

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.



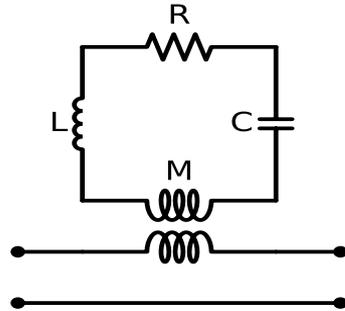
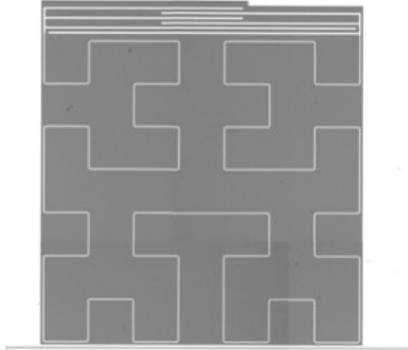
Concerto au LPSC

- 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



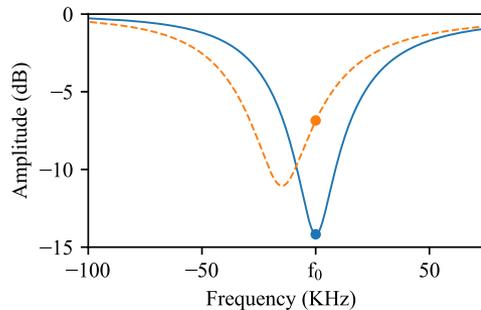
KID

- Résonateur RF



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

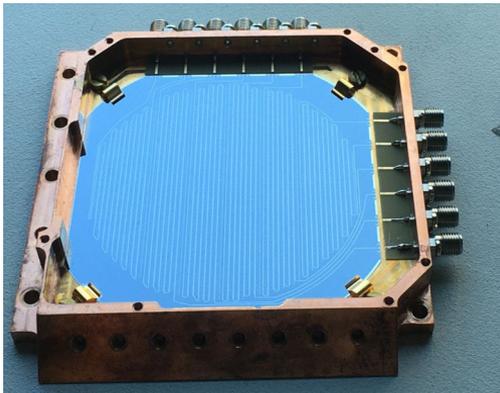
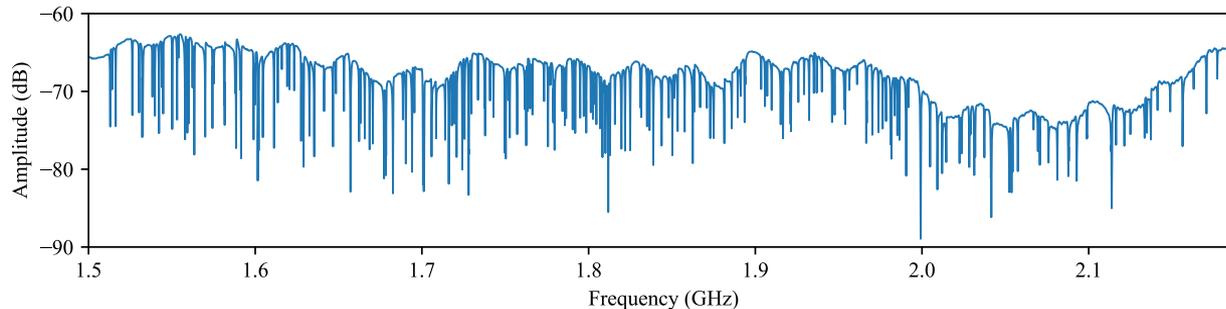
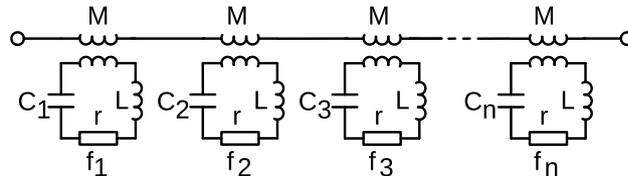
- Absorption $h\nu > 2\Delta$



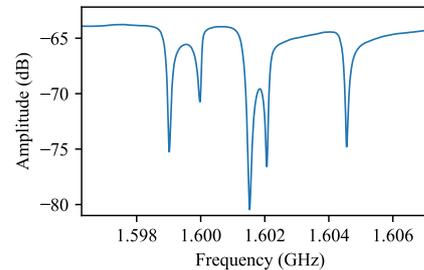
- ~ 100 mK
- $\sim \text{mm}^2$; $\nu \in [100, 300]$ GHz
- $Q_{\text{tot}} \sim 10\,000$
- $f_0 \in [1, 3]$ GHz
- $\Delta S_{21} \sim 15$ dBm

Matrice de KIDs

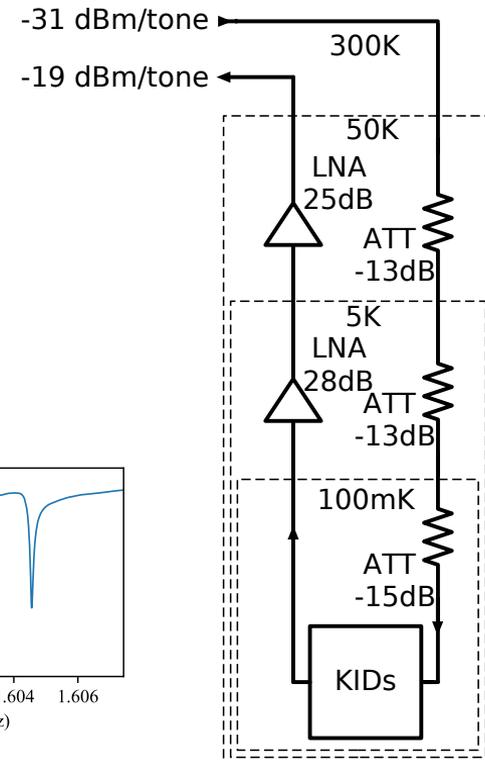
- Multiplexage



- 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

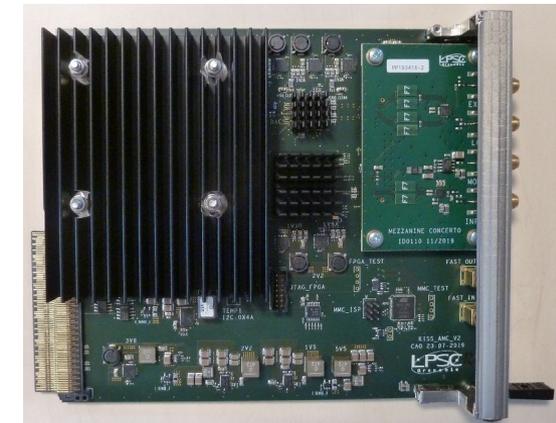
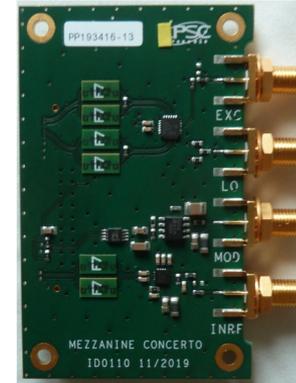
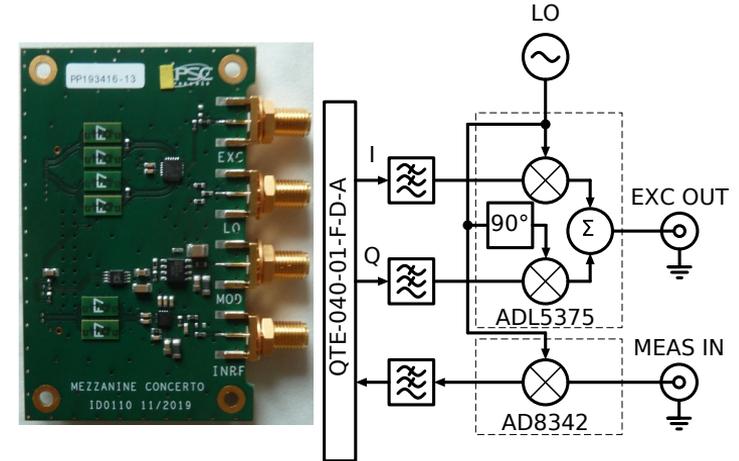


- Cryostat



Front-End

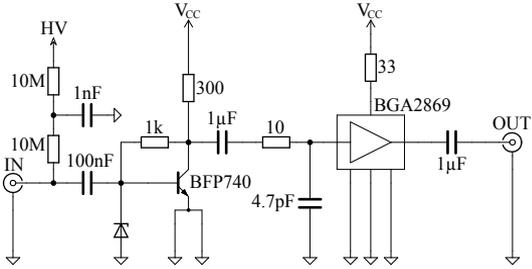
- Mezzanine analogique
 - Connecteurs Samtec QTE/QSE
 - Filtre AVX LPO
 - Mixer IQ :
DC-1GHz → 1.5GHz-2.5GHz (BLU)
 - Caractérisation au VNA
 - Carte AMC
- O. Bourrion et al 2022 JINST 17 P10047



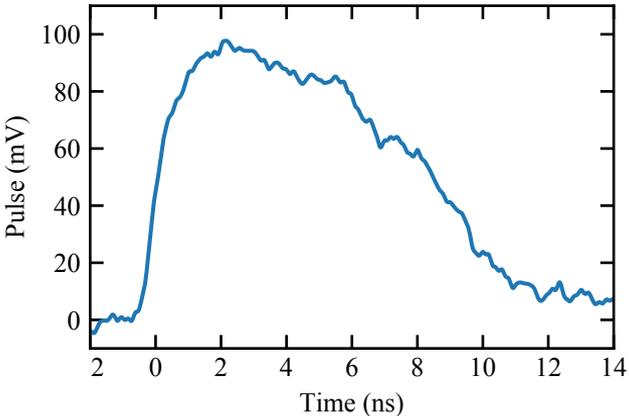
Prospective Amplificateur Cryogénique

- LNA Diamasic

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

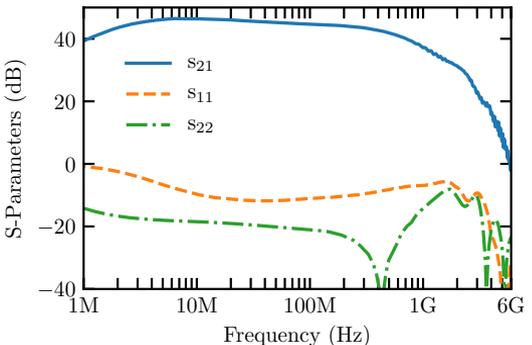
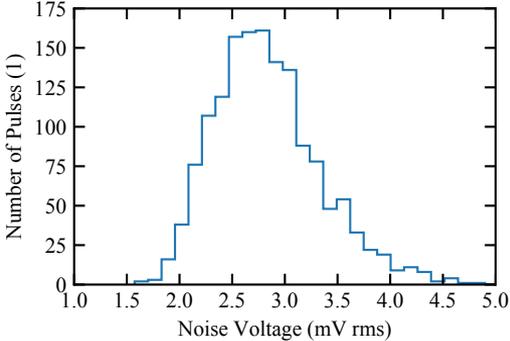


- ◆ Gain 53 dB
- ◆ T_M 350 ps
- ◆ jitter < 50 ps
- ◆ 50 mW



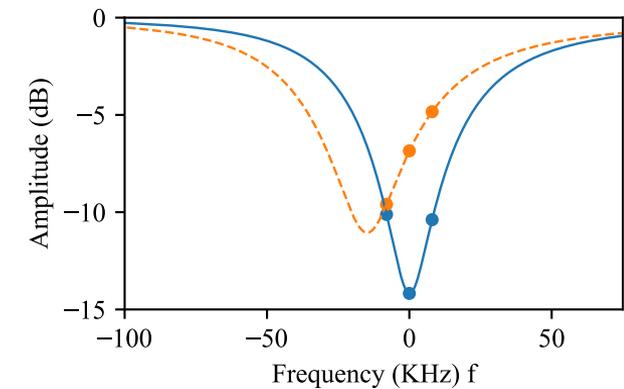
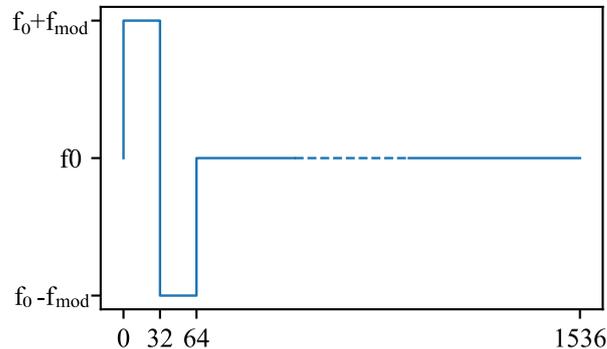
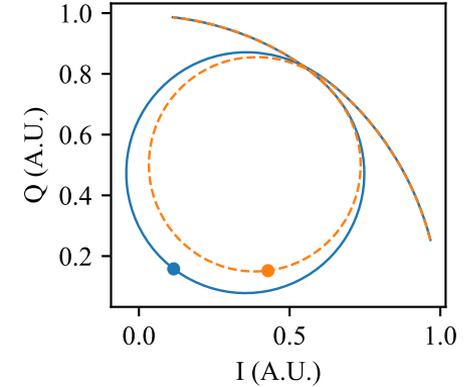
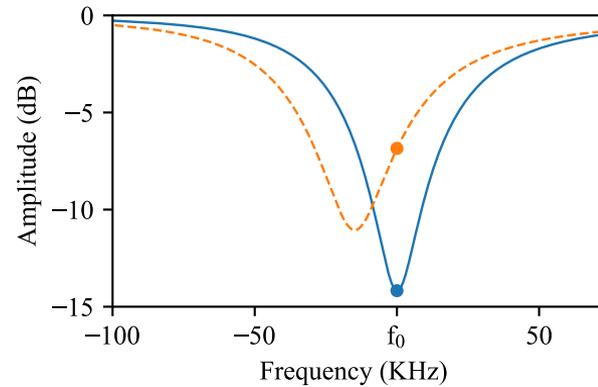
- Conception d'un amplificateur cryogénique, faible consommation et multi-voies (Labex FOCUS)

- ◆ Gain > 10 dB
- ◆ DC – 3 GHz
- ◆ < 1 mW



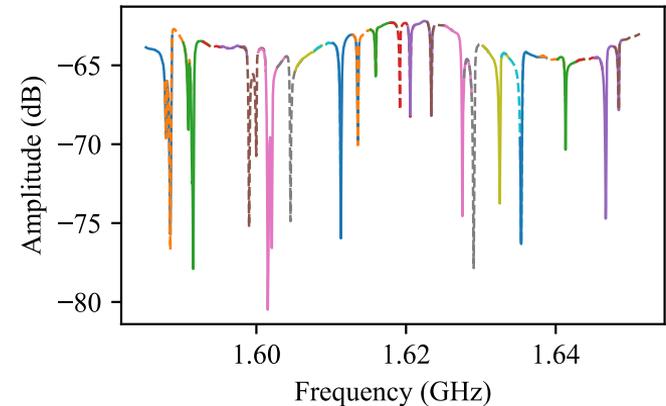
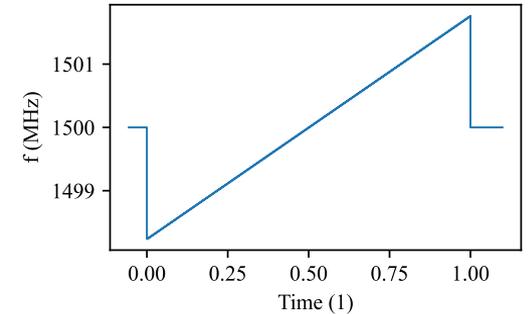
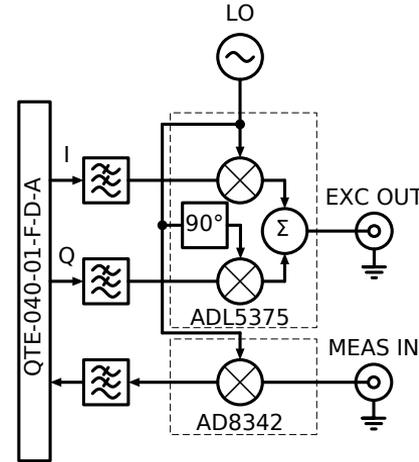
Lecture d'un KID

- 1 *tone* / résonateur
données I et Q
- Absorption \Leftrightarrow
 - Δf_0
 - ΔQ_{TOT}
- $f_{MOD} \sim 10$ kHz :
 - 3 pts



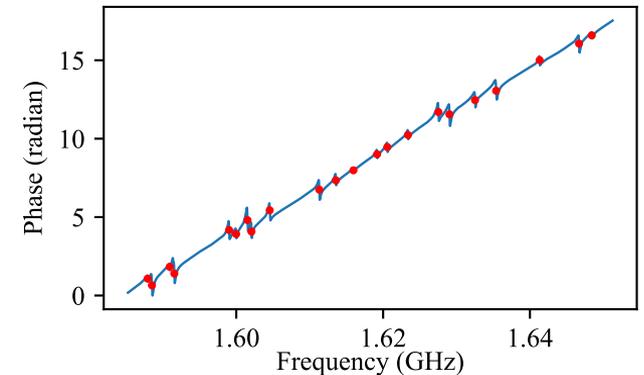
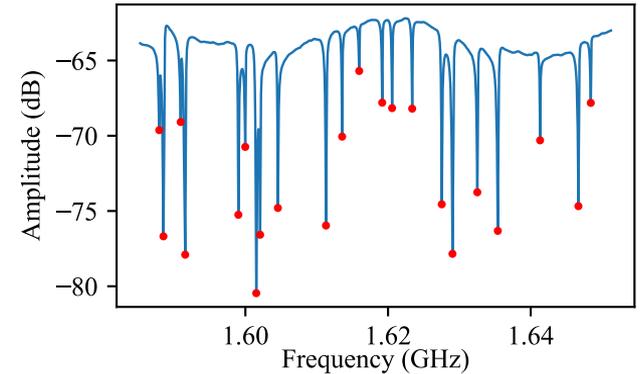
Algorithme de Balayage

- 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

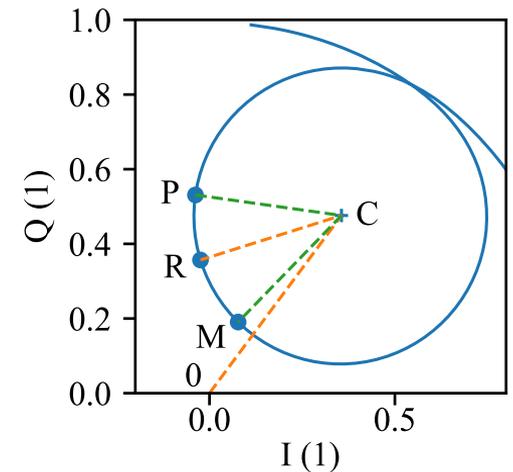
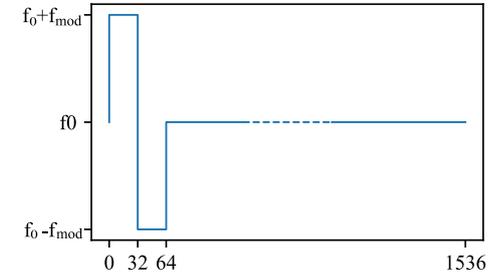
- Pour compenser les fluctuations des fréquences de résonances :
 - variations du fond,
 - variations météorologiques, ...
- Deux algorithmes :
 - de décalage de l'ensemble des résonances
 - d'ajustement fin de chaque résonance

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 ?

