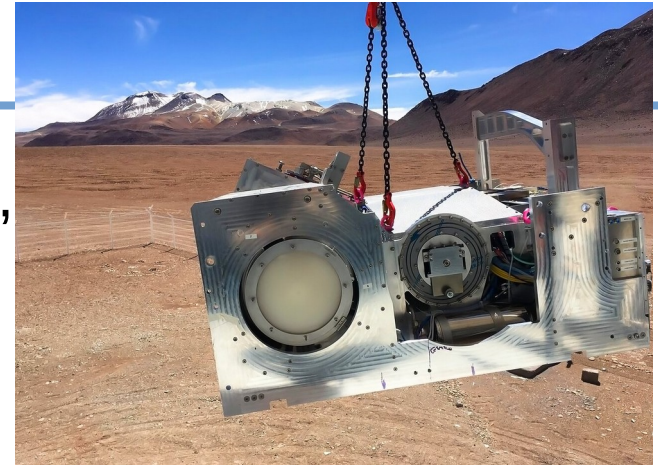


# Électronique de Lecture des KIDs : Front-end analogique et software.

J. Bounmy, C. Hoarau, J.-F. Macías-Pérez, A. Benoit, J.-L. Bouly,  
O. Bourrion, A. Catalano, D. Tourres, C. Vescovi

# Concerto

- Spectromètre par interférométrie (Martin-Puplett), 100 - 300 GHz, 4300 pixels.
- Mesure SZ dans le CMB, [CII] pour  $0.2 < z < 8.5$ , ...
- ERC Advanced Grant 2017 n°788212 (3.5 M)  
Guilaine Lagache (LAM) / Alessandro Monfardini (Néel)
- APEX Telescope : 12m, Llano de Chajnantor (5100m), PWV<0.5mm (25% du temps)
- Installé en mai 2021, désinstallé en mai 2023
- 150 Mo/s sur ~2000 h d'observations.



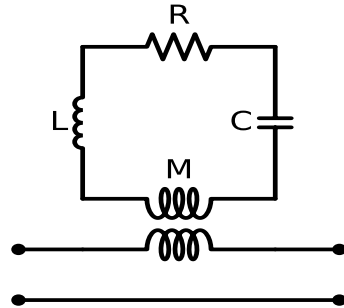
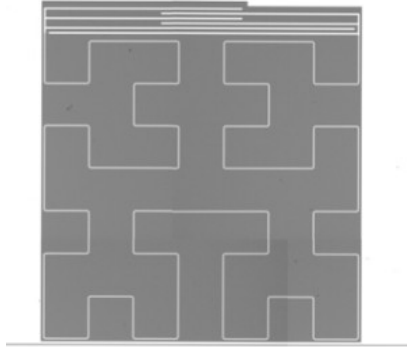
# Concerto au LPSC

- Conception de l'optique
- réalisation de 5 Miroirs, 3 Lentilles (anti-reflet), avec métrologie
- Montage filtre de polarisation
- Électronique de contrôle : Martin-Puplett, Timing IRIG-B, Pulse-tube
- Électronique de lecture
- Logiciels d'interfaçage et d'acquisition



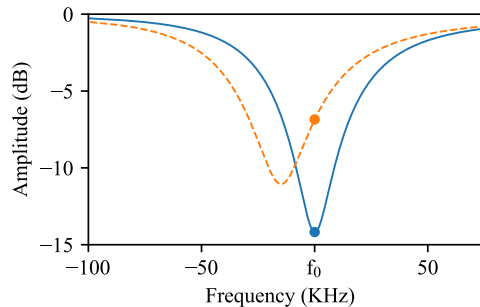
# KID

- Résonateur RF



$$s_{21} = \frac{1 + j\omega RC + (j\omega)^2 LC}{1 + j\omega C \left( R + \frac{(\omega M)^2}{2Z_0} \right) + (j\omega)^2 LC}$$
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad Q_I = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad Q_C = \frac{2Z_0}{(\omega M)^2} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

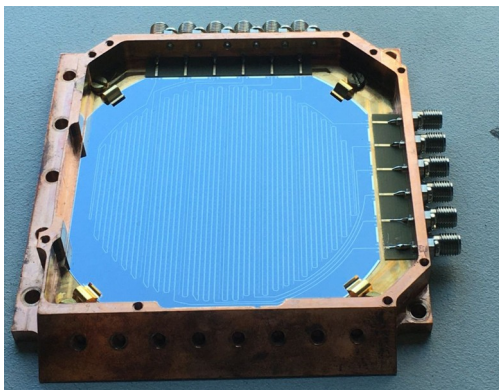
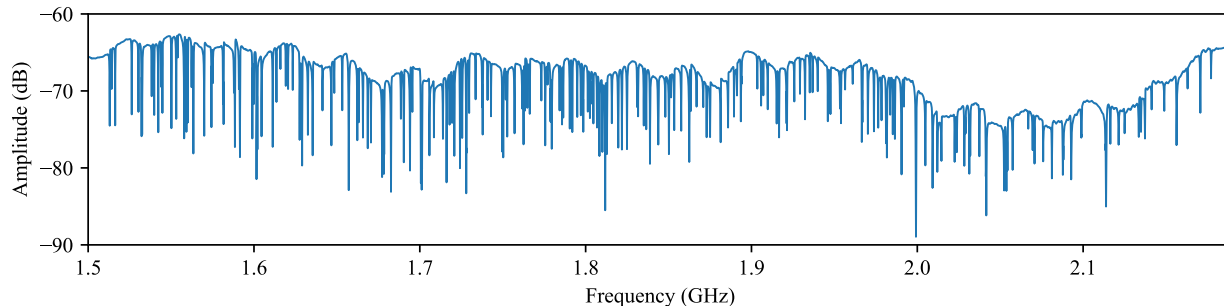
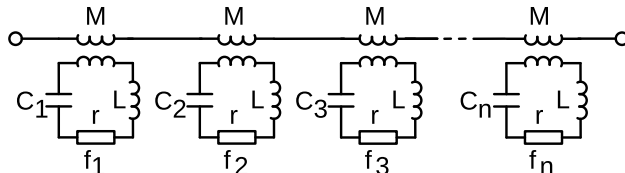
- Absorption  $h\nu > 2\Delta$



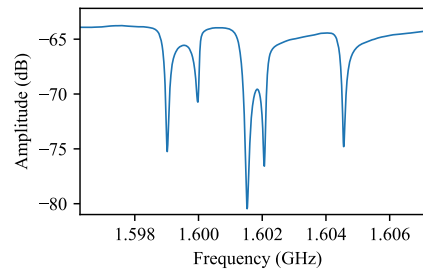
- $\sim 100$  mK
- $\sim \text{mm}^2$  ;  $\nu \in [100, 300]$  GHz
- $Q_{\text{tot}} \sim 10\,000$
- $f_0 \in [1, 3]$  GHz
- $\Delta S_{21} \sim 15$  dBm

# Matrice de KIDs

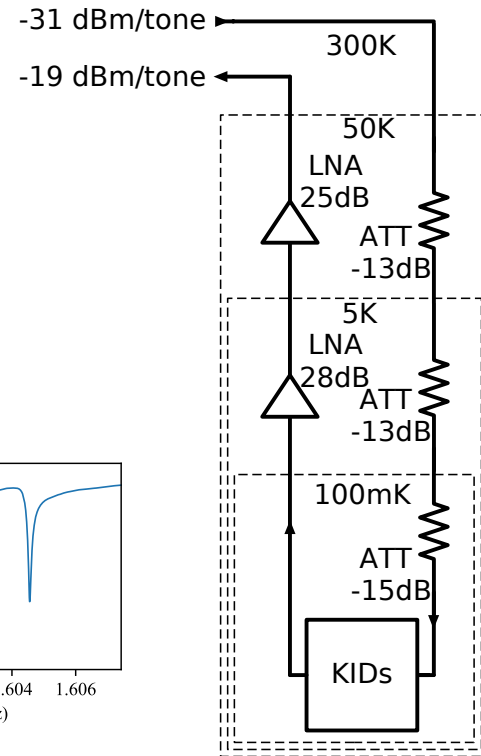
- Multiplexage



- 360 tones / ligne RF
- $f_0 \in [1,5 ; 2,5]$  GHz
- $\Delta f \sim 150$  kHz
- $f_j - f_i \sim 2,5$  MHz
- $\varnothing \sim 120$  mm

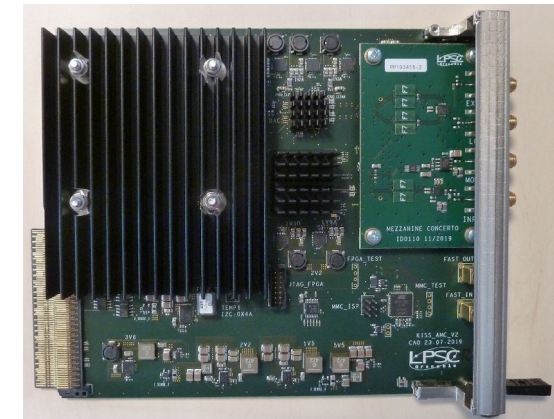
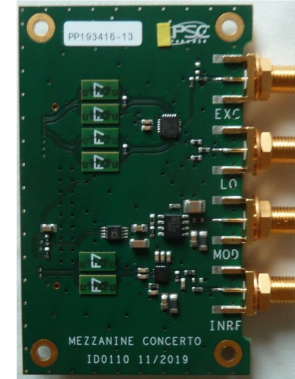
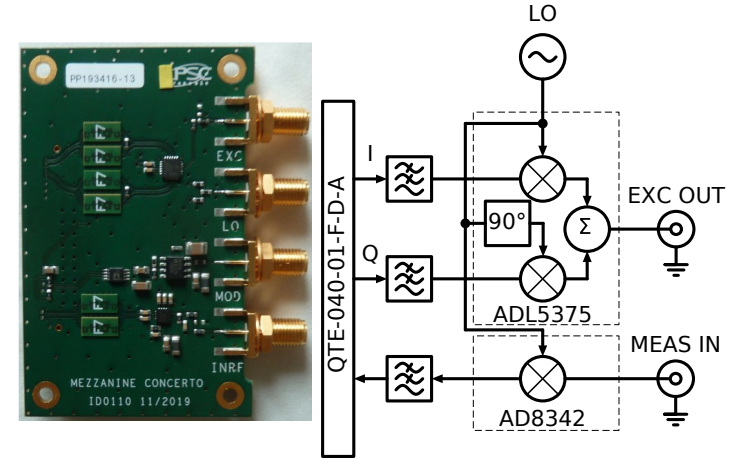


- Cryostat



# Front-End

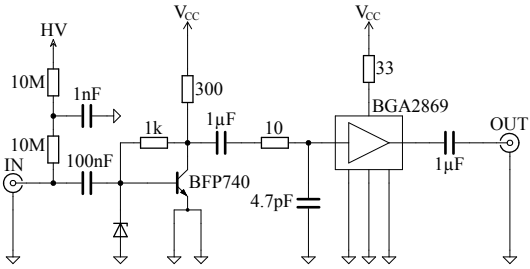
- Mezzanine analogique
    - Connecteurs Samtec QTE/QSE
    - Filtre AVX LPO
    - Mixer IQ :  
DC-1GHz → 1.5GHz-2.5GHz (BLU)
    - Caractérisation au VNA
    - Carte AMC
- O. Bourrion et al 2022 JINST 17 P10047



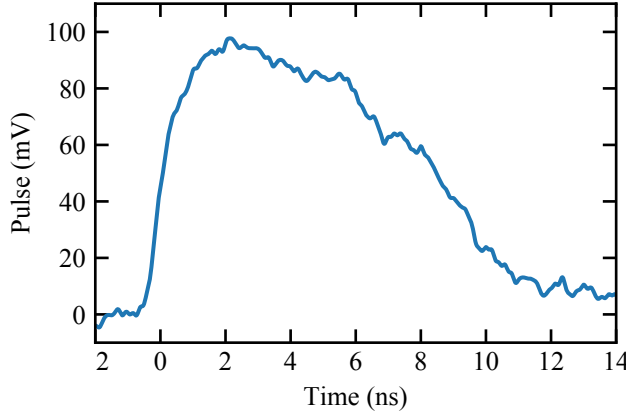
# Prospective Amplificateur Cryogénique

- LNA Diamasic

- C. Hoarau, et al 2021, JINST 16 T04005

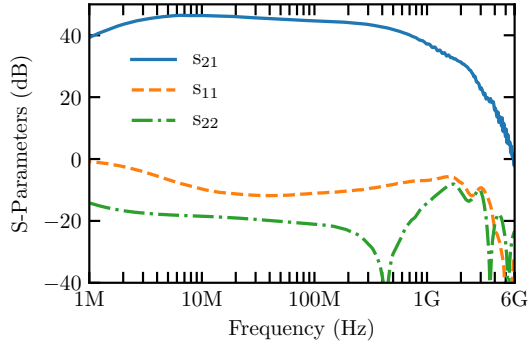
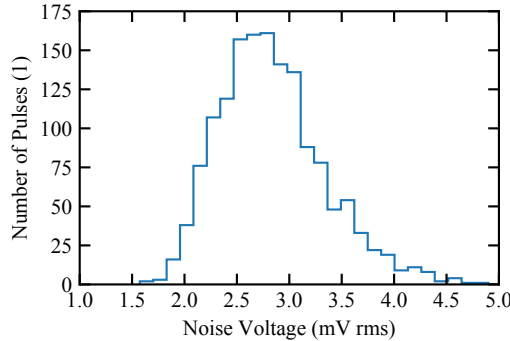


- Gain 53 dB
- $T_M$  350 ps
- jitter < 50 ps
- 50 mW



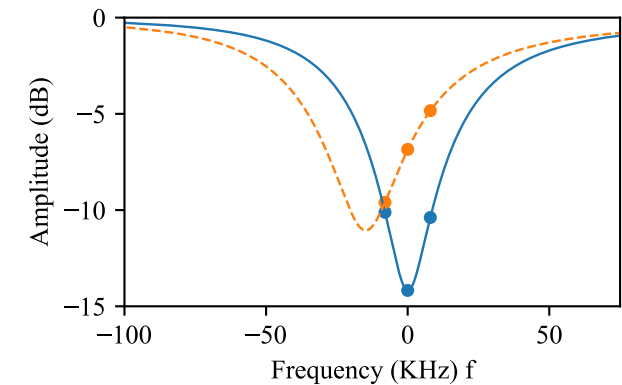
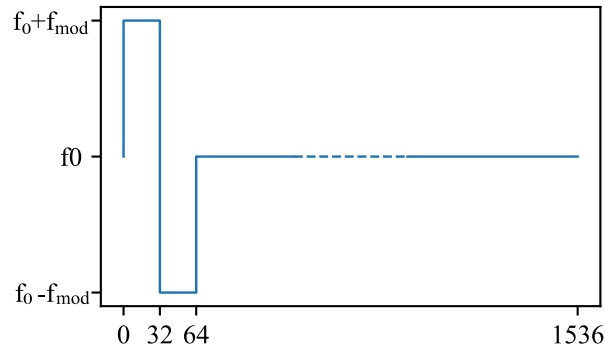
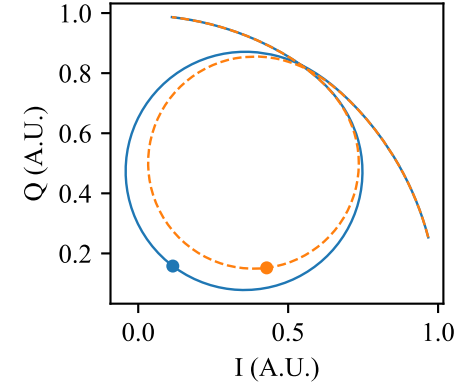
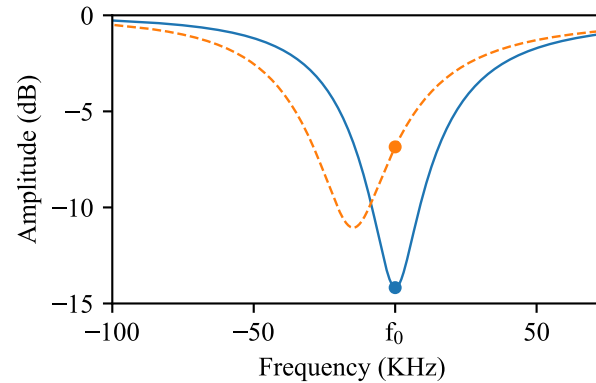
- Conception d'un amplificateur cryogénique, faible consommation et multi-voies (Labex FOCUS)

- Gain > 10 dB
- DC – 3 GHz
- < 1 mW



# Lecture d'un KID

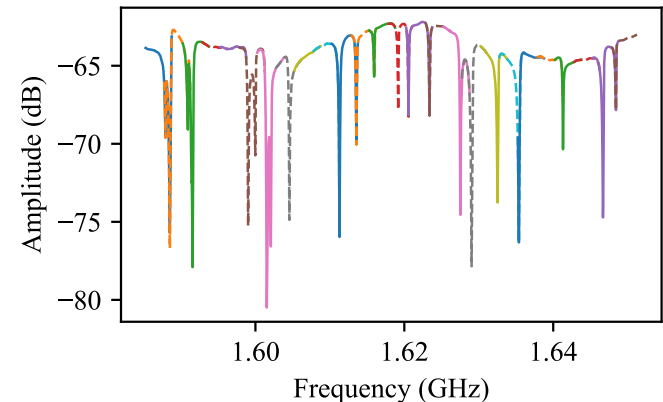
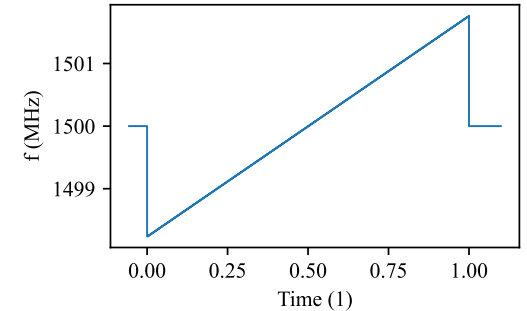
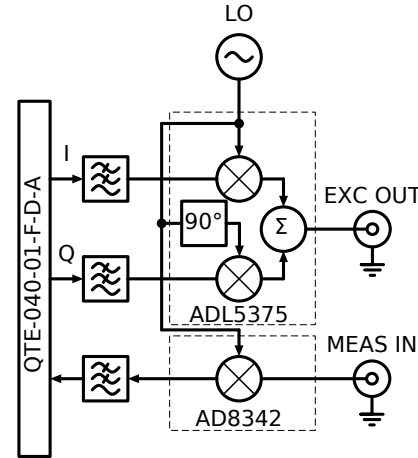
- 1 *tone* / résonateur  
données I et Q
- Absorption  $\Leftrightarrow$ 
  - $\Delta f_0$
  - $\Delta Q_{TOT}$
- $f_{MOD} \sim 10$  kHz :
  - 3 pts





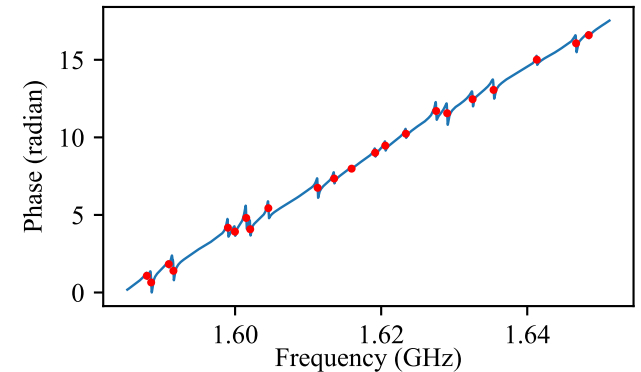
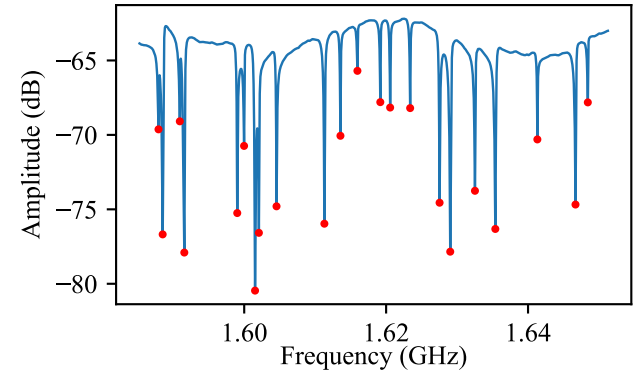
# Algorithme de Balayage

- Julien Bounmy et al 2022  
JINST 17 P08037
- Peigne de 400 sinusoïdes équadistantes sur 1 GHz
- $f_{LO} \sim 1,5$  GHz
- balayage  $\Delta f_{LO} \sim 3$  MHz



# Algorithme de Balayage

- Extraction des fréquences de résonance
  - lissage I, Q  $\rightarrow$  Amplitude, Phase
  - recherche des maximums dans la dérivée de la phase  $\frac{\delta\phi}{\delta f}$
  - recherche des minimums d'amplitudes
- Table des fréquences de résonance



# Algorithme d'Ajustement Temps Réel

---

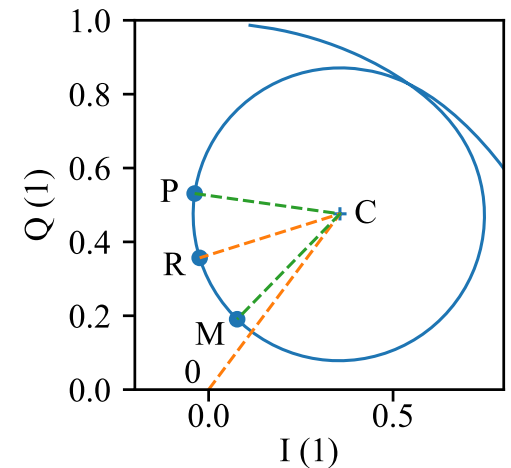
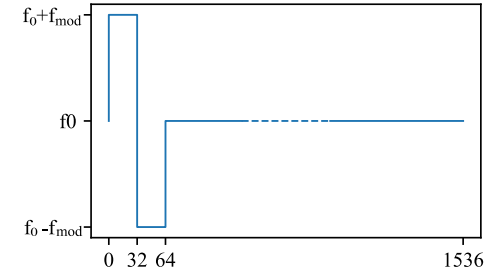
- Pour compenser les fluctuations des fréquences de résonances :
  - variations du fond,
  - variations météorologiques, ...
- Deux algorithmes :
  - de décalage de l'ensemble des résonances
  - d'ajustement fin de chaque résonance

# Algorithme d'Ajustement Temps Réel

- Grace à la modulation de  $f_{LO}$
- La variation de la résonance

$$\Delta f_0 = C \cdot \widehat{RC0}$$

- Facteur de conversion :  $C = \frac{2 \cdot \Delta f_{LO}}{\Delta \theta}$
- Angle :  $\Delta \theta = \widehat{PCM}$
- C est le centre du cercle circonscrit du triangle : PRM



# Question ?

---

