



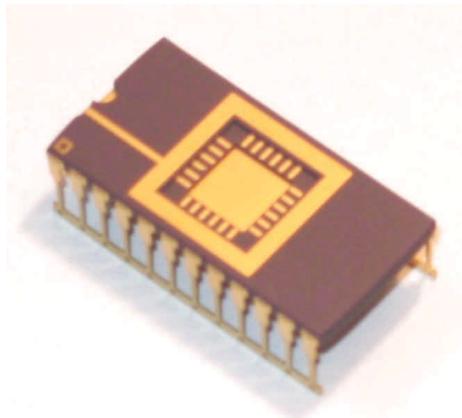
## Micro-circuits à base de nanotubes de carbone Comment connecter un nano-objet ?



P. Chenevier, M. Monteverde, R. Lefèvre, M. Goffman et V. Derycke  
DRECAM/SPEC/Laboratoire d'Electronique Moléculaire (LEM)

Comment réaliser un circuit à partir d'un nano-objet tel qu'un nanotube de carbone ?  
Comment connecter ce circuit à une alimentation électrique ?  
Pas si simple quand les objets ont la taille du nanomètre!

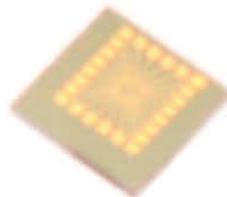
### A notre échelle : le support à souder :



Support à souder type "composant électronique" dans lequel peut être inséré et connecté le micro-circuit support des nanotubes.

Image : P. Chenevier, CEA- SPEC/LEM.

### Le micro circuit, support des nanotubes :



Micro-circuit pour composant électronique à base de nanotubes de carbone. Près des bords, le carré de plots en or permet le raccordement du circuit (au support ci-dessus ou par pointes contacts, voir photo F). Les nano-objets sont déposés, repérés et connectés au centre de la puce, dans un carré central ( $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ ) invisible à l'œil nu.

Image : P. Chenevier, CEA- SPEC/LEM.

**A- Schéma de la zone centrale du micro-circuit où seront déposés les nanotubes**

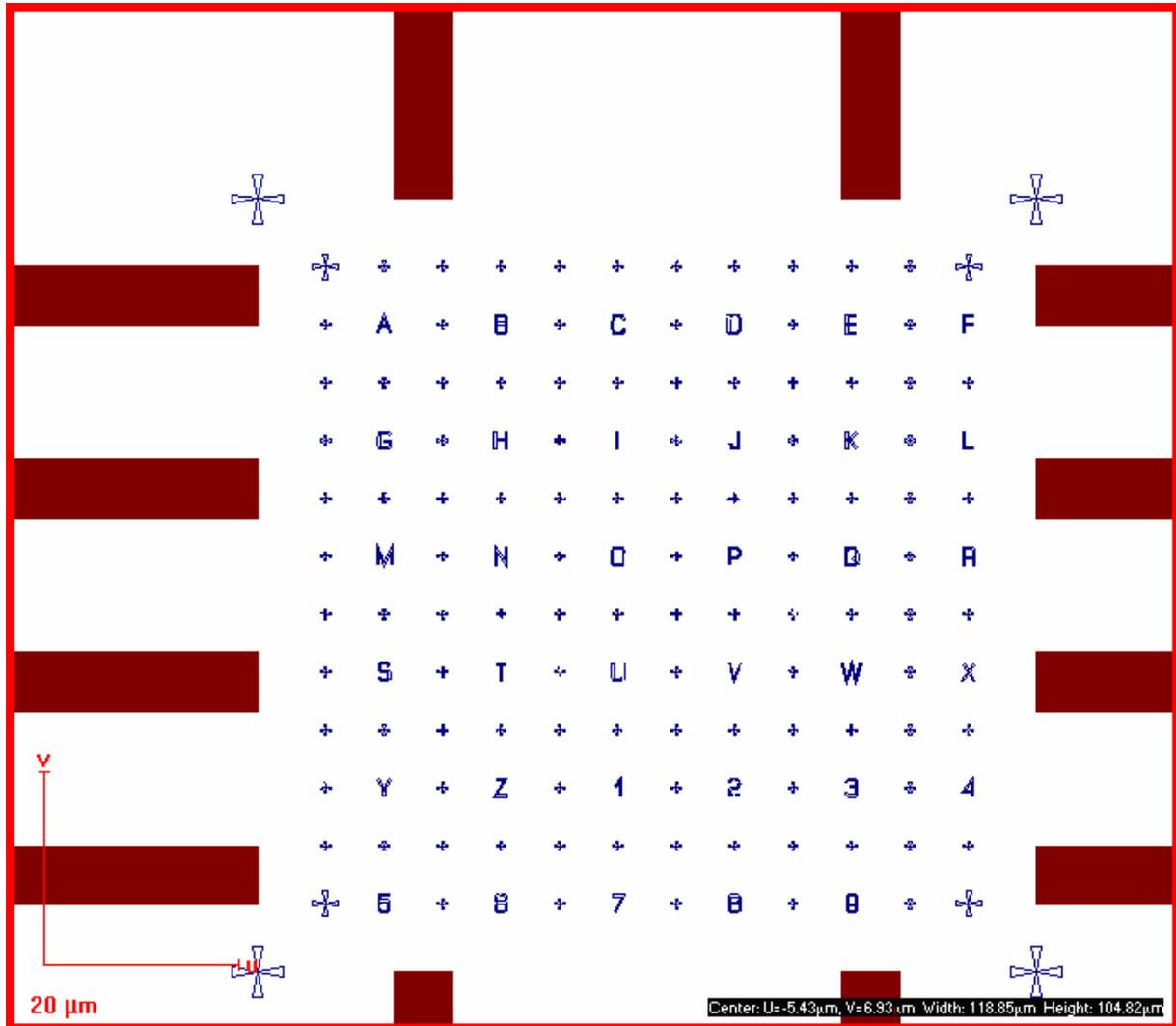


Schéma initial du carré central de la puce (100x100 μm<sup>2</sup>) pour composant électronique à base de nanotubes de carbone. En bleu : grille micrométrique de repères en or (croix, chiffres et lettres). En brun : extrémités des pistes en or pour la connexion externe. Ces pistes sont visibles sur la puce et se déploient en étoile autour du carré central.

Image M. Monteverde CEA/SPEC/LEM

## B- Nanotubes déposés sur le circuit

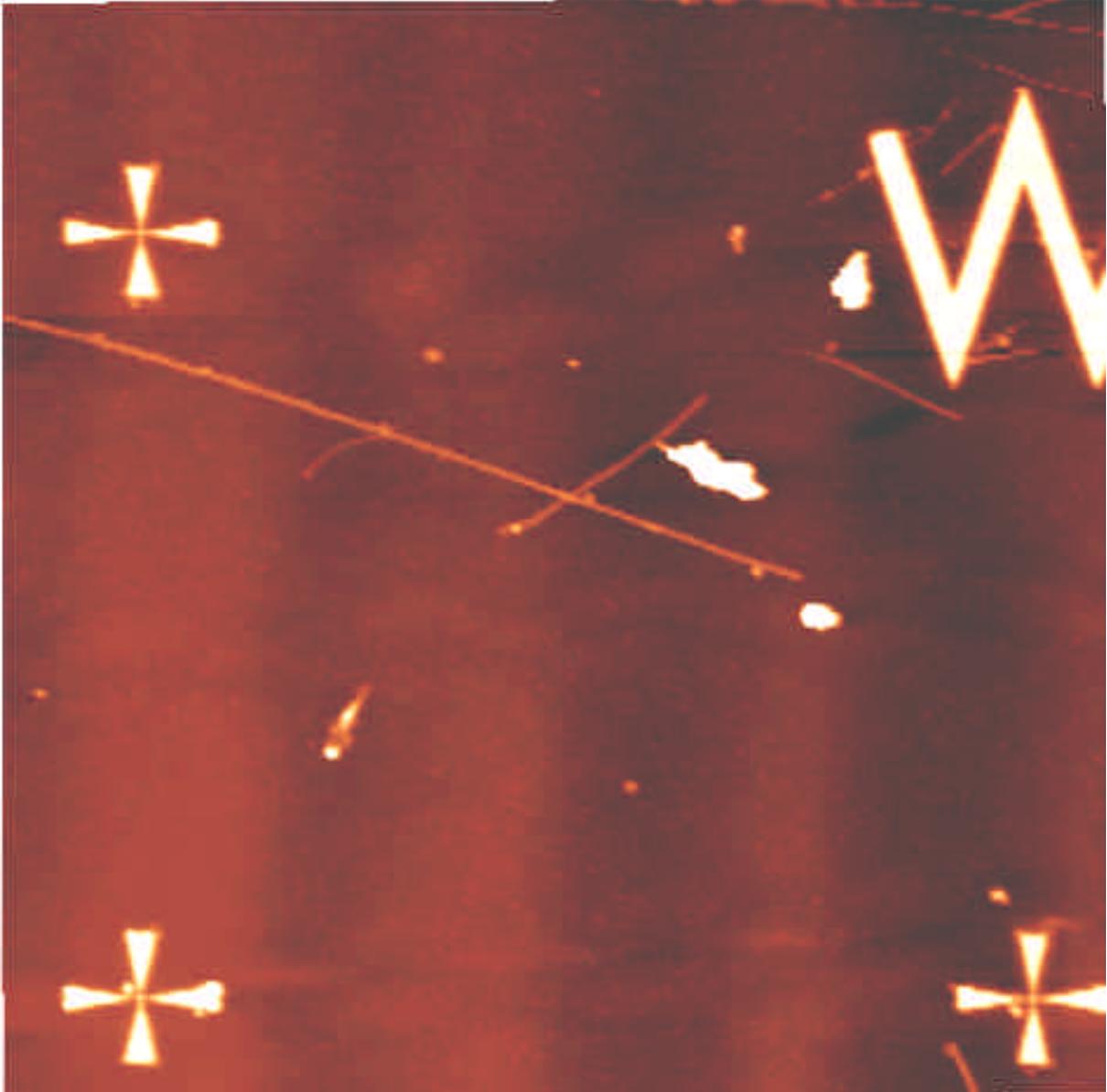
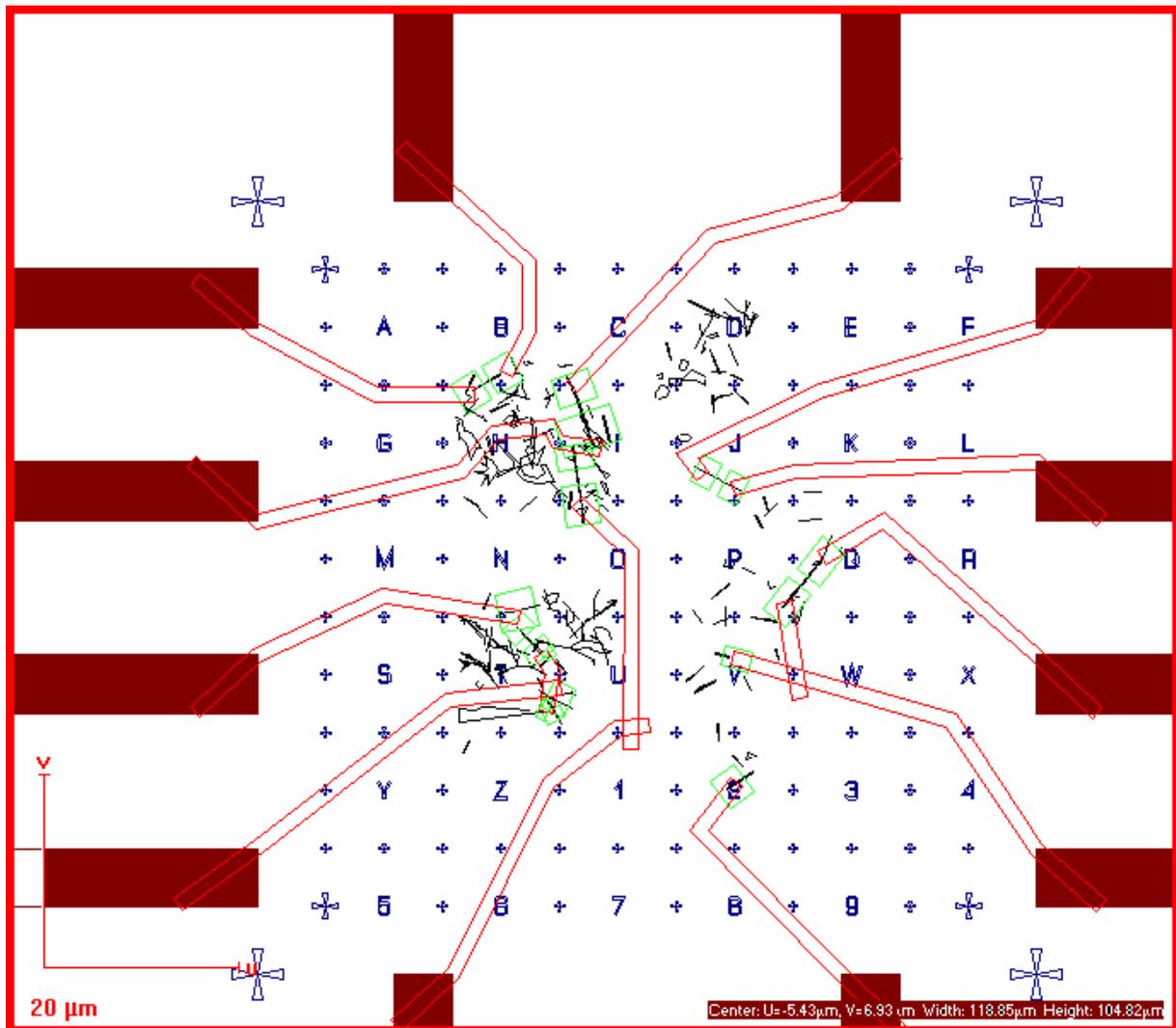


Image par microscopie à force atomique de nanotubes déposés sur la puce. Les nanotubes sont vus comme un trait de couleur claire. La puce a été trempée toute entière dans une solution de nanotubes de carbone, qui se sont déposés sur sa surface. Les positions des tubes sont mesurées précisément par rapport aux marques en or (croix, lettres) distantes de 5  $\mu\text{m}$  et reportées en noir sur le plan du carré central (Image suivante C).

Image M. Monteverde CEA/SPEC/LEM.

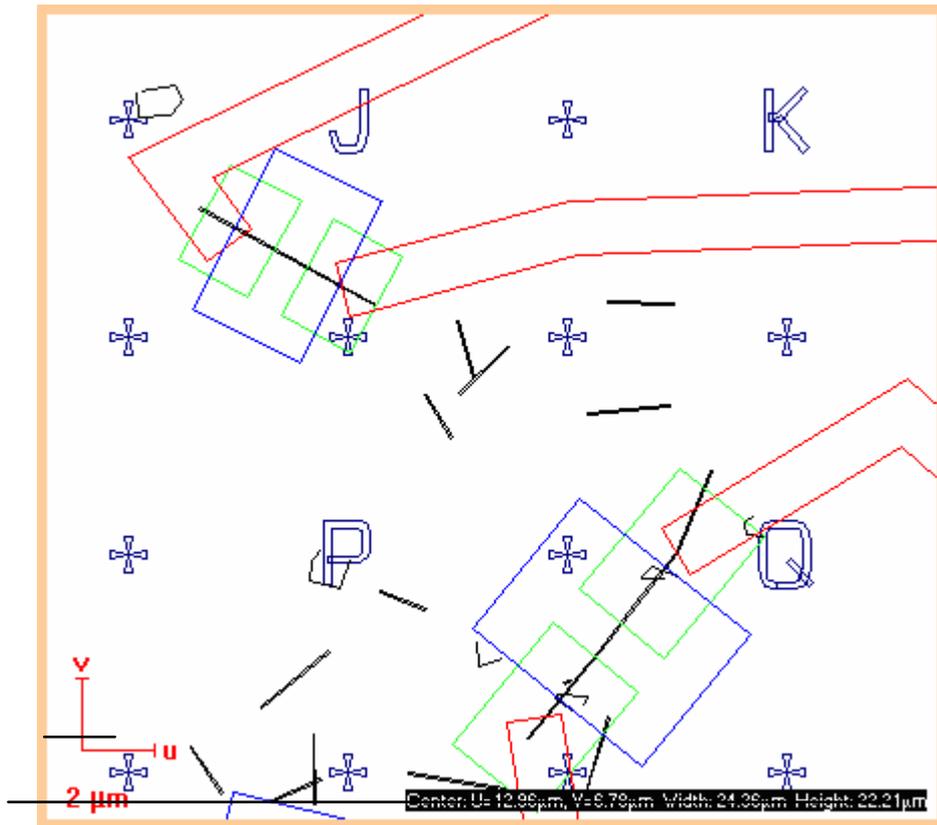
### C- Schéma de connexion des nanotubes repérés et sélectionnés



Plan du carré central avec les positions des nanotubes de carbone (en noir). Des nanoélectrodes (en rouge) sont ensuite dessinées pour relier chaque extrémité des nanotubes sélectionnés à une grosse électrode (marron) de la puce. Chaque carré vert indique une zone de connexion. Les microélectrodes sont ensuite réalisées par lithographie électronique.

Image M. Monteverde CEA/SPEC/LEM

#### D- Détails du schéma : zone de connexion de deux nanotubes



Zoom ( $25 \times 25 \mu\text{m}^2$ ) autour des repères JKPO du schéma de l'image C. Deux nanotubes sont connectés. Les carrés verts indiquent les zones de connexion et les carrés bleus la zone de nanotube libre.

Image M. Monteverde CEA/SPEC/LEM

E- Image par microscopie d'un nanotube connecté.

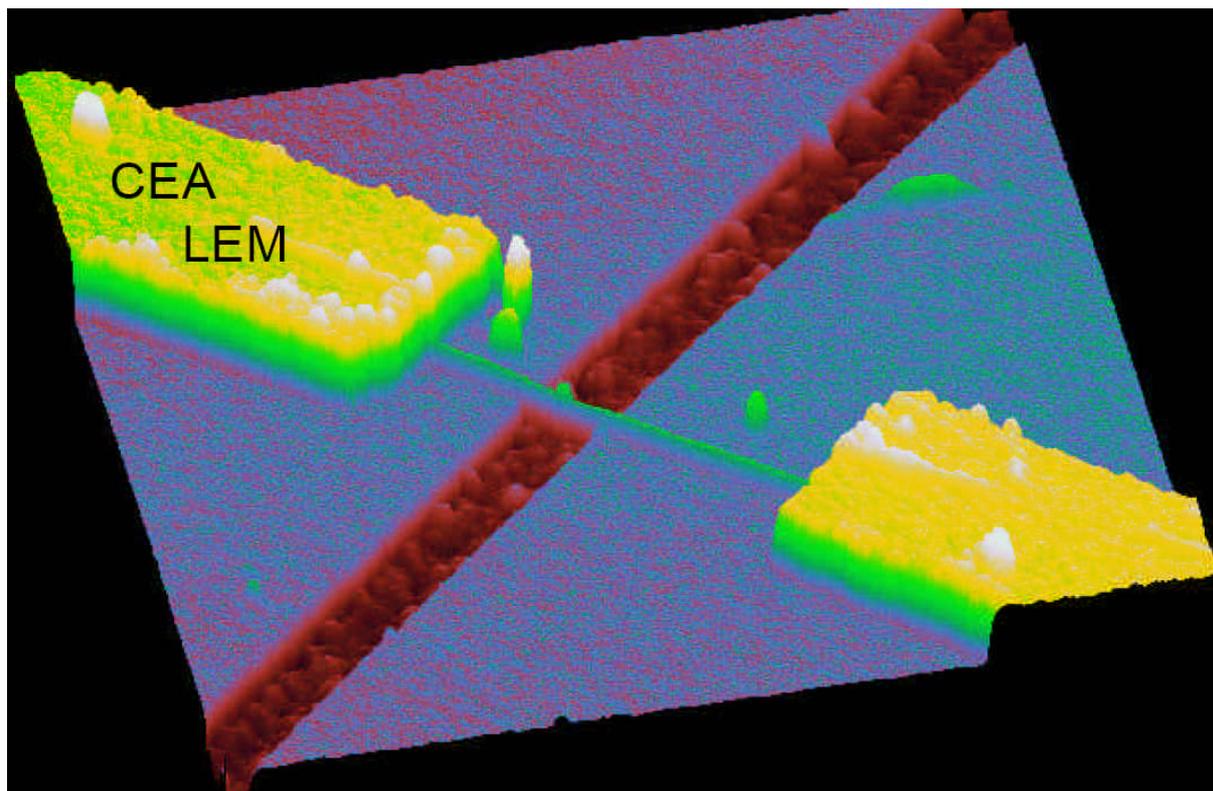
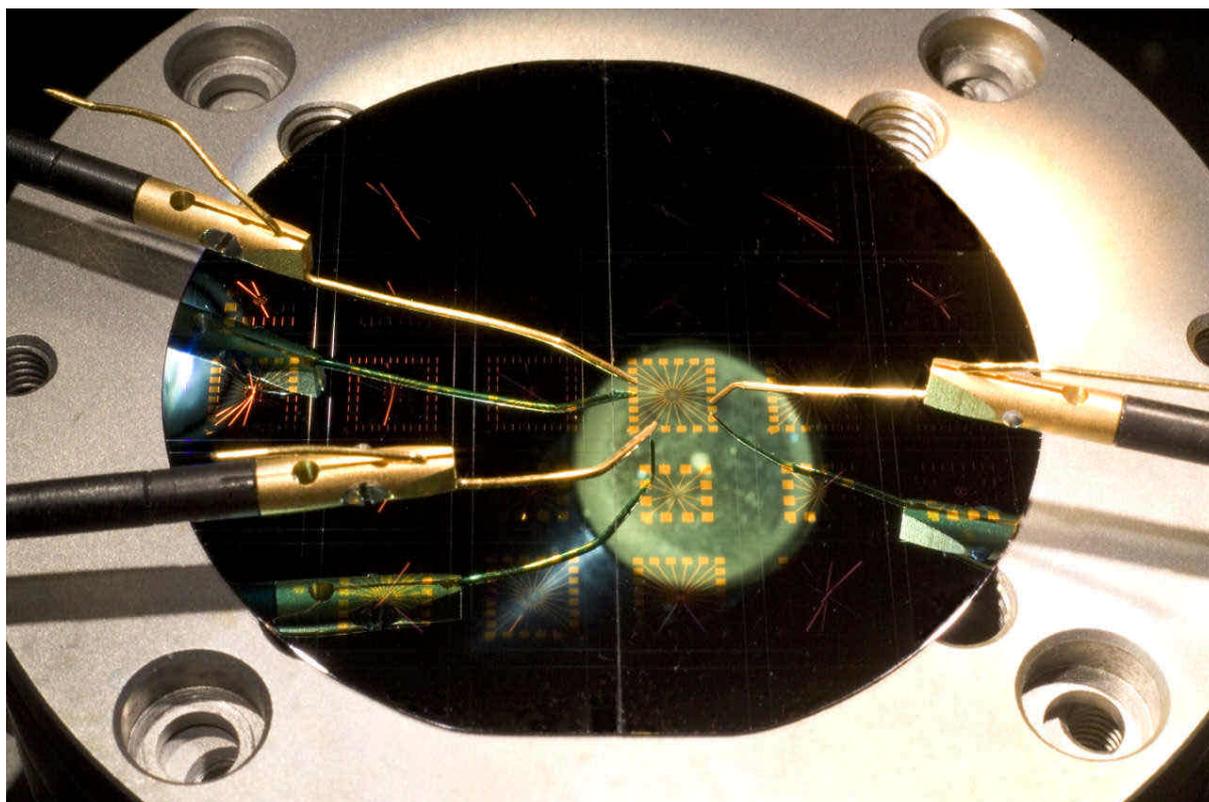


Image par microscopie à force atomique d'un nanotube connecté. Le trait fin vert au centre est le nanotube. Les pavés jaunes sont les extrémités des nano-électrodes (en rouge sur les schémas des figures C et D). Le canal rouge est une tranchée remplie d'or. Cette troisième électrode permet de faire vibrer le nanotube pour étudier ses propriétés mécaniques. Ce type de dispositif est étudié pour servir par exemple de nano-oscillateur ou d'interrupteur.

Image R. Lefèvre et M. Goffman CEA/SPEC/LEM

## F- Connexion du micro-circuit à une alimentation électrique extérieure.



Mesure des propriétés électriques du nano-composant : le contact électrique est obtenu en appuyant des pointes en or sur les électrodes. Les pointes sont approchées à l'aide de vis micrométriques et sont connectées électriquement à des appareils de mesure à taille humaine. Le support à souder du micro-circuit peut aussi être utilisé.

Ainsi, le courant à travers les nanotubes de carbone connectés par des nano-électrodes sur le carré central (voir figures E et C) peut être directement mesuré. Le nanotube (image E) peut être ainsi étudié pour ces propriétés de nano-oscillateur ou de nano-interrupteur.

Réalisation : V. Derycke, CEA-SPEC/LEM. Crédit photo : Antoine Gonin