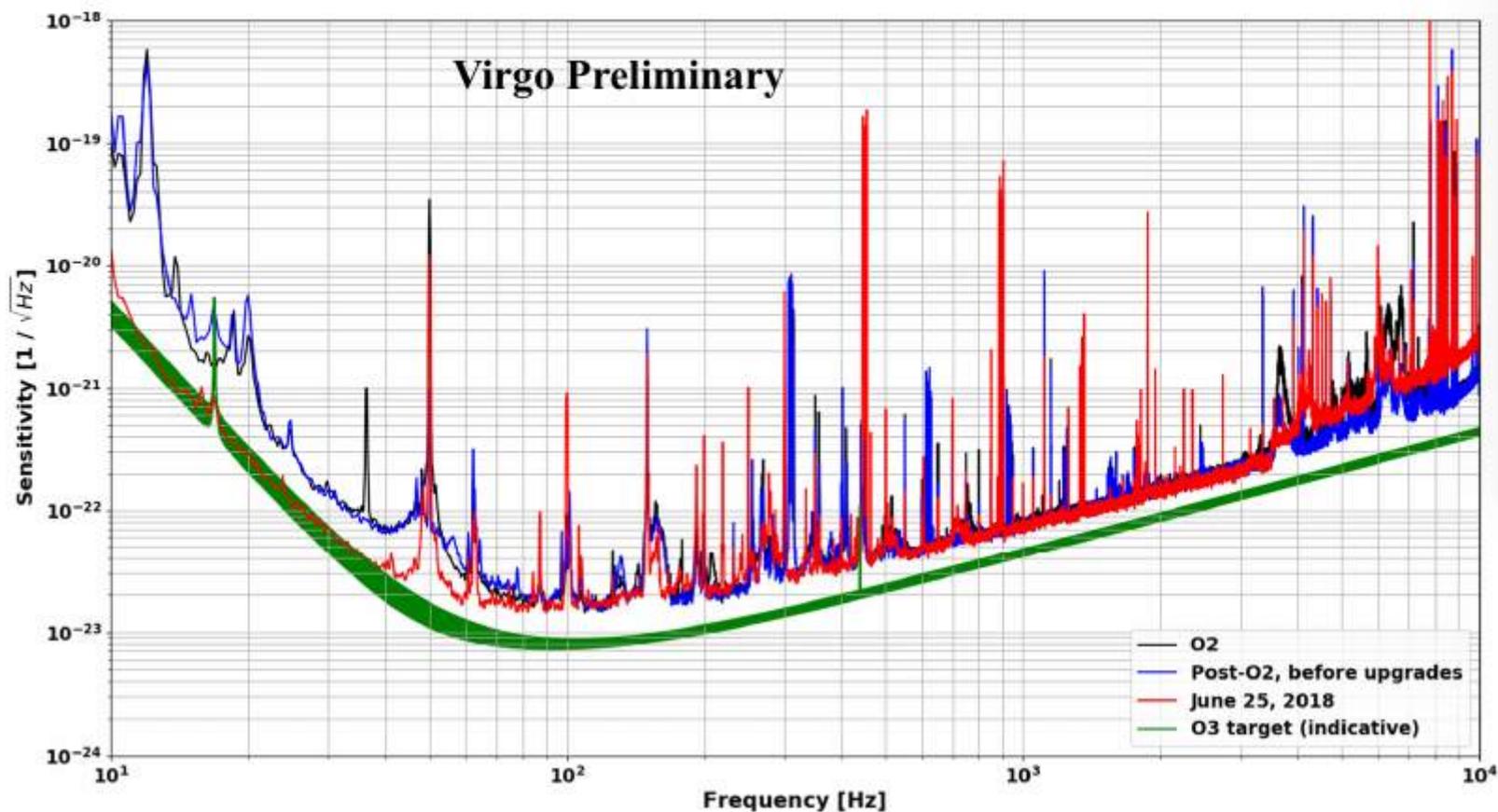


Current Virgo performance

- End of June
- O2
- Post-O2, before upgrades
- Indicative O3 target



Virgo

Come da diversi anni, l'attività del gruppo Pd-Tn articolata in:

- Analisi dei dati di Advanced Ligo – Advanced Virgo mediante pipeline cWB
- Sviluppi sperimentali per AdV - verso iniezione di vuoto squeezed e verso FDS

Il gruppo collabora anche alla detector characterization, al commissioning e all'outreach di Advanced Virgo

Nel corso del 2018 abbiamo anche:

- ripreso studio termico fuori equilibrio in ottica ET

Analisi Pd/Tn - Attività del 2017/18 (1)

(In collaborazione con Università della Florida, AEI di Hannover e GSSI)

- **Run O2** (Terminato fine Agosto 2017)
 - **Eseguita l'analisi dell'evento GW170814**, primo evento rivelato in tripla coincidenza LIGO, Virgo. I risultati dell'analisi:
 - sono stati usati come indicazione del contributo di Virgo
 - sono stati pubblicati nell'articolo della detection
 - **Effettuate analisi periodiche dei dati per Detector Characterization**
 - **Analisi per il follow-up elettromagnetico**
 - Effettuata l'analisi offline degli eventi sopra soglia generati dalla low latency cWB
- **Supporto e Sviluppo pipeline cWB**
 - **Pipeline**
 - Completato sviluppo pipeline cWB per analisi run O2
 - In corso aggiornamento pipeline cWB per analisi run O3
 - **Supporto ai gruppi che utilizzano cWB per ricerche specifiche**
 - CCSN (Core Collapse SuperNova)
 - BayesWave followup analisi dei triggers trovati con l'analisi cWB

Analisi Pd/Tn - Attività del 2017/18 (2)

(In collaborazione con Università della Florida, AEI di Hannover e GSSI)

- **Run O2** (Analisi in Corso)
 - **BBH (Stellar Mass Binary Black Holes)**
 - Analisi con cWB
 - I risultati dell'analisi verranno inclusi nel catalogo degli eventi rivelati in O1/O2
 - **Burst All-Sky Short Duration Generic Transients Signals**
 - Contributo all'analisi con cWB e alla scrittura articolo
 - **Burst All-Sky Long Duration Generic Transients Signals**
 - Analisi con cWB e contributo alla scrittura articolo
 - **IMBBH (Intermediate Mass Binary Black Holes)**
 - Contributo all'analisi con cWB
 - **eBBH (eccentric Binary Black Holes)**
 - Analisi congiunta dei dati di O1 e O2 e contributo alla scrittura articolo

Analisi Pd/Tn - Attività per il 2018/19

(In collaborazione con Università della Florida, AEI di Hannover e GSSI)

- **Supporto e Sviluppo pipeline cWB per Run O3**
 - **Completamento aggiornamento della pipeline**
 - miglioramento degli algoritmi di ricerca
 - ottimizzazione del codice
 - passaggio a ROOT6
 - **Supporto Detector Characterization per Virgo**
 - Utilizzo tools standard di Virgo
 - Sviluppo di nuovi tools basati su cWB
 - **Supporto ai gruppi che utilizzano cWB per ricerche specifiche**
- **Run O3** (Inizio 2019)
 - **Burst All-Sky Short Duration Generic Transients Signals**
 - Contributo all'analisi con cWB e alla scrittura articolo
 - **Burst All-Sky Long Duration Generic Transients Signals**
 - Analisi con cWB e contributo alla scrittura articolo
 - **IMBBH (Intermediate Mass Binary Black Holes)**
 - Contributo all'analisi con cWB
 - **Stellar Mass BBH & eBBH**
 - Analisi burst cWB e contributo alla scrittura degli articoli
 - **Analisi con cWB per il follow-up elettromagnetico**

1 PhD finito nel 2018 + 1 tesi magistrale

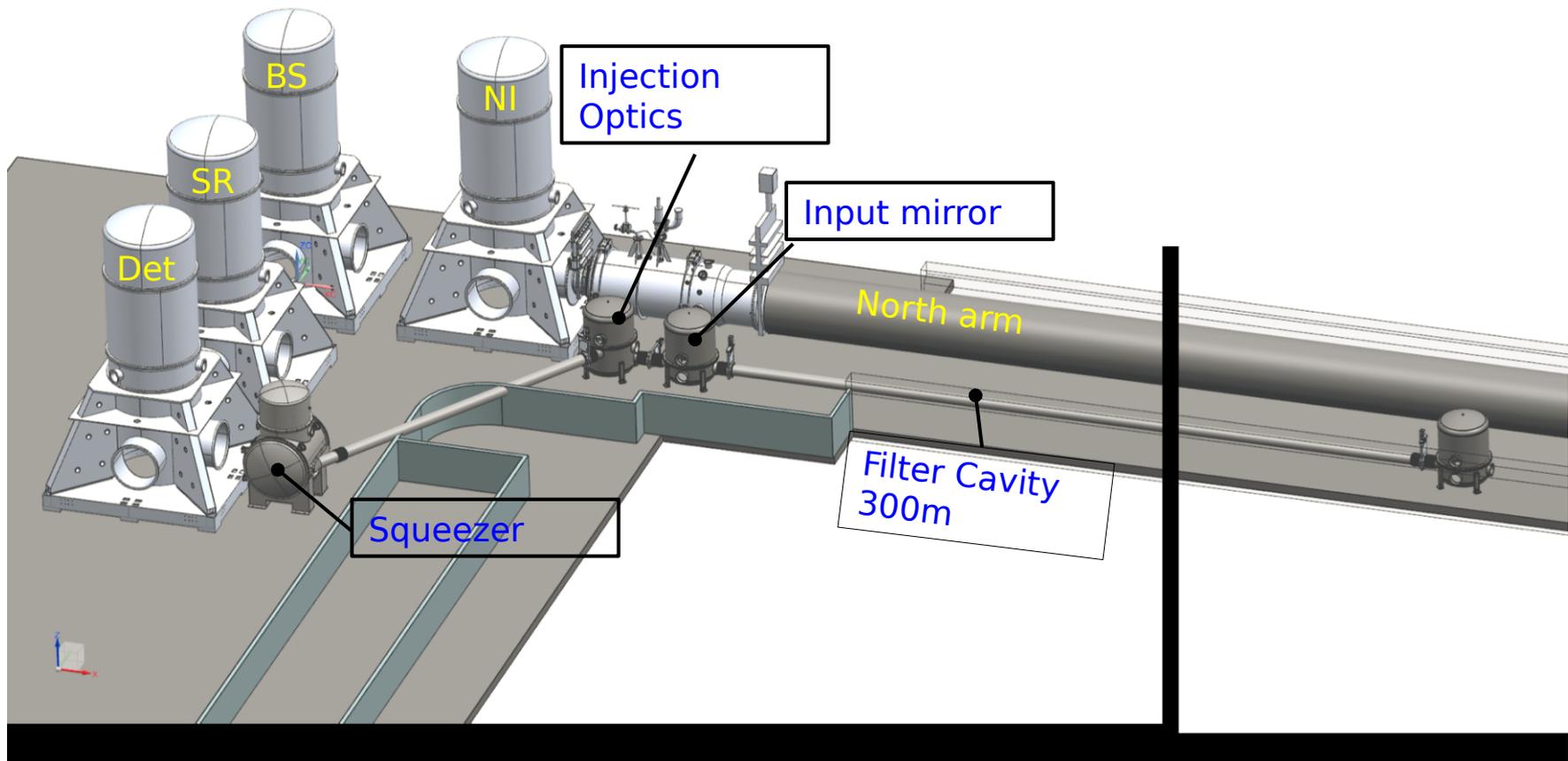
- ❑ La Sezione di Padova **coordina e partecipa** all'installazione ed al commissioning di un FIS per Virgo. Lo squeezer dovrà essere operante già a partire dal prossimo run O3 (fine 2018)

- ❑ L'installazione è stata completata in Marzo 2018. Padova ha fornito
 - Generatori dei canali RF necessari per lo squeezer (DDS)
 - Aggancio in fase dei laser dello squeezer tra di loro e con il Virgo main laser.
 - Loop di controllo dell'angolo della ellisse di squeezing.
 - Disegno della linea di iniezione per la mitigazione dell'effetto della «stray light».

- ❑ Inoltre la sezione è fortemente impegnata nel commissioning che è iniziato dopo la seconda metà di Marzo e dovrà essere completato per l'autunno.



- ❑ In questo momento la sezione di Padova **coordina e partecipa** anche al disegno di una nuova sorgente di luce squeezed «frequency dependent» che a partire dal run O4 (2022) dovrebbe permettere di ridurre il rumore quantistico su tutta la banda di rivelazione



- ❑ Il documento con il disegno concettuale del progetto dovrebbe essere completato entro poche settimane.

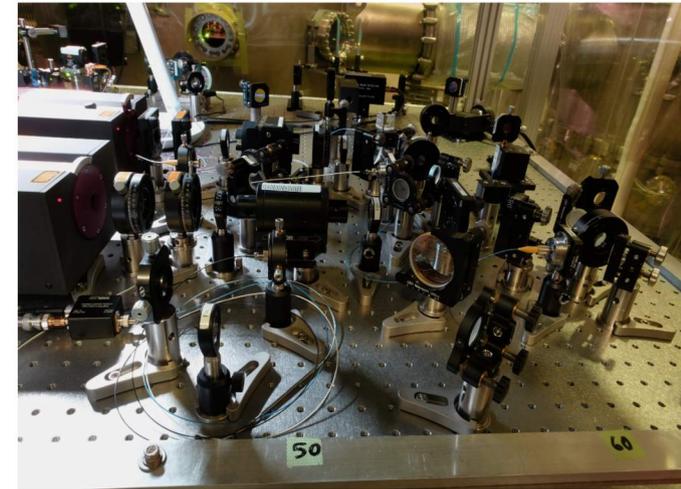
Collaboration with KAGRA on Filter cavity for FD Squeezing

M. Leonardi (NAOJ) visting the group in feb 2018 (INFN funds)

M. Vardaro: visitor at NAOJ in june 2018

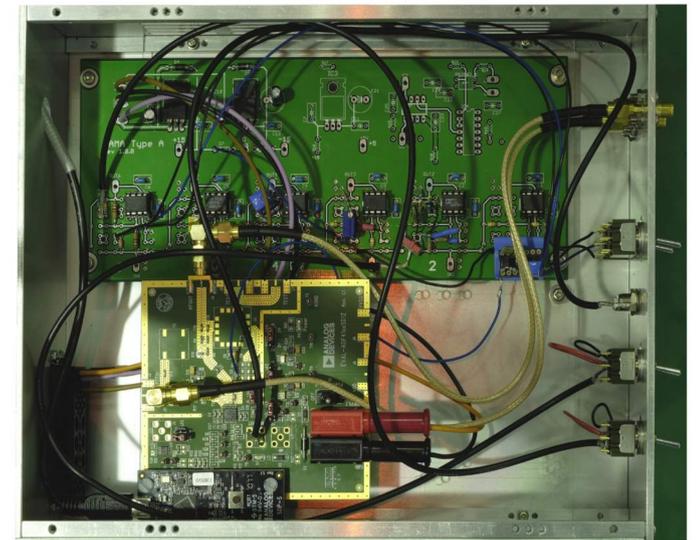
Main activities performed in June 2018

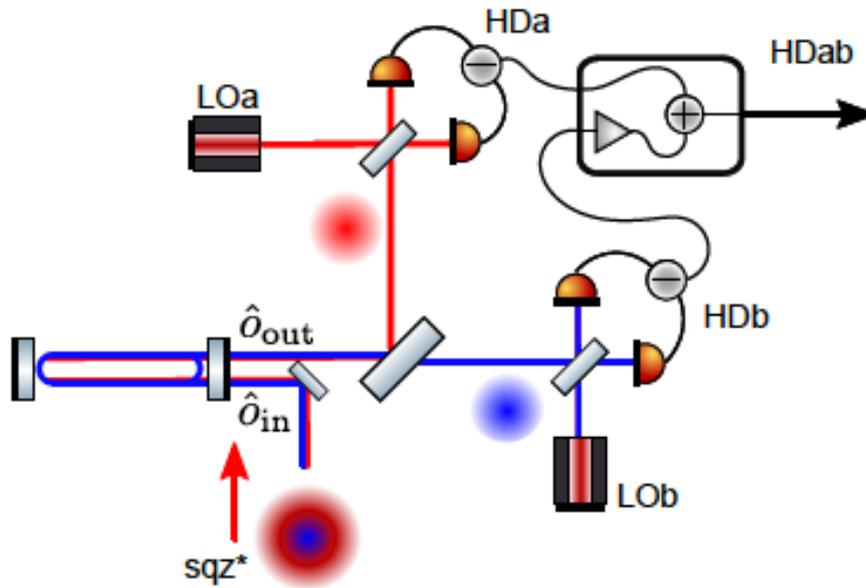
- Optimization of the squeezer optical design
- Optical characterization of the green mode cleaner
- Installation of the two auxiliary lasers
- Installation of the optical setup for the two fibred OPLL servo loops
- Design, developement and characterization of the OPLL servo controller



Other activities performed in June 2018

1. Installation of the second DDS board
2. Characterization of the RF amplifiers
3. Installation of a second rack in the clean-room, re-organization of the racks and squeezer cable mangement





Si vuole dimostrare il principio di funzionamento del EPR squeezing su una cavità da banco.

Padova si occupa principalmente di:

- Aggancio in fase con offset RF dei laser
- Stabilizzazione dell'ellisse di squeezing
- Schema di sottrazione
- Controllo luce diffusa ed ottimizzazione degli accoppiamenti ottici

Attività ai LNL

Raddoppiata superficie del laboratorio Virgo al capannone AE di LNL



introdurremo presto un terzo banco ottico per attività sul mode-matching

Prototype Electro-Optical Lens (EOL) construction

- Analytical calculations to confirm the sensing principle

- Optimization of the electro-optical lens design:

- Device size and aspect-ratio
- Lens number and shape
- Astigmatism compensation

- Realization of prototype
 - Crystal cut and polishing
 - Electrode plates construction (via chemical etching)

1 tesi magistrale + 1 summer student USA (2 mesi)

Mismatch description in terms of laser modes

$$U_{00} = (1 + i\gamma) V_{00} + (i\gamma - \beta) V_{01} \quad \frac{\delta z_0}{2z_R^{CAV}} = \gamma$$

$$U_{01} = (\beta - i\gamma) V_{00} + (1 + i\gamma) V_{01} - 2i\gamma V_{02} \quad \frac{\delta w_0}{w_0^{CAV}} = \beta$$

EOL modulation effect

$$E_{IN} = E_0 U_{IN} e^{i\omega t} = E_0 \{ [1 + i(\gamma + G)] V_{00} + [i(\gamma + G e^{i\Delta\Psi}) - (\beta + B e^{i\Delta\Psi})] V_{01} \} e^{i\omega t}$$

$$\frac{\delta z_0^{EO}}{2z_R^{IN}} = G = \frac{m_G}{2} (e^{i\Omega t} + e^{-i\Omega t}) \quad \frac{\delta w_0^{EO}}{w_0^{IN}} = B = \frac{m_B}{2} (e^{i\Omega t} + e^{-i\Omega t})$$

EOL modulation effect

$$I_Q = I_0 (\gamma m_G + \beta m_B)$$

$$I_I = I_0 (\beta m_G - \gamma m_B)$$

$$\begin{pmatrix} I_Q \\ I_I \end{pmatrix} = I_0 \begin{pmatrix} m_G & m_B \\ m_G & -m_B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \gamma \\ \beta \end{pmatrix}$$

Prototype Electro-Optical Lens (EOL) construction

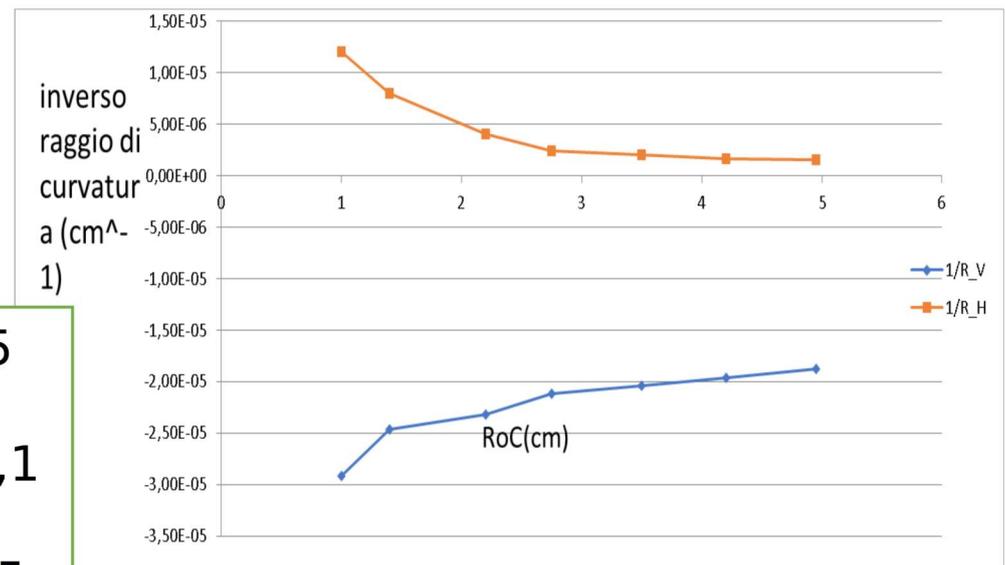
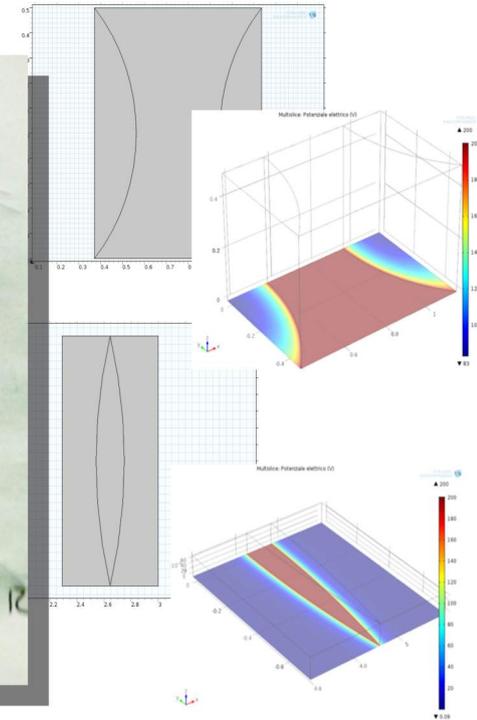
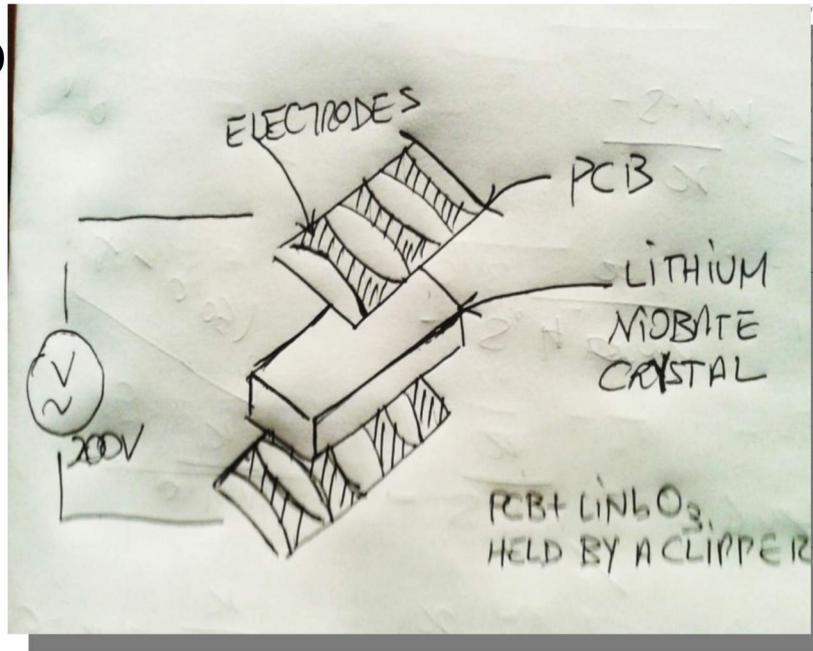
- Analytical calculations to confirm the sensing principle

- Optimization of the electro-optical lens design:

- Device size and aspect-ratio
- Lens number and shape
- Astigmatism compensation

- Realization of prototype

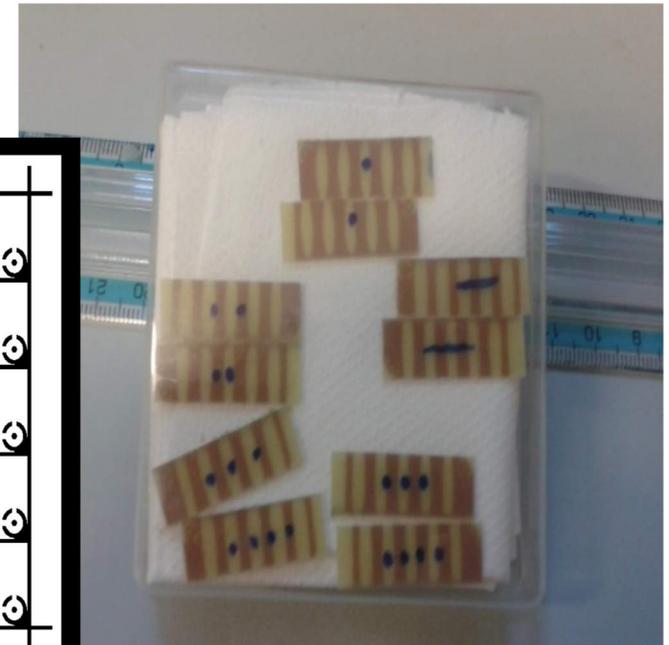
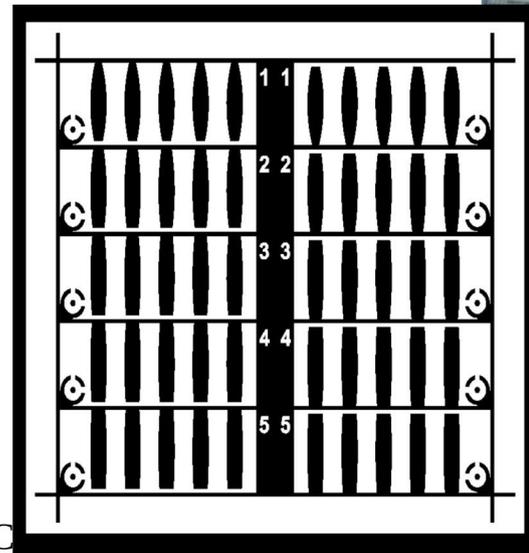
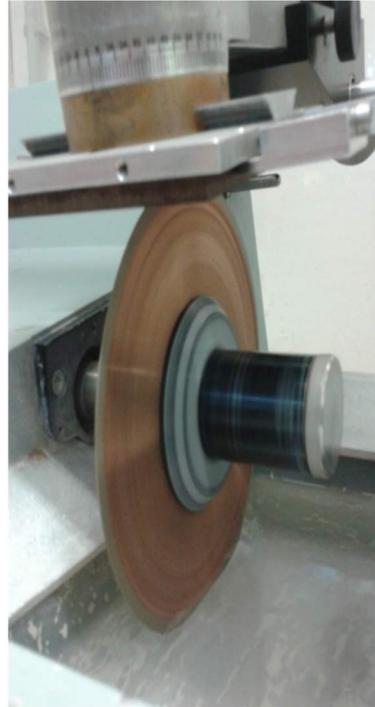
- Crystal cut and polishing
- Electrode plates construction (via chemical etching)



t=1,5 mm
d= 0,1 mm
W=15 mm

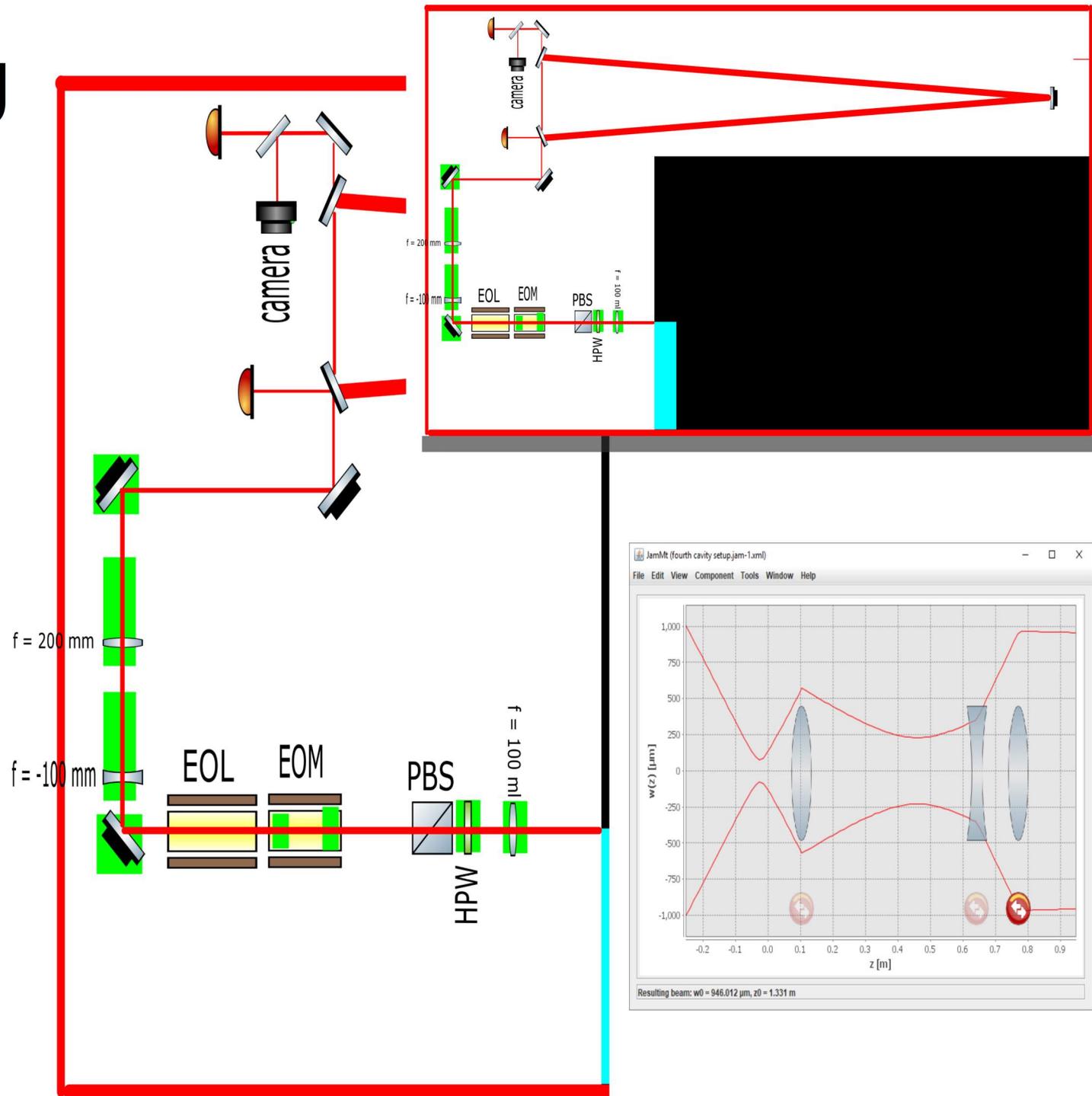
Prototype Electro-Optical Lens (EOL) construction

- Analytical calculations to confirm the sensing principle
- Optimization of the electro-optical lens design:
 - Device size and aspect-ratio
 - Lens number and shape
 - Astigmatism compensation
- **Realization of prototype**
 - **Crystal cut and polishing**
 - **Electrode plates construction (via chemical etching)**



EOL testing

- Design of suitable cavity geometry (usable HOM spacing)
- Design and construction of the optical setup
- PDH cavity locking
- Measurement of Mode-matching error signals

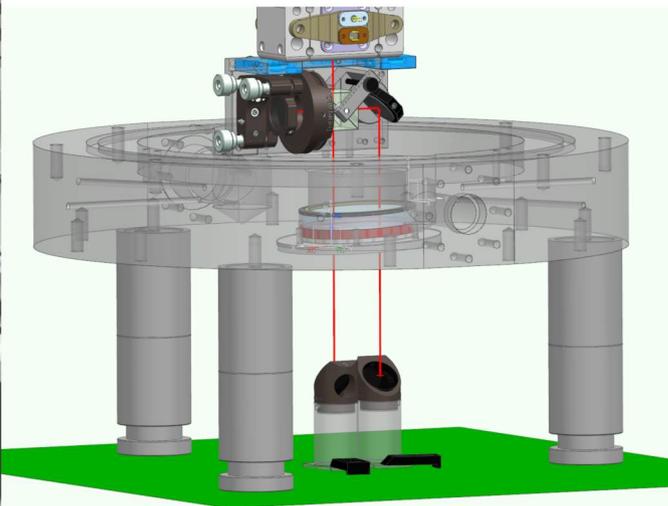
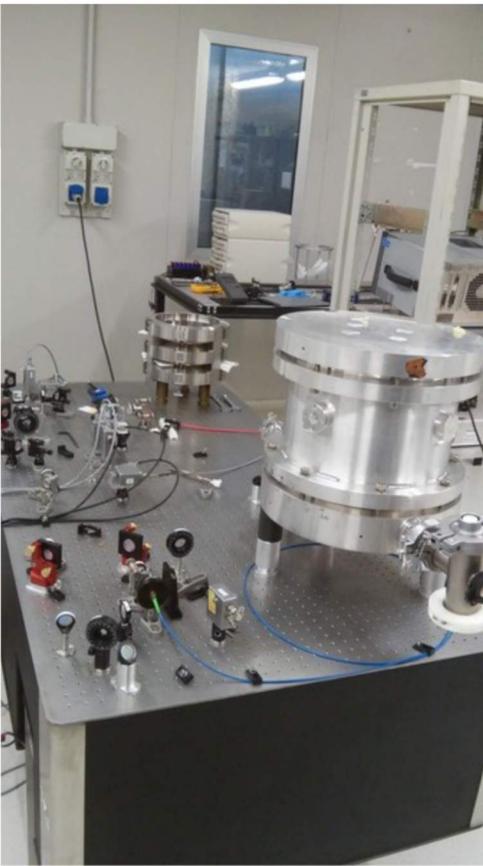


Nonequilibrium Thermal Noise

1 tesi magistrale + 1 summer student USA (2 mesi)

Attività maggiormente di interesse per ET (e inclusa per il 2019 nella sigla ET-Italia @Pd)

Nel corso del 2018: ripresa della ricerca sperimentale sul rumore termico nei solidi soggetti a flussi di calore



ANAGRAFICA PADOVA, RICHIESTA SERVIZI ALLA SEZIONE, GRUPPO PD-TN

ricercatori	FTE
Bazzan	60
Ciani	80
Conti	80
De Pietri	50
Lazzaro	80
Vardaro	80
Vedovato	100
Zendri	60

tecnologi	FTE
Pegoraro	20

servizi	mesi persona
off. meccanica	3
off. elettronica	3
uff. tecnico	1

In occasione del rinnovo a breve del MOU del gruppo Pd-Tn con Virgo:

- chiederemo la distinzione tra Pd e Tn anche in Virgo
- inseriremo le attività di studio modellazione BBH per permettere a Mapelli e Spera di associarsi a Virgo Pd (attualmente sono su Mi-Bi). In caso: Mapelli 0.4FTE, Spera 0.5FTE. Idealmente per il 2019, altrimenti rimandiamo al 2020

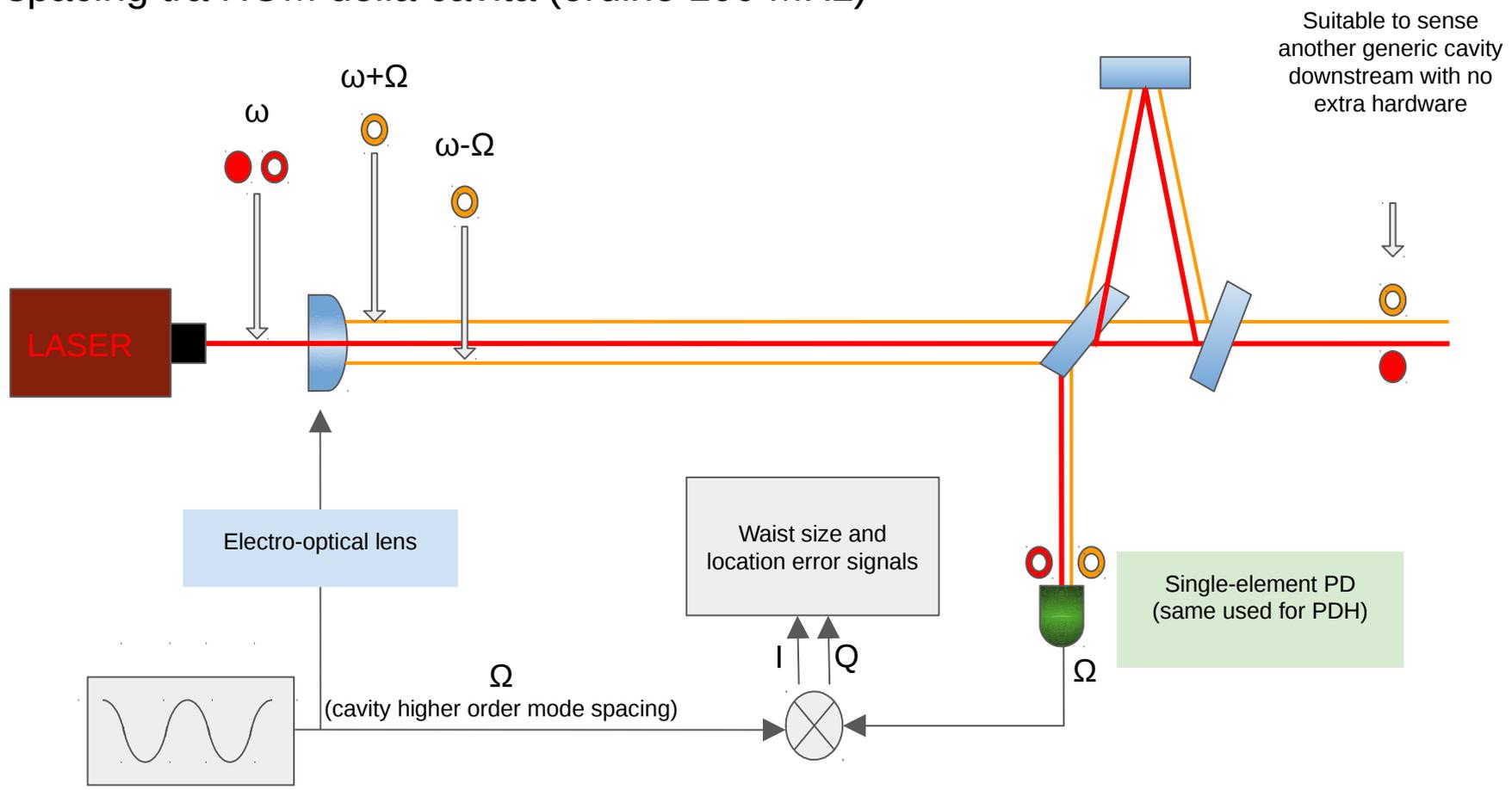
BACKUP SLIDES

RF sensing for mode-matching: produzione di un segnale di errore

Consideriamo un laser no matched a una cavità:
 ad esempio LG00 + LG01 (mismatch in posizione e dimensione del waist)

Moduliamo il mismatch con lente elettro-ottica a Ω :
 2 bande laterali a $\omega \pm \Omega$ per LG01, oltre la carrier a LG00+LG01

Ω = spacing tra HOM della cavità (ordine 100 MHz)



Il segnale al fotodiodo in riflessione, demodulato a Ω , produce segnale proporzionale al mismatch e separatamente per posizione e dimensione (dalle 2 quadrature)