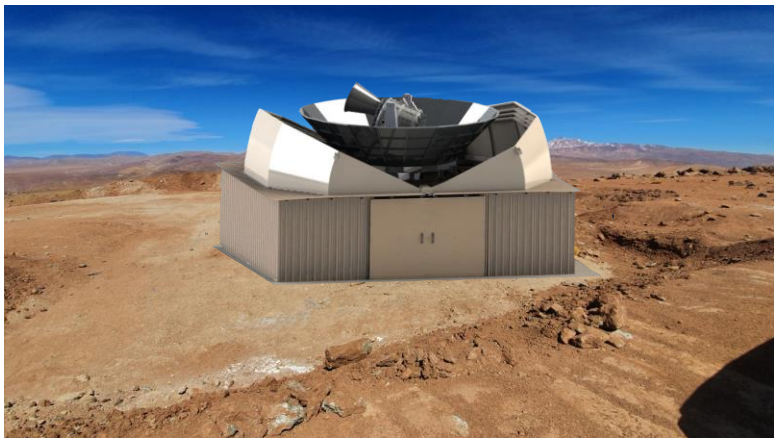
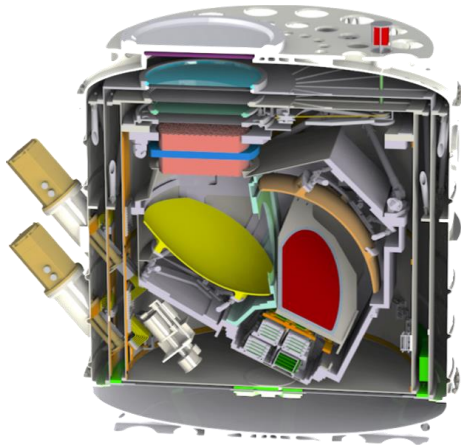




## ***QUBIC Technical Demonstrator***





1. Contexte générale de l'expérience
2. Périmètre de contribution de l'APC
3. Equipe APC et organisation
4. Principaux défis et jalons
5. Conclusion

## Contexte scientifique :

Contraindre les valeurs du paramètre  $r$  (polarisation des modes B du CMB) voire détecter et mesurer ces modes B.

Impact sur les modélisations de l'immédiat après big-bang (période d'inflation)

## Contexte de compétition internationale :

nombreuses expériences concurrentes, au sol, ballon, satellites, en phase de prise de données ou à venir

## Analyse forces – faiblesses :

Technologie unique (BI)

Capacité de spectro-imagerie → retrait des avant-plans

Meilleur contrôle des systématiques, ce qui permettra de compenser notre retard

Seule manip du domaine à direction européenne.

## Plan de développement :

Faire un démonstrateur techno (256 pixels) avant de passer à l'instrument final

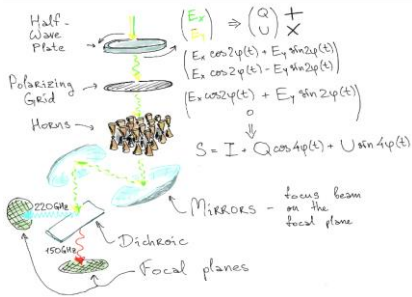
Project	Countries	Location	Status
QUBIC	Fr, It, Ar, Ir, UK	Argentina	Op. to start 2022 - $\sigma(r)=0.015$ (conservative)
SPIDER	USA	Stratosphere	(95+150) flew => $r < 0.19$ (95% CL) [280 GHz later]
BICEP/KECK	USA	South Pole	Published $r < 0.036$ (95% CL)
CLASS	USA	Chile	Observing since 2016, aims at $\sigma(r)=0.01$
Simons Obs.	USA	Chile	to start in 2022, Target: $r=0.002$
CMB-S4	USA	Chile	Planned for 2029, target is $\sigma(r)=0.0005$
LiteBIRD	Jp, EU, USA	Satellite	To be launched in 2028 - $\sigma(r)=0.001$



# Périmètre de contribution APC : le design général lors des premiers pas du projet

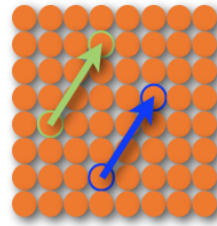
## Théorie de l'interférométrie bolométrique

Idee originale de P. Timbie (USA) et L. Piccirillo (UK) mais développée et mise en pratique à 90% à l'APC, grâce aux apports de M. Piat, J. Kaplan, J-C. Hamilton, D. Prêle et E. Bréelle et aux REX de BRAIN (et MBI)



## La self-calibration et sa réalisation concrète grâce aux switches optiques

Idee d'utiliser des switches optiques pour faire la self-calibration qui permet la maîtrise des effets systématiques et premiers design de ces switches E. Bréelle, N. Bleurvacq, A. Tartari

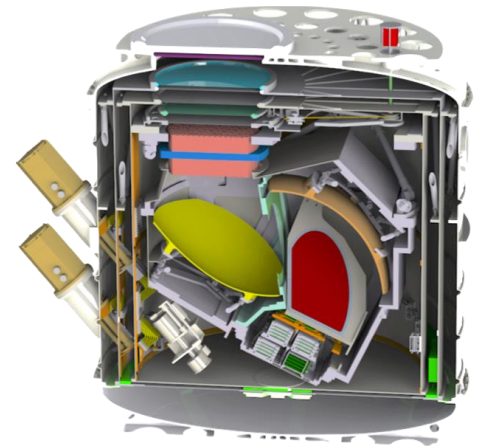


## Simulations, analyses, algorithmes, spectro-imagerie

Contribution de l'ensemble des physiciens et doctorants, ainsi que de P. Chaniel

## Conception générale de l'instrument

Contribution générale De l'ensemble de l'équipe de l'époque, notamment de C. Chapron



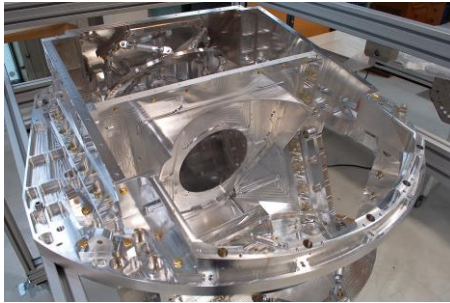
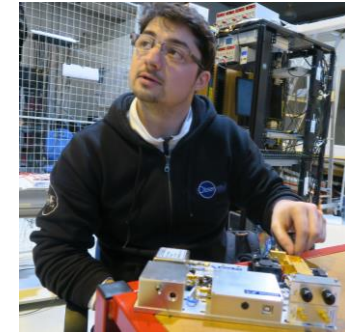
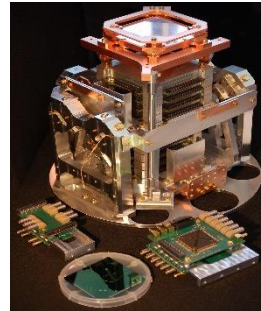
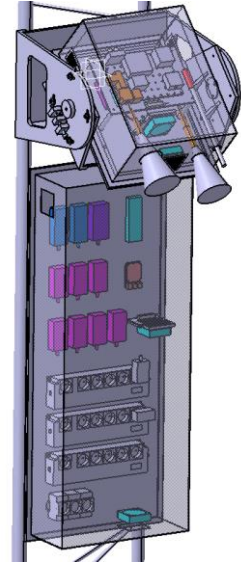
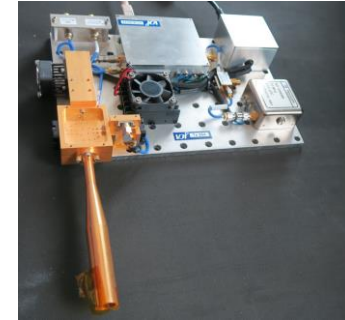
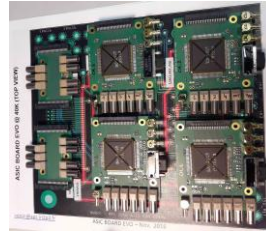
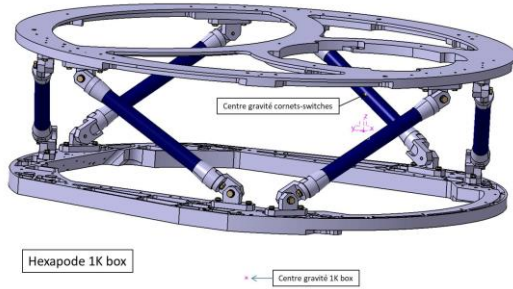


# Périmètre de contribution APC : la réalisation de sous-systèmes

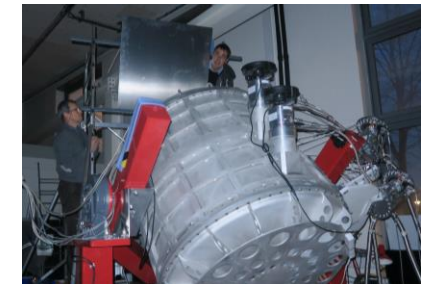
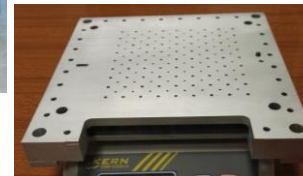
Mécanique : CAO, Fabrication, AIT

Electronique froide : Design, tests, AIT

Sources de calibration : achat, contrôle-commande, alignement, tests



Switches optiques: design RF



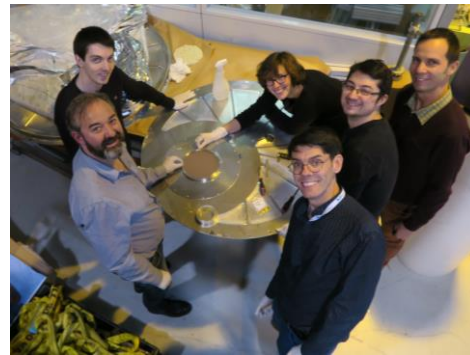


# Périmètre de contribution APC : l'Assemblage / Intégration / Tests de l'instrument

(+ les aspects managements de projets, responsabilité de la calibration, tests reports...)



Mise en place thermométrie



Mise en place filtres optiques



Insertion boîte 1K



Réglages de l'électronique chaude



Mise en place frigos Sub-K



Tout ceci suivi par de nombreuses mises en froid et tests avant livraison

# Equipe actuelle et organisation APC

## Activités techniques

Chef de projet global : Laurent Grandsire

Electronique : Damien Prêle, Fabrice Voisin  
(élec froide), B. Ky (source calib.)

Mécanique : Claude Chapron, Stéphane  
Dheilily, Maurice Karakac

Vide et Cryogénie : Jean-Pierre Thermeau

Administration : Visnja Domazet, Béatrice  
Silva

## Activités scientifiques :

Porte parole de la Collaboration QUBIC : Jean-  
Christophe Hamilton

Instrument Scientist : Michel Piat

Responsable Calibration : Steve Torchinsky

Deputy Operation Manager : Steve Torchinsky

Deputy Survey Manager : Ken Ganga

Analyse de données : Sotiris Loucatos

Simulations: Jean Kaplan

Doctorants : G. Stankowiak (2022) M. Régnier  
(2024)

## Anciens membres de l'équipe QUBIC-APC:

Nathan Bleurvacq (Cornets) , Eric Bréelle  
(switches + cornet), Julien Brossard (Ing. Sys.),  
Davide Cammilleri (TES), Pierre Chanial (logiciel),  
Manuel Gonzalez (AIT), Andréa Tartari  
(Instrument, B2B)

Doctorants : A. Ghribi (2009) S. Charlassier  
(2010) J. Martino (2012) M-A. Bigot-Sazy  
(2013) G. Bordier (2014) M. Stolpovskiy  
(2016) C. Perbost (2016) L. Mousset (2021)

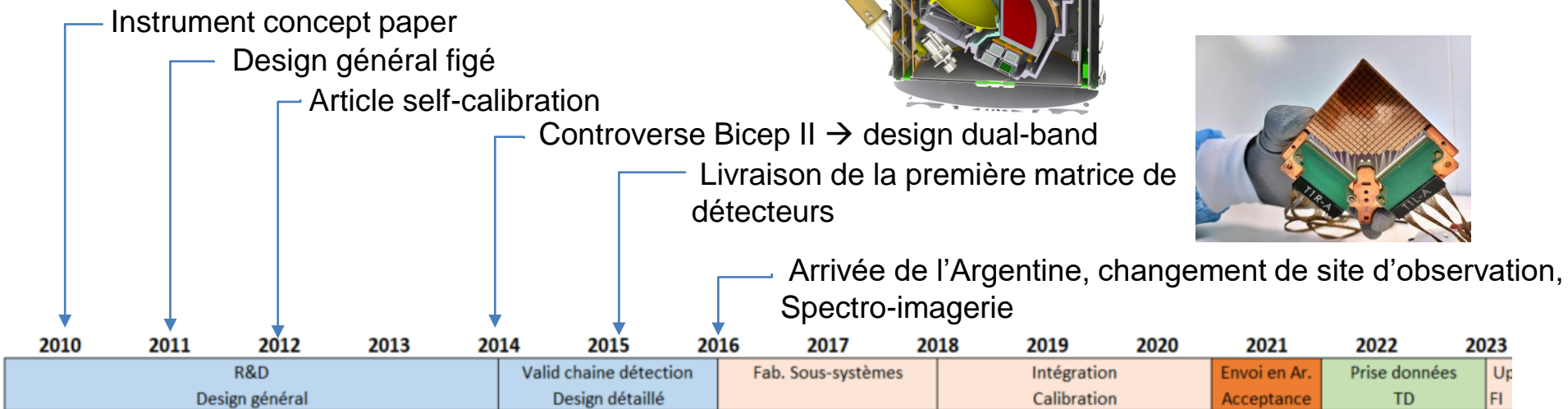
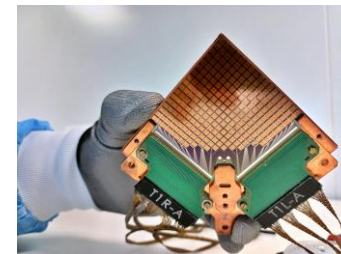
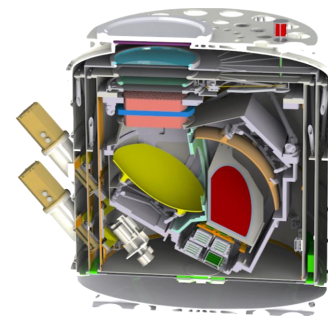
**Intégration de l'instrument dans le hall :**  
**tout le monde à participé d'une façon ou d'une autre !**

## Organisation :

- Réunions / téléconférences hebdomadaires
- Centralisation des documents sous ATRIUM
- E-log pour la tracabilité des opérations / Rocket chat et wiki pour les discussions au quotidien
- Rapports de non-conformités en cas d'incidents ou d'anomalies

# Principaux jalons

Jun 2008 : création de la collaboration QUBIC



Livraison des sous-systèmes

Livraison du cryostat, Intégration



Scans dans le hall

Revue IN2P3 / INFN

**Livraison du TD en Argentine (hall de Salta)**

8 articles acceptés par le JCAP







# Principaux défis, difficultés anticipées

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
		R&D Design général			Valid chaîne détection Design détaillé		Fab. Sous-systèmes		Intégration Calibration		Envoi en Ar. Acceptance	Prise données TD	Up FI

## Défis et difficultés techniques et scientifiques :

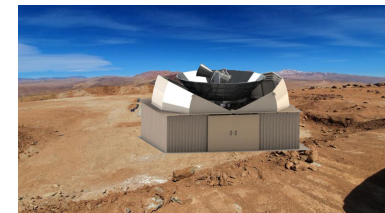
- Parvenir à produire des matrices de bolomètres avec un taux acceptable de pixels morts
- Concevoir et faire fonctionner une électronique complexe (multiplexage 128:1, SQUIDs...)
- Cryogénie complexe (300 mK)
- Modélisation de l'instrument, simulations et traitement de données non triviales
- Fiabilité générale de l'instrument
- Difficultés d'approvisionnement de certains composants

## Défis et difficultés politiques et financières :

- Financement IN2P3 symbolique, relations parfois tendues avec l'Institut
- Recherche incessante de financements externes (ANR, DIM-ACAV, UE...)
- Retrait de partenaires potentiels (Chine)
- 1<sup>er</sup> site (Antarctique) : l'IPEV n'a pas joué franc-jeu, difficultés induites avec la partie italienne (financée par le PNRA) lors du changement de site
- Retrait de l'IJCLab (après livraison de la monture de calibration)

- Un projet de longue haleine, un environnement scientifique fortement concurrentiel, mais des atouts technico-scientifiques qui compensent son retard
- Une forte implication de l'équipe, malgré un contexte politique parfois démotivant
- Une longue phase de maturation, où le projet semblait ne pas avancer vite mais qui a abouti à des premiers résultats qui ont changé la donne
- Depuis 2019 / 2020 les avis extérieurs au projet sont passés d'un scepticisme à peine voilé à un enthousiasme certain
- Ce démonstrateur technique (TD) sera installé sur la montagne vers l'été prochain et prendra des données sur le ciel pendant un an

2	2023	2024	2025	2026	2027	
données TD	Upgr. FI	Prise de données FI			Upgr. FI +	Prise FI+



- En attendant nous préparons sa transformation en Full Instrument (FI) avec quatre fois plus de pixels.