Amplis cryogéniques basses fréquences à base de HEMT
(Projet RICOCHET)

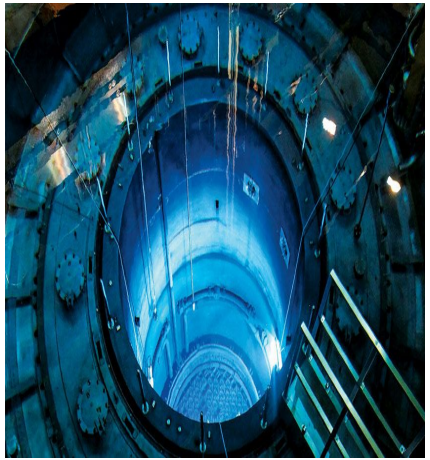
Journées des Métiers de l'Electronique de l'IN2P3 et de l'IRFU
12/10/2021 - 14/10/2021

G.BRES / J.MINET, CNRS / Institut Néel

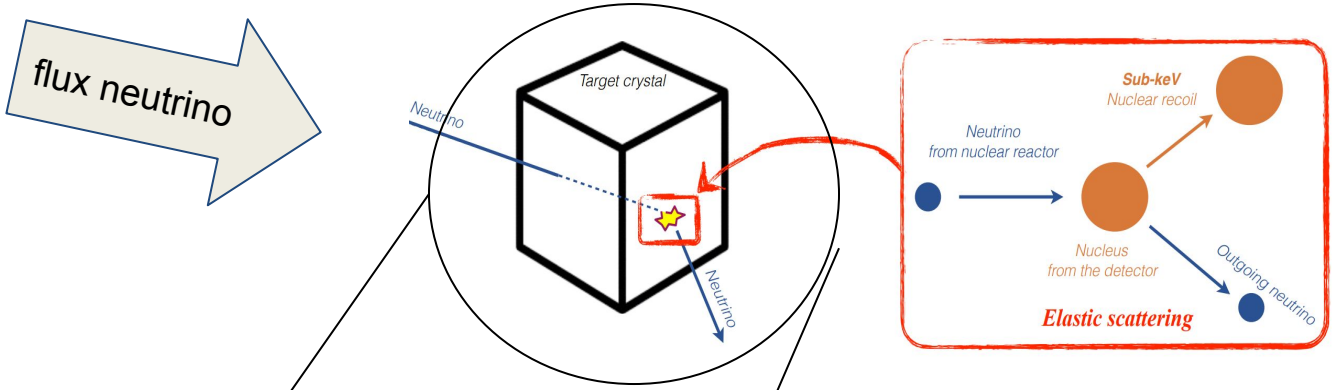
L'expérience Ricochet ?

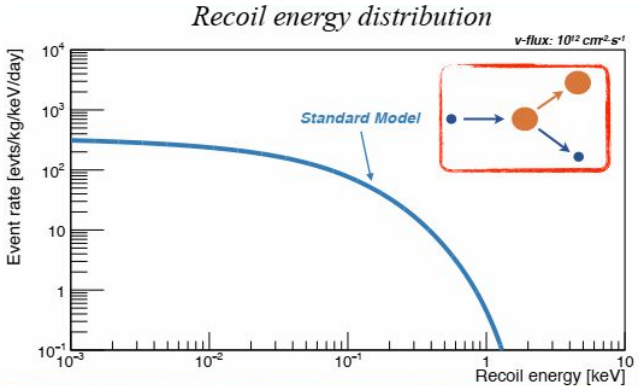
(collaboration internationale)

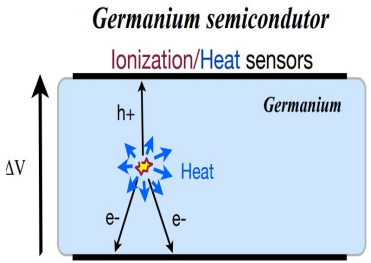
Objectif : explorer le rebond des neutrinos sur les noyaux atomiques et fournir des données sur les propriétés de cette particule.



ILL (Grenoble)
2022 -2023







R&D IP2I (Lyon)

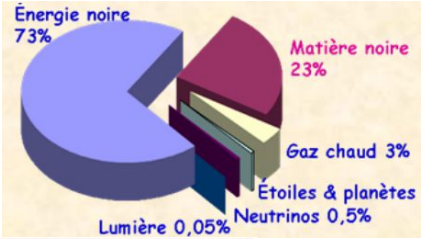
Plusieurs choses à mesurer:

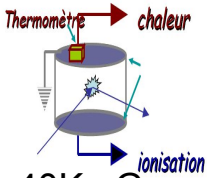
- la charge déposée par l'interaction
- l'élévation de T° ds le crystal

Avec une sensibilité de 10eV soit 10x mieux qu'EDW!
Sur 30 détecteurs avec une partie refroidie à 1K

Souvenir d'Edelweiss II en 2010…

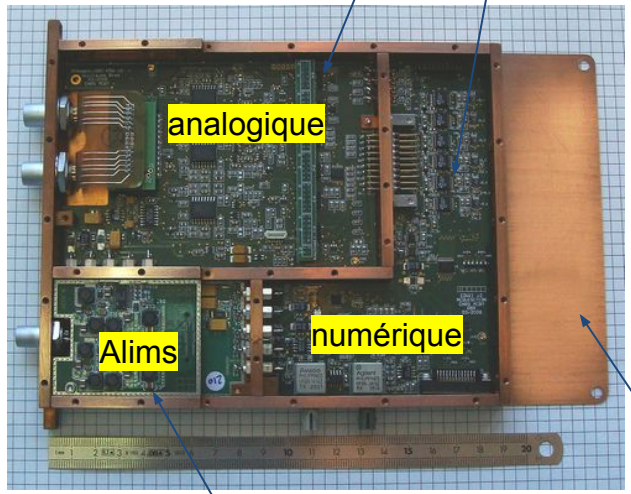
(Collaboration CNRS-CEA, University of Karlsruhe, JINR (Russia))





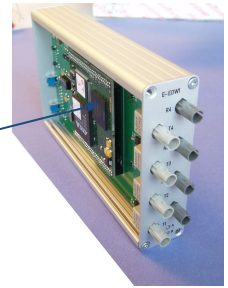
40Kg Ge
~10mK

JFET Si



100K 300K

NÉEL institut



Irfu - CEA Saclay
Institut de recherche
sur les lois fondamentales
de l'Univers

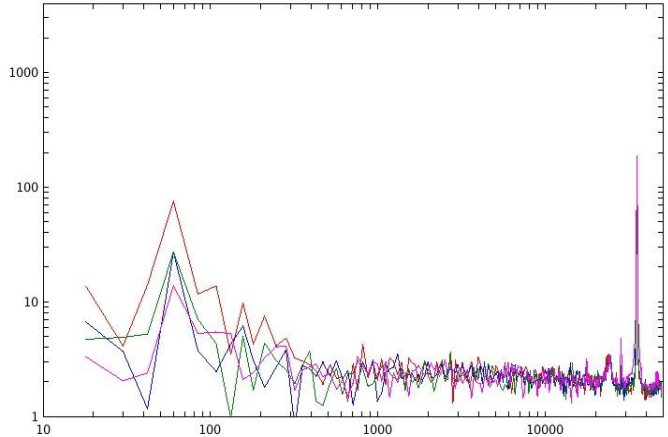
IPNL

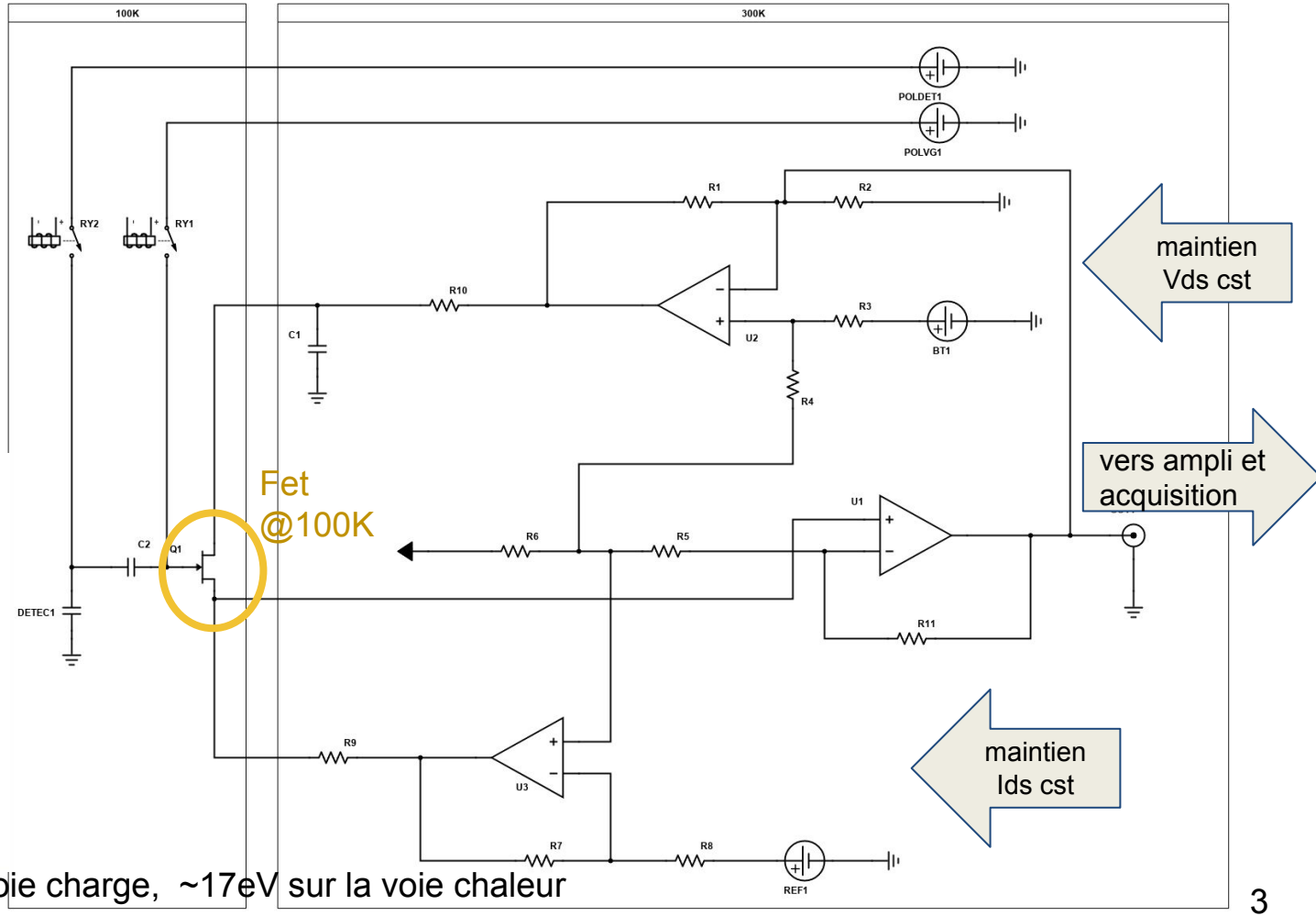
Réseau

Souvenir d'Edelweiss II, le traitement du signal ?

1 structure pour les amplifier toutes...

- Le FET est suiveur
- Il fonctionne pour la chaleur & la charge
- 6 voies par BB
- bruit < 4nV/√Hz @1kHz





sensibilité obtenue: ~200eV sur la voie charge, ~17eV sur la voie chaleur

Choix de la structure des amplis

Ampli suiveur ? NON car bruit de l'étage à chaud trop grand.

Ampli froid source commune ? NON, car trop grande non linéarité vis à vis du signal.

Ampli de tension pour la voie charge et chaleur ? NON car contraintes différentes sur les polarisation, les gains et les BP.

Ampli de tension DC - 10kHz
Gain 500

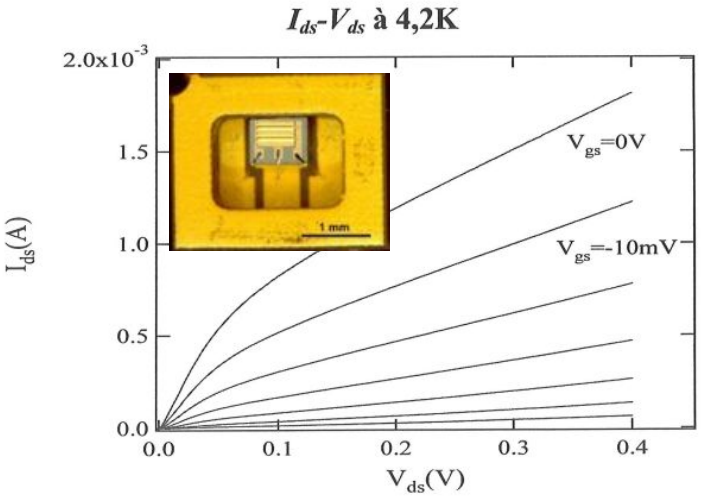
Voie chaleur

Ampli de charge BP 50kHz
Gain en tension AC
Gain 100

Ampli de tension AC
Gain 100

Voie charge

HEMT Cryogéniques CNRS / C2N



HEMT AlGaAs/AsGa …. fonctionne à 4K, à 1K.
en < 1nV/√Hz @1Khz et quand T↓ courant de grille ↓
bruit 1/f ↓

CryoHEMT @4.2K Ids = 1mA Vds = 100mV	Cgs 100pF	Cgs 5pF
e_n (nV/Hz^{½}) @1Khz	~ 0.4	0.75 – 1.2
i_n (aA/Hz^{½}) @1Khz	5.1×10^2	70

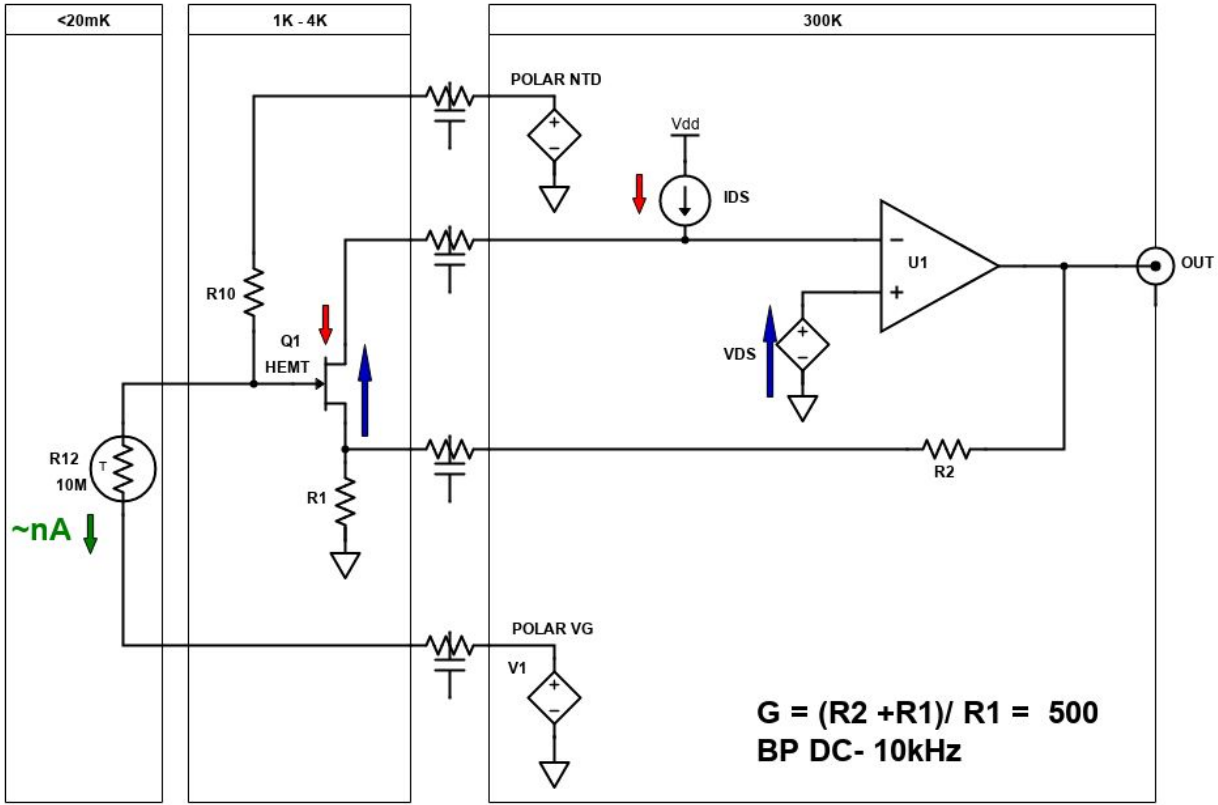
L'IP2I a caractérisé une série de HEMT 5pF et 100pF @4K et 1K, testé le gain avec un montage en source commune. Modélisation & simulation des résolutions en fonction des bruits….. Ids = 100uA / Vds = 150mV = 15uW(*)

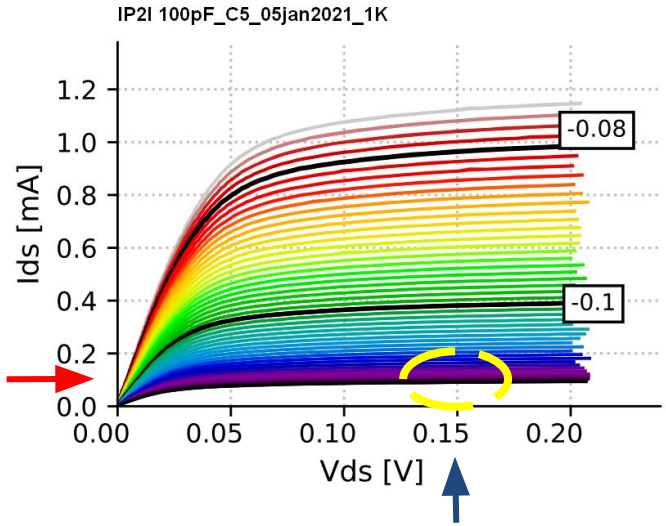
Au départ, pas de modèle pour une simu Spice
=> 2021, modèle Spice minimaliste (LPSC) extrait des mesures de l'IP2I.

École DRTBT Y.Jin 2002 CNRS/C2N http://www-ecole-drtbt.neel.cnrs.fr/UserFiles/file/pdf/DRTBT2002_06.pdf
http://cryohemt.com/index.php/products/
(*) 2019 https://arxiv.org/abs/1909.02879

Amplificateur pour la voie chaleur

principe

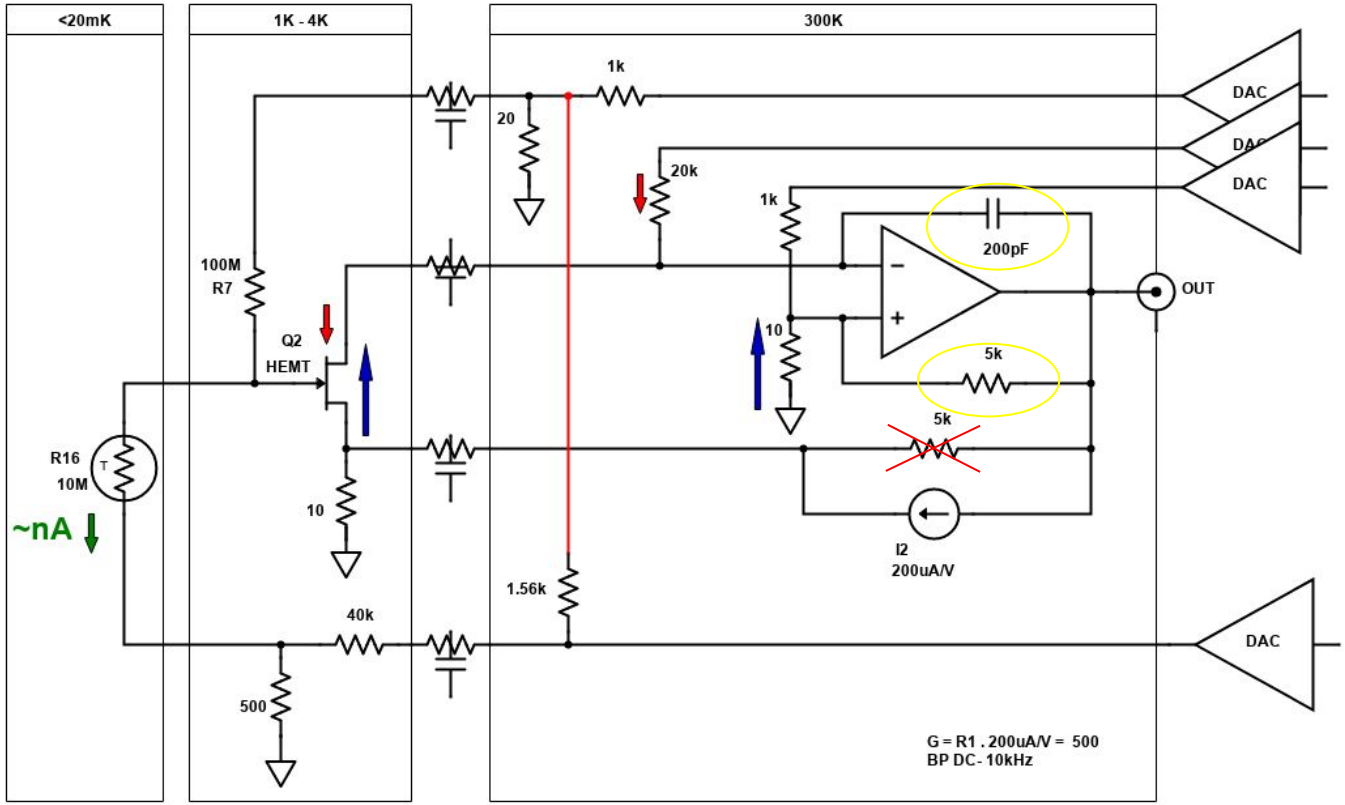




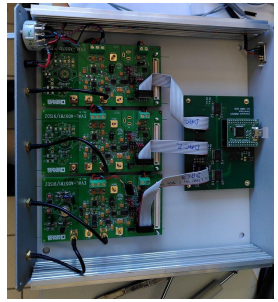
gm ~10mS

Amplificateur pour la voie chaleur

Détails

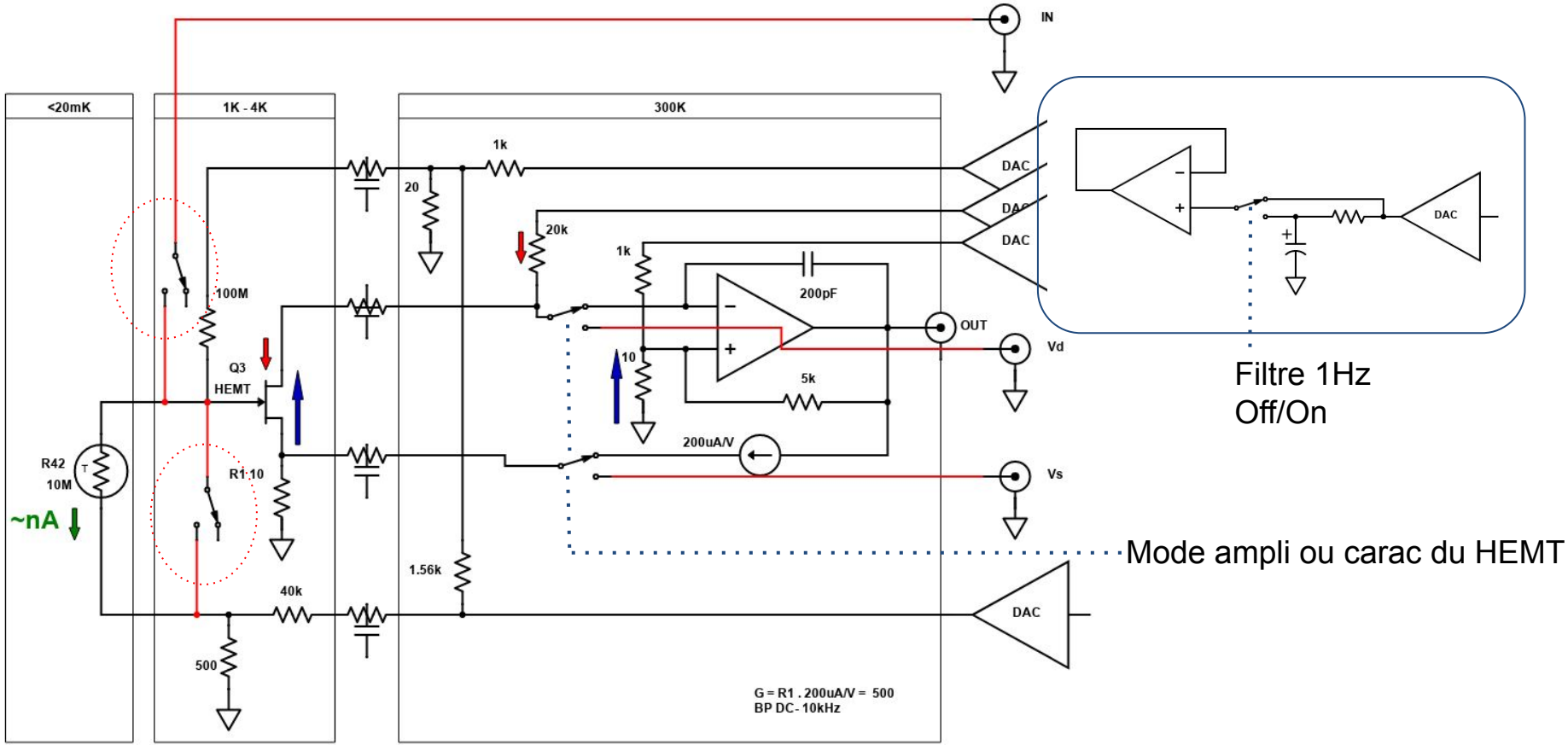


Développement des DAC USB bas bruit EVAL-AD5781 <20nV/√Hz



Amplificateur pour la voie chaleur

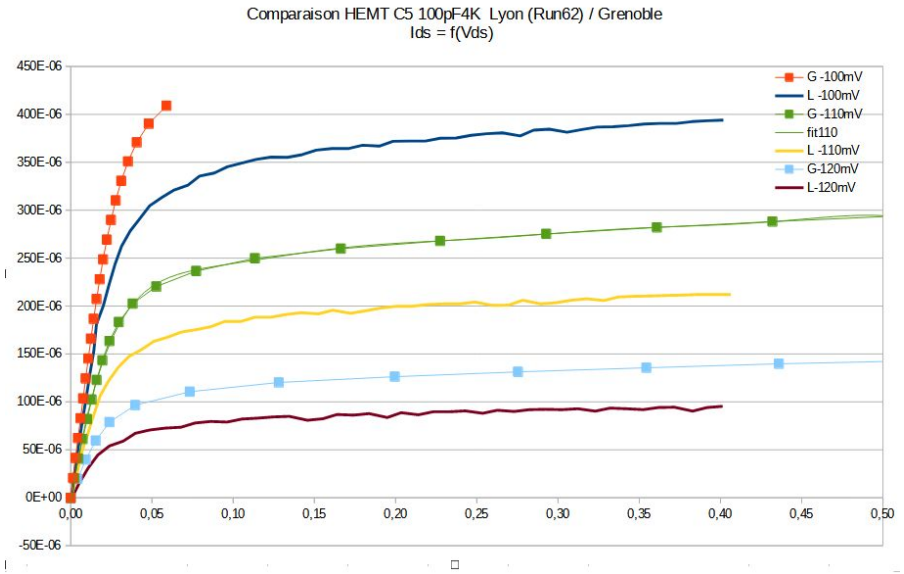
Version testée + switch pour tracer les caracs + dac contrôler les polars



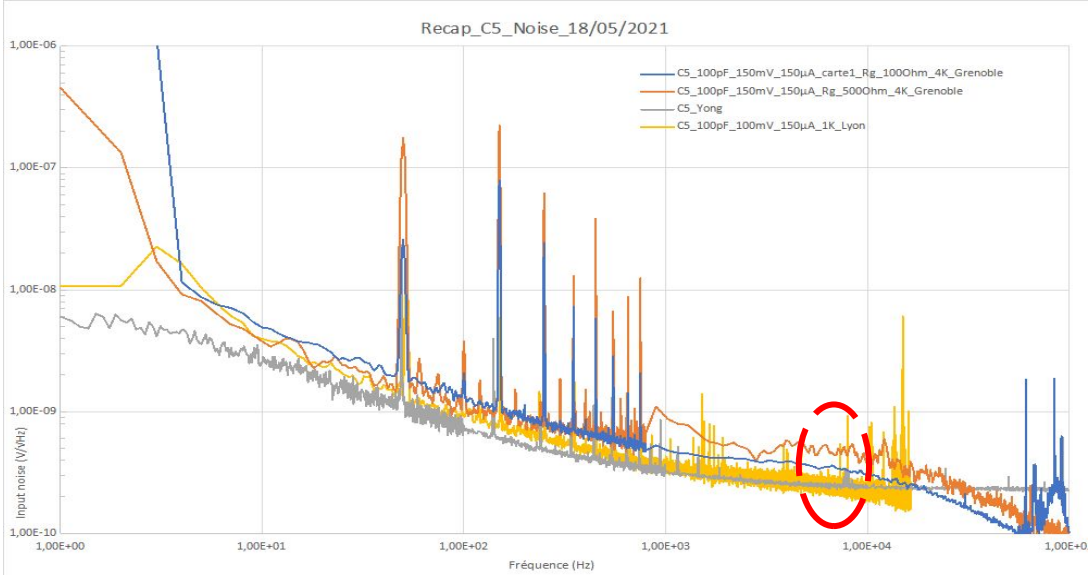
Amplificateur pour la voie chaleur

Résultats...

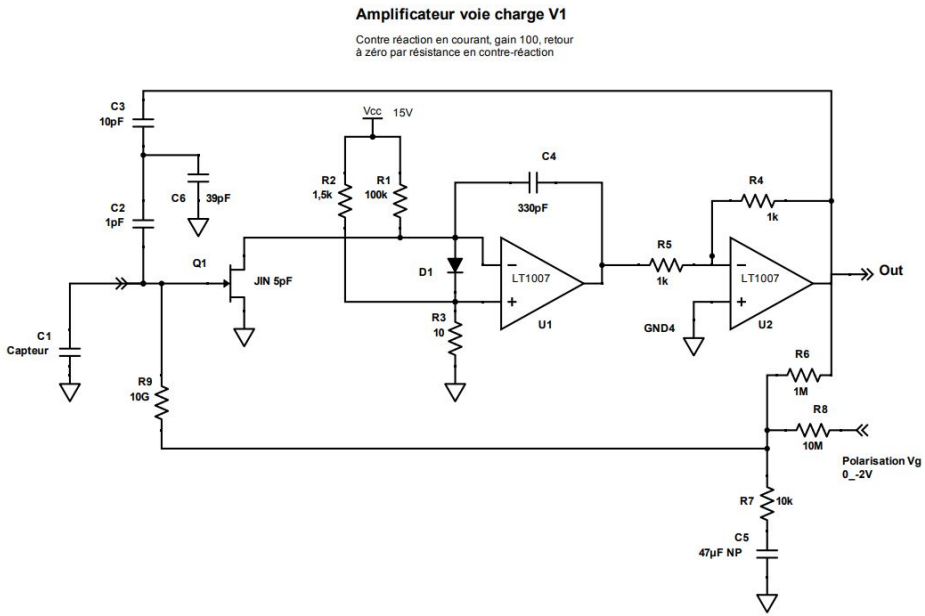
Carac comparaison
Lyon / Grenoble 4k

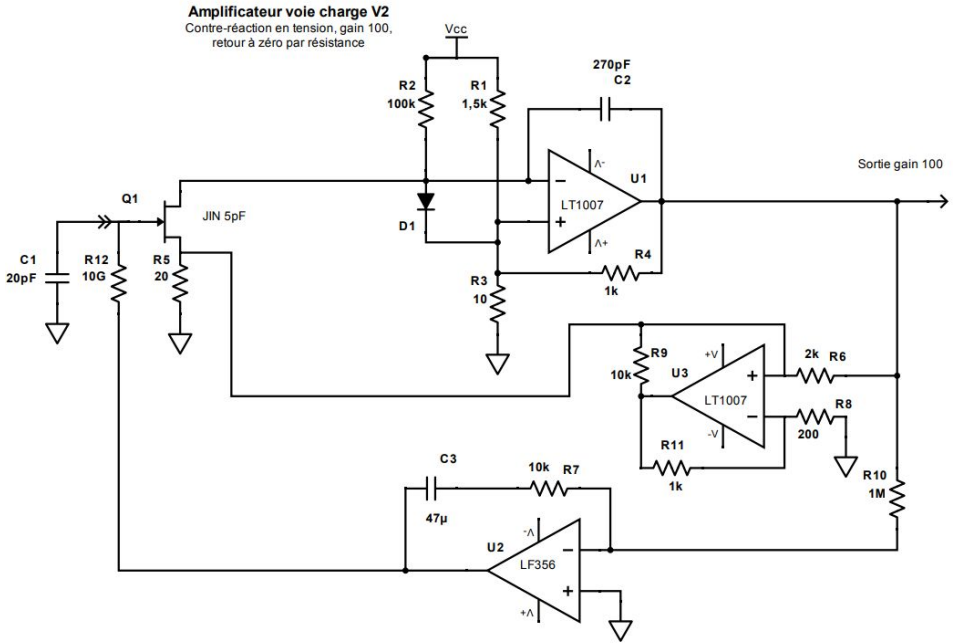


Bruit Lyon / Grenoble / C2N @4k



De même avec la voie charge avec 2 options



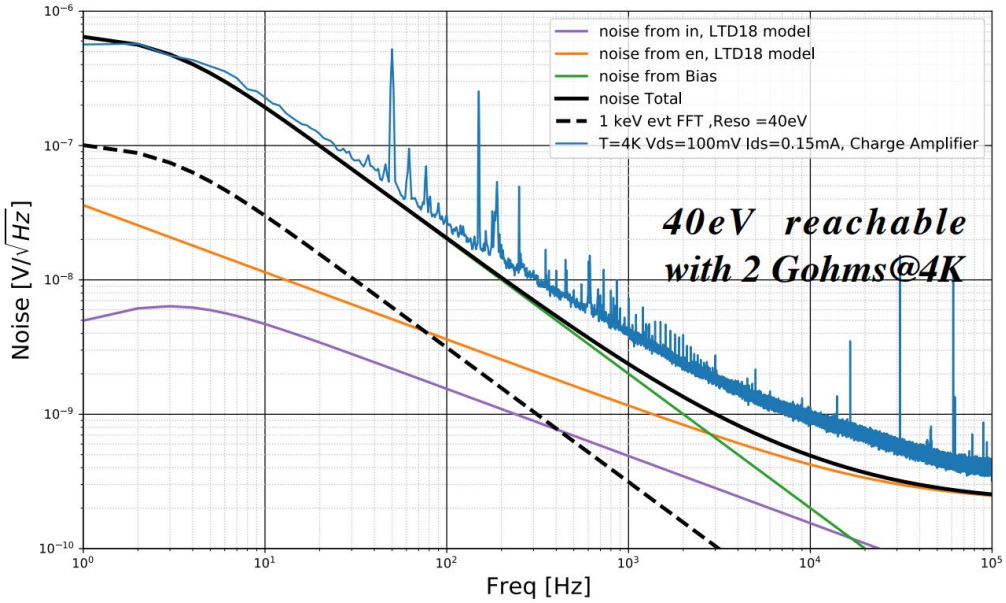


- Simu & Prototype LPSC
- Mesures Neel

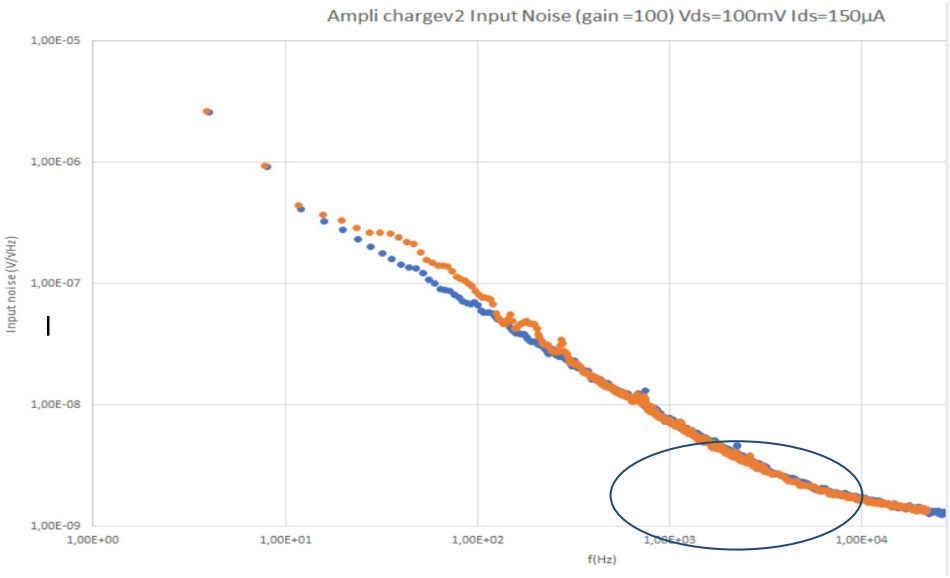
- Simu & Prototype & mesures Néel

De même avec la voie charge avec 2 options

Simu & mesures OK



Simu & mesures en cours bruit 2x !

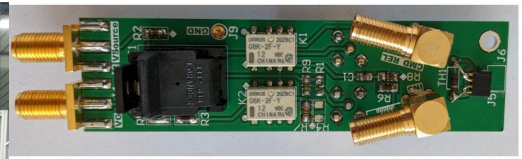


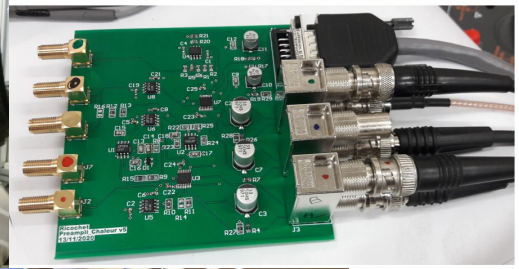
Reset actif…

- HEMT basse capa 3pF, diode GaAs faible capa 0.1pF... à tester
- Switch basse capa CMOS 130nm ASIC run en cours, à tester

Les conditions expérimentales

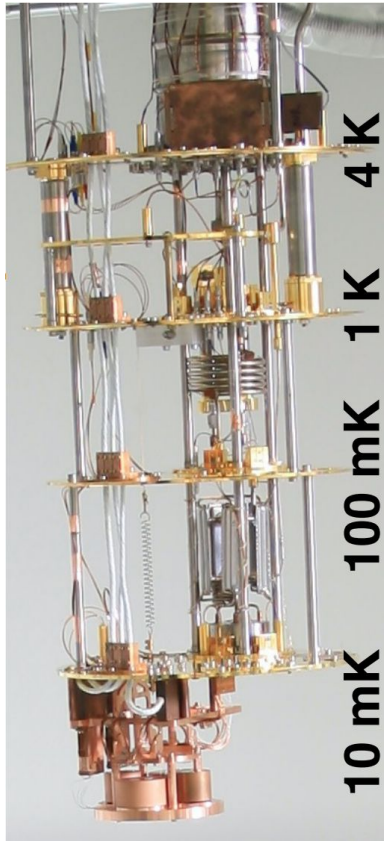
Néel 77K & canne 4.2K





4.2K

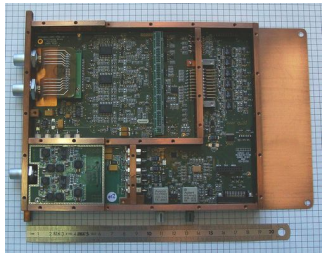
Cryostat IP2I



Caractérisation 10 HEMT.

Besoin d'env 150 HEMT au total !

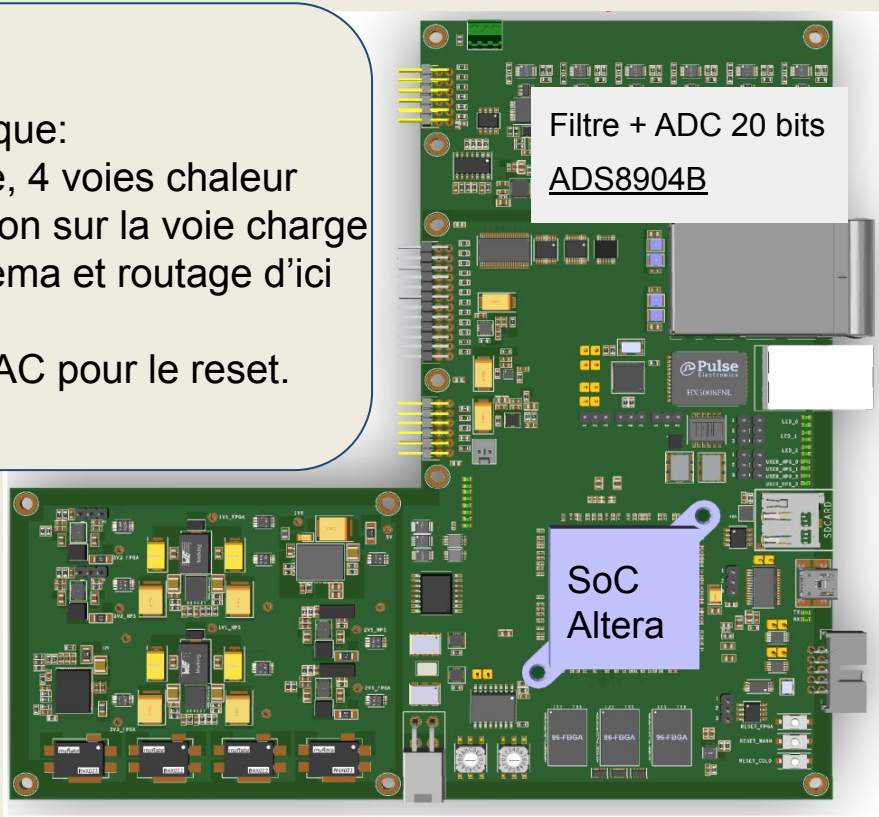
Intégration type “boite bolo”...



2 x 12 Fischer étanche

alim

Partie analogique:
2 voies charge, 4 voies chaleur
Choix de l’option sur la voie charge
Saisie de schéma et routage d’ici fin 2021
Réserve de DAC pour le reset.



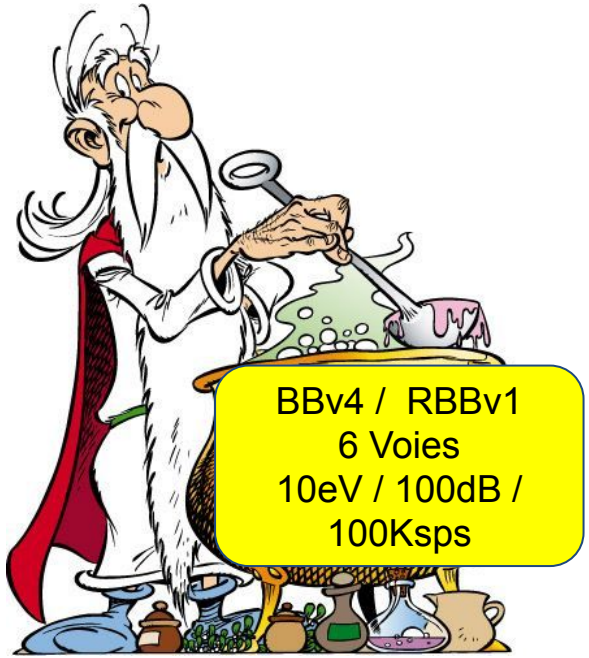
Partie numérique en cours de routage à Lyon
IP2I C. Guérin

BBv4, Ricochet Bolometer Box… 2022/23

IP2I
Jean-Baptiste Filippini, Cyrille Guerin, Alex Juillard, Sylvain Ferriol, Lionel Vagneron, David Chaize + MANOIR group for monitoring/processing + various technical services help

LPSC
Fatah Rarbi + Help

Néel
Guillaume Bres, Olivier Exshaw, Julien Minet, *Jean-Luc Mocellin*, Alessandro Monfardini



Ex Néel (2006) : Jean-Louis Bret