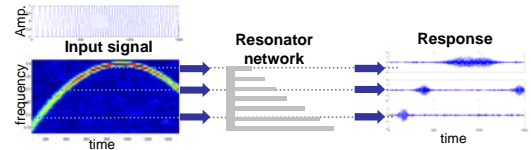


## Objectifs du projet et applications

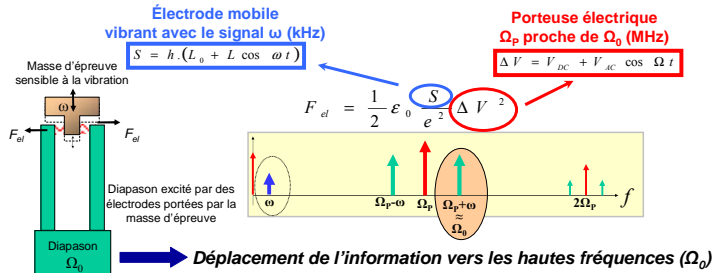
- ❑ **Démonstration de la faisabilité technologique de nano résonateurs en réseau**
  - Règles de dessins, contrôle dimensionnel, reproductibilité des procédés
  - Libération des nano structures suspendues résonantes
- ❑ **Principe de détection approprié aux échelles considérées**
  - Mesure d'amplitudes de déplacements faibles
  - Nouveaux principes de détection: transistors MOS à grilles résonantes, ...
  - Combinaison du principe de détection avec la technologie résonante
- ❑ **Méthodes de caractérisation de nano structures résonantes**
  - Topographie 3D de surface sur des dispositifs isolés ou des réseaux de dispositifs de largeur > 50nm
  - Mesures des déformations des dispositifs sous chargement électrique, mécanique ou thermique
  - Mesures de vibrations avec une résolution subnanométrique, de facteur de qualité à la résonance



- ❑ **Nouveau capteur de vibration**
  - Analyse de vibration basse fréquence ( de quelques centaines de Hz jusqu'à 10kHz)
  - Capteur de vibration miniature: utilisation de nano structures mécaniques
  - Electronique simplifiée et basse consommation: analyse spectrale via une FFT mécanique
- ❑ **Applications**
  - Défense: maintenance en conditions opérationnelles des systèmes d'armes
  - Industrie: surveillance vibratoire de machine, mesures acoustiques

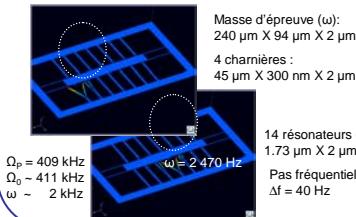
## Principe de fonctionnement du capteur de vibration

Modulation de l'excitation des résonateurs par la vibration d'une masse d'épreuve :



→ Déplacement de l'information vers les hautes fréquences ( $\Omega_0$ )

Analyse spectrale par un réseau de 14 diapasons



Masse d'épreuve ( $\omega$ ):  
240  $\mu\text{m}$  X 94  $\mu\text{m}$  X 2  $\mu\text{m}$   
4 charnières :  
45  $\mu\text{m}$  X 300 nm X 2  $\mu\text{m}$

14 résonateurs ( $\Omega_0$ ) :  
1.73  $\mu\text{m}$  X 2  $\mu\text{m}$  X 73  $\mu\text{m}$   
Pas fréquentiel du réseau :  
 $\Delta f = 40$  Hz

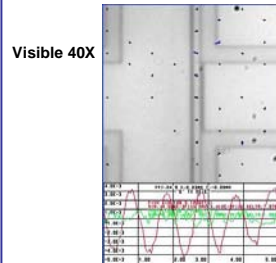
Performances attendues

|                          |                                  |
|--------------------------|----------------------------------|
| Gamme d'analyse          | 0 - 50 g                         |
| Résolution               | $10^{-2}$ g / $\sqrt{\text{Hz}}$ |
| Bande passante           | 10 Hz                            |
| Sensibilité de détection | 15 aF / g                        |

## Outils de caractérisations des nanosystèmes résonants

Vibrations dans le plan

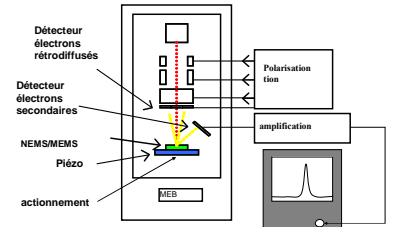
Microscopie optique stroboscopique avec traitement d'image subpixel



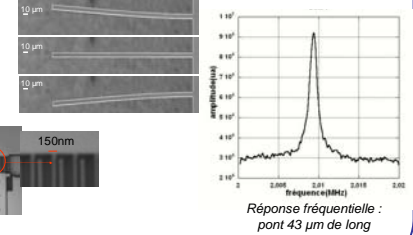
Limite détection ~0.2nm, Bande Passante: quelques MHz

Extension microscopie UV

Microscopie électronique



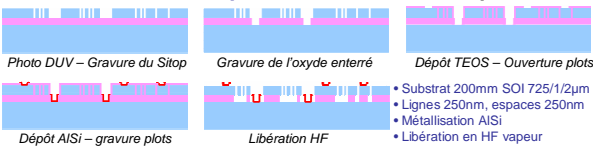
Mesure stroboscopique



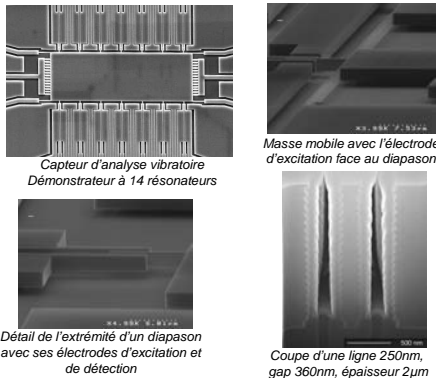
Réponse fréquentielle : pont 43  $\mu\text{m}$  de long

## Fabrication et test des systèmes

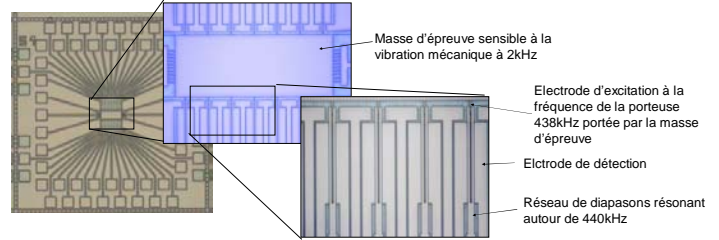
❑ Flow Chart simplifié - 4 niveaux de masques



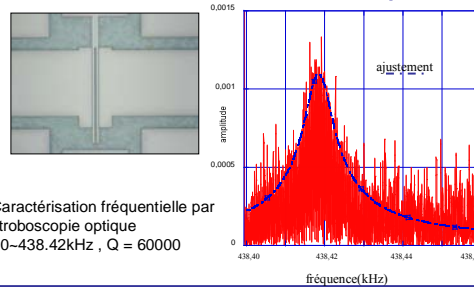
❑ Photos du process



❑ Démonstrateur d'analyse vibratoire: réseau de 14 diapasons



❑ Résultat de caractérisation d'un diapason



Caractérisation fréquentielle par stroboscopie optique  
F0=438.42kHz, Q = 60000

❑ Développement d'un ASIC de mesure de déplacement nanométrique



Mesure capacitive du déplacement: mesure d'un  $\delta C$  de 78aF pour un Co de 18fF, ce qui correspond à un déplacement de l'ordre du nm. Cbruit ~250zF/sqrt(Hz)

## Contacts

- CEA-LETI: B. Reig (coordinateur) [bruno.reig@cea.fr](mailto:bruno.reig@cea.fr); tél: 04 38 78 25 04
- IEF: A. Bosseboeuf [alain.bosseboeuf@ief.u-psud.fr](mailto:alain.bosseboeuf@ief.u-psud.fr)
- ONERA: O. Le Traon [olivier.le\\_traon@onera.fr](mailto:olivier.le_traon@onera.fr)
- MBDA: F. Conseil [francois.conseil@mbda.fr](mailto:francois.conseil@mbda.fr)
- O1dB-Metravib: T. Mazoyer [thierry.mazoyer@01db-metravib.com](mailto:thierry.mazoyer@01db-metravib.com)
- NXP: F. Verjus [fabrice.verjus@nxp.com](mailto:fabrice.verjus@nxp.com)