



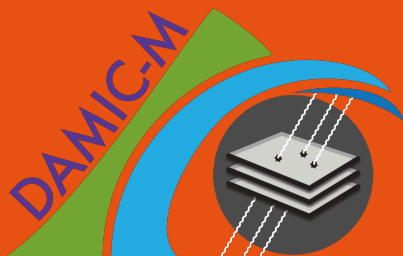
Institut national de physique nucléaire et de physique des particules

in2p3.cnrs.fr

A composite image showing particle tracks on the left and a colorful cosmic nebula on the right. The tracks are thin lines of various colors (blue, orange, yellow) with small dots at their ends, radiating from a central point. The nebula is a large, multi-colored cloud of gas and dust in shades of purple, pink, and blue.

Sonder les infinis : des particules au cosmos

Visite des équipes thématiques
Astroparticules & cosmologie



RCMN

DAMIC-M

LPNHE

Composition de l'équipe de recherche

- Responsable scientifique de l'équipe : **Antoine Letessier Selvon**
- Budget annuel soutien équipe (hors budget projets) : 0

Liste des chercheurs de l'équipe :

- **3 permanents** [prénom, nom, qualité (émérite, PR, DR, MCF, CR, IR-chercheur), HDR]
 - Antoine Letessier Selvon DR1
 - Paolo Privitera Pr.
 - Romain Gaior IR-Chercheur
- **1 post-doctorants** [prénom, nom, indiquer projet, origine financement, date de début, date de fin]
 - Jean-Philippe Zopounidis 10/2020 09/2022 ERC
- **5 doctorants** [prénom, nom, indiquer sujet, origine financement, directeur, codirection, cotutelle, date de début, date de fin]
 - Joao Da Rocha ILP, 10/2016 - 11/2019 Antoine (Recherche de matière sombre légère avec des CCDs de l'expérience DAMIC à Snolab)
 - Latifa Khalil SU, 02/2017 06/2020, Antoine/Herve (Optimisation de la lecture et du contrôle de CCD a` très Bas bruit pour l'expérience DAMIC)
 - Ariel Matalon GROW, Chateaubriand, Univ. Of Chicago (NSF) 09/2018 09/2021 co-tutelle SU+UoC Antoine/Paolo (SEARCHING FOR LIGHT DARK MATTER WITH DAMIC AT SNOLAB AND DAMIC-M: INVESTIGATIONS INTO RADIOACTIVE BACKGROUNDS AND SILICON SKIPPER CHARGE-COUPLED DEVICES)
 - Giorgos Papadopoulos ERC 01/2019 06/2022 Antoine/Romain (Développement d'un système de lecture de CCD de l'expérience DAMIC-M)
 - Michelangelo Traina ERC 10/2019 09/2022 Antoine/Romain (Recherche de matière noire légère et exploration du secteur caché avec le détecteur DAMIC-M)

Implication dans DAMIC-M

Responsable scientifique de labo du (master) projet : Antoine Letessier Selvon

• Responsable technique de labo du (master) projet : Romain Gaior / Hervé Lebbolo

Liste des chercheurs de l'équipe impliqués dans le projet :

• **2-3 Permanents** [prénom, nom, %ETPT dans le projet, (responsabilité)]

- Antoine Letessier Selvon DR1 (Coordinateur Science DAMIC-M)
- Paolo Privitera Pr. (PI du projet DAMIC-M)
- Romain Gaior IR-Chercheur (Coordinateur Tache Electronique DAMIC-M)



• **1 Post-doctorants** [prénom, nom, %ETPT dans le projet, (responsabilité)]

- Jean-Philippe Zopounidis



• **5 Doctorants** [prénom, nom, sujet, %ETPT dans le projet, (responsabilité)]

- Joao Da Rocha ILP, 10/2016 - 11/2019 Antoine (Recherche de matière sombre légère avec des CCDs de l'expérience DAMIC à Snolab)
- Latifa Khalil SU, 02/2017 06/2020, Antoine/Herve (Optimisation de la lecture et du contrôle de CCD à très Bas bruit pour l'expérience DAMIC)
- Ariel Matalon GROW, Chateaubriand, Univ. Of Chicago (NSF) 09/2018 09/2021 co-tutelle SU+UoC Antoine/Paolo (SEARCHING FOR LIGHT DARK MATTER WITH DAMIC AT SNOLAB AND DAMIC-M: INVESTIGATIONS INTO RADIOACTIVE BACKGROUNDS AND SILICON SKIPPER CHARGE-COUPLED DEVICES)
- Giorgos Papadopoulos ERC 01/2019 06/2022 Antoine/Romain (Développement d'un système de lecture de CCD de l'expérience DAMIC-M)
- Michelangelo Traina ERC 10/2019 09/2022 Antoine/Romain (Recherche de matière noire légère et exploration du secteur caché avec le détecteur DAMIC-M)



Implication dans DAMIC-M

Liste des ingénieurs et techniciens du laboratoire impliqués dans le projet :

• 6 permanents [prénom, nom, qualité (IR, IE, AI, T), %ETPT dans le projet, (responsabilité)]

- Herve Lebbolo IRHC électronique 90%
- David Martin IE électronique 50%
- Philippe Bailly IE électronique 50%
- Marc Dhellot AI électronique 20%
- Romain Gaior IR2 électronique 20% (coordinateur tache électronique)
- Philippe Repain IE mécanique 10%



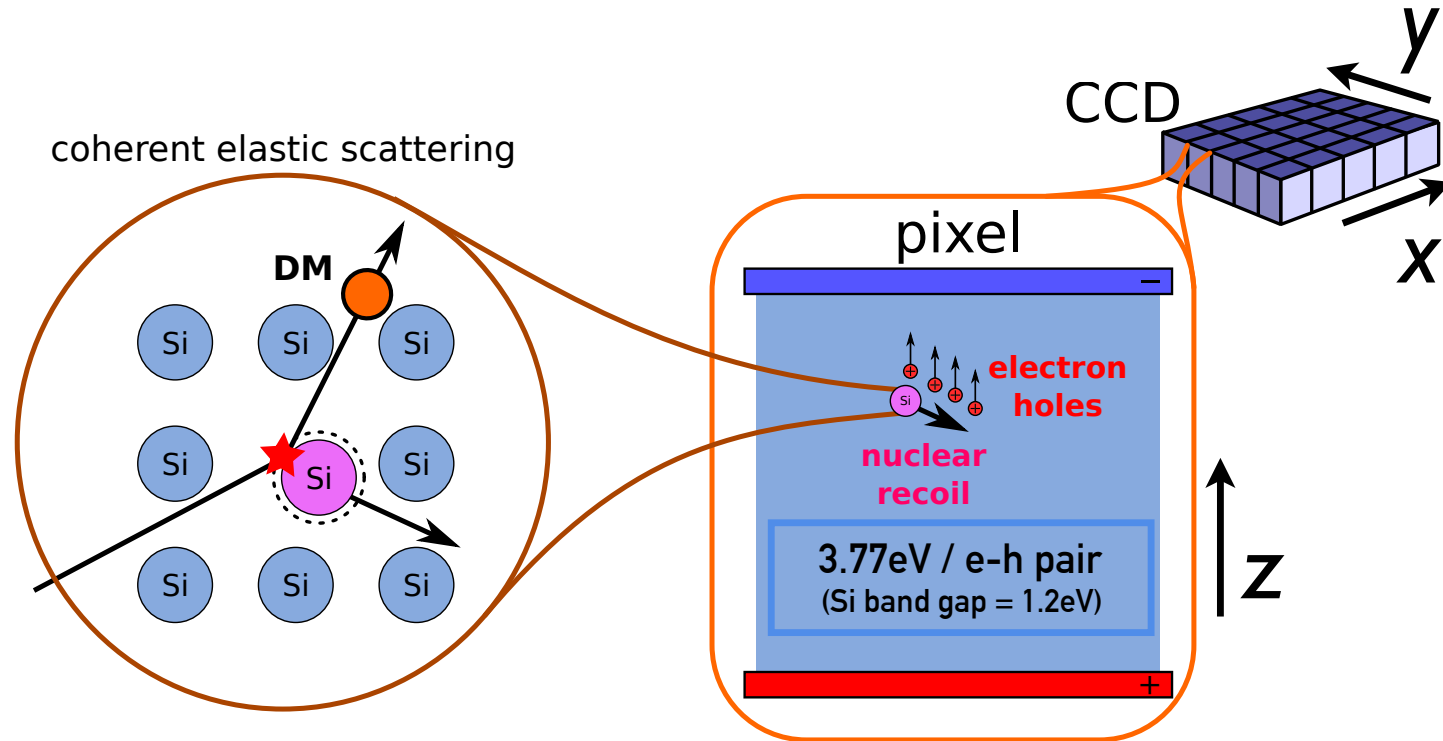
Activités de l'équipe de recherche

- Coopérations nationales
 - Subatech
 - IJCLab
 - LPSC (Modane)
- Coopérations internationales
 - Univ. Of Chicago
 - Univ Of Washington
 - Univ of Zurich
 - Centro Atomico Bariloche
- Visiteurs de longue durée (>3 mois) depuis 3 ans (sabbatiques, cofinancés, ...)
--
- Participations à la communication, à la vulgarisation, à l'enseignement (pour les CNRS)
 - Interventions dans les lycées et collèges (Romain)
 - Présidence du CS de Cosmos à l'école (Antoine)
 - Fête de la science (Tous)
- Responsabilités hors projets (laboratoire, université, sites, comités, ...)
 - Jusqu'à 2020 Directeur adjoint de l'ILP -Institut Lagrange – (Antoine)
- Organisations d'écoles, de workshops, conférences, ... (2019-2021)
 - Membre du comite d'organisation du GDR DUPhy (Romain)
 - Membre du comite d'organisation des JRJC (Romain)

Production scientifique de l'équipe

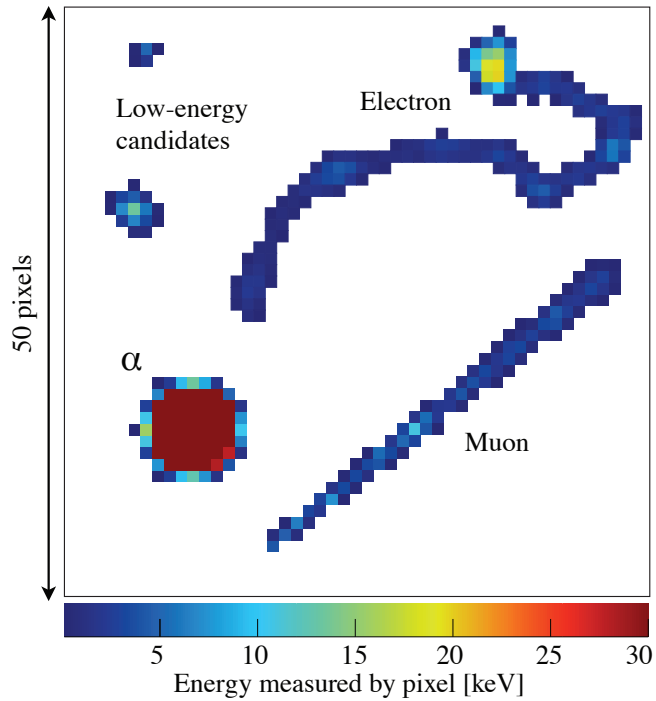
- Thèses récentes soutenues dans l'équipe (2018-2021)
 - Projet DAMIC@SNOLAB Joao Da Rocha novembre 2019 « Recherche de matière sombre légère avec des CCDs de l'expérience DAMIC à Snolab ».
 - Projet DAMIC-M Thèse de Latifa : Optimisation de la lecture et du contrôle de CCD à très Bas bruit pour l'expérience DAMIC - Juin 2020
- 3 publications emblématiques de l'équipe dans revues à comité de lecture (2018-2021)
 - *Measurement of the bulk radioactive contamination of detector-grade silicon with DAMIC at SNOLAB*, submitted to JINST
 - *Results on Low-Mass Weakly Interacting Massive Particles from an 11 kg-day Target Exposure of DAMIC at SNOLAB*, Phys. Rev. Lett. 125, 241803 (2020)
 - *Constraints on Light Dark Matter Particles Interacting with Electrons from DAMIC at SNOLAB*, Phys. Rev. Lett. 123, 181802 (2019)
- 3 publications récentes de conférence à forte contribution de l'équipe (2018-2021) :
- Passages aux conseils scientifiques de labo (3 ans)
 - Conseil scientifique LPNHE et IN2P3 (+subatech et IJCLab)

DAMIC : comment ça marche ?



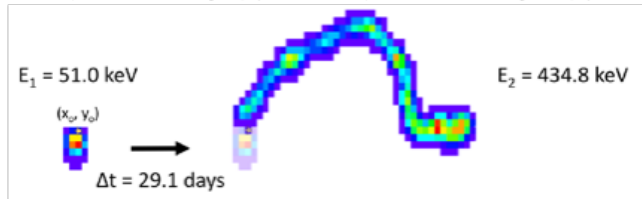
- Dépôt d'énergie (recoil nucléaire, électronique) $\sim 1\text{keV}$
- Création de paire électron / trou
- Lecture du CCD: image des interactions durant l'exposition
- Laboratoire souterrain, environnement ultra pur, basse température (120-140K)

Pourquoi ca en fait un bon detecteur de matière noire ?



Si32 Candidate

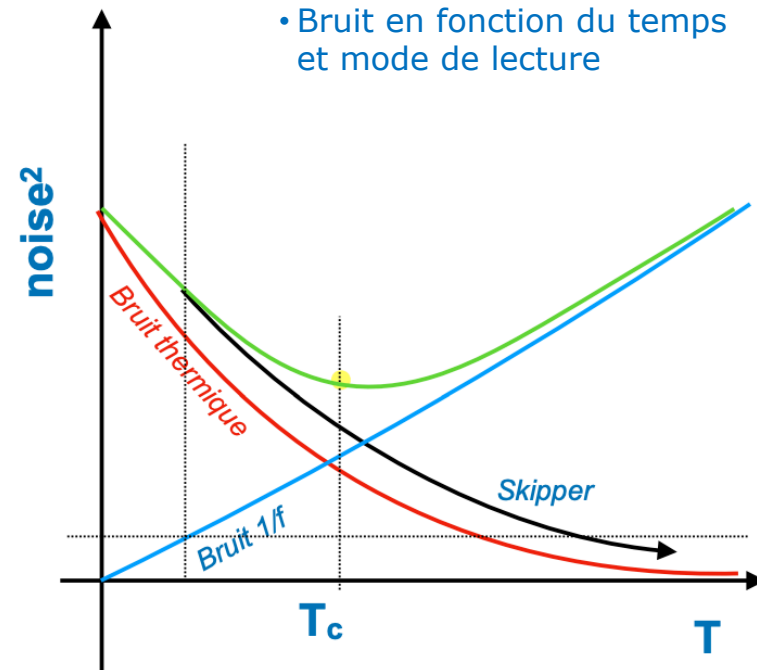
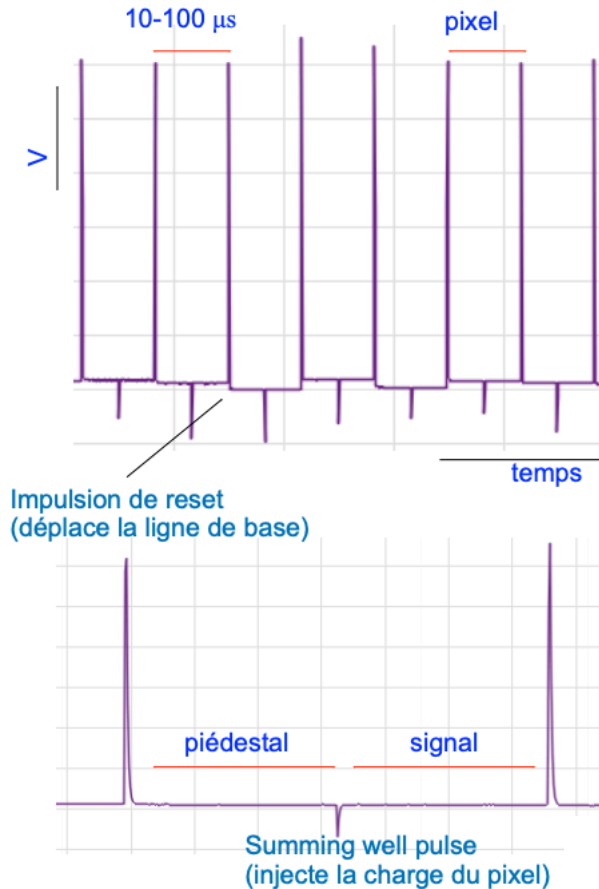
^{32}Si ($T_{1/2} = 150$ y, β) \rightarrow ^{32}P ($T_{1/2} = 14$ days, β)



- Low noise :
 - low energy threshold
~50eV CCD / 1.2eV SkipperCCD
- high granularity:
 - background rejection
 - 3D reco., surface background
 - chain identification
- Thick CCD:
 - Possibly massive detector
675um thick for DAMIC
1k x 6k (for better yield)

Skipper CCD

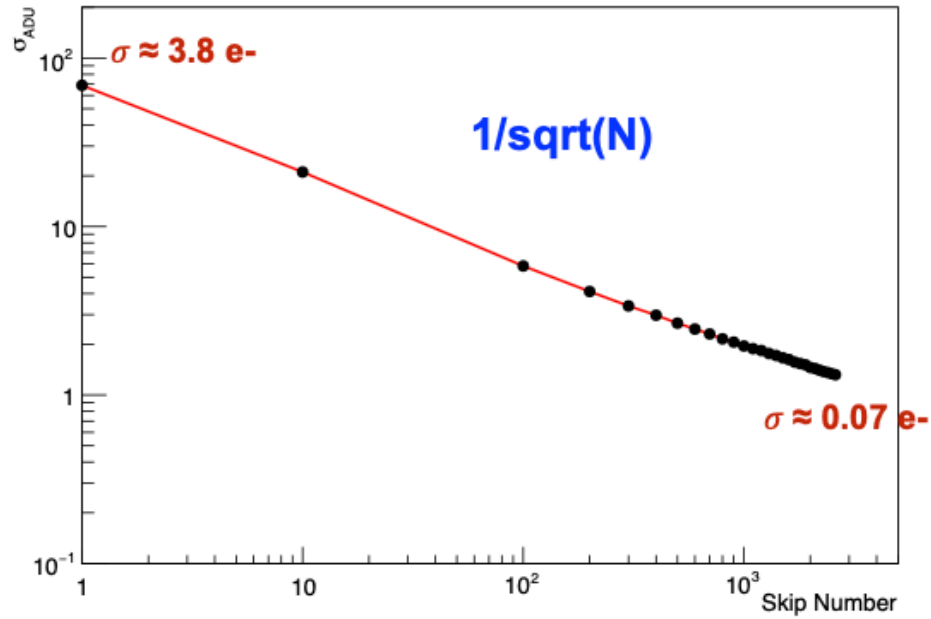
- Signal Video d'un CCD



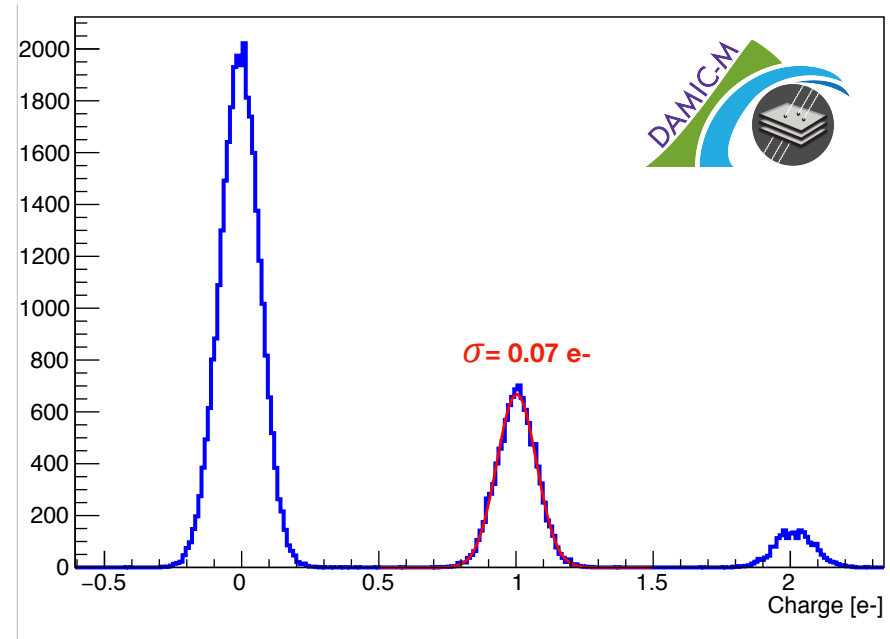
- Bruit en fonction du temps et mode de lecture

- Floating gate: design different du CCD
- Mesure multiple du même pixel
→ bruit lecture arbitrairement bas

Skipper CCD: DAMIC-M

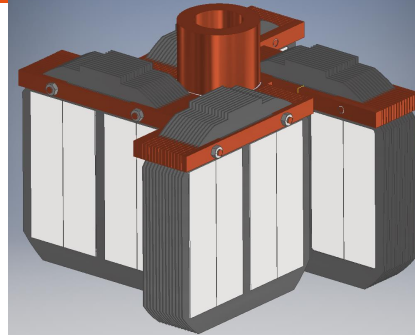


- Bruit de lecture en $1/\text{sqrt}(N)$



- Distribution des charges dans le CCD apres lecture Skipper

Detecteurs DAMIC



★ *LBC: Low Background Chamber*

DAMIC
@
Snolab

DAMIC

DAMIC-M

OSCURA



- 2-3 CCD
- < 10g
- Seuil 10e-
- Bkg~ 10 DRU

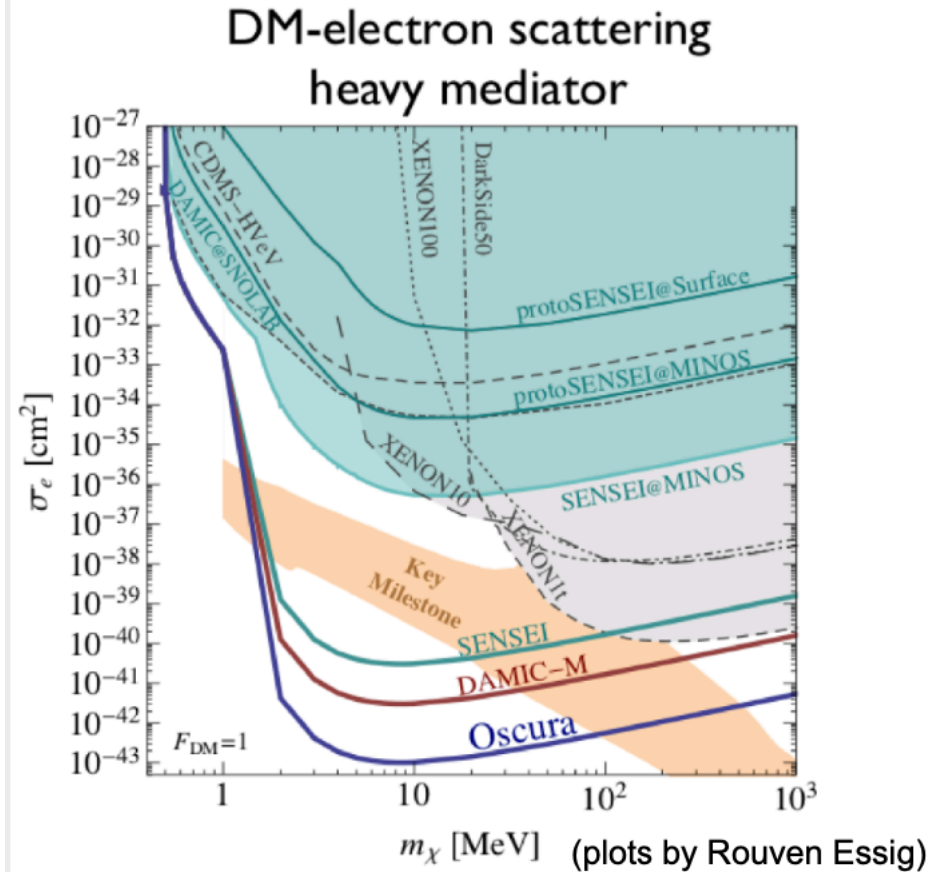
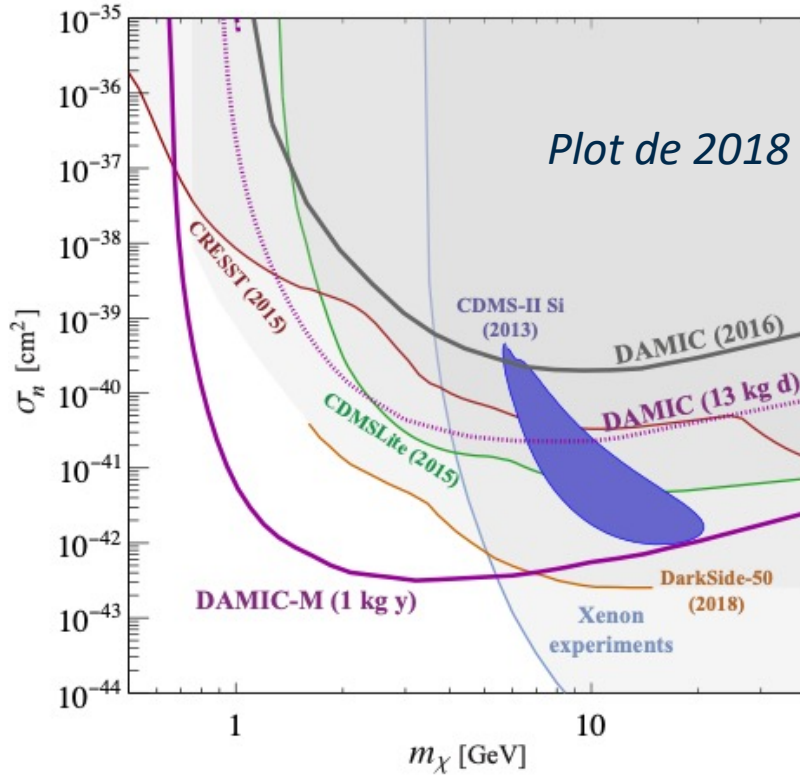
- 7 CCD
- m = 42 g
- Seuil 10e-
- Bkg~ 5-10

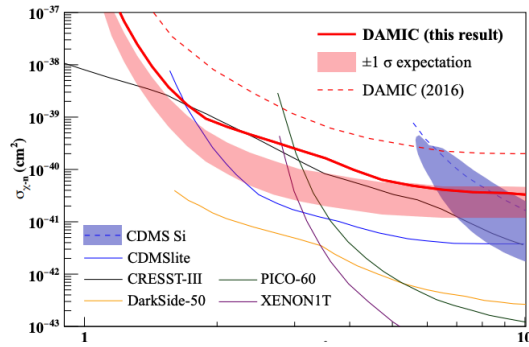
- 50 Skipper CCD
- m = 1kg
- Seuil 1e-
- Bkg: ~0.1 DRU
- Modane

- *Skipper ? CMOS ?*
- *m = 10kg*
- *Seuil 1e-*
- *Bkg: ~0.01 DRU*

Objectifs scientifiques

- WIMP basse masse

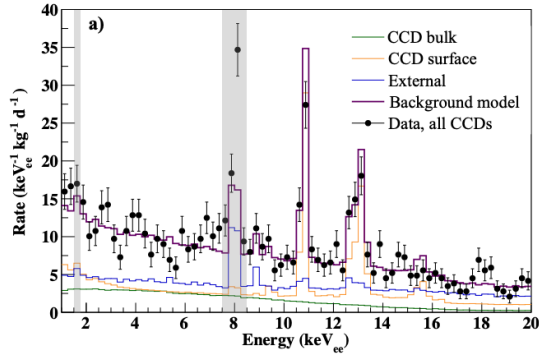




•Publication Limite WIMP

(Results on Low-Mass Weakly Interacting Massive Particles from an 11 kg d Target Exposure of DAMIC at SNOLAB. Phys. Rev. Lett. **125**, 241803)

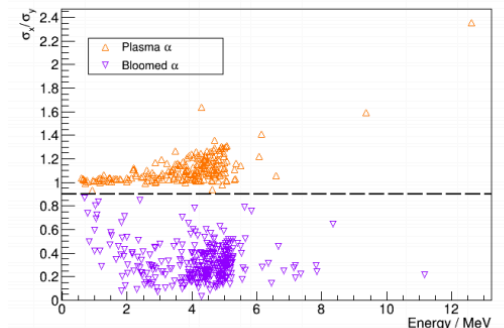
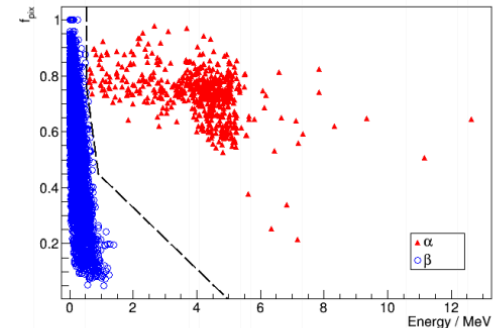
- J. Da Rocha: Simulation G4
- M. Traina: Simulation G4
- R. Gaio: Sélection des données
- A. Letessier Selvon: Traitement statistique



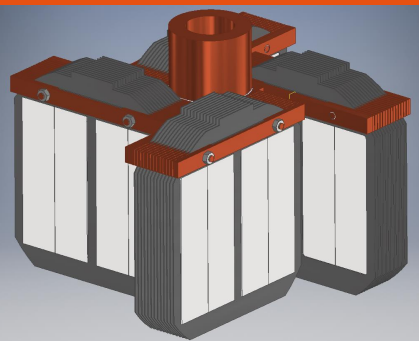
•Publication Bruit de fond radioactif CCD

(Measurement of the bulk radioactive contamination of detector-grade silicon with DAMIC at SNOLAB, accepted by JINST)

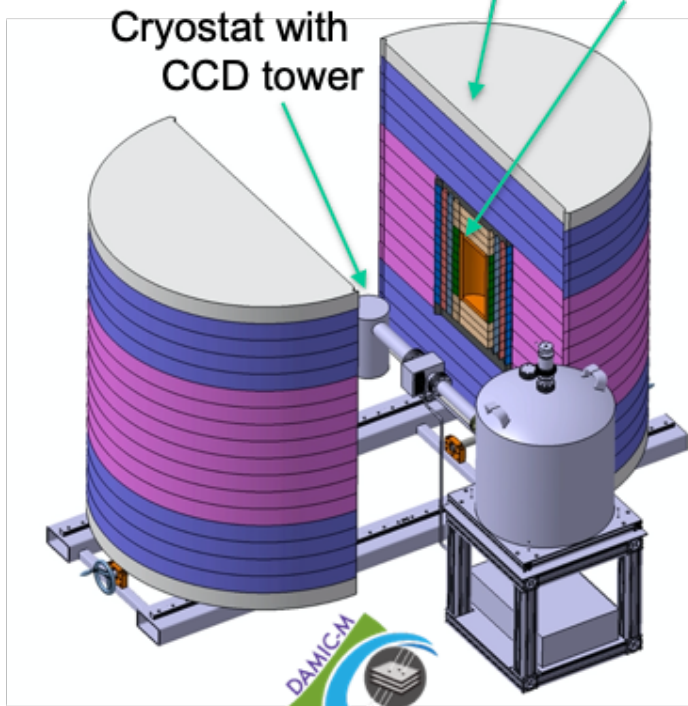
- A. Matalon: travail de thèse



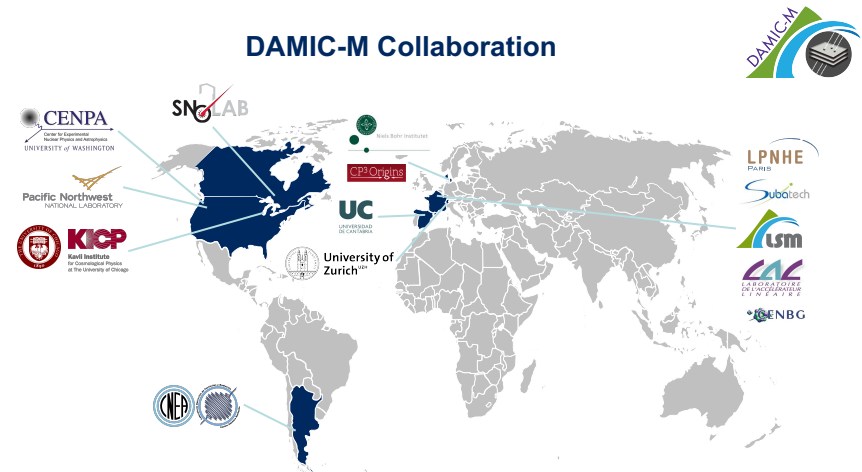
LPNHE dans DAMIC-M



Shielding: Poly and lead
(innermost ancient lead)



DAMIC-M Collaboration



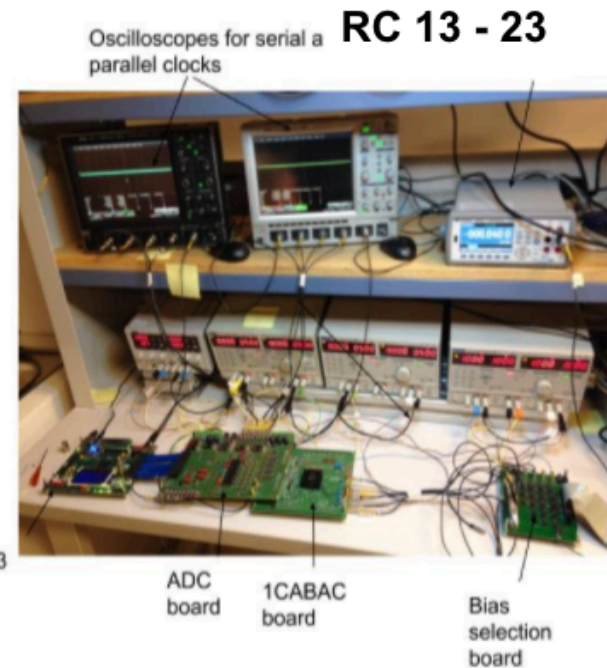
• Implications du LPNHE:

- Electronique de lecture
- DAQ
- Test de CCDs
- LBC (Low Background Chamber)
- Analyse

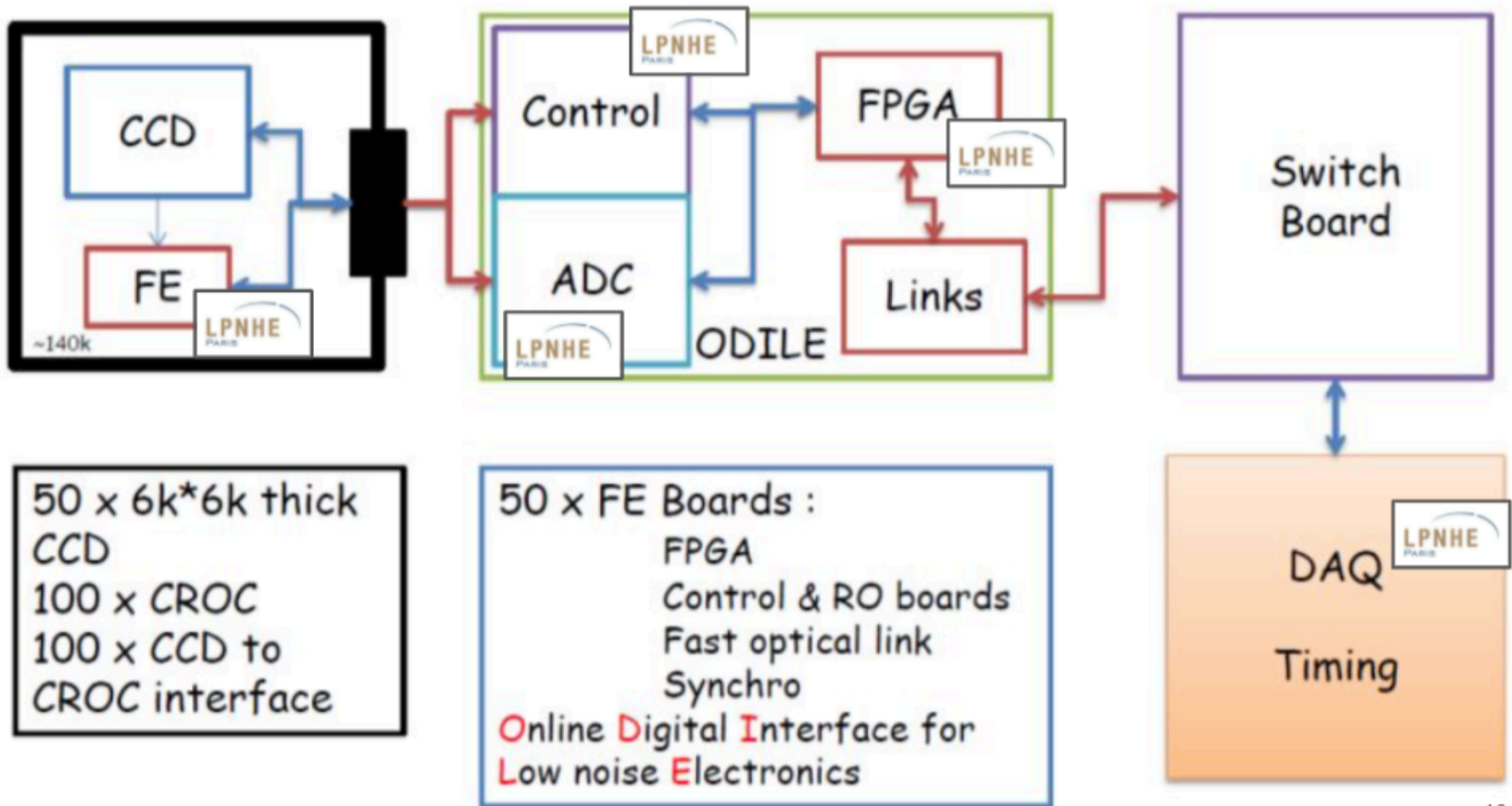
DAMIC-M dans le LPNHE



- ISO7 clean room
- Cryogenics: ~ 3 chambers
($P \sim 1e^{-5}$ mBar / $T \sim 120$ K)
- LN2 cooling in dev
- 3-4 test benches for the electronics board



Implication du LPNHE dans l'électronique



50 x 6k*6k thick CCD
100 x CROC
100 x CCD to CROC interface

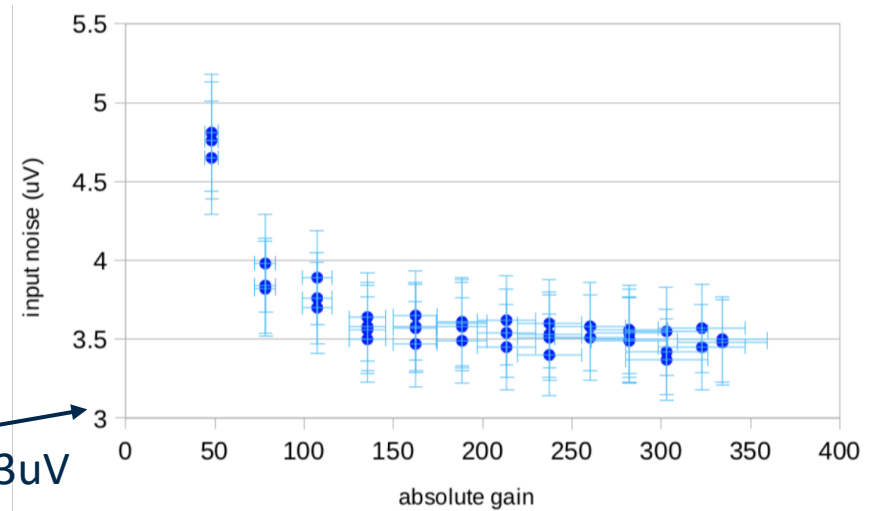
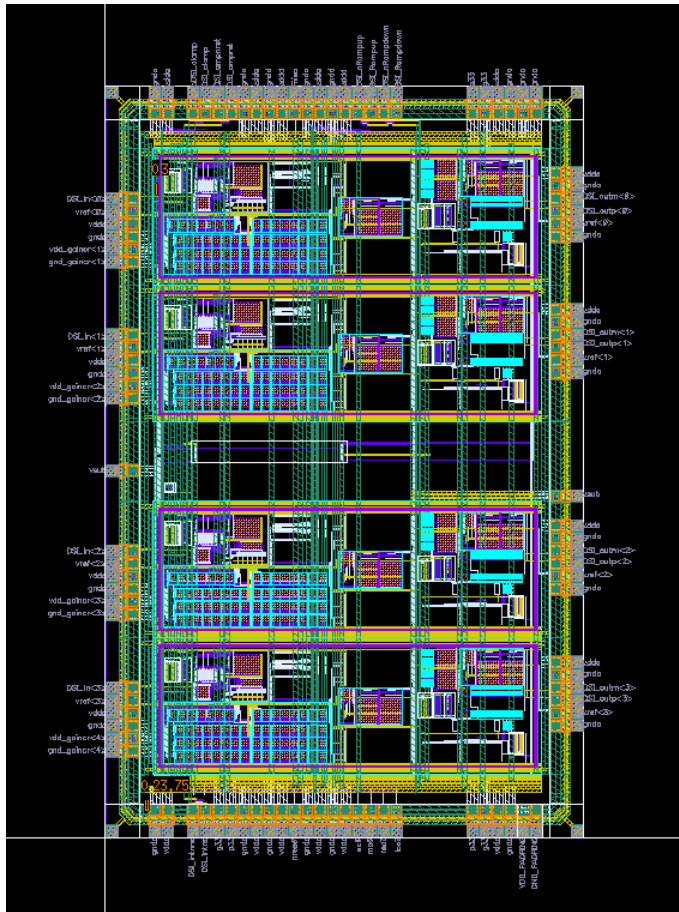
50 x FE Boards :

- FPGA
- Control & RO boards
- Fast optical link
- Synchro

Online Digital Interface for Low noise Electronics

DAQ
Timing

CROC (CCD ReadOut Chip)



1 e- ~ 3uV

realisation:

Design LPNHE, Layout IJCLab/LPNHE, tests: LPNHE/Subatech

Cahier des charges:

bas bruit $\sim \mu\text{V}$, DSI, gain et RC programmable,

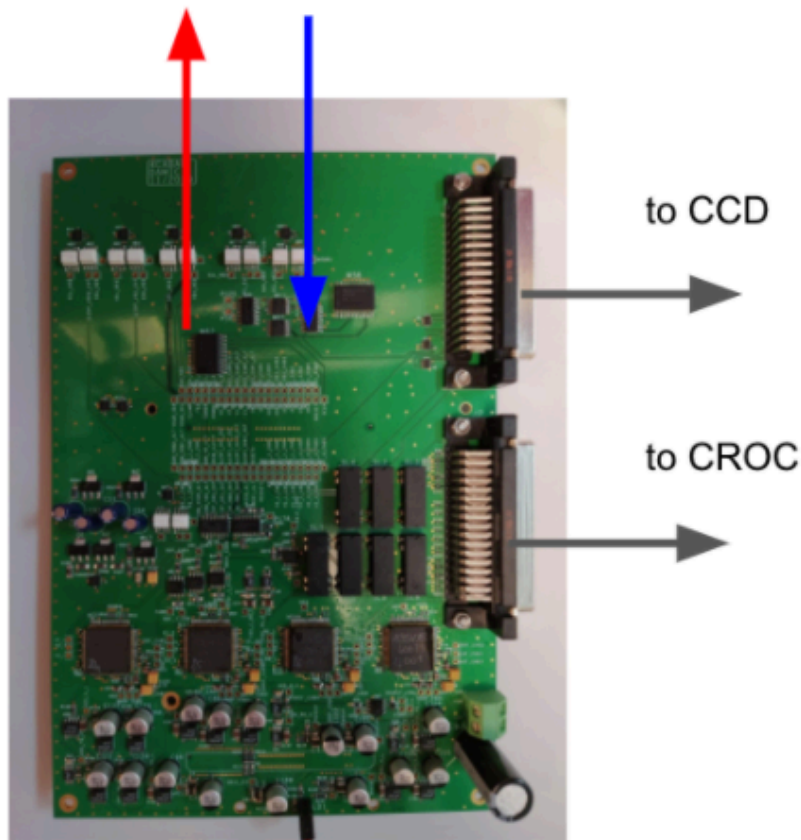
Version du CROC

- CROC V1: bonnes performances, instabilités en mode DSI, test avec CCD en cours
- CROC V2: problème fonctionnel, surconsommation
- CROC V3: en cours de design

Carte de cadencement (4CABAC)

Monitoring
data

Instruction
from FPGA



Populated 4CABAC board

realisation:

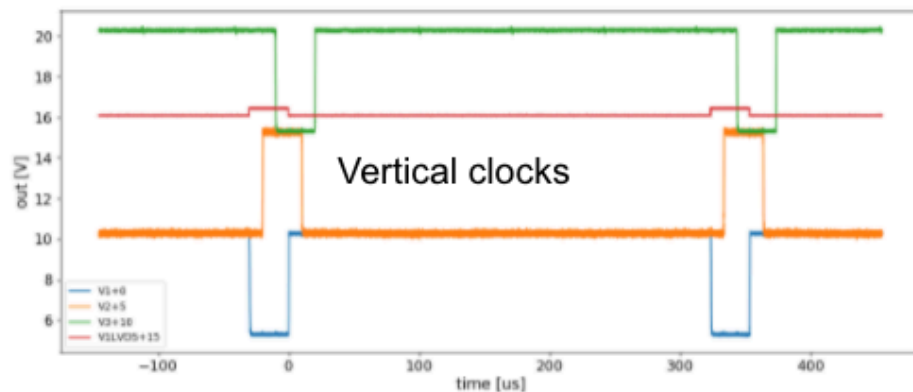
Design LPNHE, tests: LPNHE

Cahier des charges:

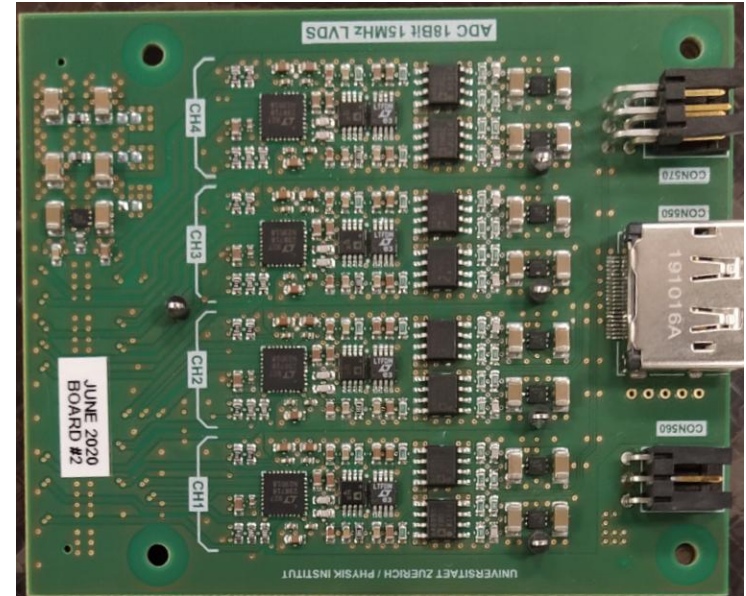
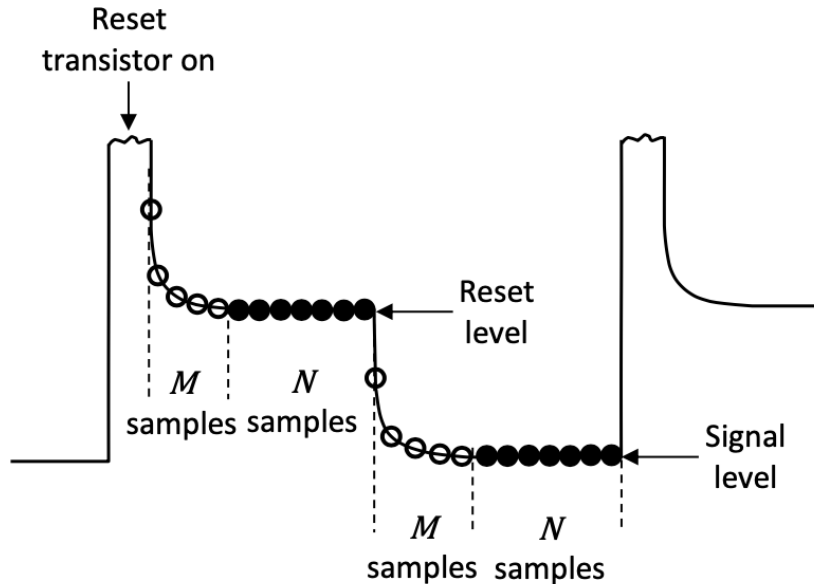
Biais et horloge pour la lecture Skipper, bas bruit ($\sim 100\mu\text{V}$), pentes d'horloge ajustable,

Version de la carte de cadencement

- 4CABACV1: fonctionnelle, tests en cours
- protoCABAC: prototype pour V2



Option ADC rapides



realisation:

UZH/LPNHE, tests: UZH, integration: LPNHE

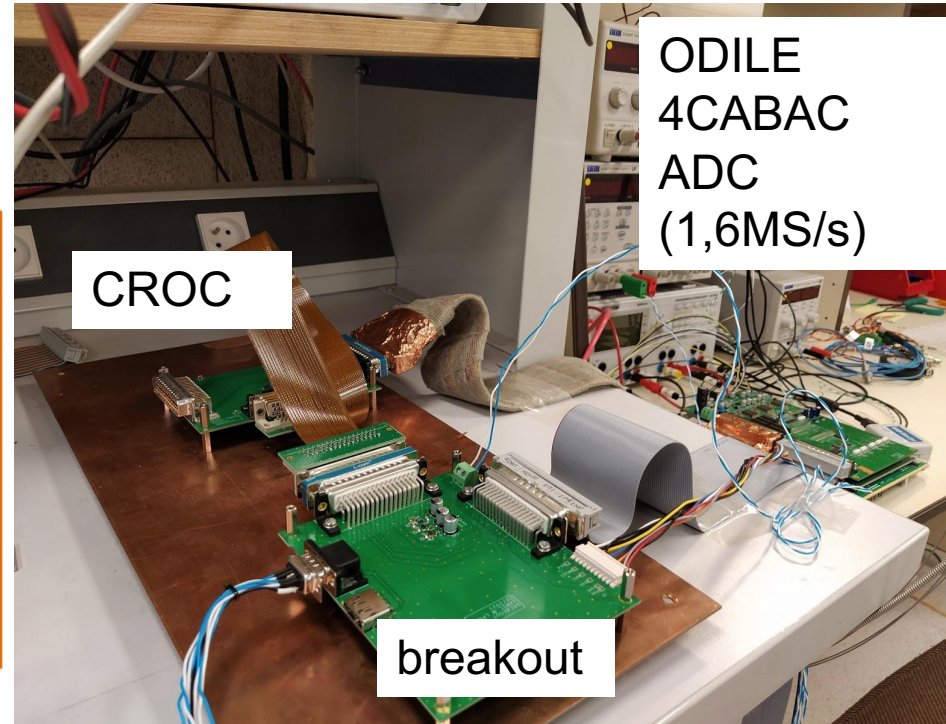
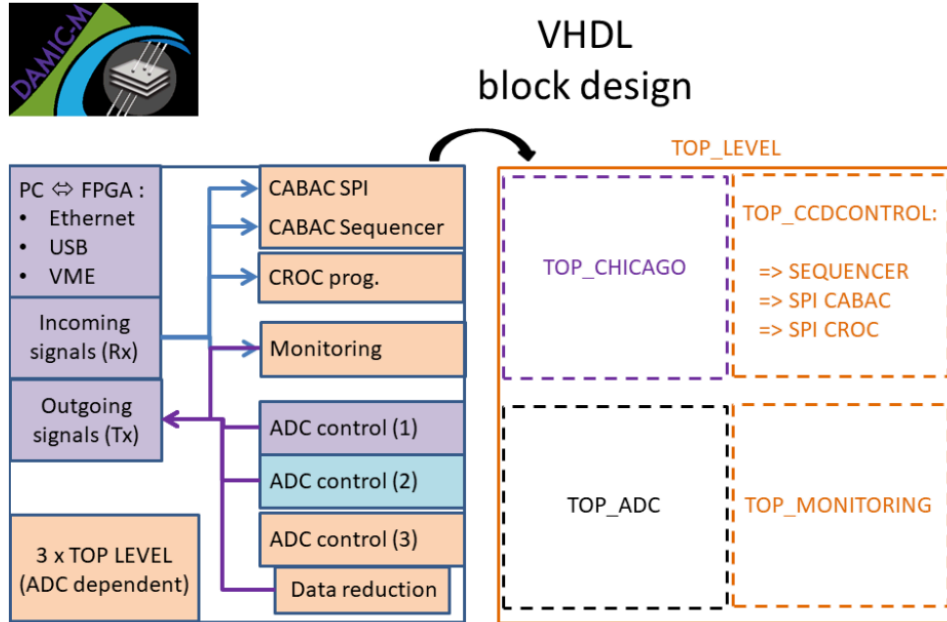
Option ADC rapides:

18bits, 15MS/s (surechantillonnage)

Version de la carte de cadencement

•V1 testée, integration en cours (dev. firmware)

Firmware / Integration



02-dec-2019

VHDL for Odile board - David MARTIN

2

Faits marquants du projet DAMIC-M

- Été 2019: fonctionnement d'un CCD avec une électronique intégrée
- Automne 2019: réception de la puce de frontend CROC V1
- Automne 2019: fonctionnement d'un CCD skipper avec une résolution < 0.1 electron
- Été 2020: réception de la puce de frontend CROC V2
- Automne 2020: publication des limites WIMP DAMIC at Snolab (excès d'évenements à basse énergie)
- Hiver 2021: fonctionnement de la carte de cadencement.
- **Été 2021: Réception des CCDs de pre-production**
- **Automne 2021: installation du prototype Low Background Chamber**

Evolution anticipée de l'équipe (3-5 ans)

- Evolution scientifique de l'équipe dans les prochaines années
 - Continuer le développement de la technique de détection à base de CCD.
 - Participer au projet OSCURA avec les américains, objectif 10 kg de cible !
- Nouveaux projets en vue (inclus réponse aux appels ANR, Europe, appel d'offre locaux, ...)
 - --
- Evolution de la composition de l'équipe (départs/arrivées permanents, docs, post-docs, ...)
 - L'équipe va se réduire fin 2022 avec la fin de l'ERC à 2 personnes, Romain Gaior et Antoine Letessier Selvon
- Attente vis-à-vis de l'IN2P3
 - Soutenir la participation à OSCURA et renforcer l'équipe avec un physicien permanent
- Autres...