

R&D CRYOSEL

« CRYOgenic detectors with Single Electron Sensitivity

AG Ingénierie
05/02/25

Ion Cojocari
SDCPI

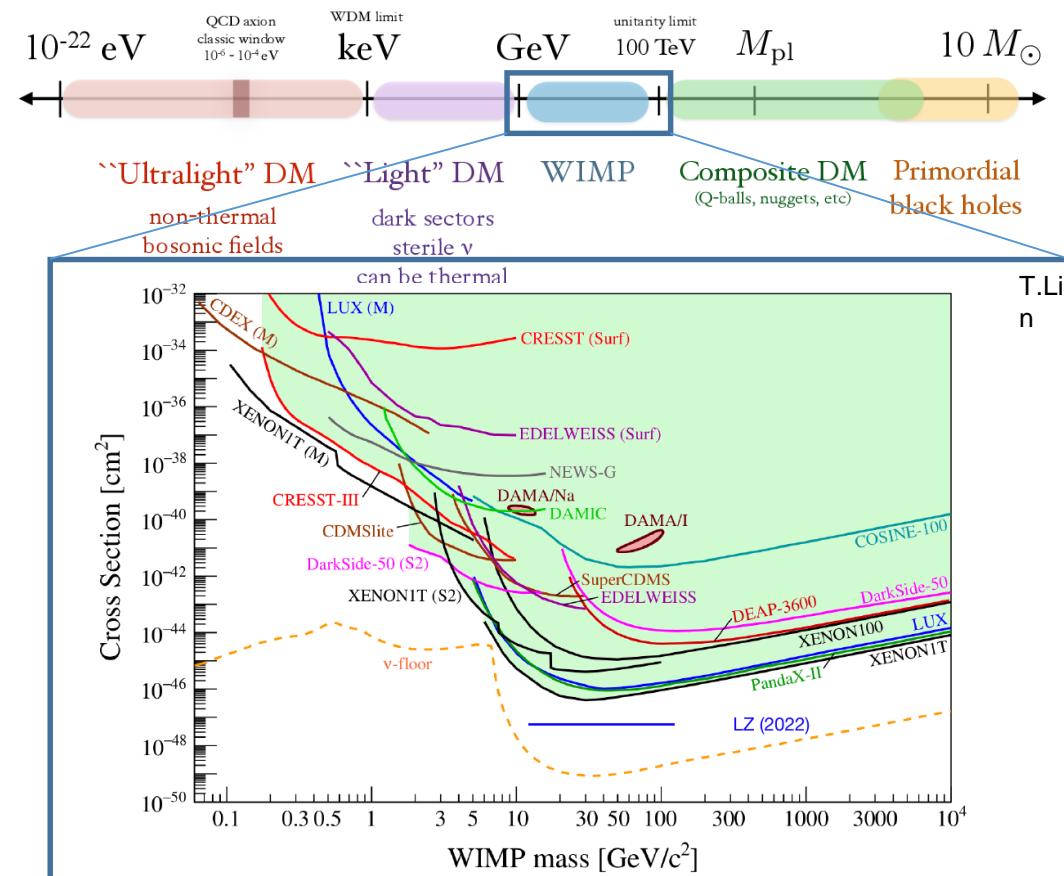


Candidats pour la Matière Noire

- Candidats MN -> gamme d'énergie très large
- La recherche axé sur les axions ($\sim \mu\text{eV}$) ou « WIMPs » ($\sim \text{GeV}$)
- Pas de « WIMPs » détectés jusqu'à présent
- $\sim \text{GeV}$ - les expériences approchent le « plancher neutrino »
- Besoin d'élargir la gamme d'énergie étudié à plus basse énergie → des nouveaux détecteurs avec une meilleure sensibilité

Mass scale of dark matter

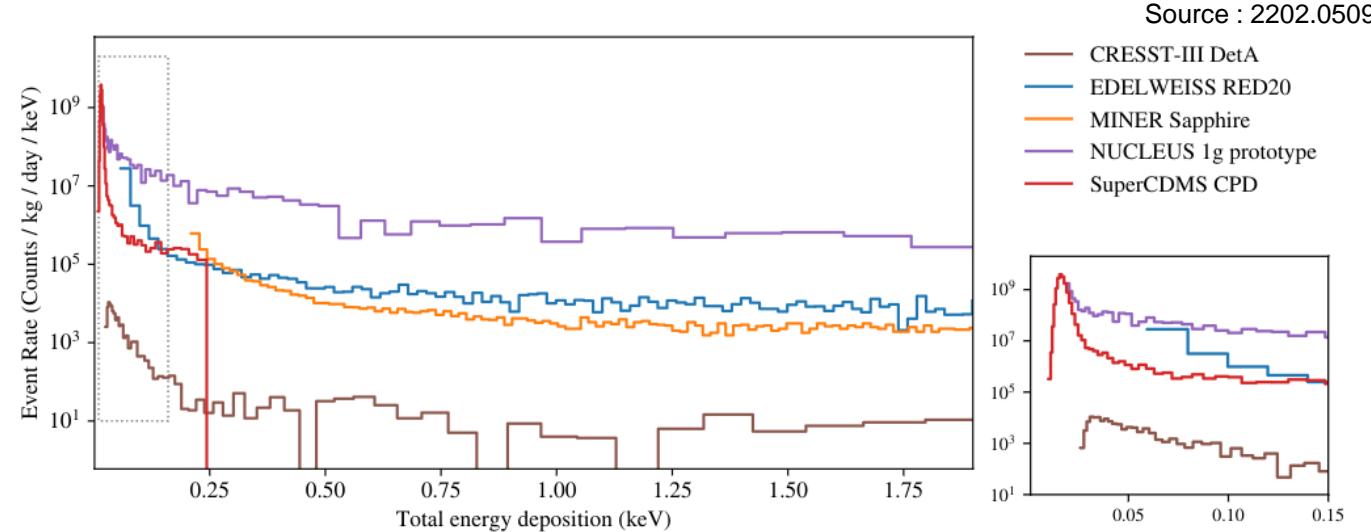
(not to scale)





L'excès à base énergie

- **Toutes les expériences cryogéniques comportent un bruit à basse énergie**
- Dépendance temporelle, plusieurs composantes, indépendant du site souterrain, **non-ionisant**
- Bruit critique pour la recherche de MN légère



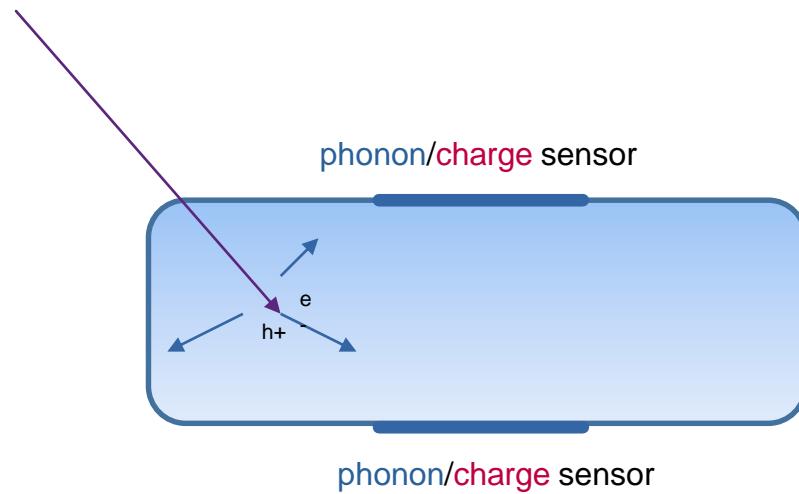
But de l'ANR CRYOSEL -> identifier les sources de ce excès et les minimiser
Ou
Développer des détecteurs capables de rejeter l'excès



Le principe de fonctionnement

- Lecture double phonon/ « charge »

Discrimination bruit non-ionisant et signal





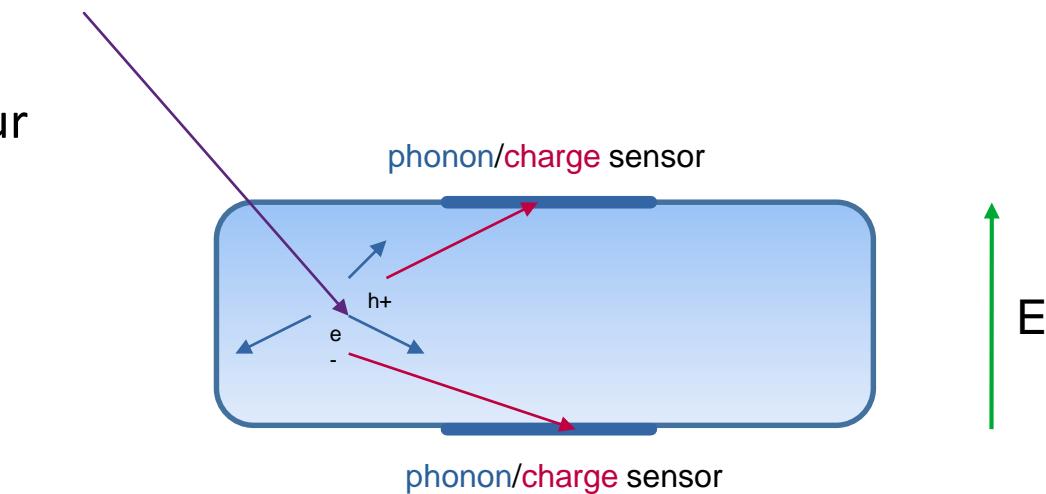
Le principe de fonctionnement

- Lecture double phonon/ « charge »

Discrimination bruit non-ionisant et signal

- Tension de polarisation -> effet de gain

Le détecteur charge est un détecteur de chaleur

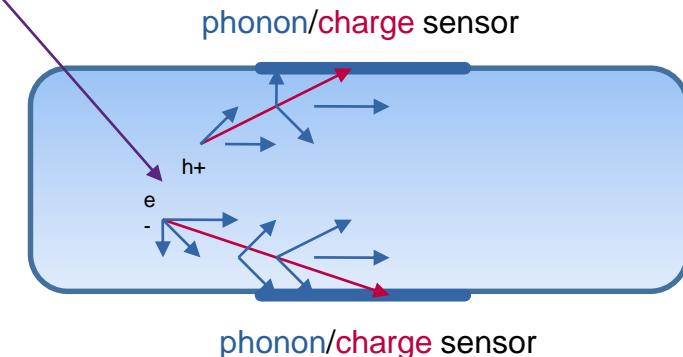




Le principe de fonctionnement

- Lecture double phonon/ « charge »
Discrimination bruit non-ionisant et signal
- Tension de polarisation -> effet de gain
Le détecteur charge est un détecteur de chaleur
- L'amplification NTL est très localisé
- Senseur TES (Transition Edge Sensor) situé proche de la région d'amplification
- Fonctionnement un **coïncidence**
 - **Identification** des signaux ionisants

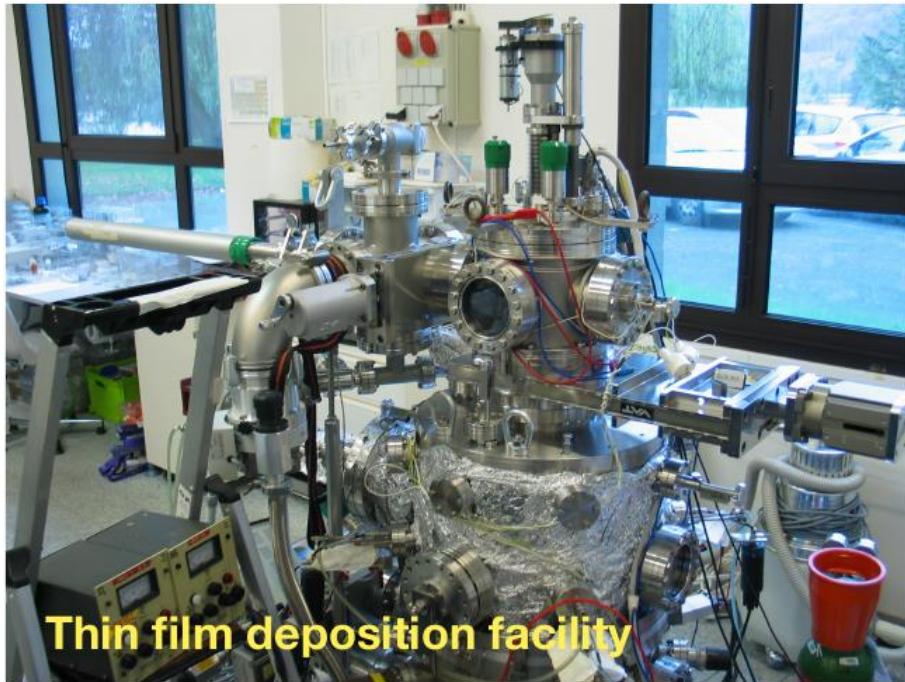
Appliquer un gain dans le cristal ->
Amplification Neganov Trofimov Luke



$$E = E_{\text{recoil}} + E_{\text{NTL}} = E_{\text{recoil}} + \frac{1}{3}eV * E_{\text{ion}} * V$$

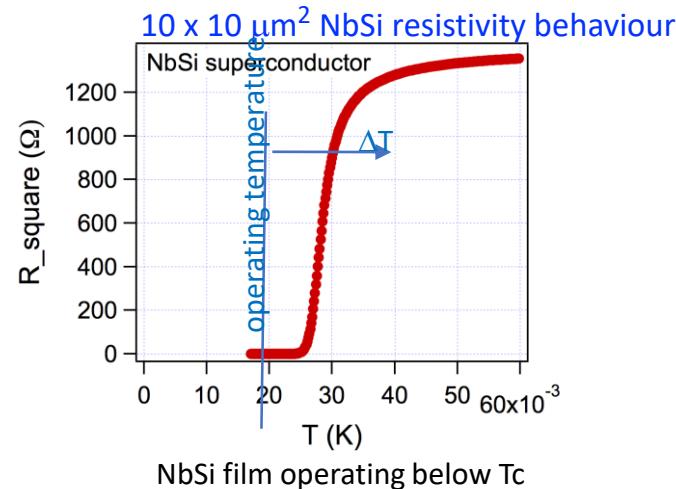
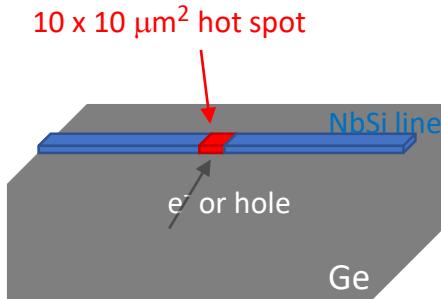


- Design et fabrication des détecteurs
- Déposition de couches minces de NbSi
- Tests et caractérisation → cryostat à dilution 10mK

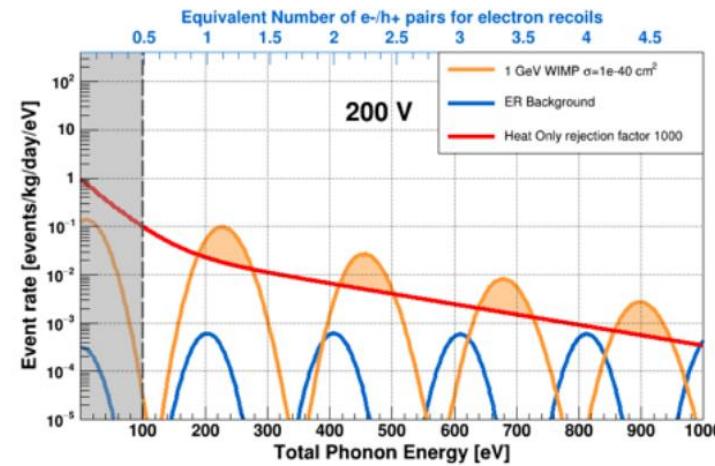




SSED – Superconducting Single Electron Device

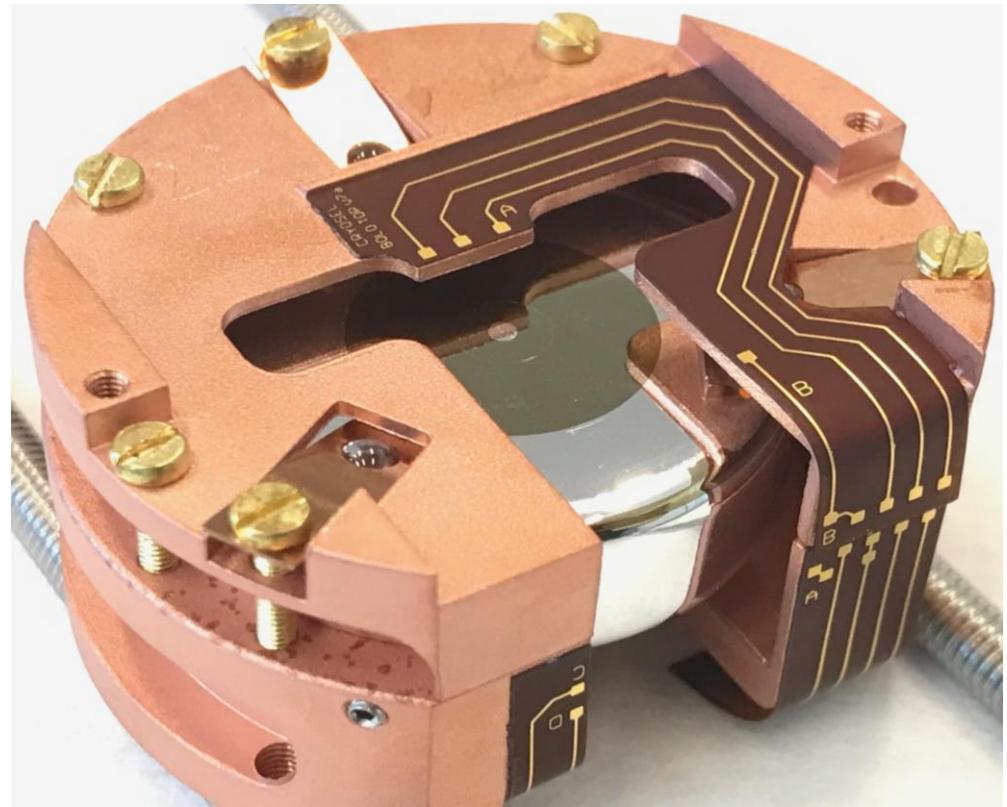
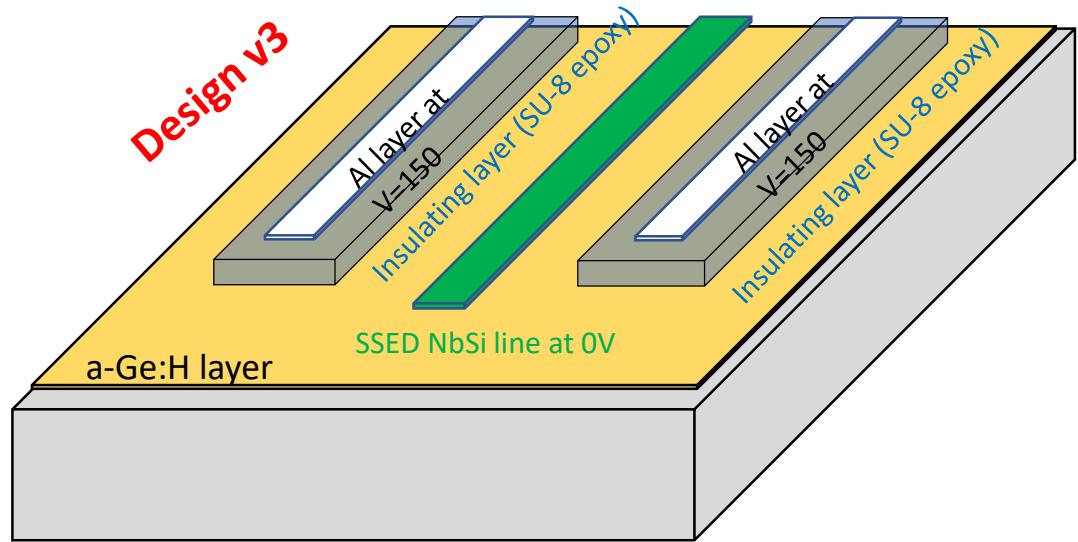


- Les phonons NTL génèrent un point chaud sur le NbSi
- Point de fonctionnement sous la T_c → rejet des évènements non-ionisants
- Conçu pour une lecture haute-impédance -> JFET chauds



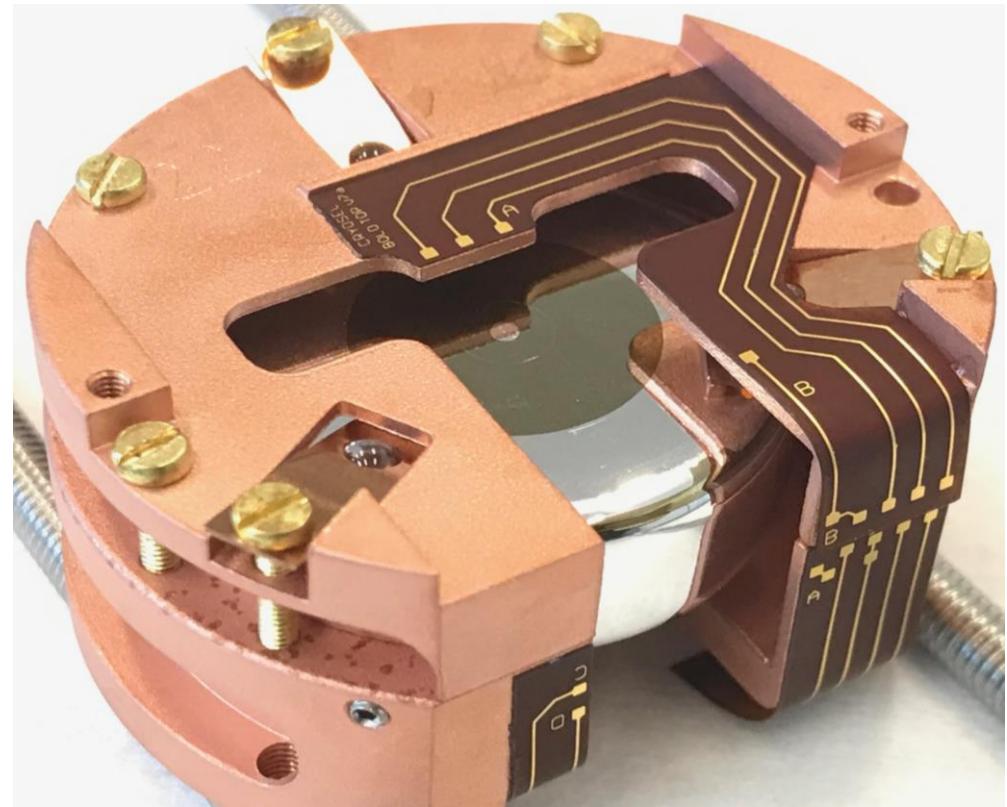
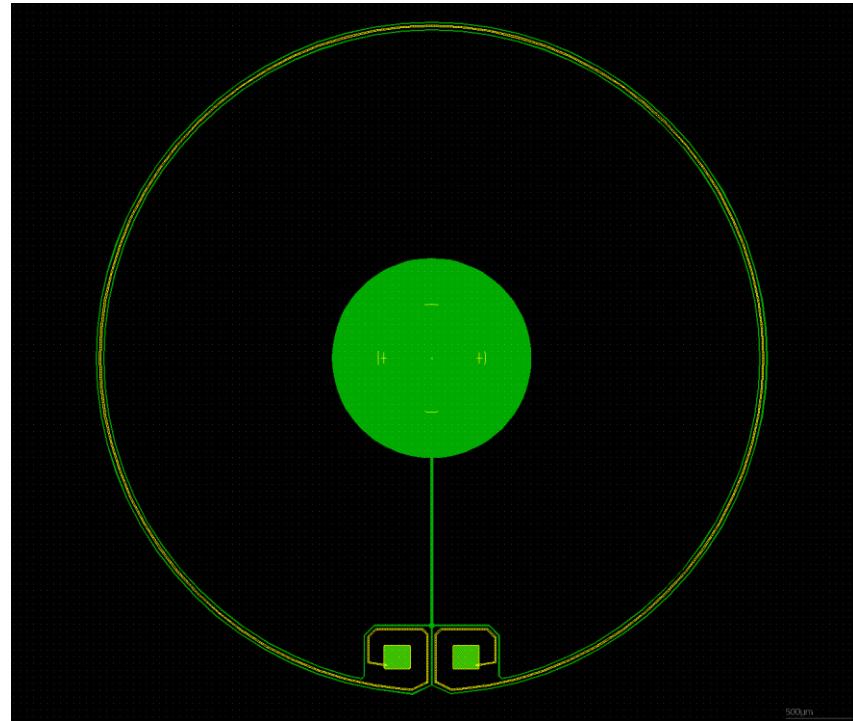


SSED – Superconducting Single Electron Device





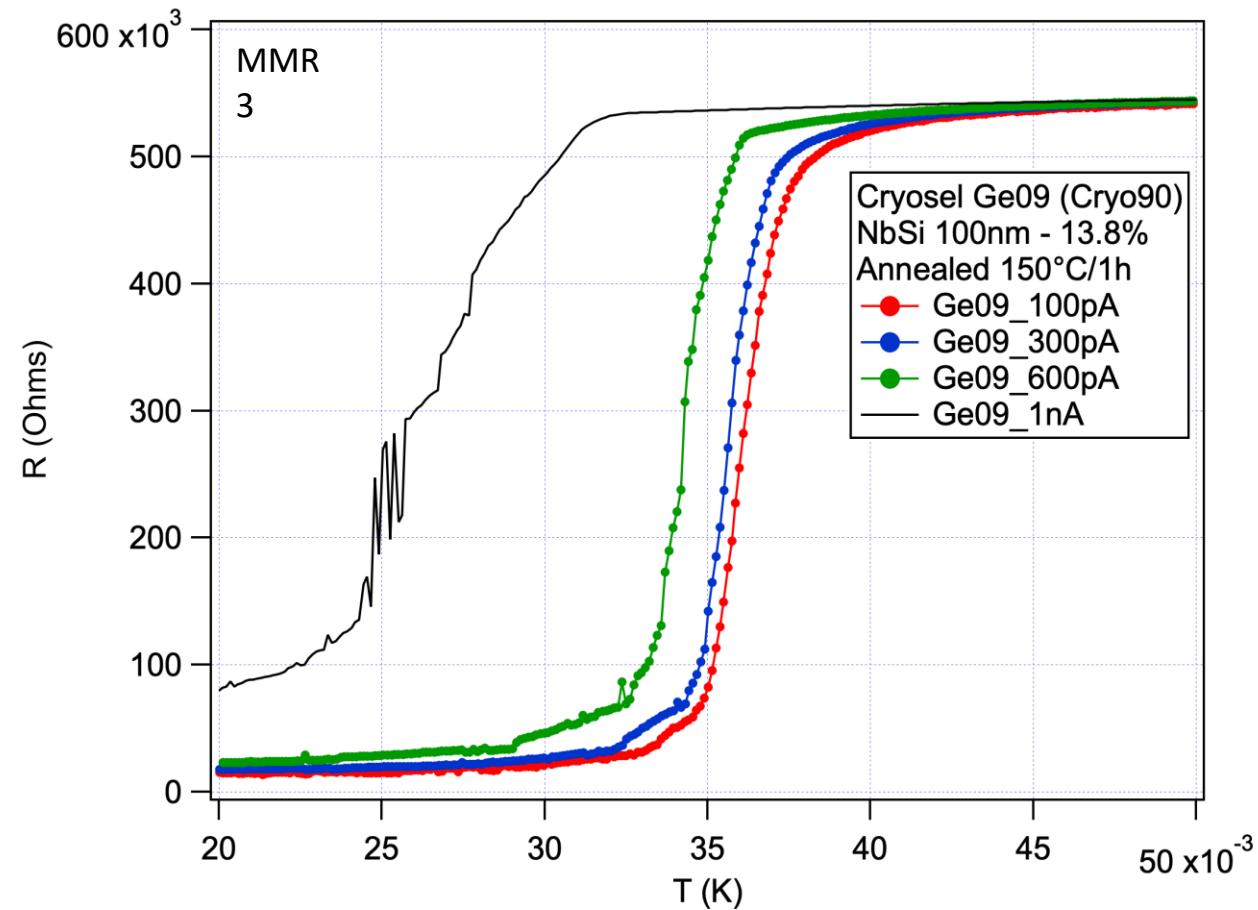
SSED – Superconducting Single Electron Device





Résultats – Cryosel_9

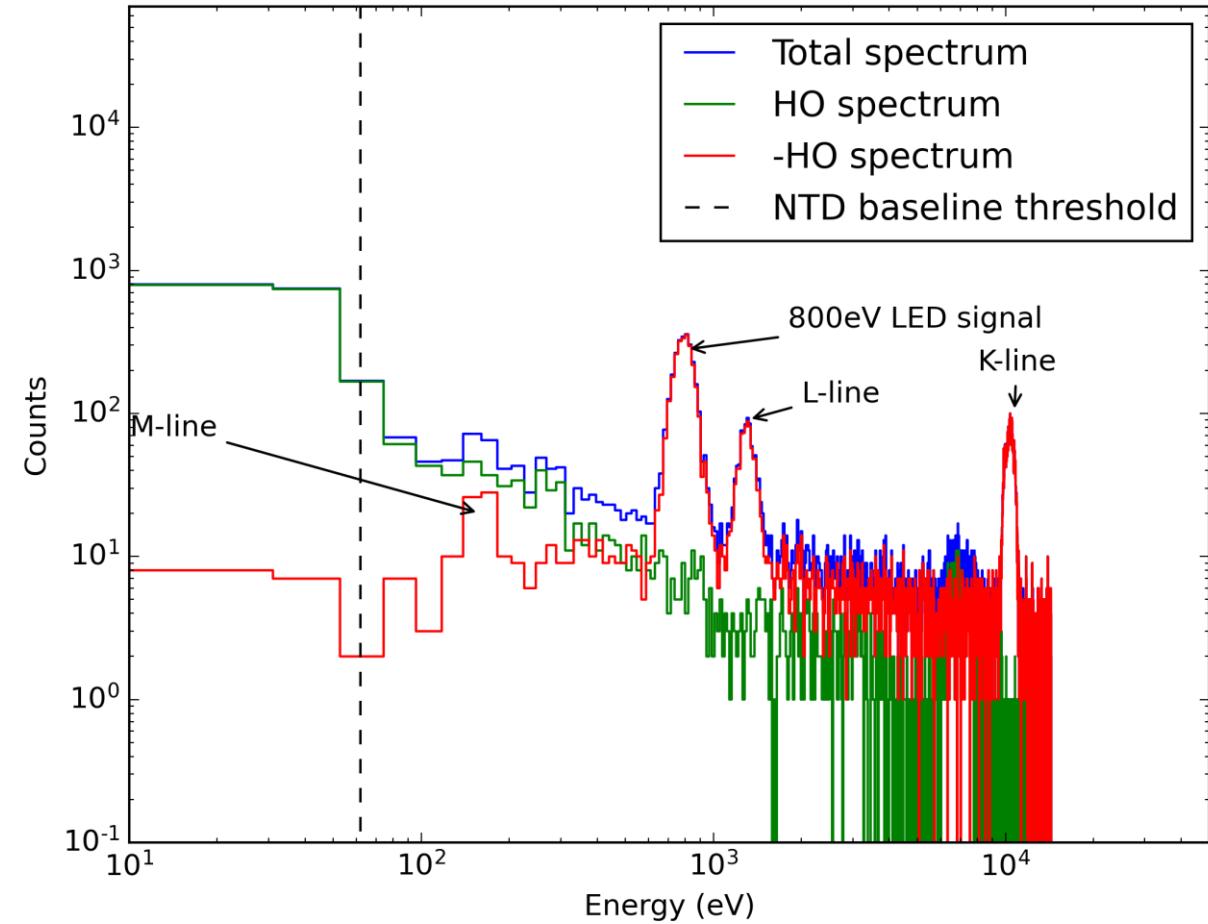
- T_c très basse obtenu $\sim 35\text{mK}$
- Limitation du courant de polarisation
- Comportement pas stable à « forts courants » de polarisation





Cryosel_9 - Réjection du excès à base énergie

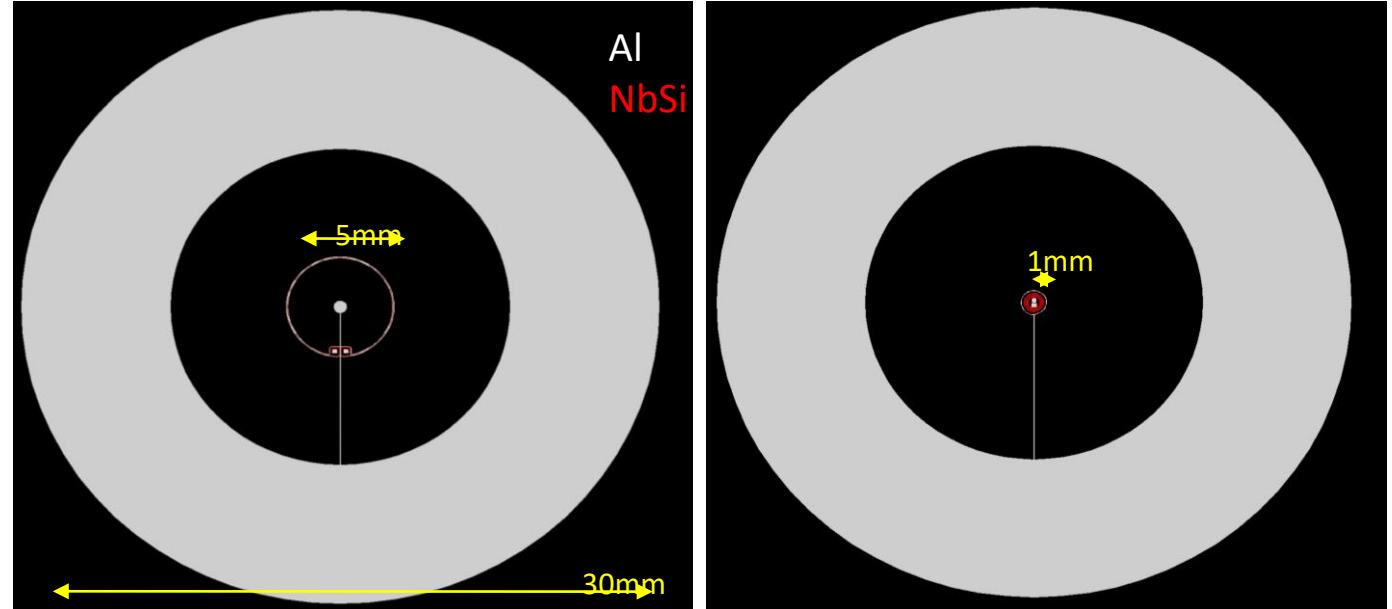
- Fonctionnement à 140V NTL
- Stable pendant plusieurs jours
- Identification et rejet des évènements non-ionisants
- $\sim 40\text{eV}$ RMS
- Bruit ligne de base 7eV RMS
- Optimisation future :
 - Augmenter la tension NTL
 - Optimiser la résolution
 - Augmenter le couplage phonons balistiques/SSED





La suite

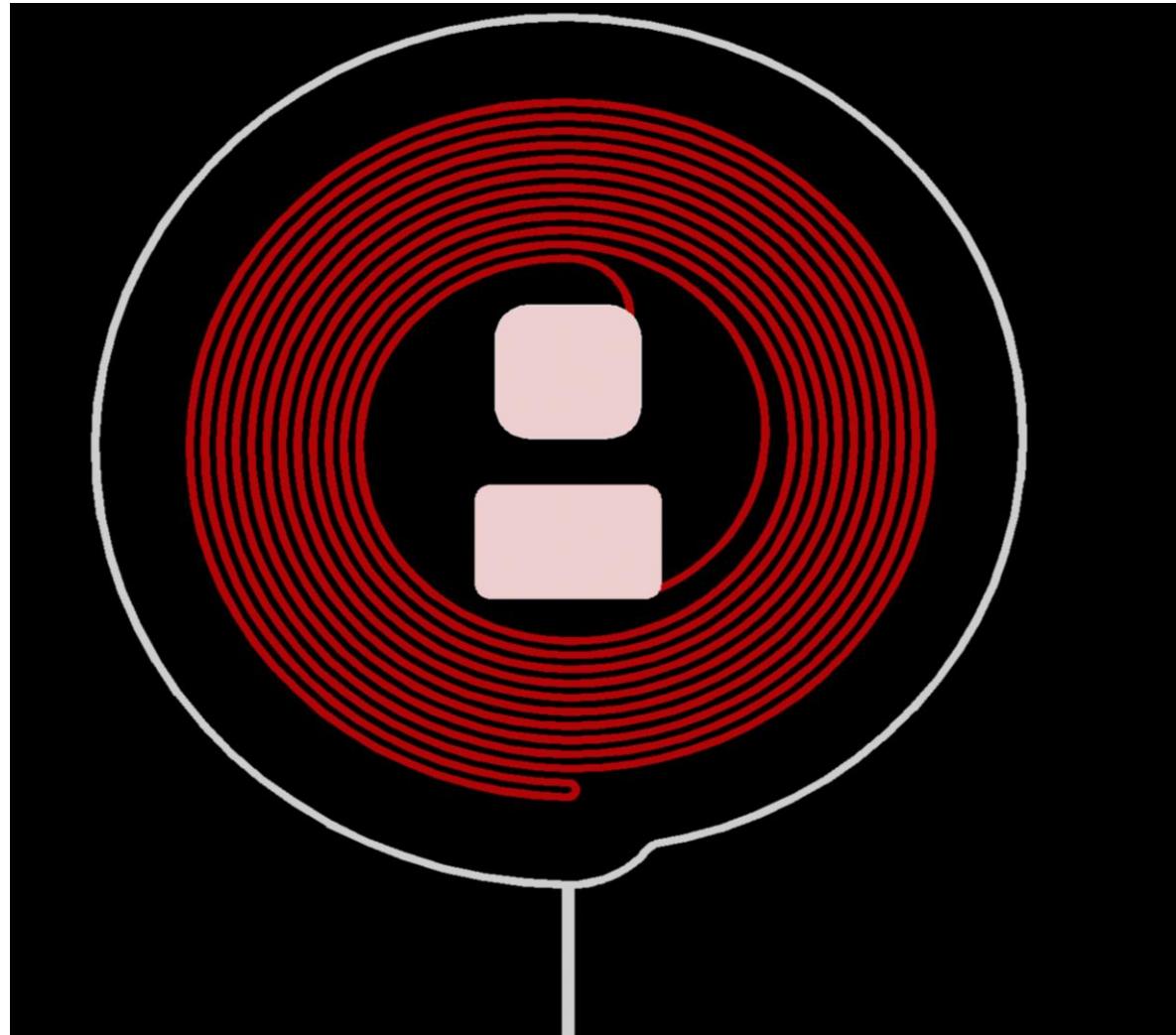
- Explorer 2 designs: TES haute/basse/impédance
- Des senseurs plus compacts





La suite

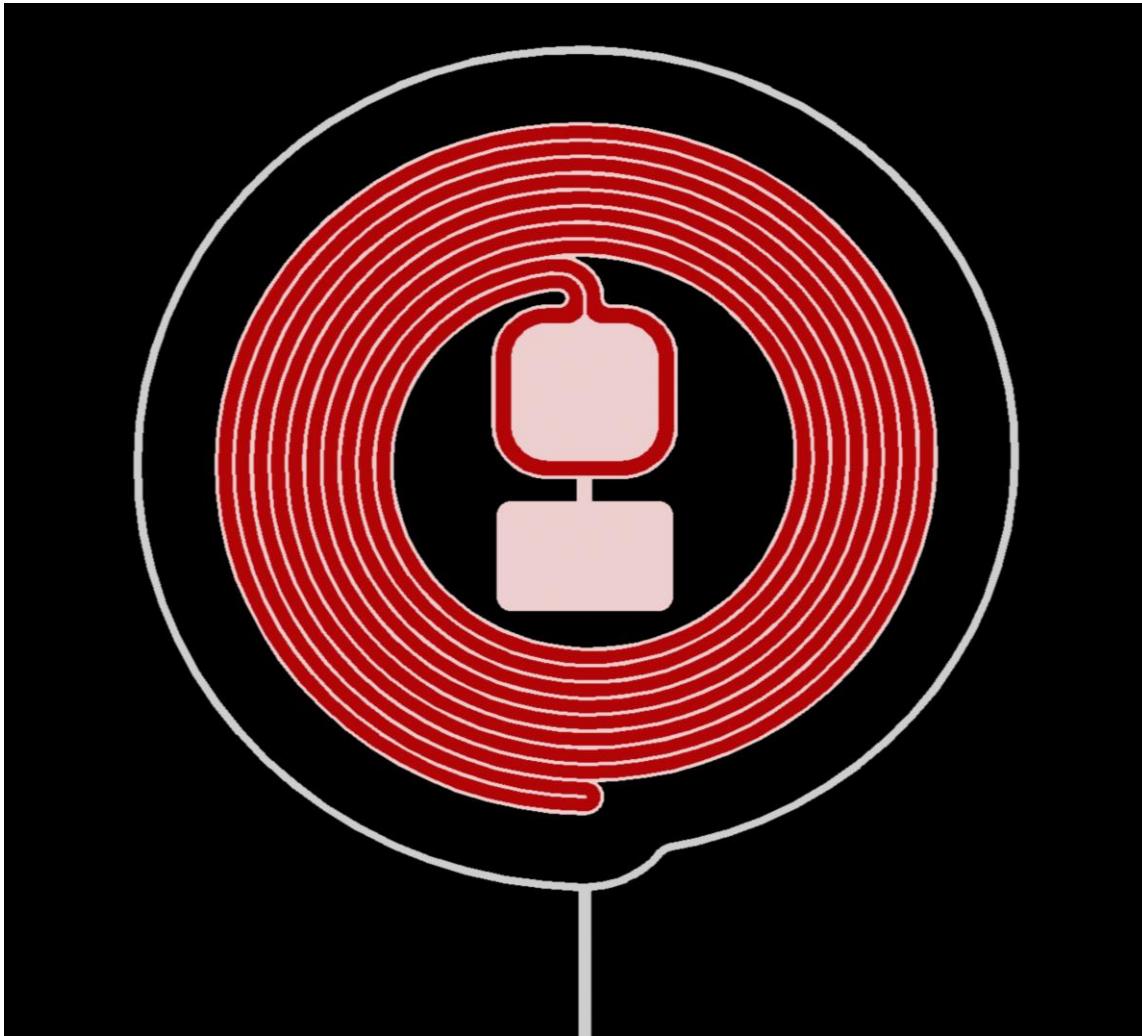
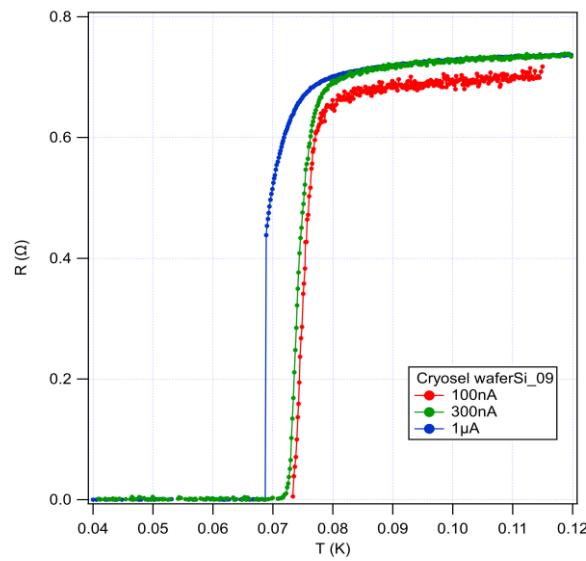
- Explorer 2 designs: TES haute/basse/impédance
- Des senseurs plus compacts





La suite

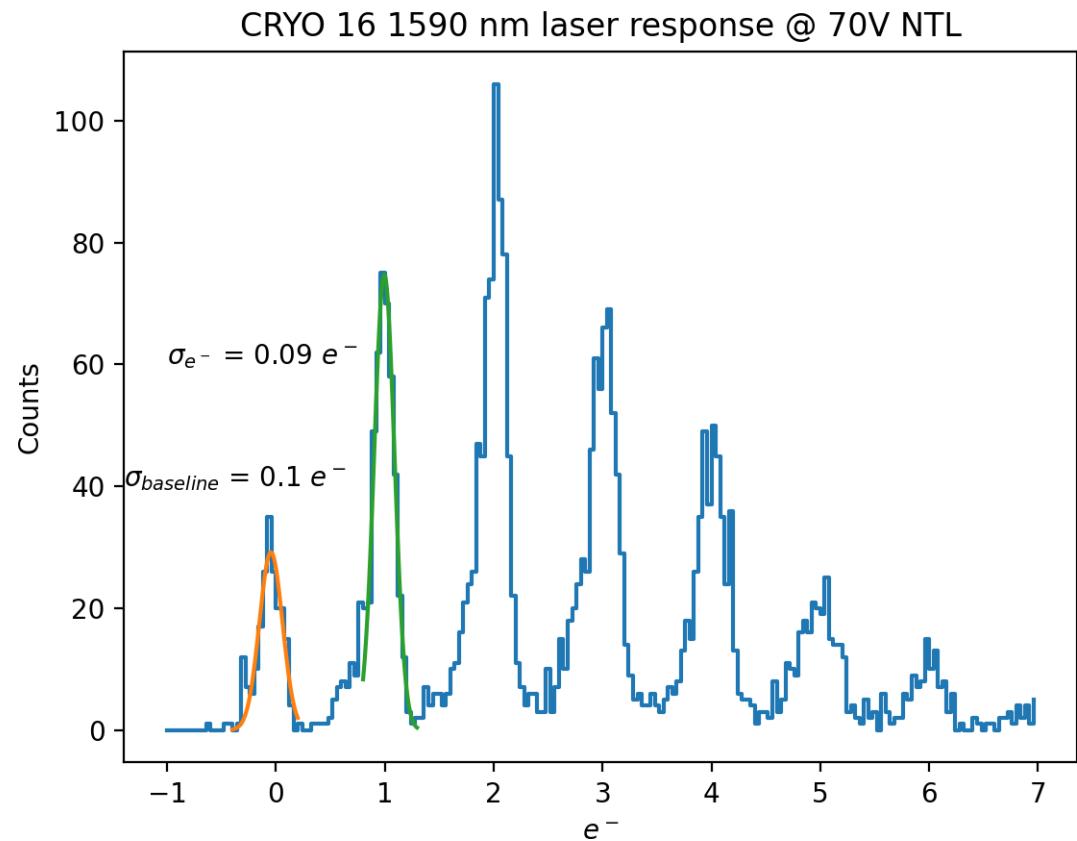
- Explorer 2 designs: TES haute/basse/impédance
- Des senseurs plus compacts

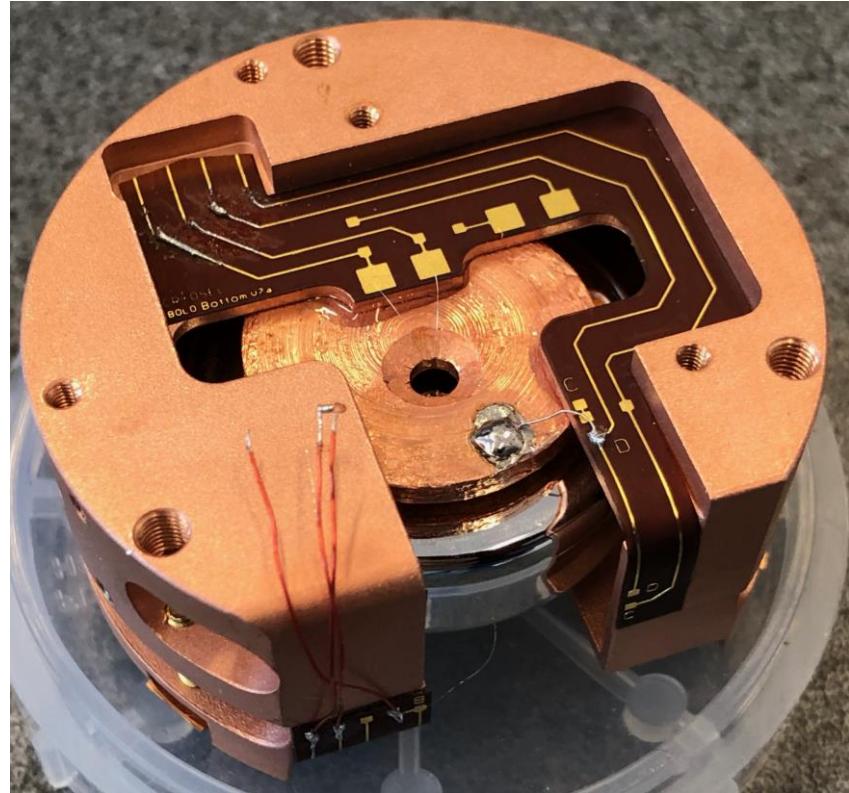




Cryosel_16 – TES basse impédance

- Actuellement sous étude – TES basse impédance (500mOhm)
- Lecture SQUID
- Détection de l'électron unique
- Bruit RMS < 0,1e⁻





Merci!

