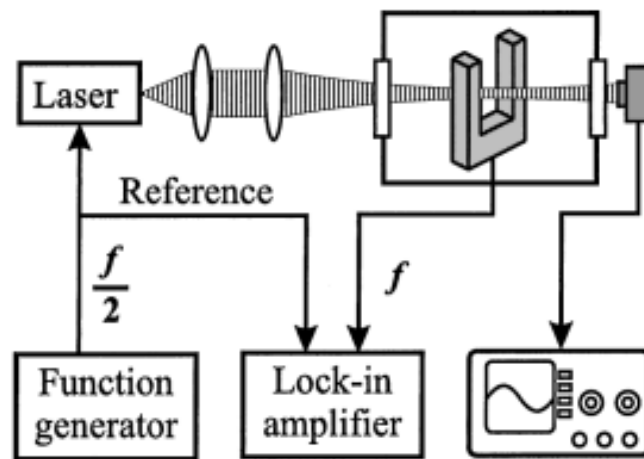


\* [michel.spajer@univ-fcomte.fr](mailto:michel.spajer@univ-fcomte.fr)

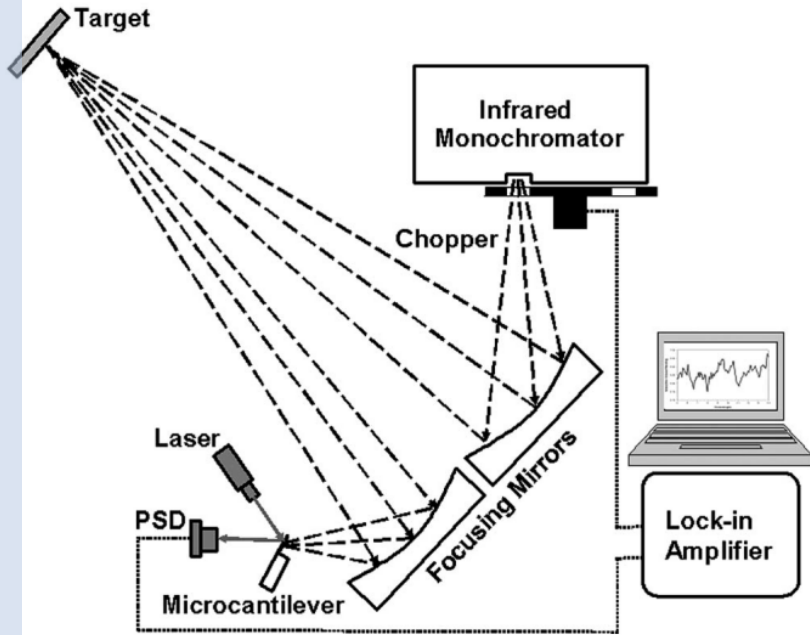


QEPAS for chemical analysis of multi-component gas mixtures  
 A.A. Kosterev *et al.* ,  
 Appl. Phys. B, **101**,649 (2009)

## Quartz-Enhanced Photo Acoustic Spectroscopy



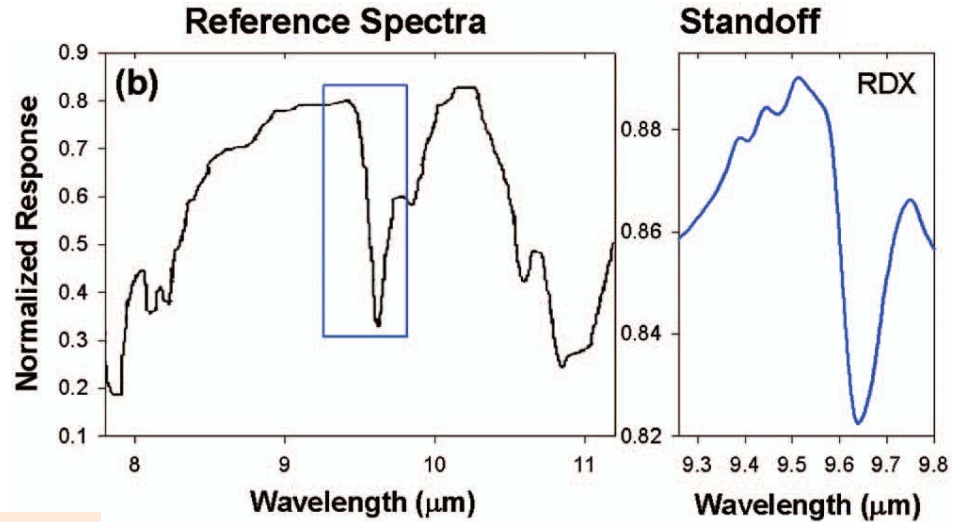
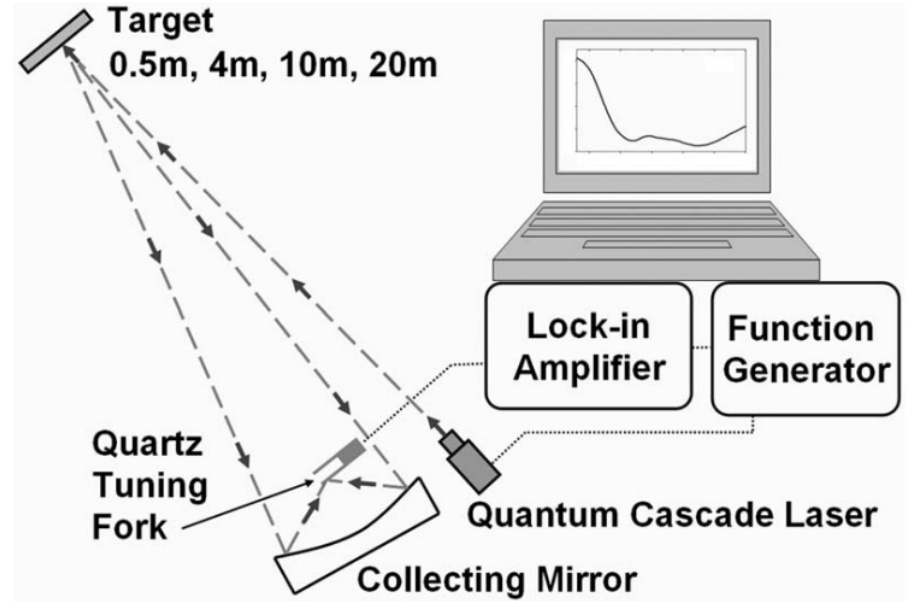
Quartz-enhanced photoacoustic spectroscopy  
 A.A. Kosterev *et al.* ,  
 Opt. Lett. **27**, 1902, 2002



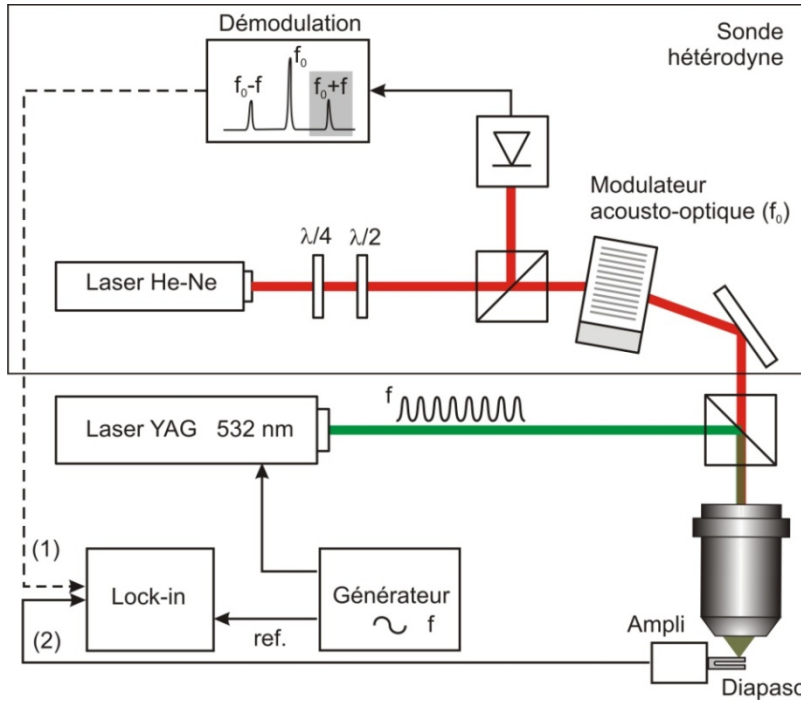
Standoff detection of explosive residues using photothermal Microcantilevers  
 C. W. Van Neste *et al.*  
*Appl. Phys. Lett.* **92**, 134102 (2008)

## Standoff Photoacoustic Spectroscopy

Standoff photoacoustic spectroscopy  
 C. W. Van Neste *et al.*  
*Appl. Phys. Lett.* **92**, 234102 (2008)

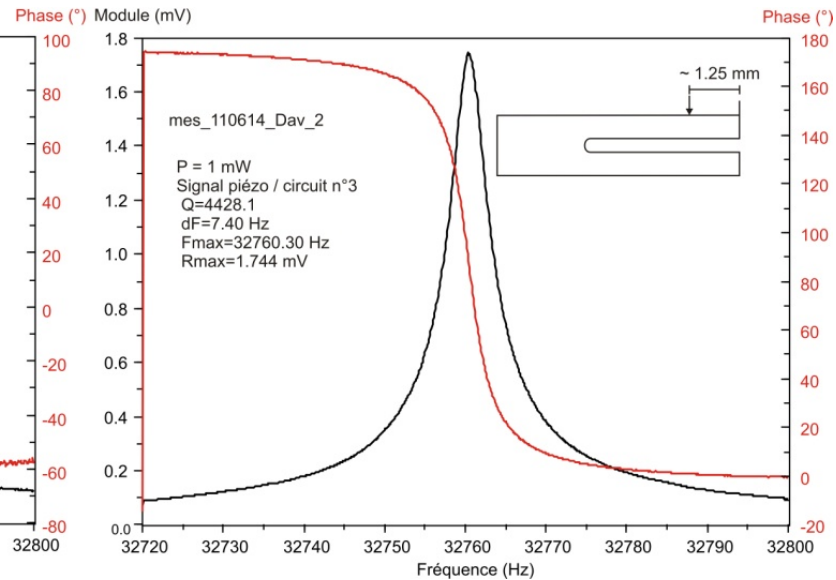
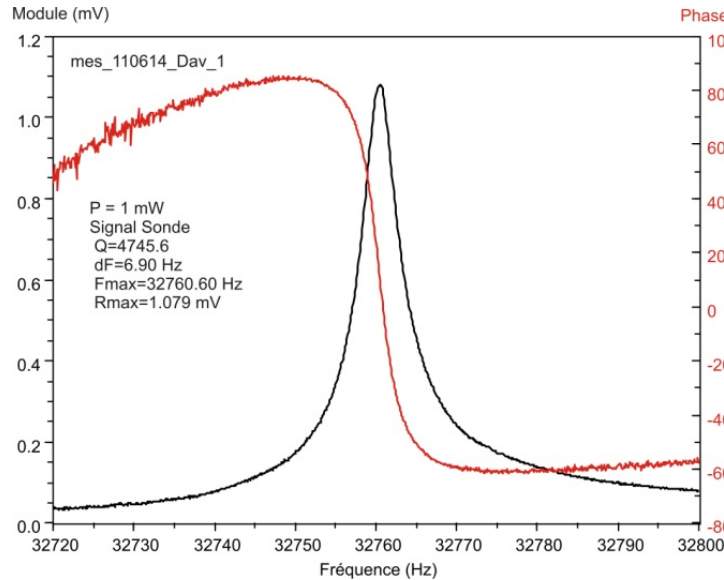


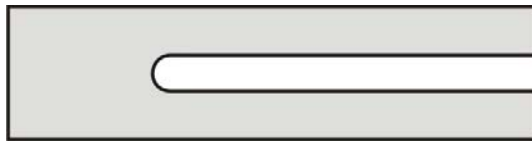
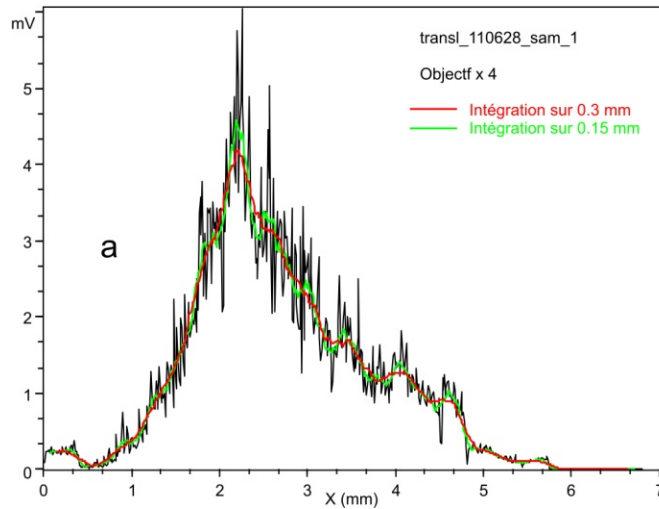
Détection de cyclotriméthylènetrinitromine (explosif)



# Calibration par Sonde interférométrique hétérodyne

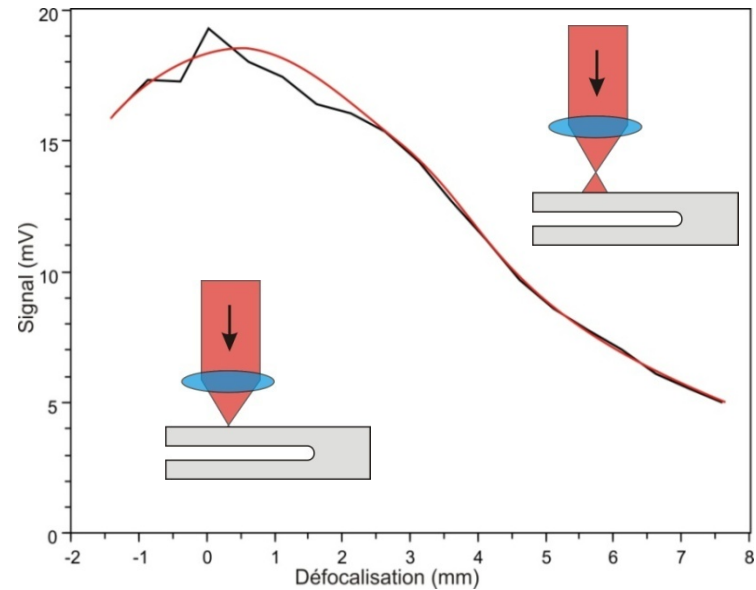
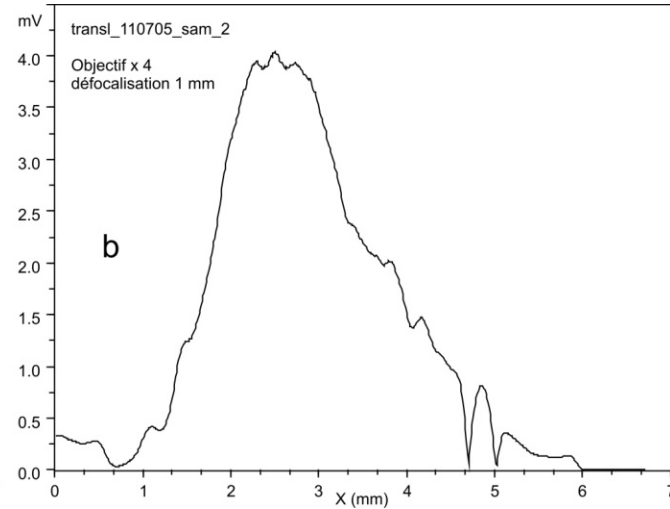
On mesure la vibration mécanique pour un point d'excitation donné sur la tranche du diapason, de façon à comparer les différents circuits amplificateurs utilisés.

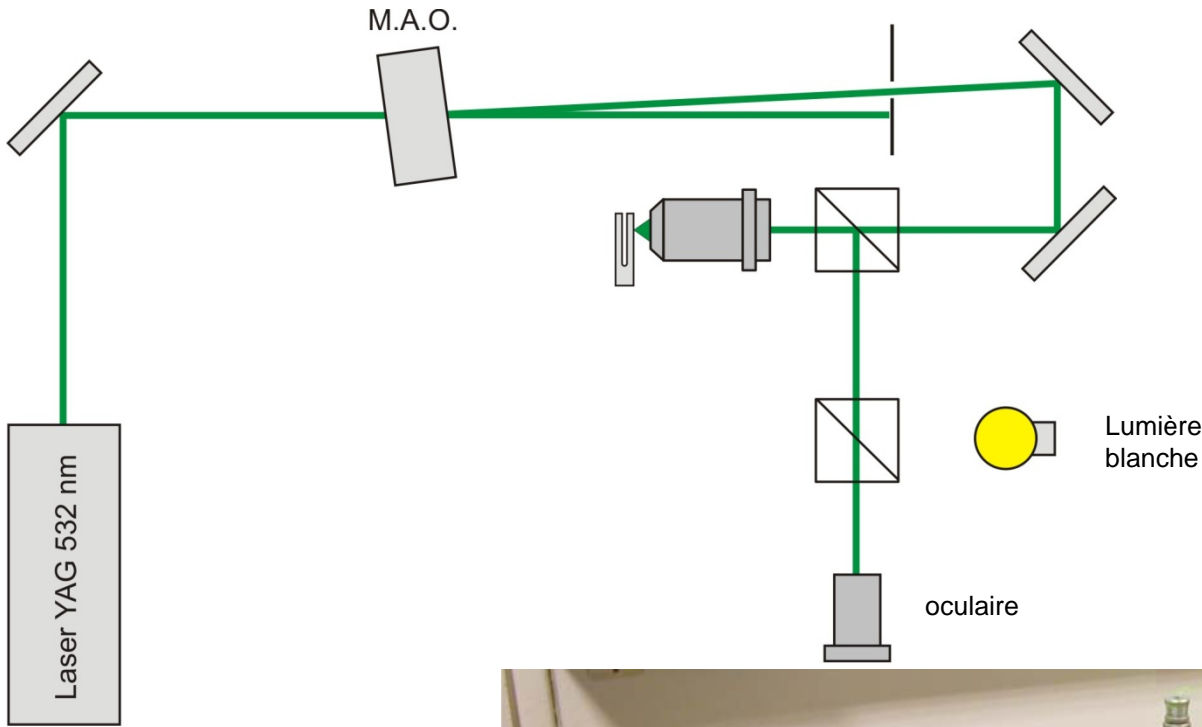




## Balayage de la tranche

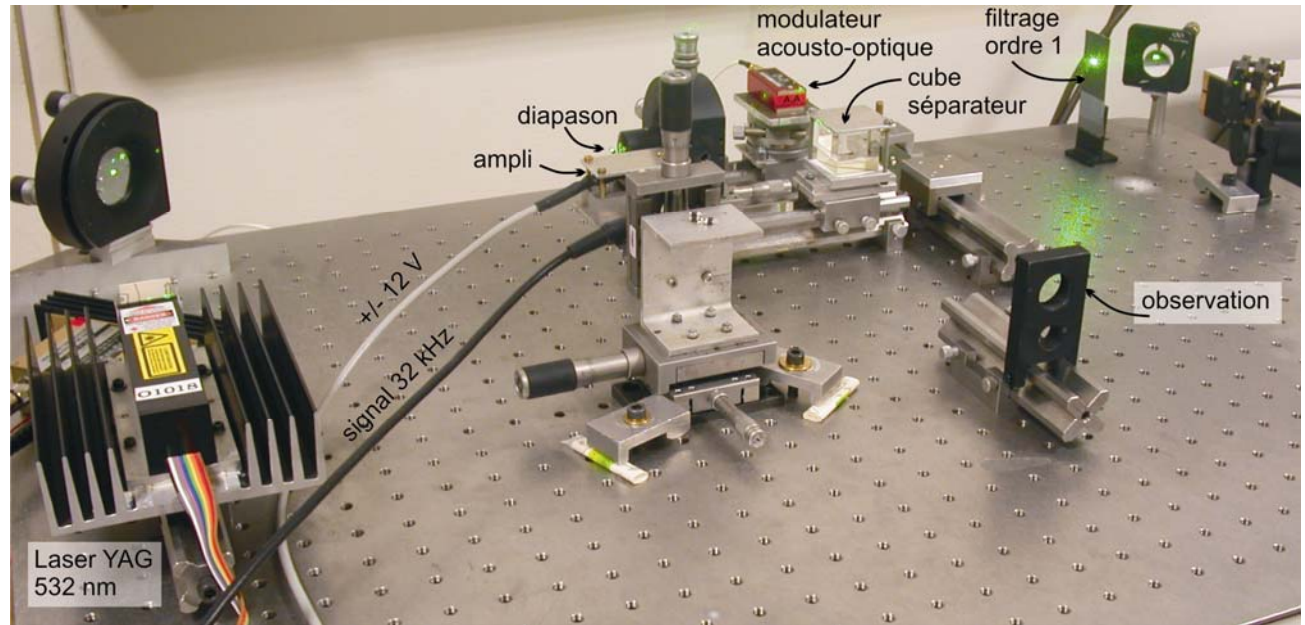
Une focalisation parfaite donne lieu à un signal bruité. Ce bruit est dû à la granularité des électrodes métalliques et au speckle produit sur le faisceau réfléchi. L'allure du signal en fonction de la position de l'impact est obtenu par lissage numérique (a) ou par défocalisation (b).

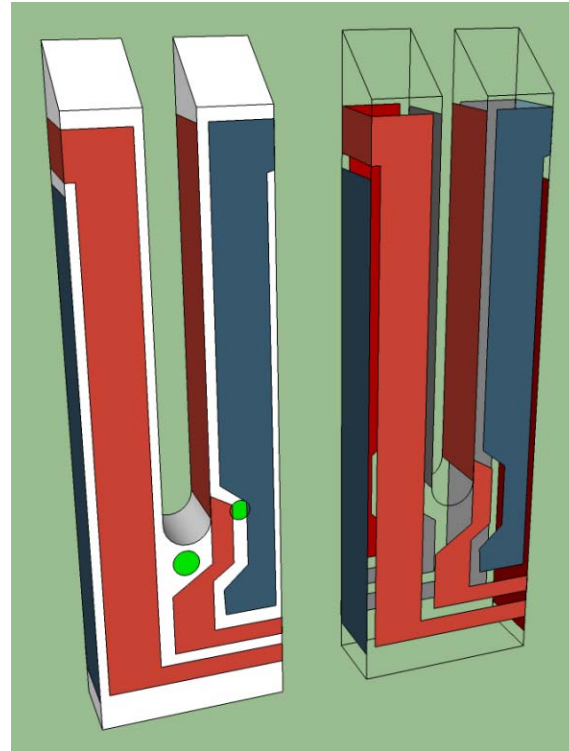
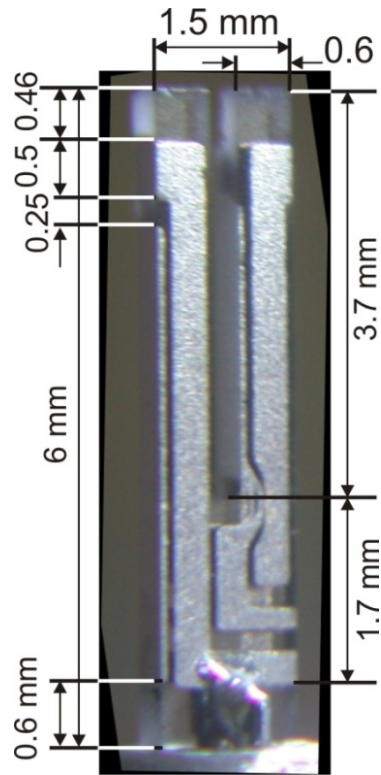




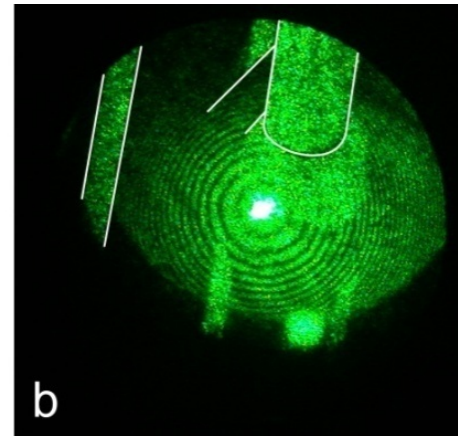
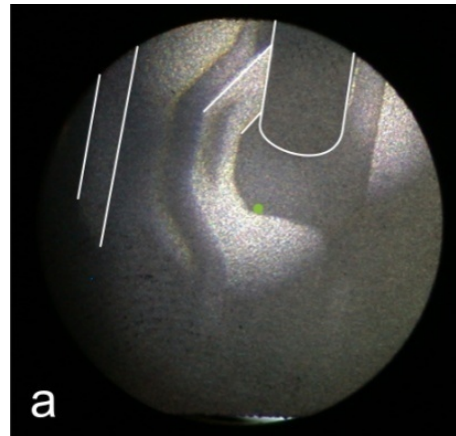
Caractérisation  
du diapason  
(éclairage direct)

L'éclairage auxiliaire en lumière blanche permet de localiser l'impact laser sur le diapason.

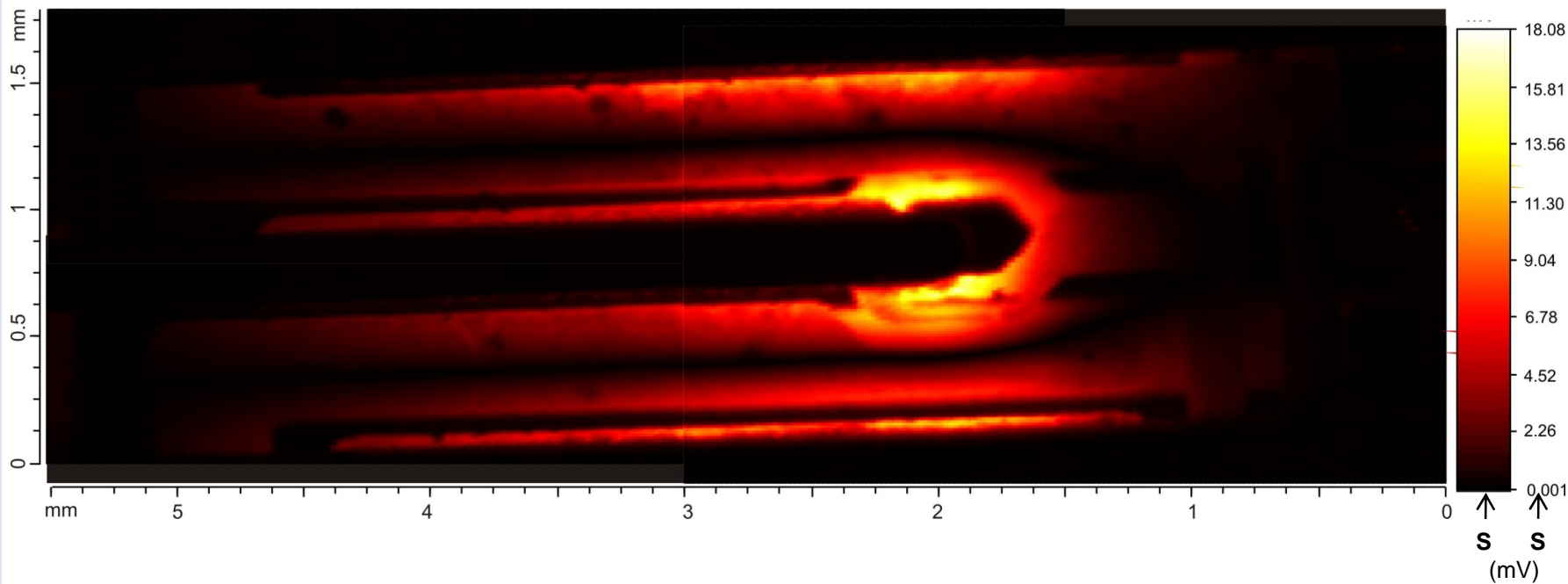
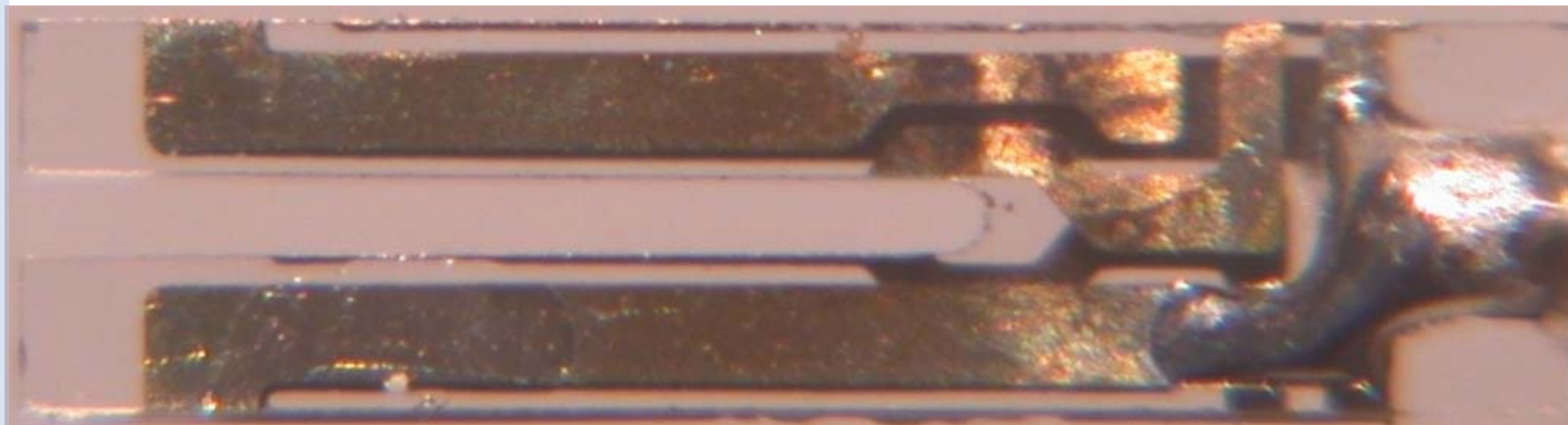




Deux photos successives sont prises avec la lumière blanche (a) puis avec le faisceau laser atténué (b). L'impact est indiqué sur la photo (a).



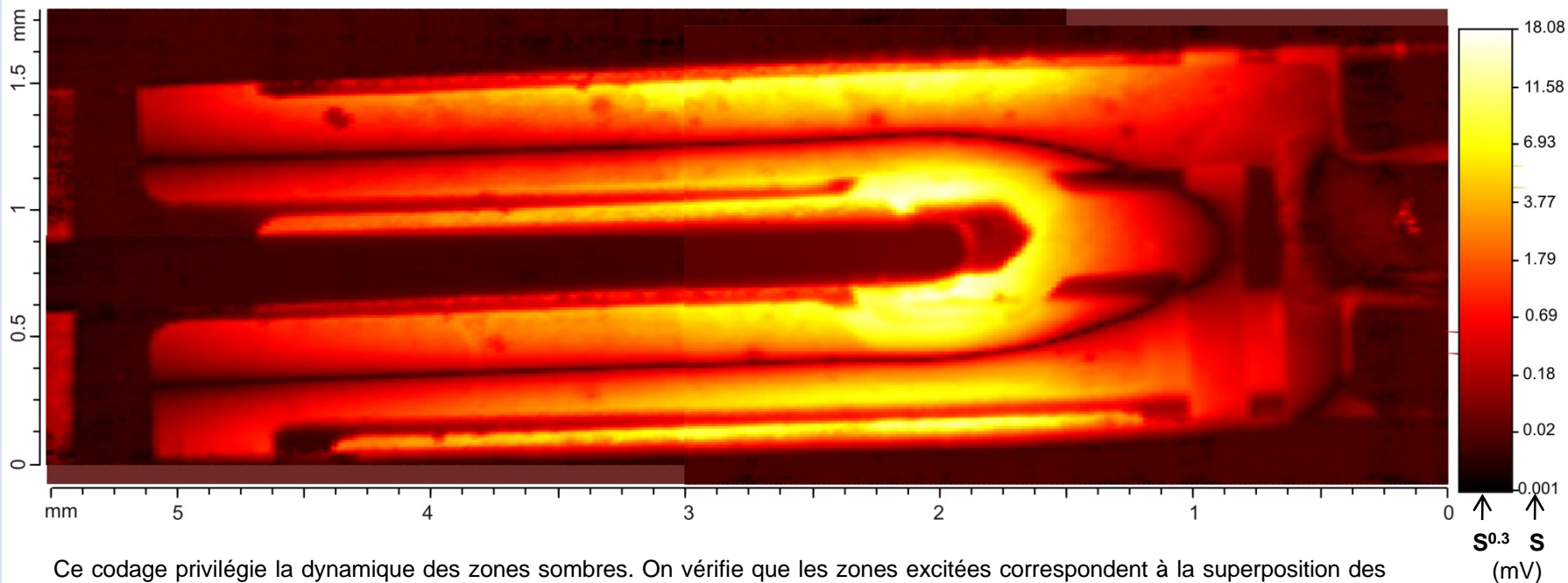
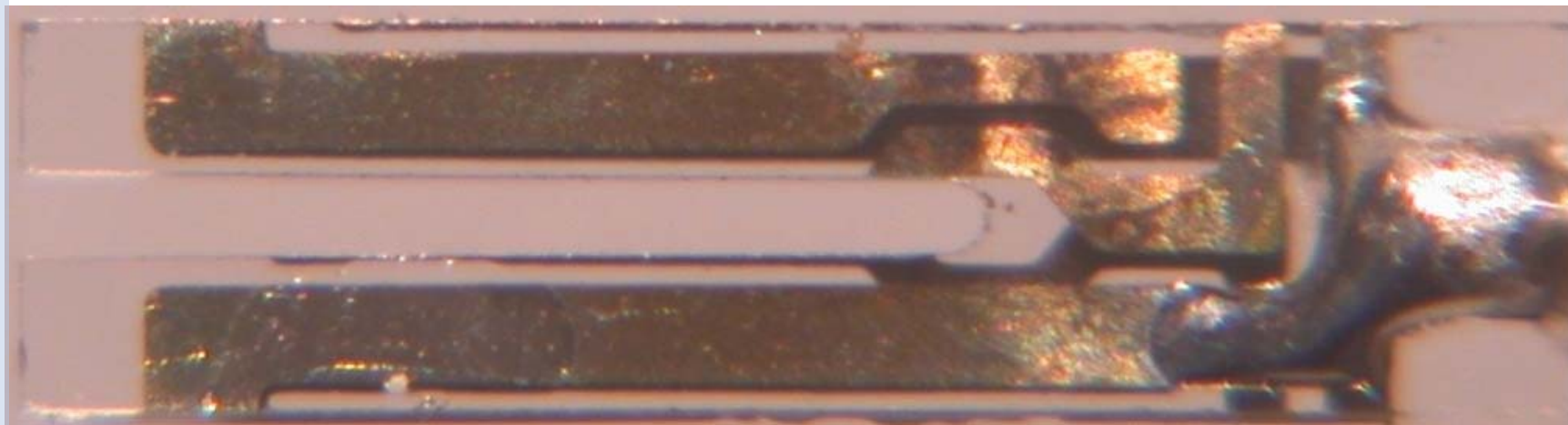
Balayage XY du diapason. 1 - Codage couleur linéaire du signal **S**



hal-00663318, version 1 - 27 Jan 2012



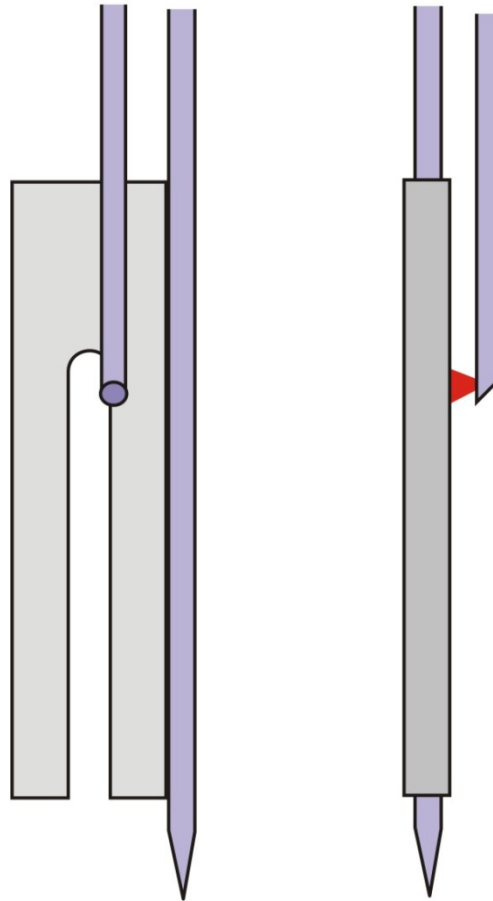
## Balayage XY du diapason. 2 - Codage linéaire de $S^{0.3}$

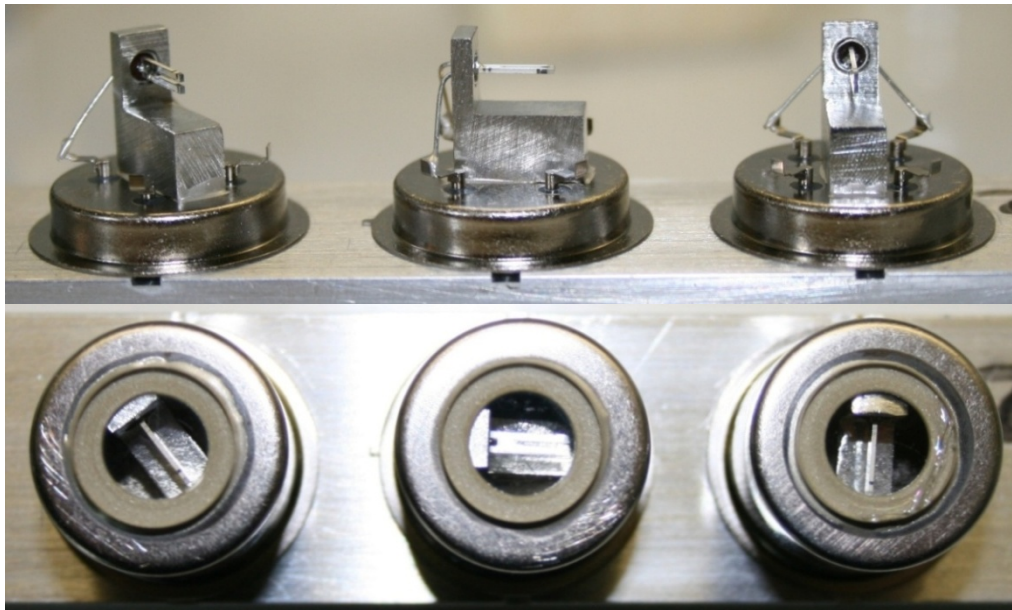


Ce codage privilégie la dynamique des zones sombres. On vérifie que les zones excitées correspondent à la superposition des électrodes avant et arrière du diapason. La ligne noire correspond vraisemblablement à la zone de contrainte nulle (modélisation mécanique en cours).

## Microscopie à sonde locale : application au *shear force*

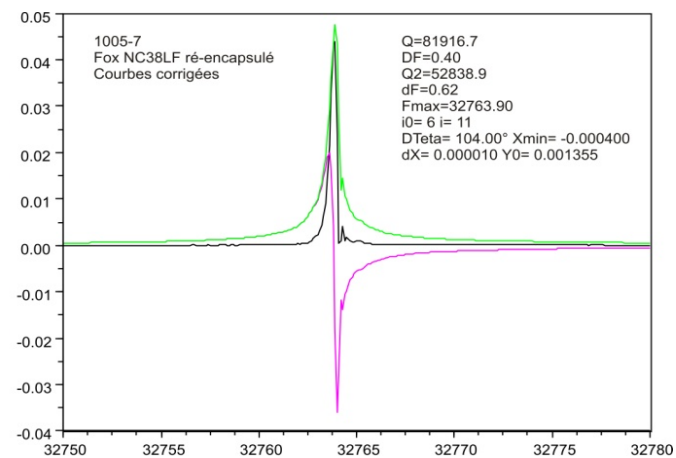
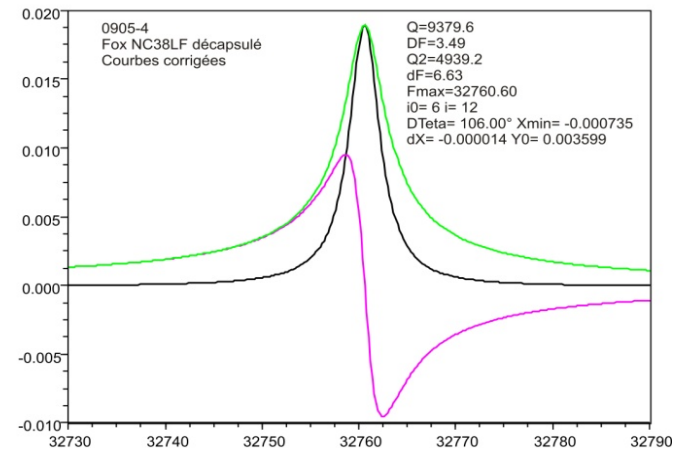
Ces mesures permettent d'imaginer un mode d'excitation photo-thermique du diapason utilisé comme capteur de distance (*shear force*) dans la microscopie optique en champ proche.

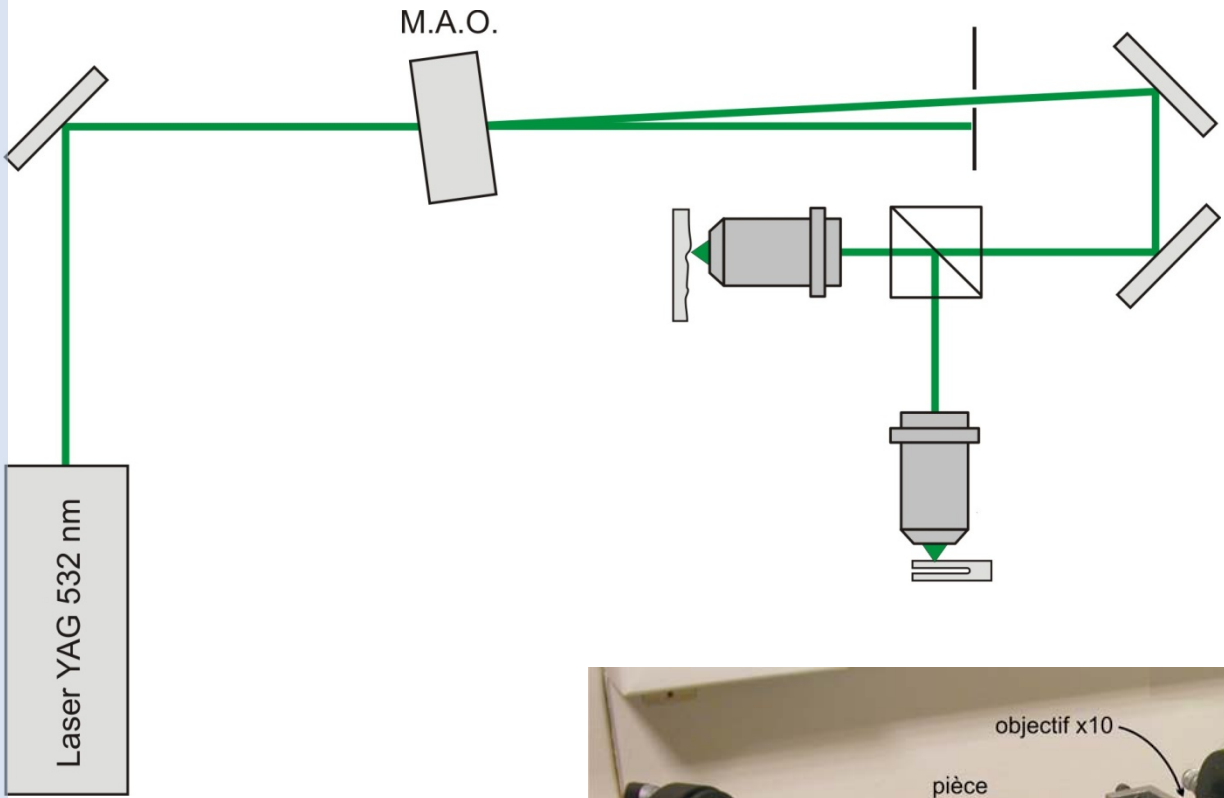




## Ré-encapsulation sous vide

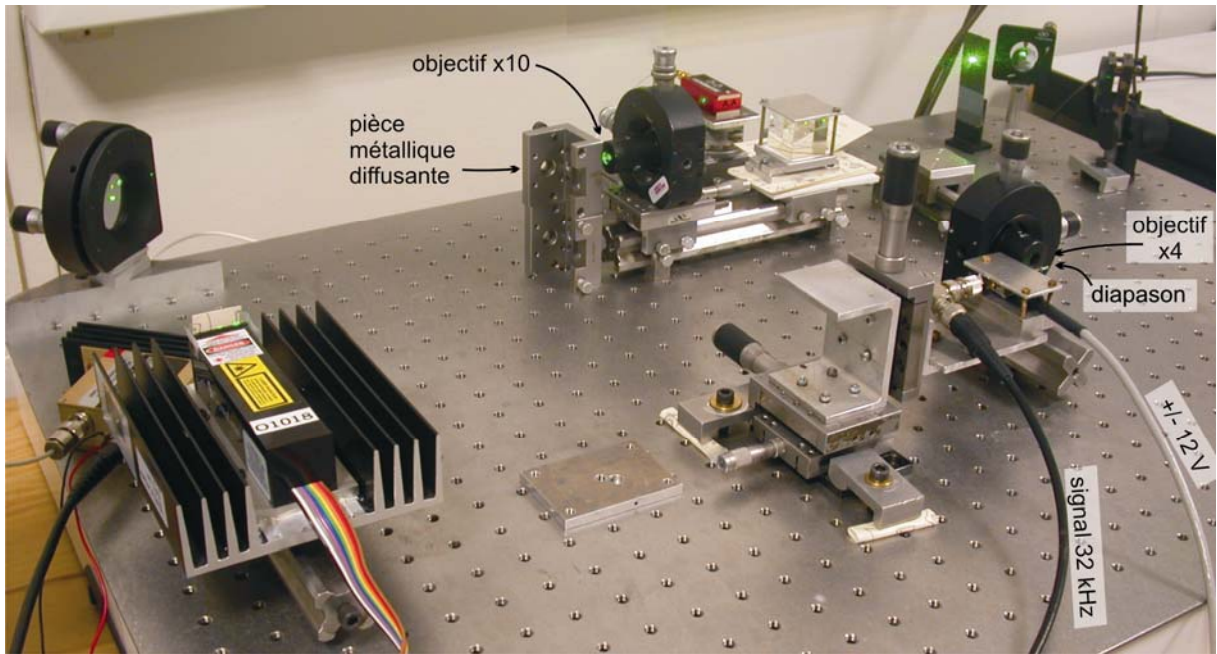
La ré-encapsulation sous vide, en ménageant une fenêtre dans le boîtier pour l'excitation du diapason, permet de vérifier que l'excitation est de nature thermo-élastique plutôt que thermo-acoustique dans l'air ambiant comme le suggéraient Van Neste *et al.*. L'amélioration du facteur Q (x 10) augmente la sensibilité photo-thermique du dispositif.

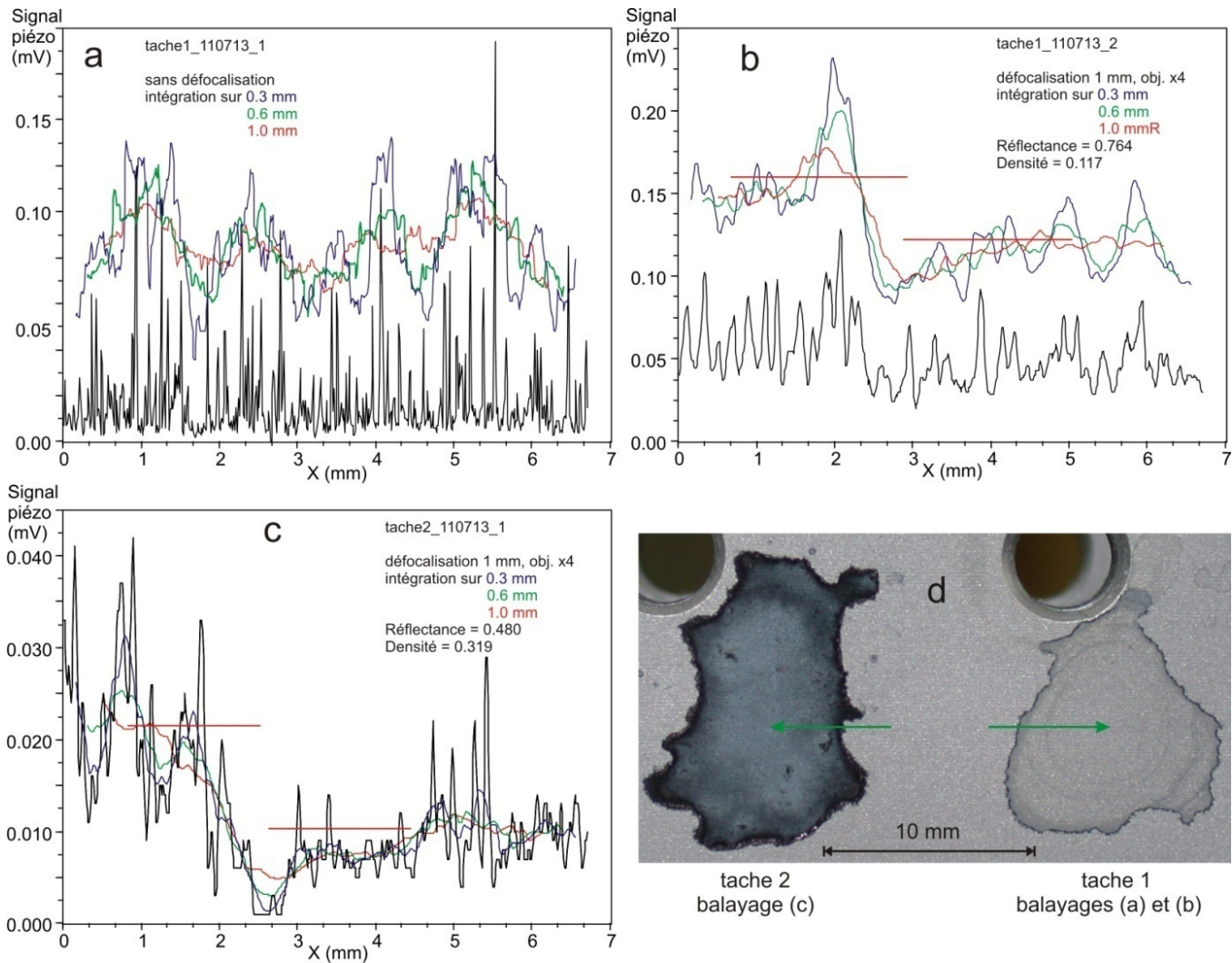




Montage en réflexion

Le diapason est ici utilisé comme détecteur optique pour mesurer les variations de réflectance de l'échantillon comportant différents dépôts absorbants.





Le balayage d'une surface rugueuse donne un signal bruité par le phénomène de speckle, qu'il convient de lisser soit par intégration numérique (a), soit par défocalisation combinée au lissage numérique (b-c).

## Conclusion

Encapsulation sous vide du diapason

- Meilleure sensibilité (  $Q \times 10$  )
- Phénomène physique : onde thermo-élastique et non acoustique

Inhomogénéité du détecteur due aux mode de résonance mécanique :

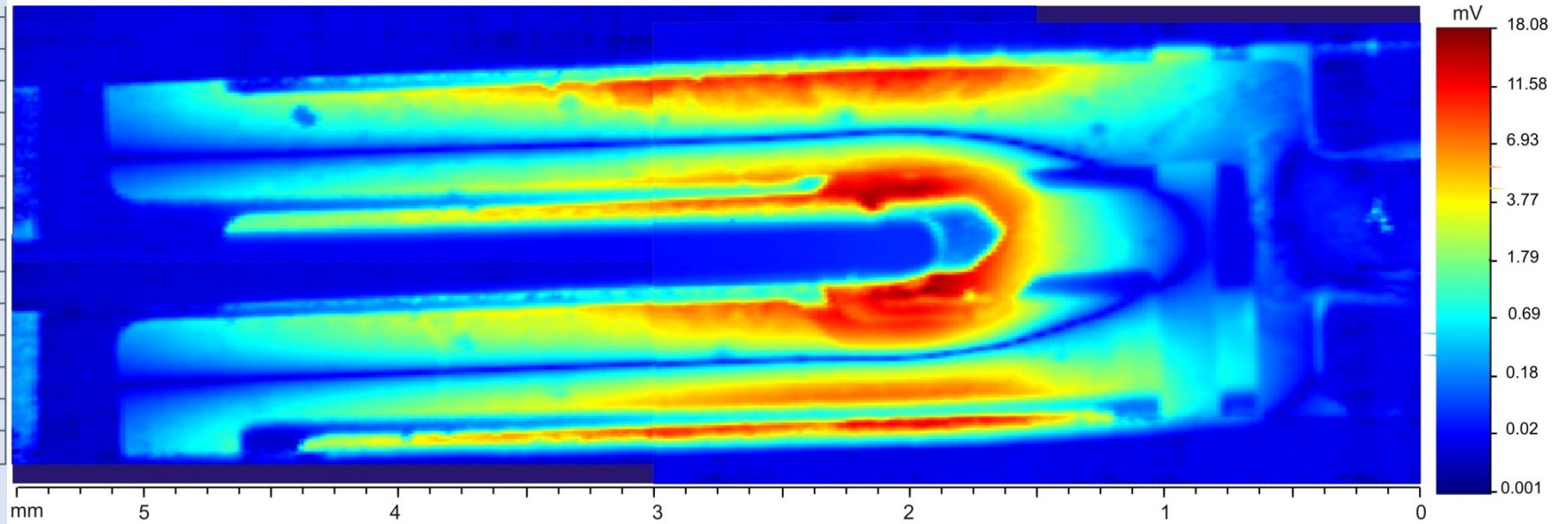
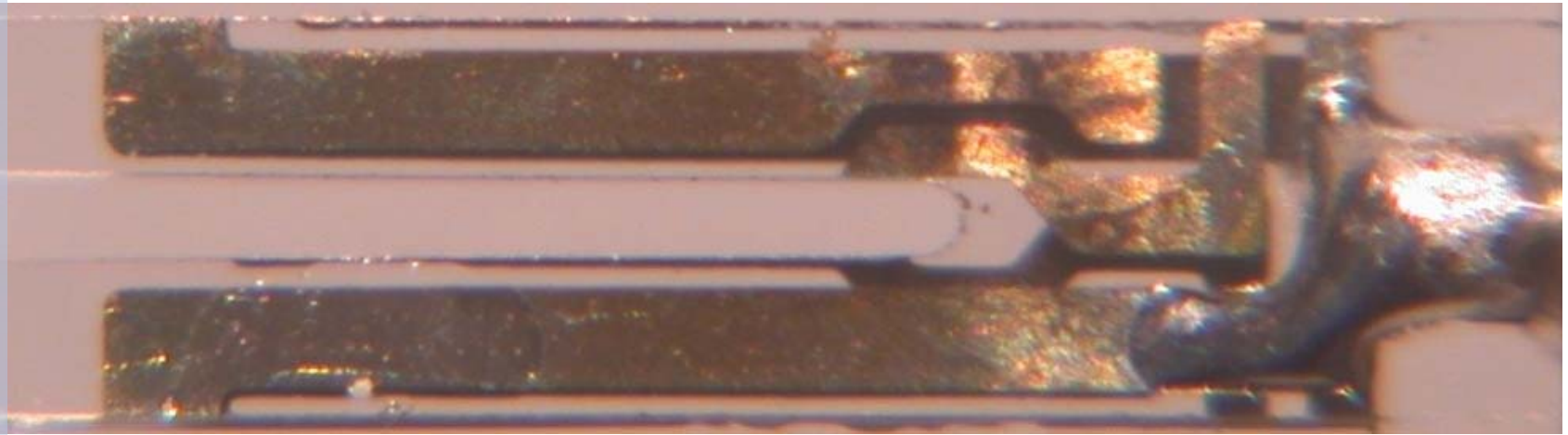
- Comparaison avec modélisation (carte des contraintes) : en cours
- Autres géométries de résonateur
- Nouveaux matériaux plus sensibles : Langacites

Amélioration de S/B électronique

Transposition à l'infra-rouge (laser  $\text{CO}_2$   $\lambda = 10 \mu\text{m}$ )

Autre application : *shear force* pour la microscopie optique à sonde locale

haj-00663318, version\_15 - 27 Jan 2012



Balayage XY du diapason. Autre codage couleur de  $S^{0.3}$