

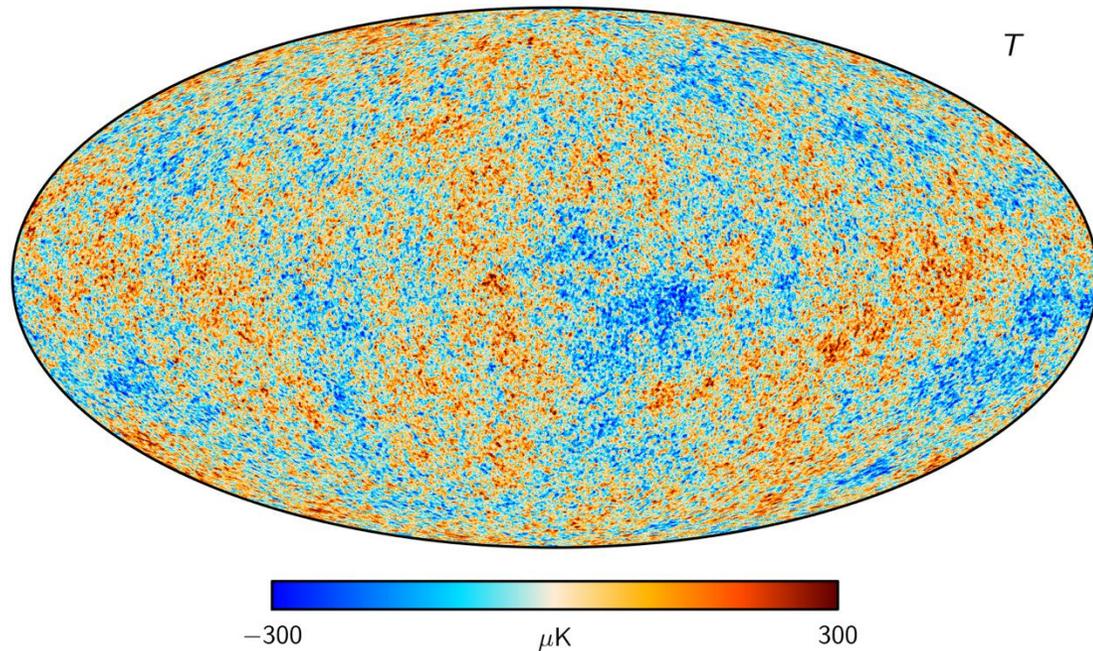
CMB & INFN-MIB

Mario Zannoni

RL sigle QUBIC e LiteBIRD



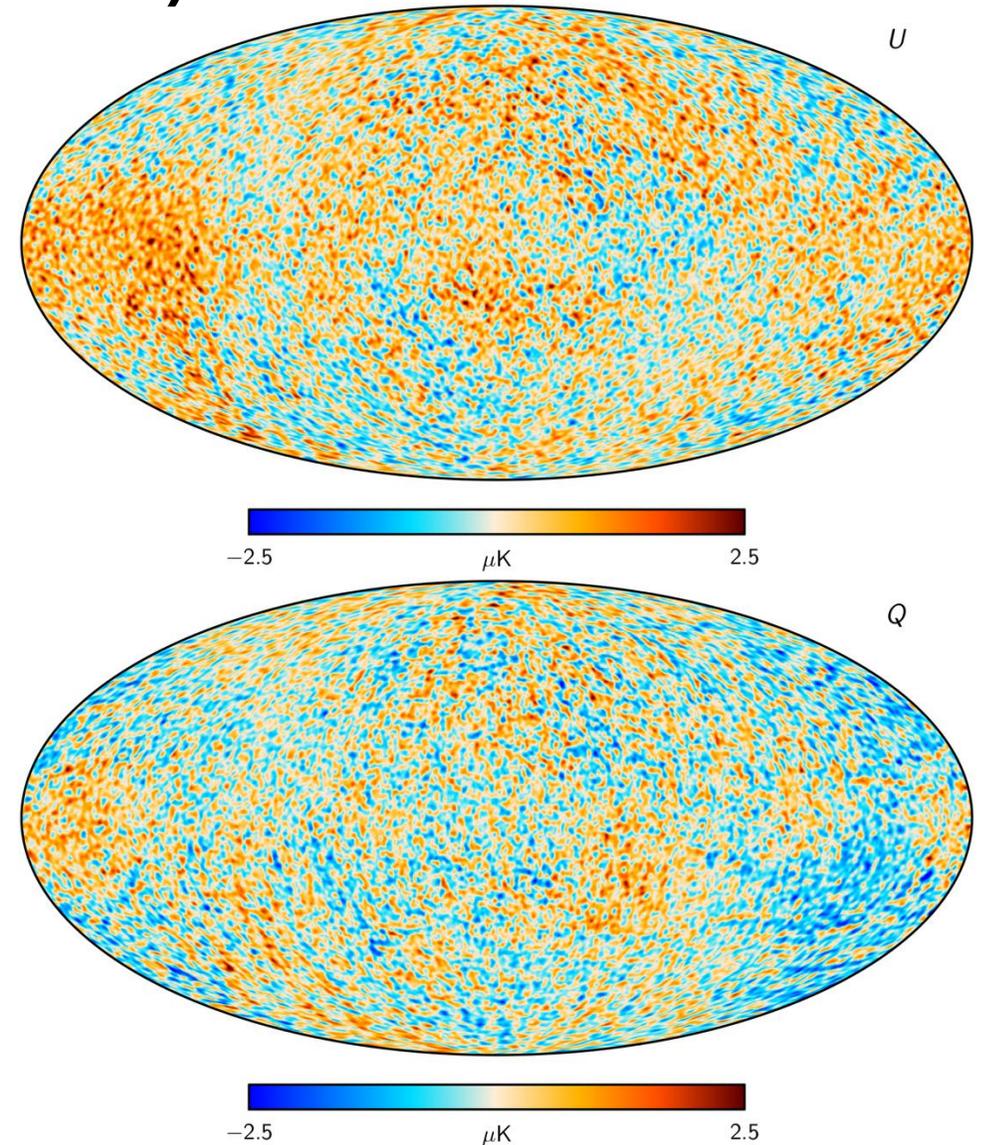
Situazione post-Planck (il satellite!)



$$T(\alpha, \delta) = T_0 + \Delta T(\alpha, \delta)$$

$$\Delta T(\alpha, \delta) = \sum_{\ell, m} a_{\ell, m} Y_{\ell}^m(\alpha, \delta)$$

$$c_{\ell} = \left\langle |a_{\ell, m}|^2 \right\rangle$$



Situazione post-Planck (il satellite!)

$$(Q \pm iU)(\hat{n}) = \sum_{lm} a_{\pm 2, lm \pm 2} Y_{lm}(\hat{n}).$$

$$a_{lm}^E \propto -\frac{1}{2} \left(a_{lm}^{(2)} + a_{lm}^{(-2)} \right), \quad a_{lm}^B \propto -\frac{1}{2i} \left(a_{lm}^{(2)} - a_{lm}^{(-2)} \right)$$

$$E(\hat{n}) = \sum_{lm} a_{lm}^E Y_{lm}(\hat{n}), \quad B(\hat{n}) = \sum_{lm} a_{lm}^B Y_{lm}(\hat{n})$$

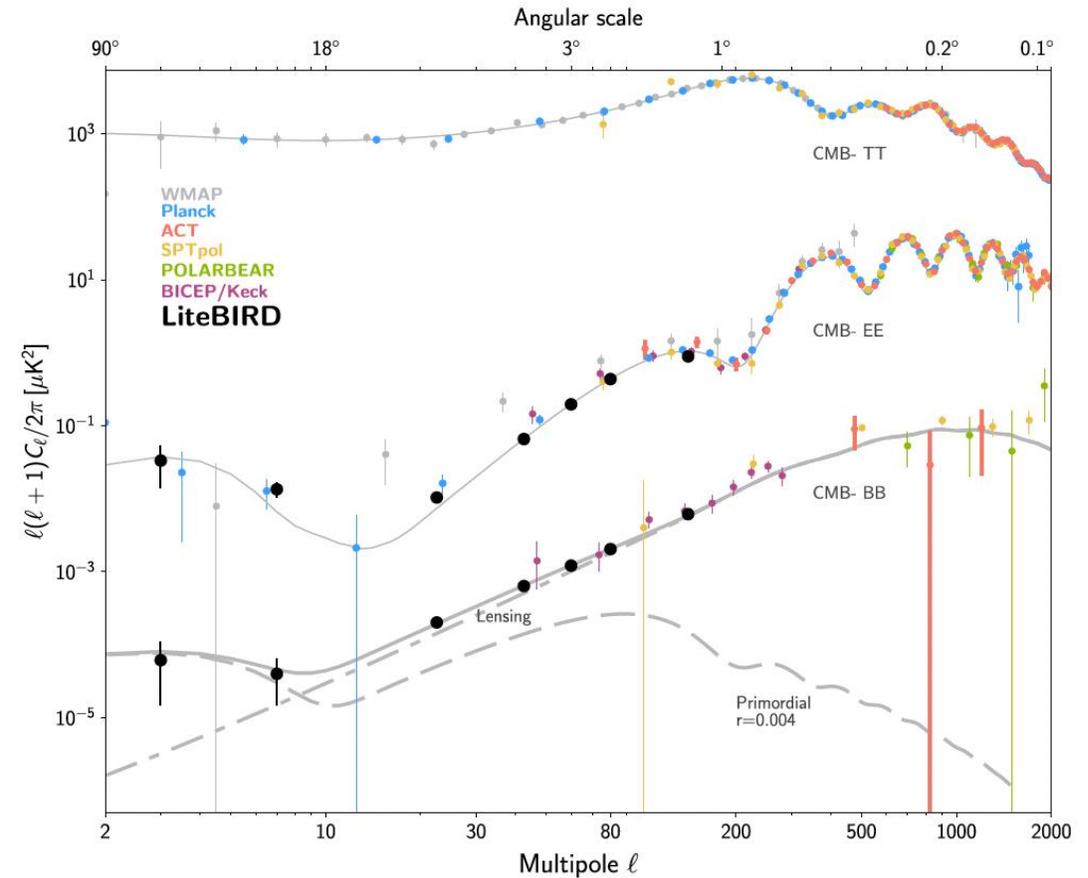
$$C_{El} = \frac{1}{2l+1} \sum_m \langle a_{E,lm}^* a_{E,lm} \rangle$$

$$C_{Bl} = \frac{1}{2l+1} \sum_m \langle a_{B,lm}^* a_{B,lm} \rangle$$

$$r(l) = \frac{C^{Bl}}{C^{El}}$$

$r < 0.037$ at 95% Confidence Level

Campeti&Komatsu 2022



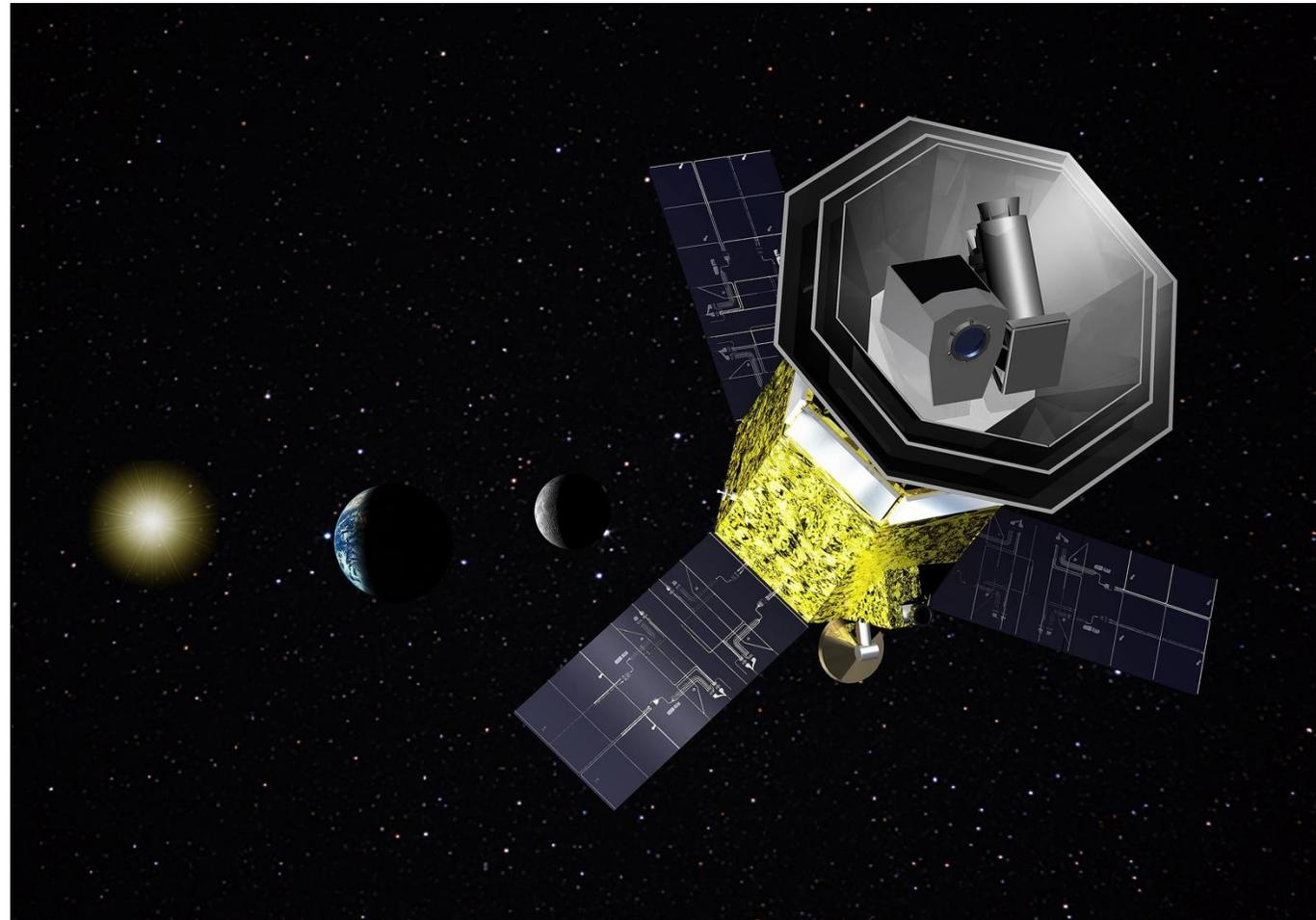
La scala di energia dell'inflazione $V \approx 1.06 \cdot 10^{16} (r/0.01)^{1/4}$ GeV

Osservazioni da Terra o dallo Spazio?



QUBIC

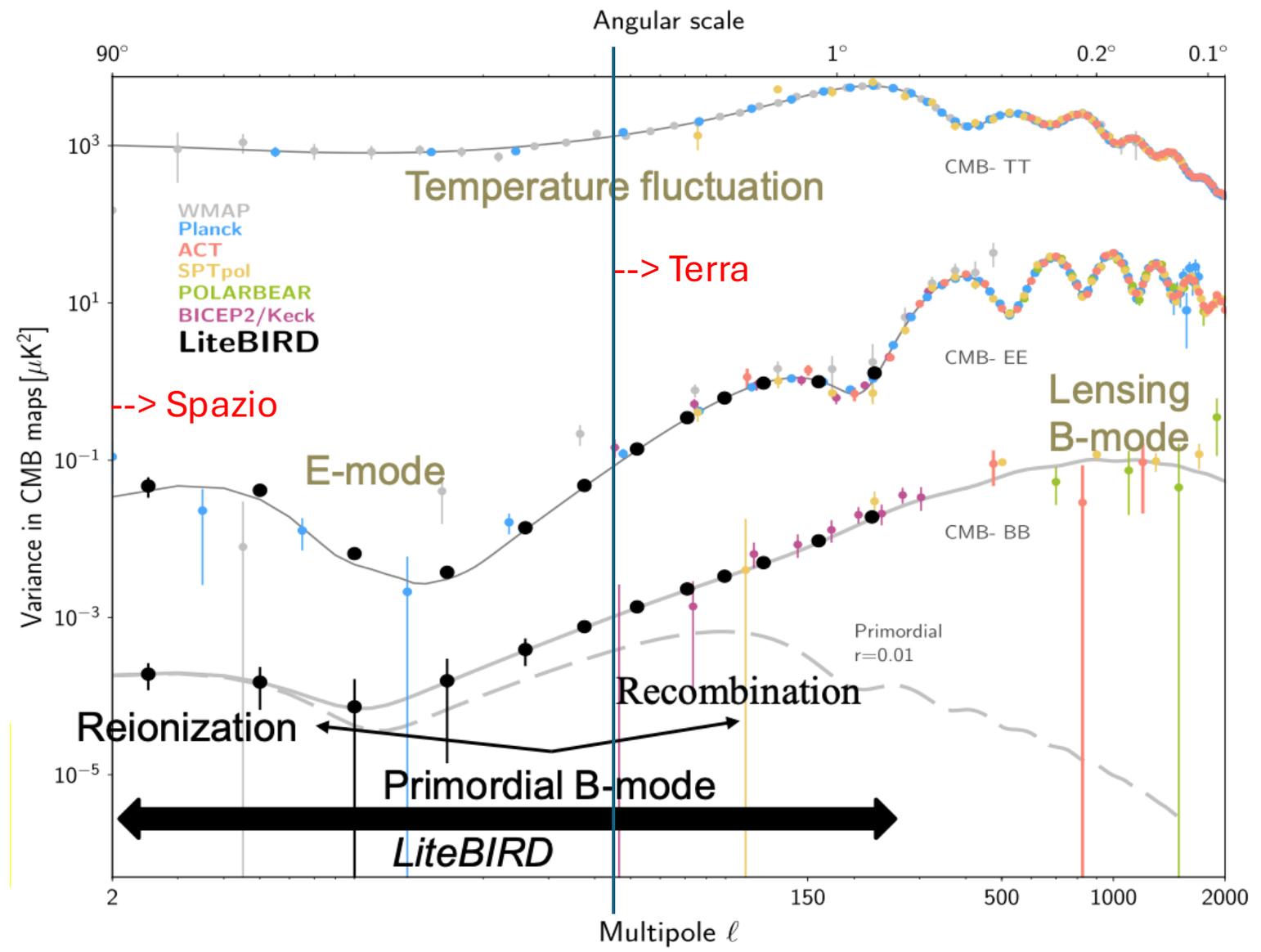
LiteBIRD



Osservazioni da Terra o dallo Spazio?

Lo Spazio dà accesso alle scale angolari più grandi che non sono sondabili da Terra (pick-up dal terreno, atmosfera, instabilità di lungo termine...)

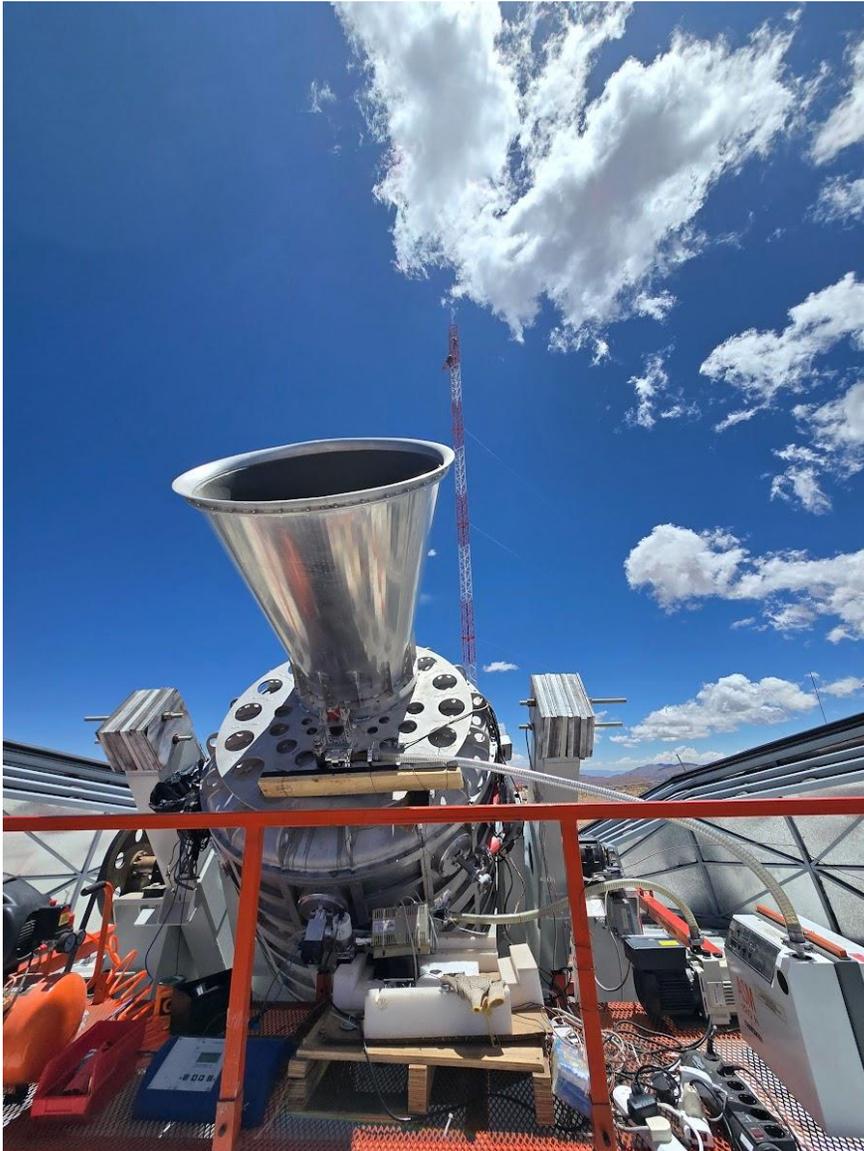
La sensibilità di un singolo rivelatore a terra è **1/100** di quella di un rivelatore nello spazio



A Terra si possono fare esperimenti in tempi scala relativamente brevi testando tecnologie chiave che potranno essere impiegate nello Spazio.

Il costo degli esperimenti da terra è **1/100** di quello degli esperimenti spaziali

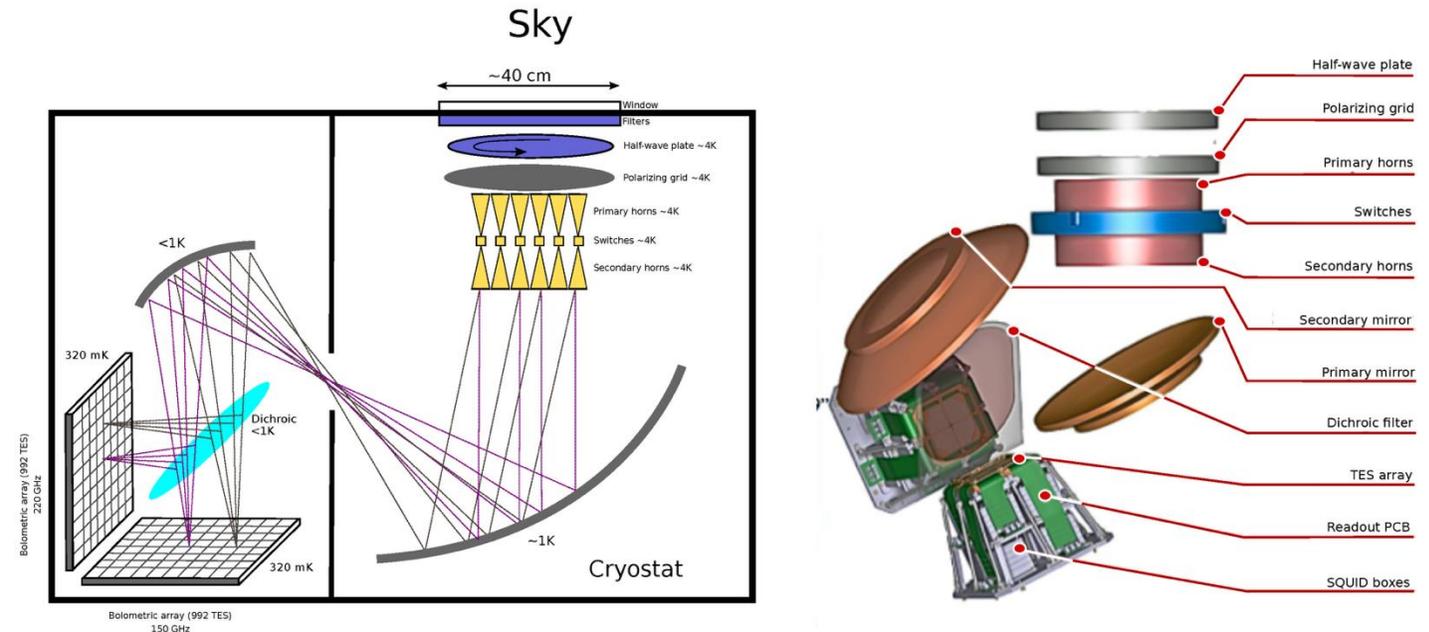
QUBIC



- *Interferometro* Bolometrico
- UNICO nel suo genere.
- Sistematiche ortogonali a quelle degli altri esperimenti (imager)
- Nella versione ridotta (TD) è finalmente in fase di presa dati
- Sito sulle Ande Argentine a 4850 m asl

Contributo Bicocca:

- Specchi a 1K (combiner ottico)
- Shutters a 1K (essenziali per calibrare le baselines)
- Contributo alla conduzione dell'esperimento
- Contributo all'analisi dei dati



Prospettive

- Lo strumento è operato sulla base di un MoU firmato da Italia (INFN), Francia (In2P3) e Argentina
- Allo stato attuale sta acquisendo dati del cielo per confermare la sensibilità
- Se tutto ok, nel 2027-28 si prevede l'upgrade allo strumento finale (FI)
- Bicocca deve realizzare nel 2027 l'array di shutters (già quasi totalmente finanziato)
(Gli specchi per il FI sono già realizzati, così come le horns)

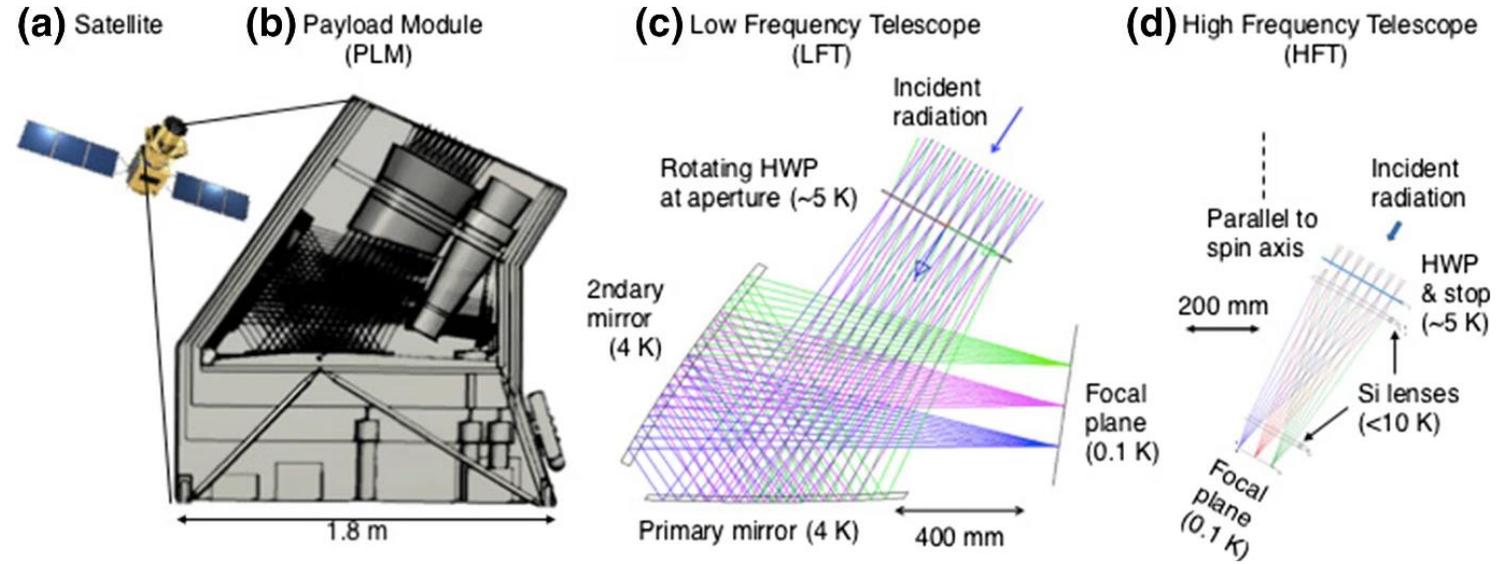
Anagrafica e Richieste 2026

	Nome e Cognome	FTE%	Tecnico (si/no)
RL: Mario Zannoni	Stefano Banfi	20	si
	Gabriele Coppi	30	no
	Massimo Gervasi	20	no
	Federico Nati	80	no
	Alessandro Novelli	30	no
	Andrea Passerini	30	sì
	Mario Zannoni	50	no

CAPITOLO	kEuro (iva incl.)	SJ	TOTALE	Specifica
Missioni	4	4	8	Meeting di collaborazione in Europe 1kEuro/missione di 3 giorni per persona: 2 missioni, 4 persone
Missioni	6	6	12	Missione in Argentina per il TD maintenance e le osservazioni (3kEuro/missione di 10 days per persona): 2 missione, 2 perso
Totale	10	10		

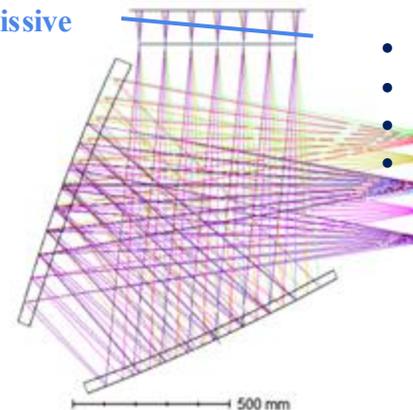
LiteBIRD

- Situazione complicata
- Contributo USA (detectors) non più disponibile
- Missione in fase di ridefinizione
- Semplificazione: da 3 a 1 telescopio (riflettore)
- Richiesto un finanziamento a ESA per uno studio di 2 anni per dimostrare la fattibilità (TRL5) dei detectors in EU (SRON)



Selected Option: MCD with transmissive PMU

Transmissive HWP



- Aperture: 500 mm
- Frequency: 40-402 GHz
- Spin rate: 0.05 rpm
- Transmissive pancharatnam mesh (PM)HWP

LiteBIRD

- Aspetti positivi

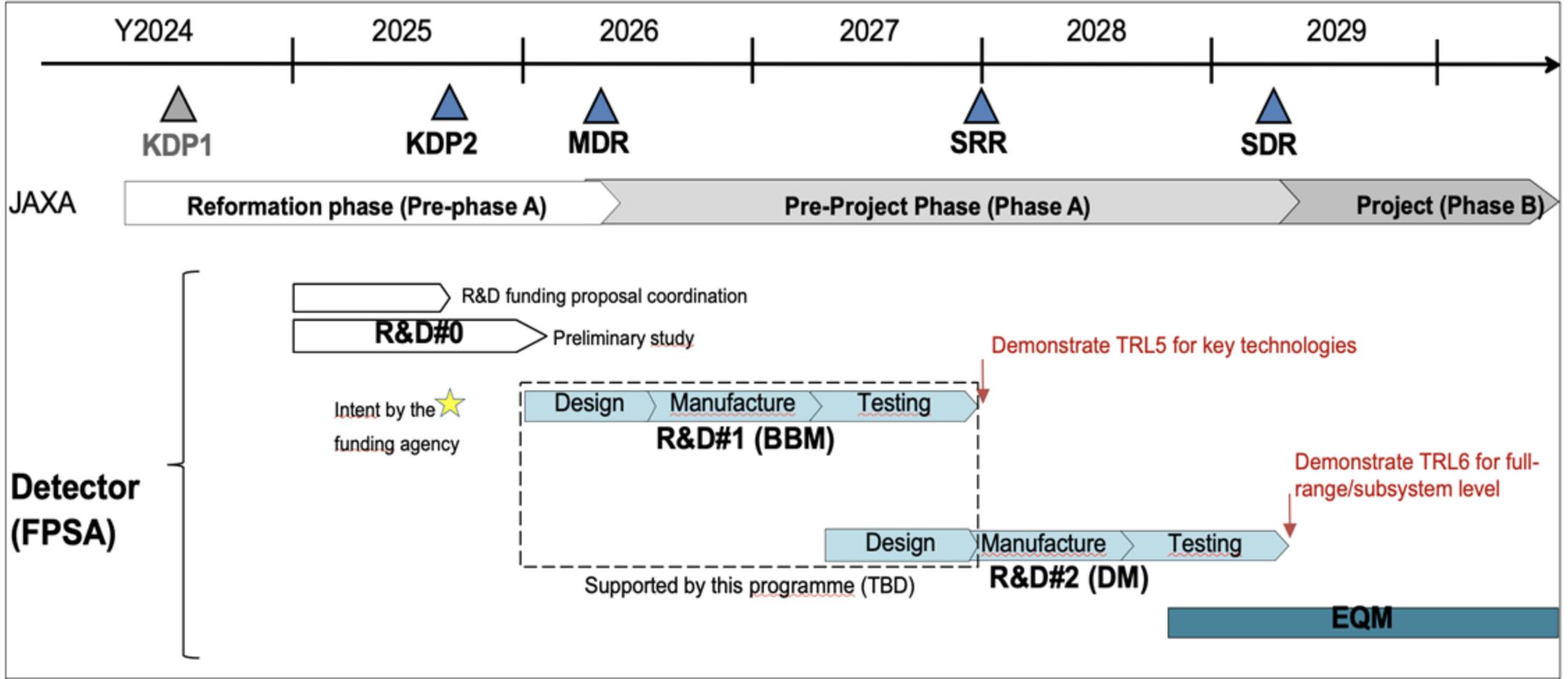
- Missione meno critica da un punto di vista tecnologico
- Il budget termico non è fuori controllo
- Occasione per colmare il gap tecnologico con USA sui TES
- Coinvolgimento italiano ancora più forte (coordinamento dell'attività di sviluppo ed integrazione dei detectors europei)
- Review in CNES ad Aprile 2025 superata

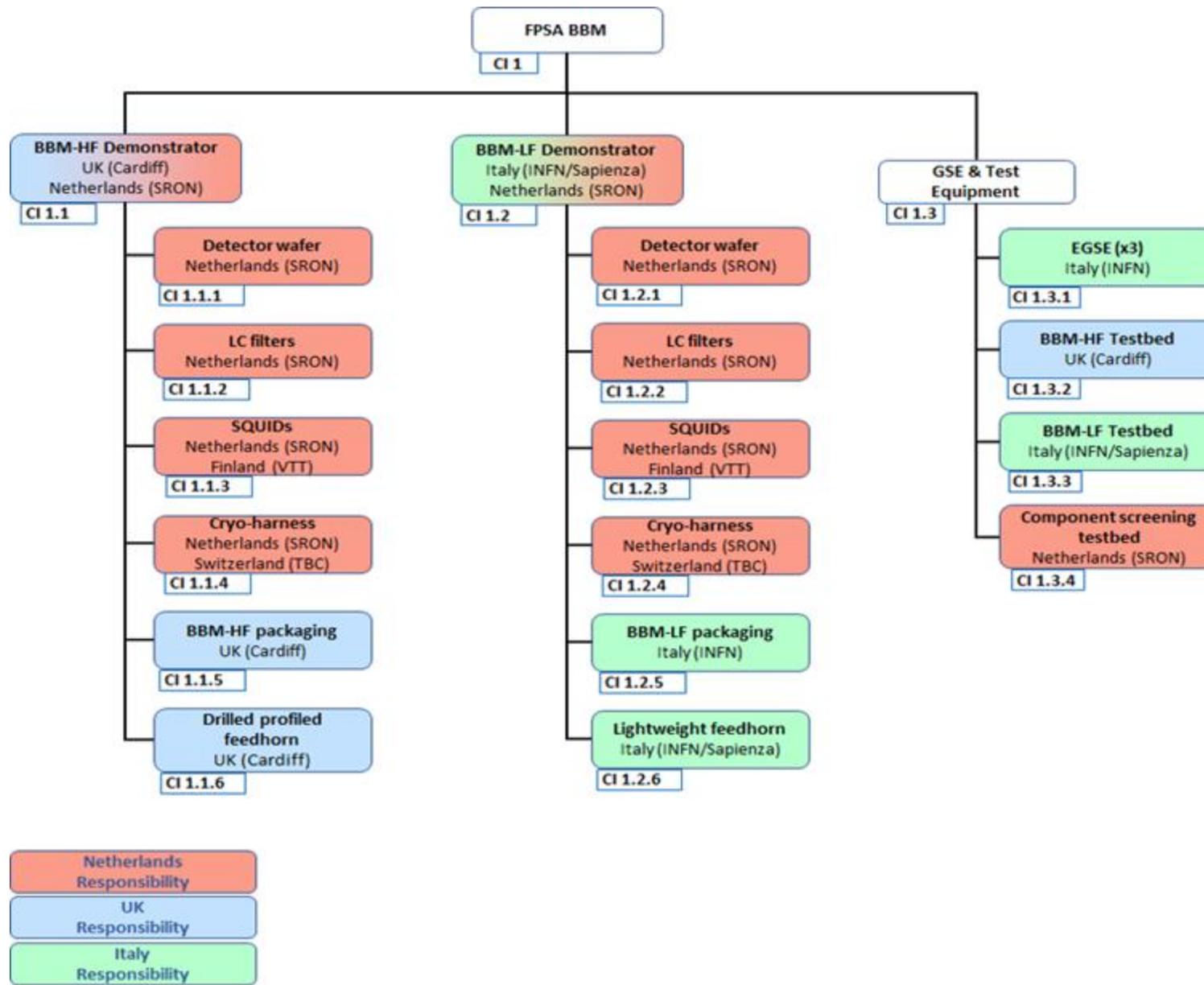
- Aspetti critici

- Incertezza sulla realizzazione dei detectors
- La schedula si allunga (lancio 2034)
- Indispensabile il coinvolgimento di ESA
- Occorre superare una seconda review in JAXA (Agenzia responsabile della missione)

- **Schedula** dell'R&D dei detectors europei compatibile con LiteBIRD

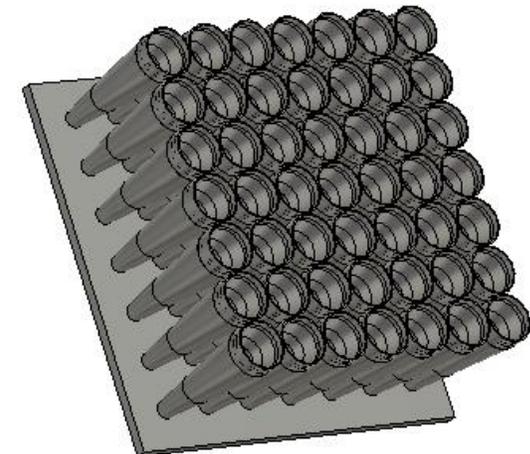
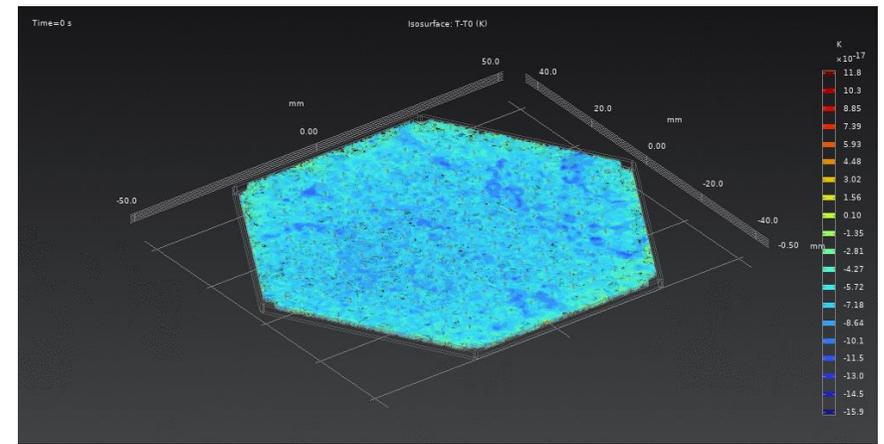
Al momento l'R&D (IT-UK-SRON), finanziato da INFN+ASI, serve a far partire il design dei detectors sulla base del best effort





Cosa fa Bicocca:

- Mantiene lo sviluppo della SQUID Controller Assembly (SCA)
- Fornisce 2 EGSE per i test del demonstration model (FPSA) costituiti da una SCA + una DA (digitizing assembly) + una SPU (signal processing unit) che sono già state realizzate su disegno canadese
- Guida l'attività di simulazione dell'impatto dei raggi cosmici sul piano focale
- Nell'ambito dell'R&D per FPSA sviluppa in collaborazione con il CNR di Torino (IEIIT) le horn in additing manufacturing per le basse e medie frequenze (previsto un prototipo a singolo horn a 150 GHz entro il 2025)



Anagrafica e Richieste 2026

Responsabilità	Nome e Cognome	FTE%	Tecnico (si/no)
RL: Mario Zannoni	Gabriele Coppi	30	no
	Stefano Della Torre	30	no
	Andrea Limonta	40	si
	Federico Nati	20	no
	Alessandro Novelli	70	no
	Andrea Passerini	70	sì
	Mario Zannoni	50	no

CAPITOLO	kEuro (iva inclusa)	SJ	TOTALE	Specifica
Altri-consumi	1,5	0	1,5	Contributo annuale per azoto di sezione
Altri-consumi	5	0	5	materiale di consumo della macchina per stampa 3D metallica (selective laser melting) del politecnico di Torino dove verranno realizzati i prototipi di horn per il dimostratore europeo
Consumo	10	0	10	Adattatori in guida d'onda (twist a 45 e 90 gradi, taper da guida WR-10 a WR-06, taper da guida circolare a guida rettangolare WR-06)
Missioni	12	0	12	missione F2F intercontinentale (7gg) per 3 persone a 4000 euro/persona
Missioni	10	0	10	missione F2F europeo (7gg) per 4 persone a 2500 euro/persona
Missioni	4	0	4	missione review JAXA (7gg) per 1 persona a 4000 euro/persona
Missioni	4,5	0	4,5	missione Project Office europeo (3gg) per 1 persona a 1500 euro/persona per 3 meeting
Missioni	4,5	0	4,5	missione per riunione italiana SQUID Controller Unit (3 gg) per 5 persone a 900 euro a persona
Missioni	1	0	1	4 missioni di 2 giorni a Torino per design prototipo horn (1 persona)