

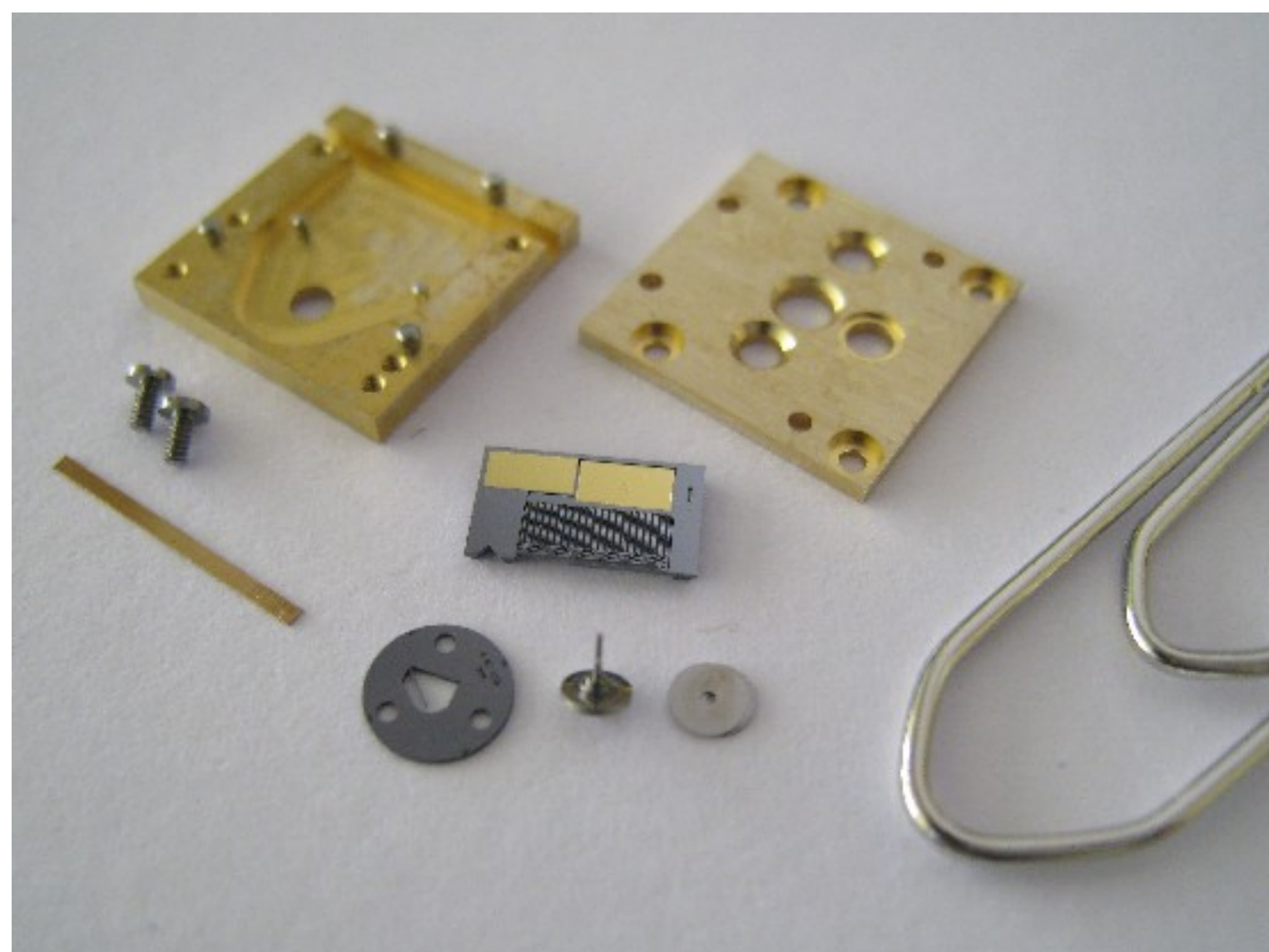
# PMS II PLATINES DE MOTORISATION SUR SILICIUM

1. Développement préindustriel d'une microtechnologie de rupture permettant la fabrication massivement collective de solutions de motorisation autonomes sur substrat de silicium.
2. Exploration de nanomécanismes de transmission de puissance ouvrant de nouvelles perspectives dans le domaine des nanomanipulateurs pour les nanotechnologies.

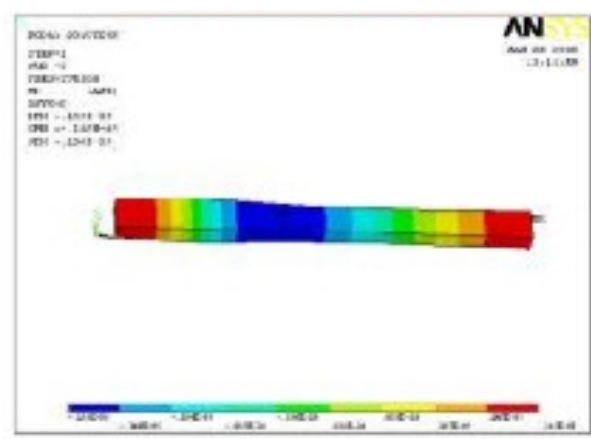
## MICRO

### Motorisation des systèmes nomades

- Oscillateur et rotor MEMS
  - Gravure ultra profonde DRIE
  - Puissance utile  $\approx 300 \mu\text{W}$
  - Commande en boucle ouverte
  - Packaging micromécanique horlogère
  - Technologie robuste
- Mature pour transfert industriel



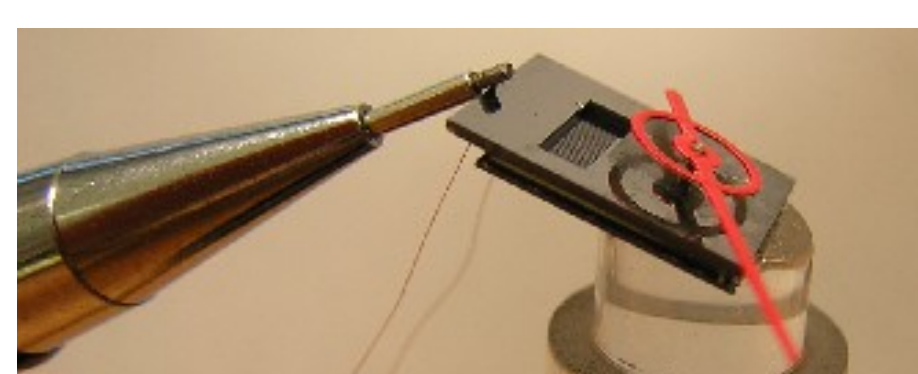
Éléments composant un micromoteur hybride MEMS/micromécanique horlogère



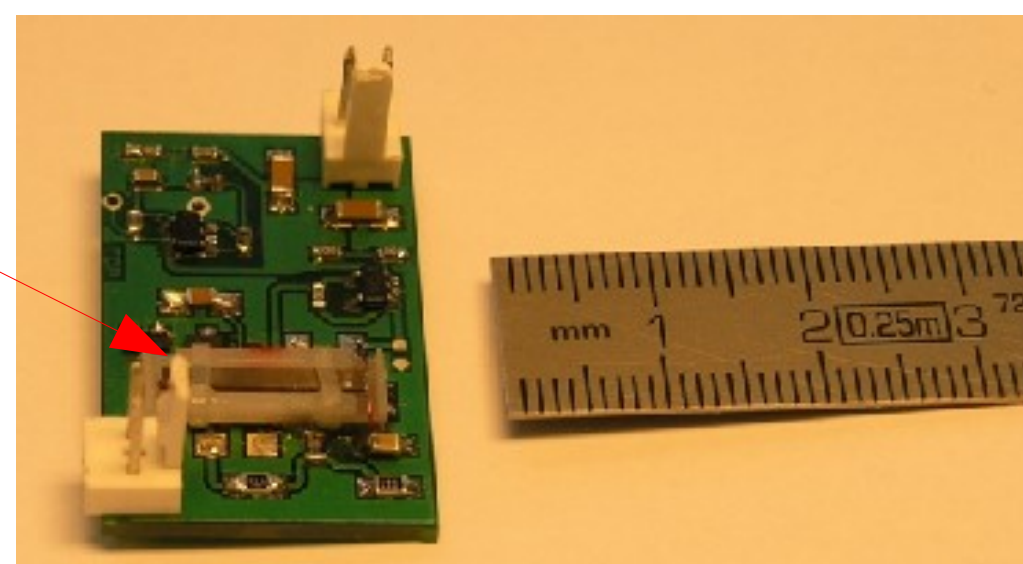
Transformateur piézoélectrique

### Alimentation Piézoélectrique

- Rendement élevé
- Gain en tension élevé (3 / 200 V)
- Optimisation de la géométrie du transformateur
- Développement d'un ASIC haute tension



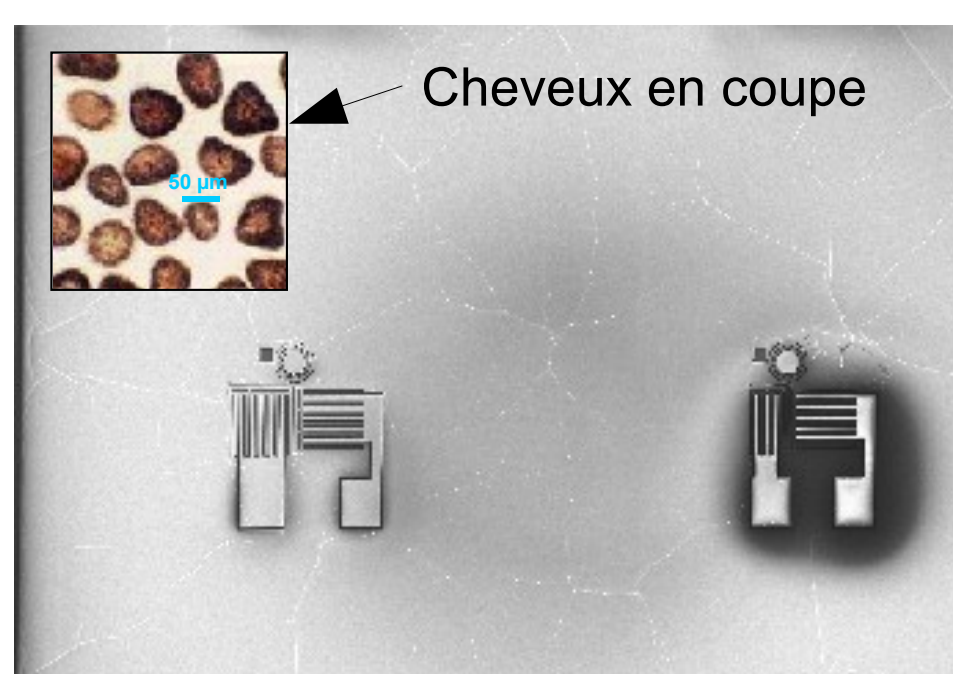
Micromoteur tout silicium



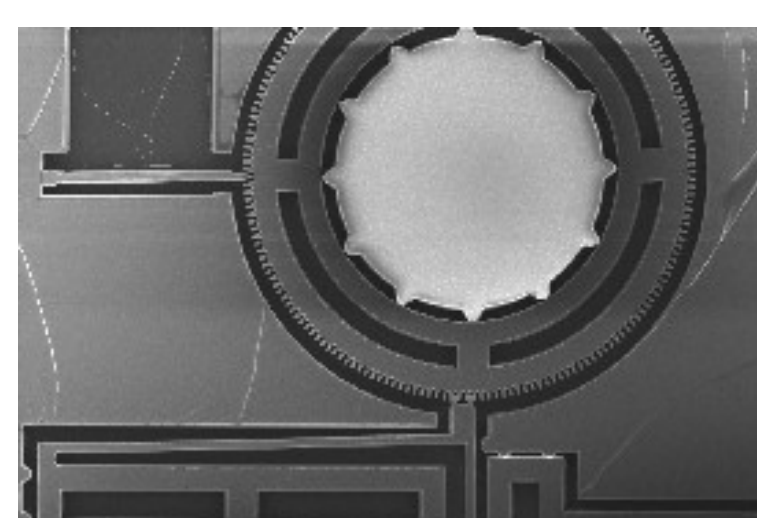
## NANO

### Développement de nanomécanismes

- Lithographie par faisceau d'électron
  - Gravure profonde DRIE
  - Subdivision de pas
  - Commande en boucle ouverte
  - Linéaire / rotatif
  - Résolution nanométrique
- Encore au stade de la recherche

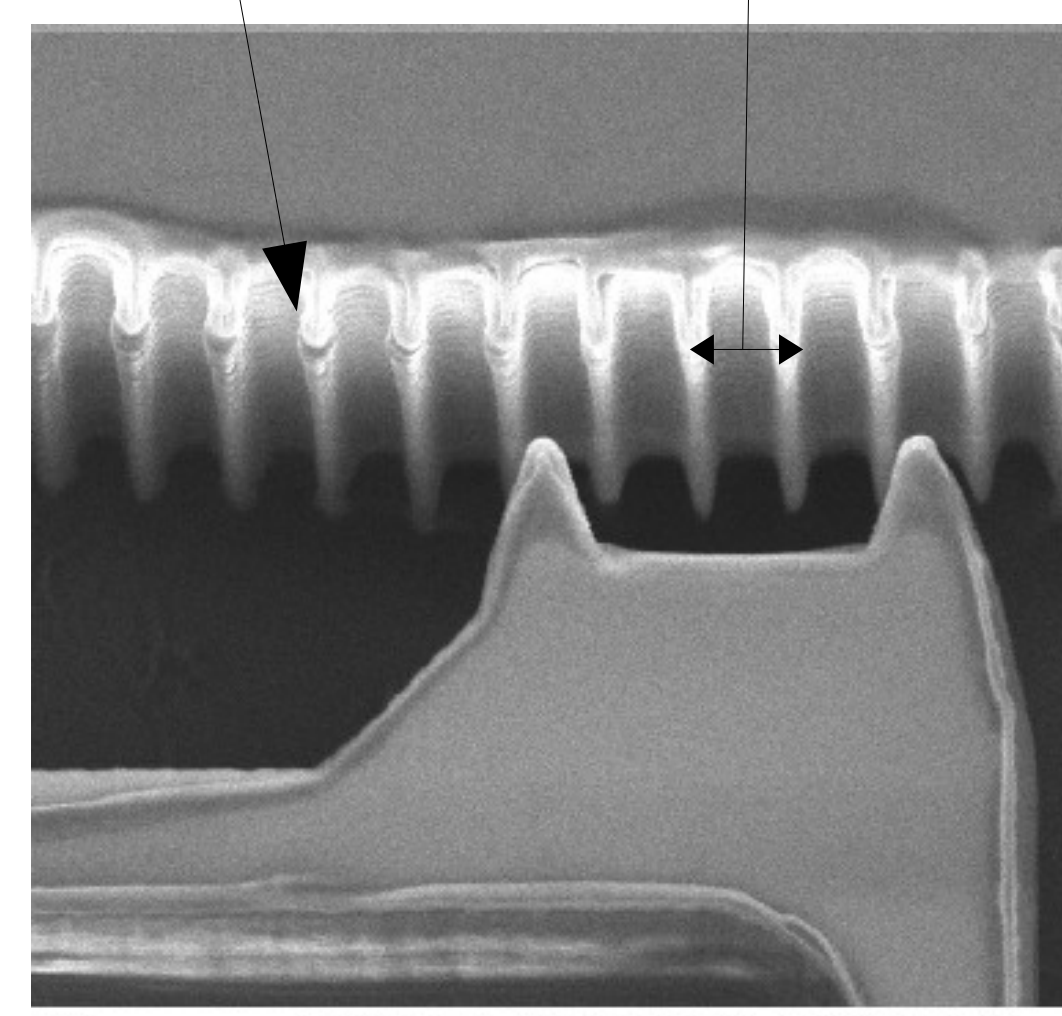


Prototypes de moteur pas à pas

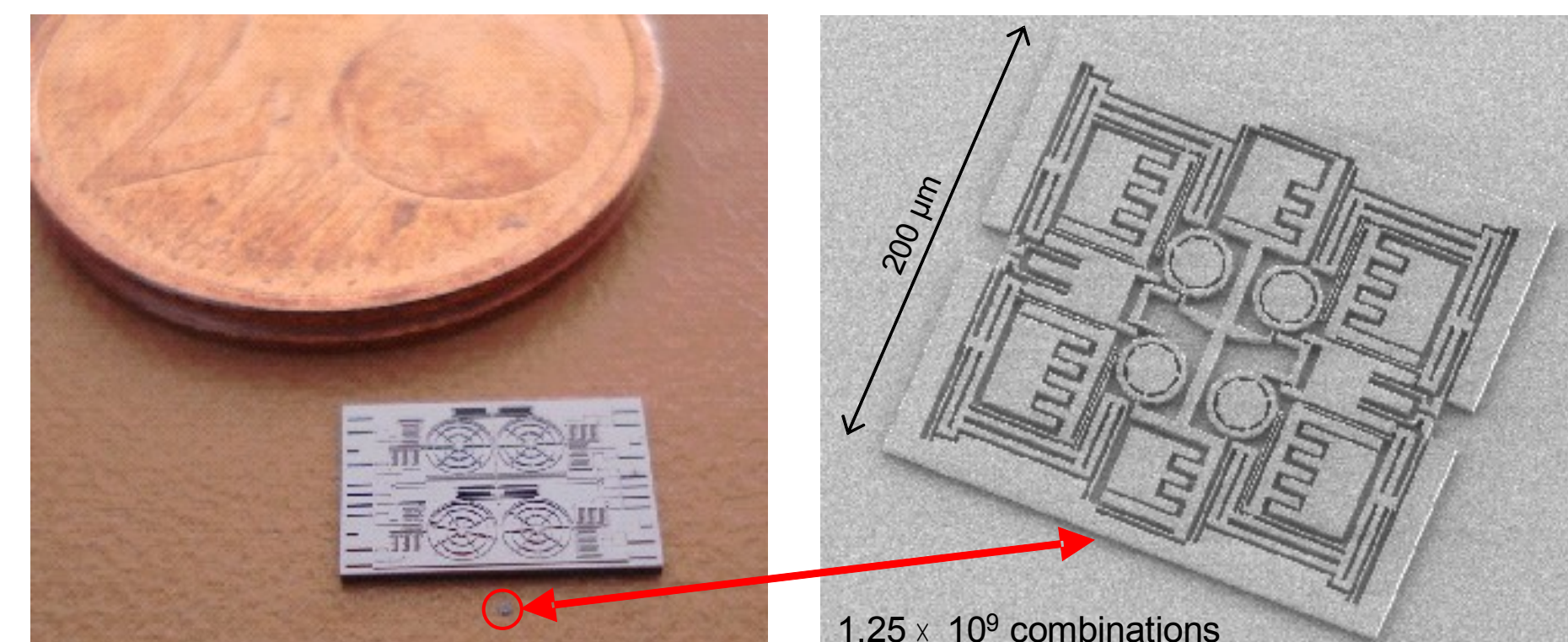


Zoom sur le rotor

Largeur des dents : 150 nm  
Pas : 500 nm



Zoom sur les dents d'entraînement et la roue dentée



Mécanismes de verrouillage micro et nanométriques

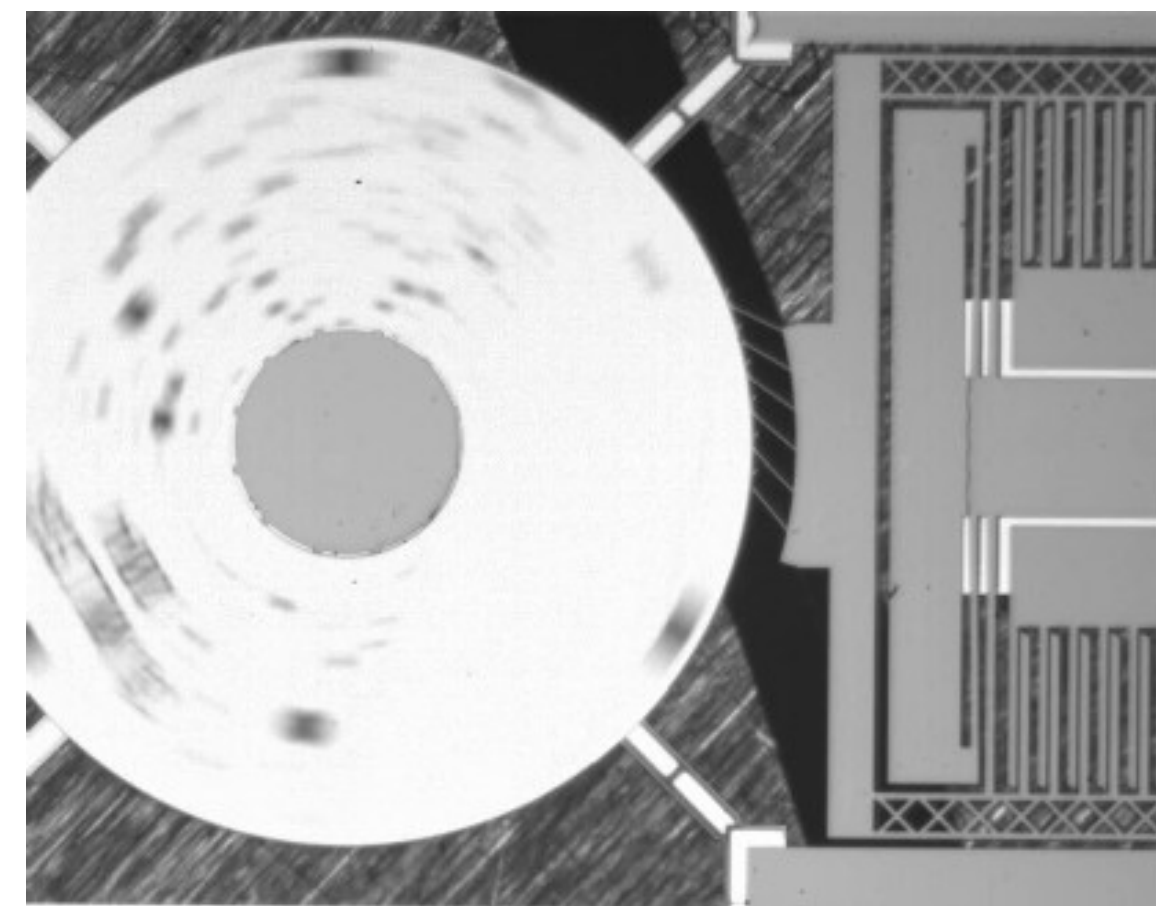
## PUISSANCE/RESOLUTION

### Gain en puissance et résolution / démonstrateur MICRO.

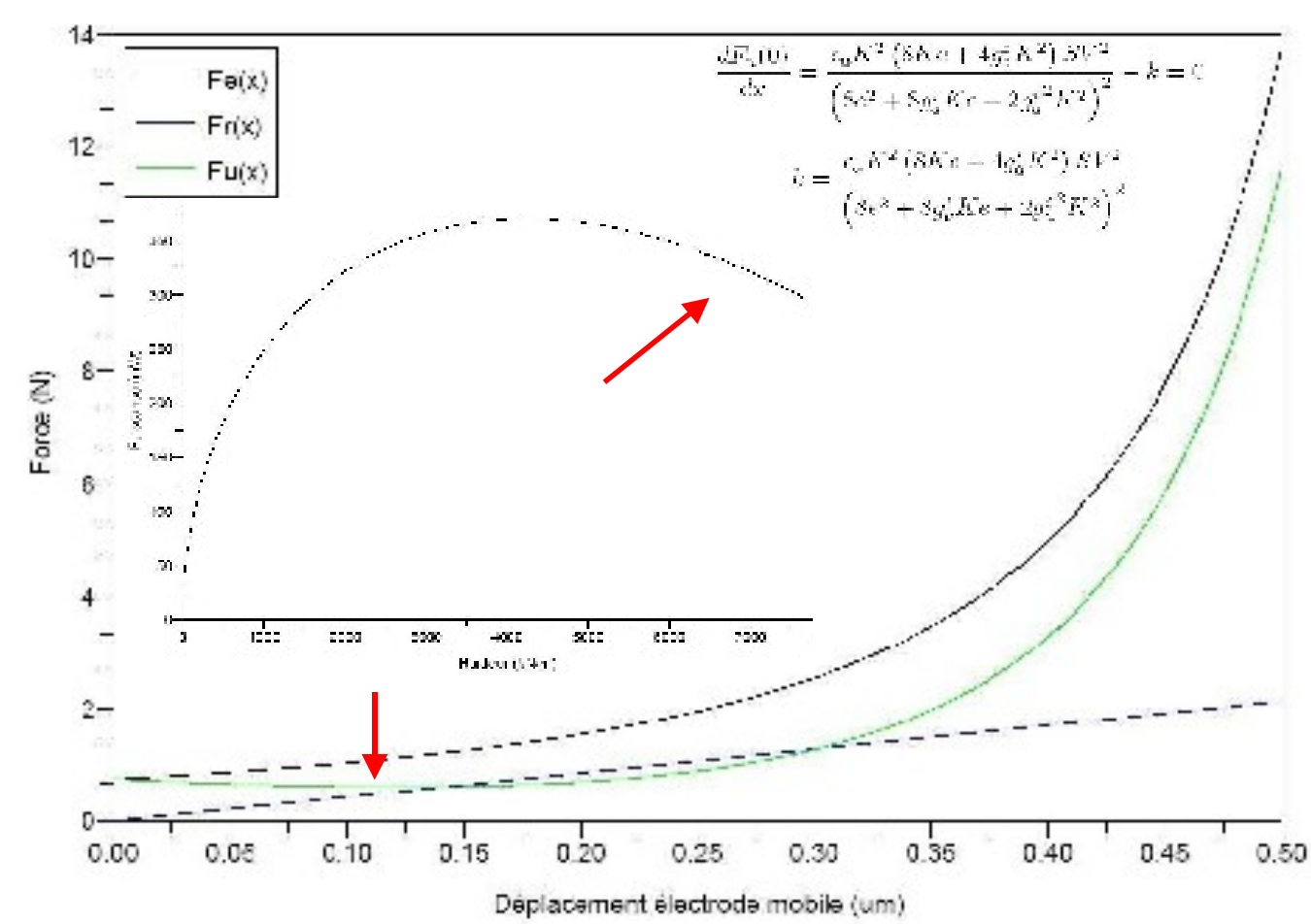
- Démonstrateur tout silicium
  - Gravure ultra profonde DRIE
  - Bande passante fréquentielle large ( $1 < f < 100 \text{ kHz}$ )
  - Gap et course oscillateur  $< 5 \mu\text{m}$
  - Subdivision de pas
  - Nécessite un asservissement
  - Jeux mécaniques ultra réduits
  - Puissance mécanique utile visée : 10 mW
  - Résolution  $< 0,5^\circ$
- Encore au stade de la recherche



Validation du mécanisme de motorisation par subdivision de pas



Essai in situ à haute fréquence



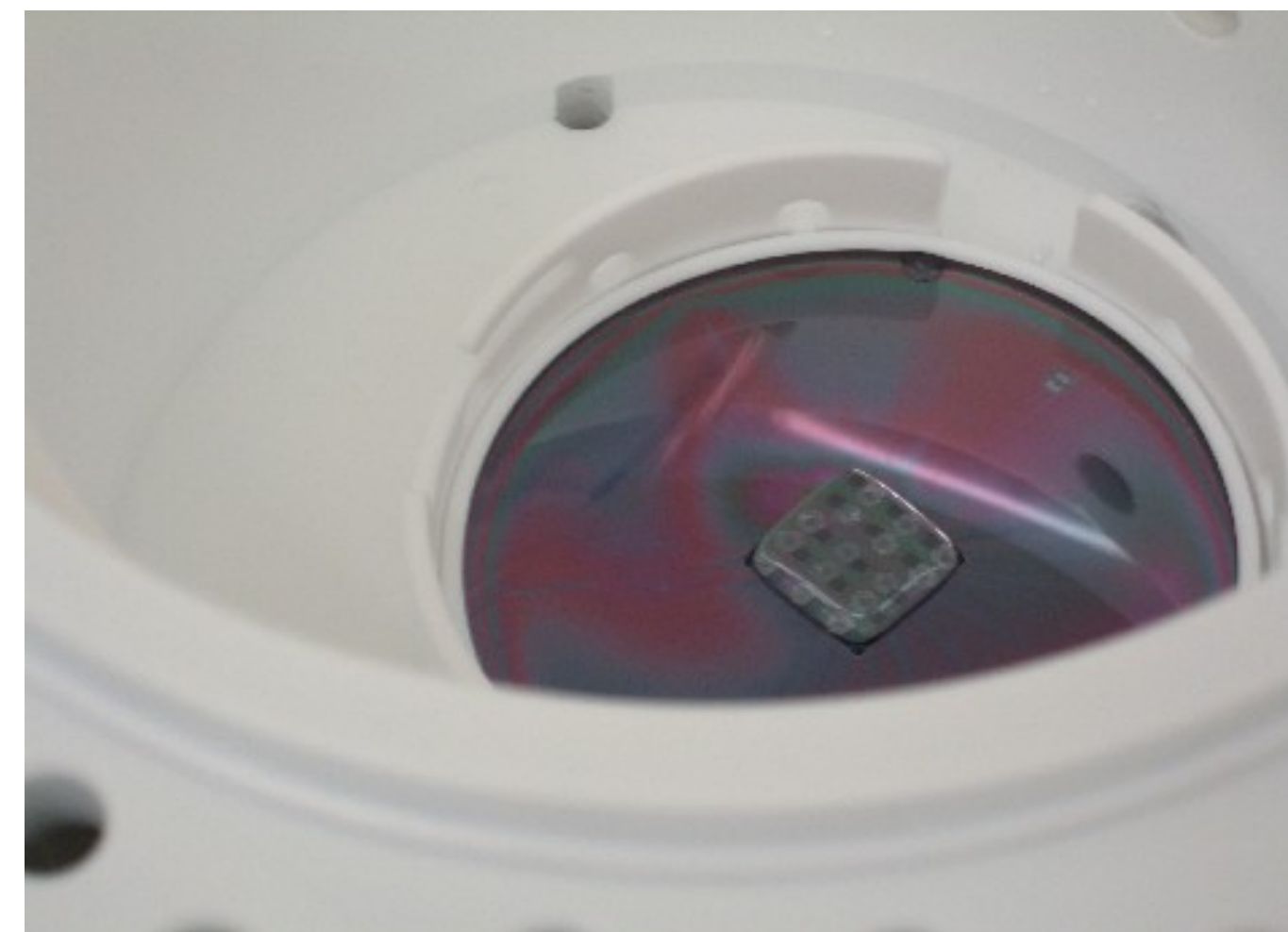
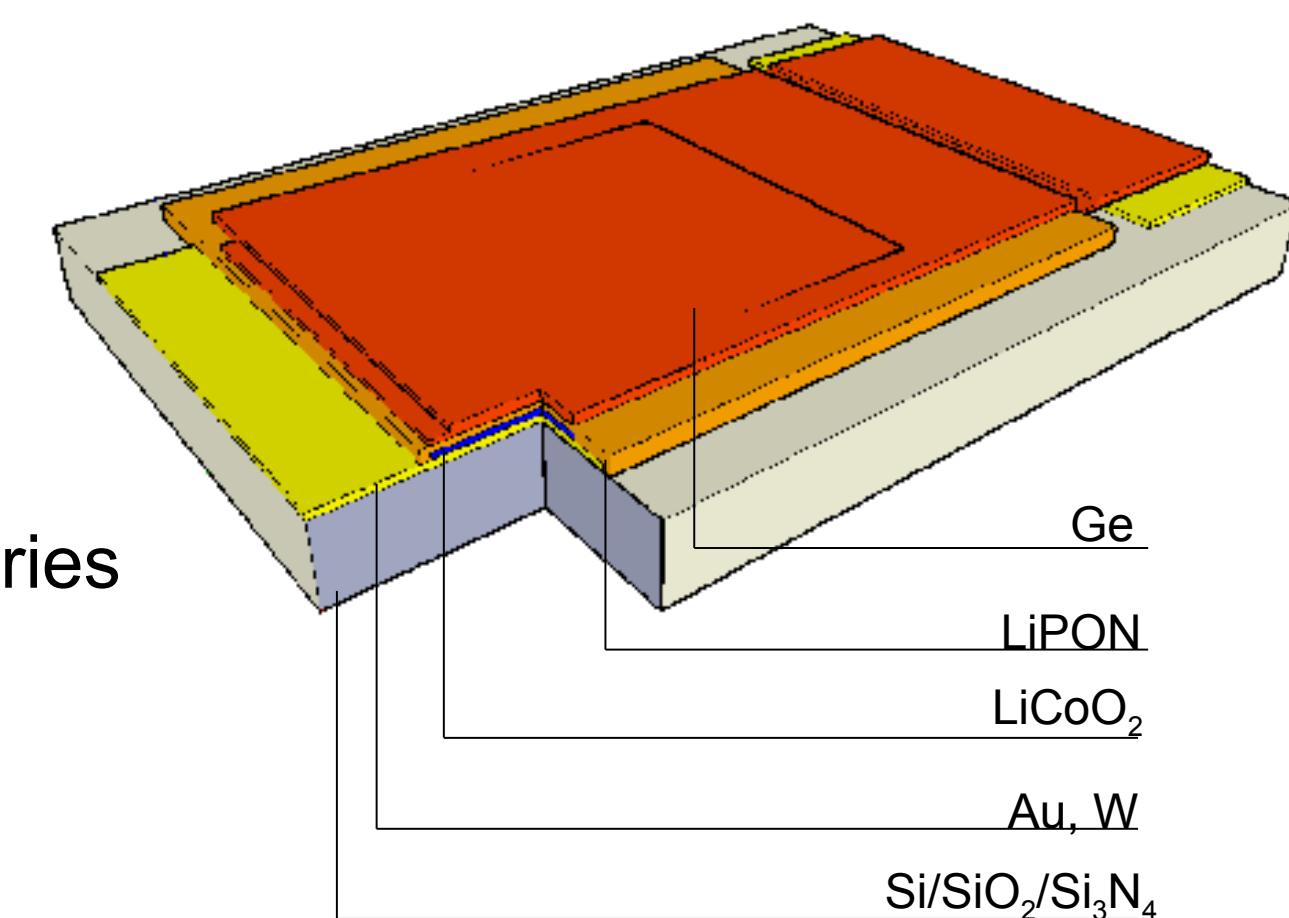
Optimisation théorique de l'actionneur



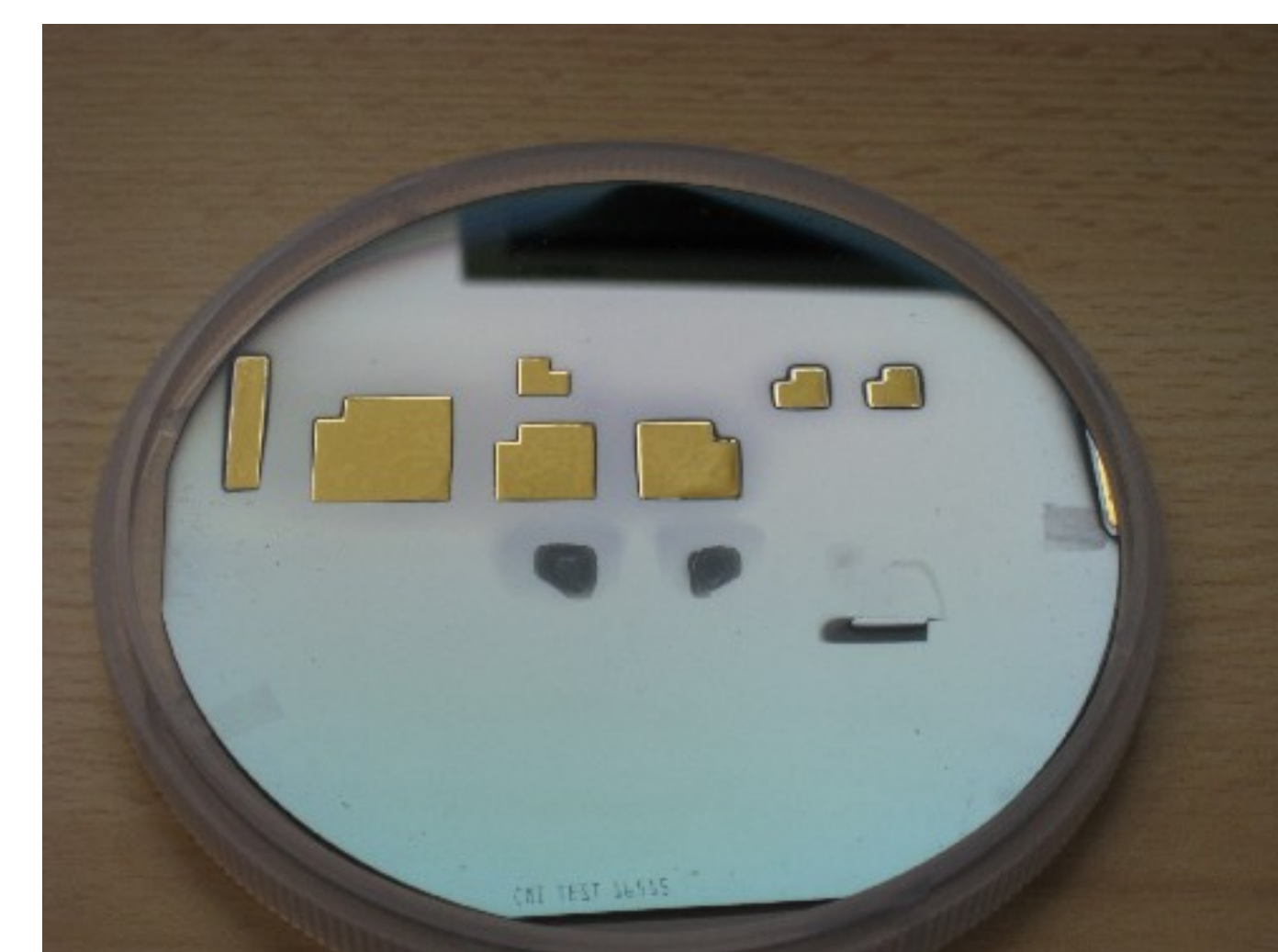
## FUSION

### Batteries et actionneurs sur un même substrat de silicium

- Microbatteries couche mince
- Tension  $\approx 100 \text{ V}$
- Capacité  $\approx 100 \mu\text{Ah}/\text{cm}^2$
- Actionneurs électrostatiques
- Gravure ultra profonde DRIE
- Fusion des process MEMS et batteries



Libération des actionneurs au HF liquide. Les batteries sont protégées par de la résine



Tests d'encapsulation des batteries couche mince

## Publications et brevets

- Dispositif de transmission, à un premier élément mobile comportant des dents, d'un mouvement relatif entre un second et un troisième éléments d'un système, EP1998144.
- Microcapteur apte à détecter une variation de distance ou un cycle de variations de distance entre deux points ou zone d'une structure lors d'une sollicitation, EP1998145.
- 2 dépôts de brevet en cours.
- P. Vescovo et V. Walter, Design reliability versus cost, MNT Reliability Workshop IAS, Toulouse, France, 29-30 mai 2008.
- P. Vescovo, Towards nanomechanics, Revue micronanofabrication EPFL, Lausanne, Suisse, 19 mars 2009.
- P. Minotti, Micronanotechnologies MEMS : réalités et perspectives, Journée Scientifique DGA, Paris, 14 mai 2009.
- P. Minotti, Comment faire naître l'innovation de rupture ?, les Ateliers Recherche & Technologie PME organisés par la DGA, Issy-les-Moulineaux, 4 novembre 2009.
- F. Pigache et al., Step-up voltage converter for MEMS actuators by piezoelectric transformers, 35<sup>th</sup> Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Porto, Portugal, November 3-5 2009.