

exail



FIRST  
TF

LPL  
Laboratoire de  
Physique des Lasers

# Projet CABRI

cnrs

UNIVERSITÉ  
SORBONNE  
PARIS NORD

LPL : Yacine CHELOUAH, Frédéric DU-BURCK, Vincent RONCIN  
EXAIL : Laurent LABLONDE, Ronan LE-MASSON, Thierry ROBIN

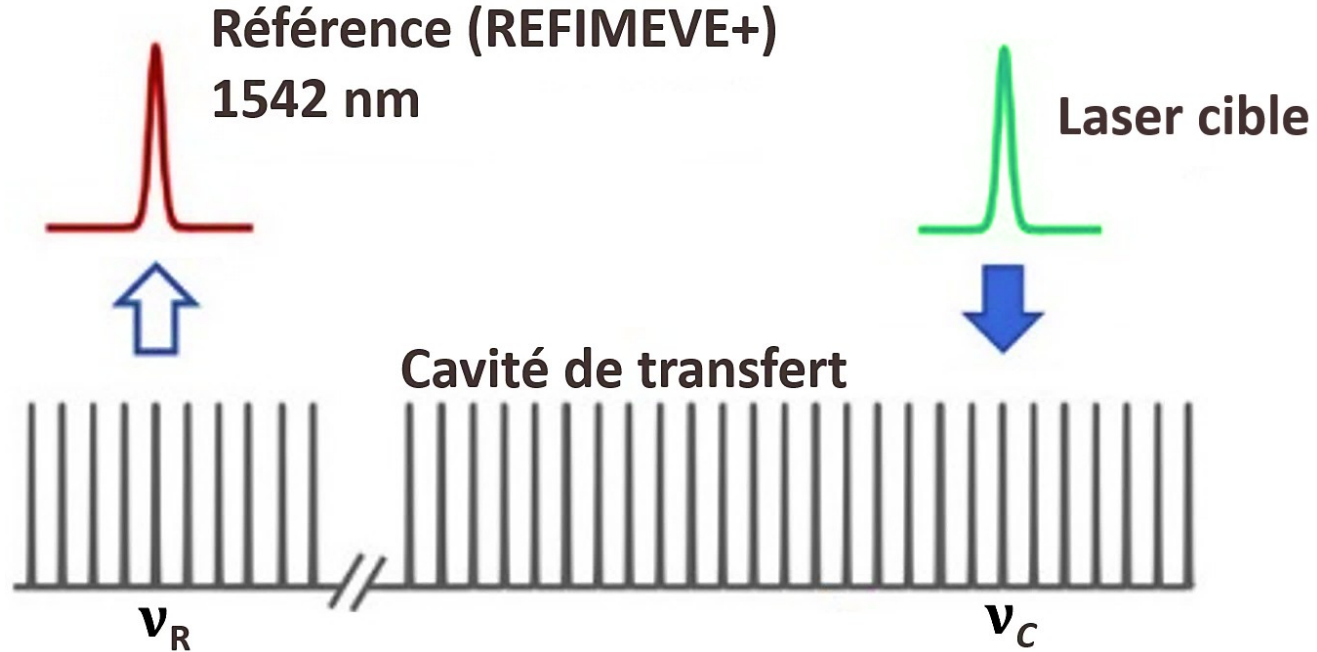
# Cavité Fabry-Perot à réseaux de Bragg pour le transfert de stabilité en fréquence sur une large bande spectrale

- Projet sur 1 an
- Budget : 30k€ + 12 mois IR
  - Financé par le LabEx FIRST-TF
- Entreprise partenaire : Exail (division photonique)

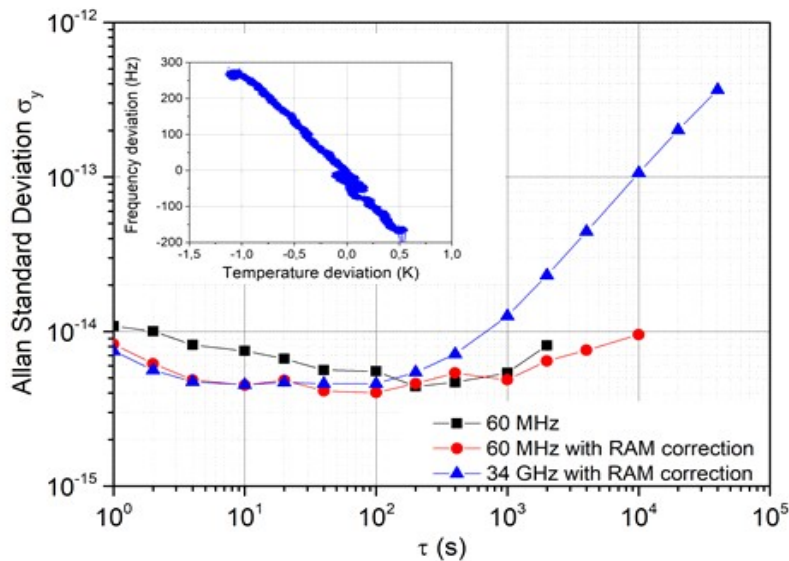


- Demande en sources laser stables
  - Recherche fondamentale
  - Technologie industrielle
  - Spectroscopie de haute résolution
  - Synchronisation d'instruments
  - Détection cohérente ultra-sensible
  - **Développement des technologies quantiques**
    - manipulation cohérente des états quantiques des systèmes atomiques (horloges atomiques, sources de photons uniques et qbits)
  
- Besoin de dispositifs compacts, autonomes et transportables

# Principe du transfert



# Cavité en anneau



- Stabilité de  $5 \cdot 10^{-15}$
- Sensibilité thermique : -1,3 kHz/K/nm

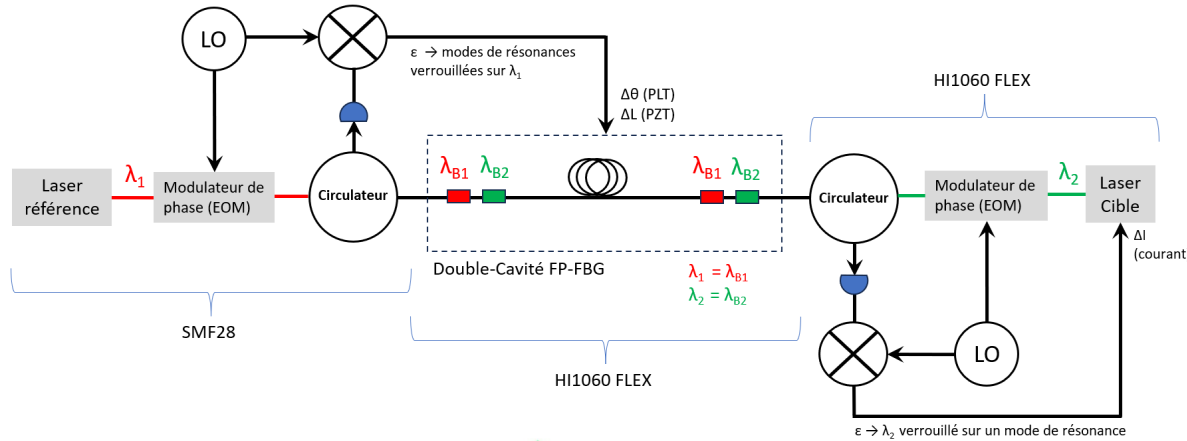
## Limites et contraintes :

- Sensibilité à la température
- Stabilité de la température ambiante
- Transfert limité à 100nm
- Montage volumineux

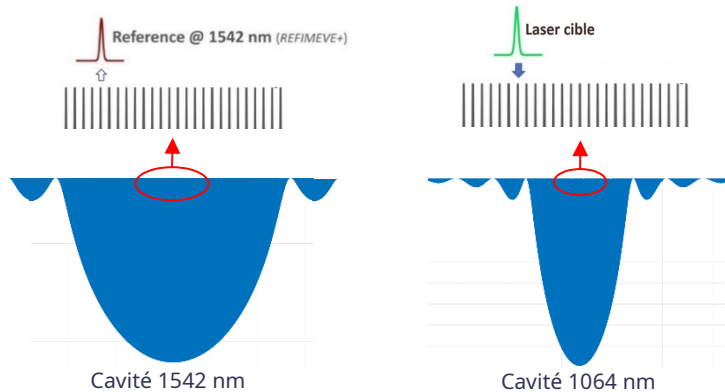
## Projet CABRI

- Transfert lointain avec la même stabilité
- Dispositif de stabilisation adapté (limitations des perturbations externes, meilleur stabilité thermique)
- Compacité
- Autonomie
- Transportabilité

# Principe de CABRI

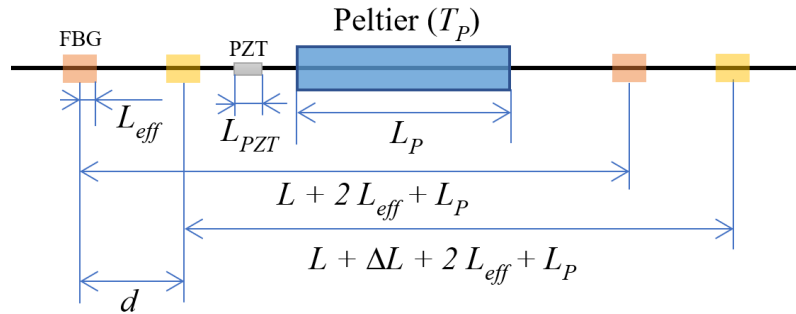


**2 cavités Fabry-Perot à réseaux de Bragg imbriquées au sein d'une même fibre monomode Corning HI1060 FLEX**

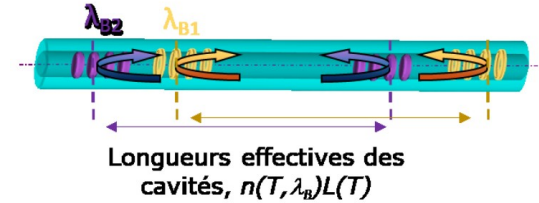


- La **cavité 1** est verrouillée sur REFIMEVE+ ( $\nu_R = 1542,14\text{nm}$ )
- Le laser cible ( $\nu_c = 1063,18\text{nm}$ ) est verrouillé sur la **cavité 2**

- Asservissement par **méthode PDH**
- Mesure de stabilité par battement



- $\Delta L$  = écart de longueur entre les 2 cavités
- $\Delta T$  = variation de température
- $L_{eff}$  = longueur effective des FBG



$$\begin{aligned}
 & A(v_0) A_P(v_1) - \left(1 + \frac{\Delta L}{L}\right) A(v_1) A_P(v_0) + \frac{L_{eff}}{L} (A_{eff}(v_1) A_P(v_0) - A_{eff}(v_0) A_P(v_1)) \\
 & + \frac{L_{PZT}}{L} (A_{PZT}(v_1) A_P(v_0) - A_{PZT}(v_0) A_P(v_1)) \\
 & \frac{v_1}{(L + \Delta L + 2L_{eff}) + n_P(v_1)L_P} * (L - L_{PZT}) \frac{A_P(v_0)}{A_P(v_0)}
 \end{aligned}$$

- Paramètres critiques :
  - Stabilité thermique
  - Écart de longueur entre les 2 cavités



- Paramètres pour une stabilité de l'ordre de  $10^{-15}$  :

→  $\Delta L < 10 \mu\text{m}$

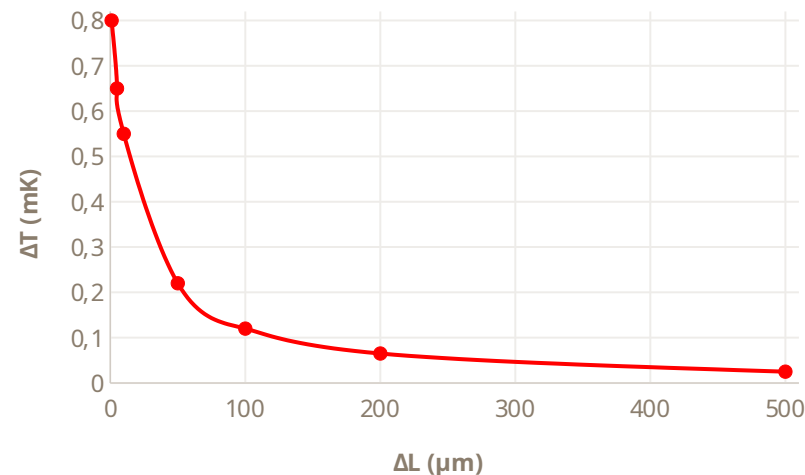
→  $\Delta T = 1 \text{ mK}$

→  $L_{\text{PLT}} = 99\% L_{\text{cavité}}$

→  $L_{\text{PZT}} = 9 \text{ mm}$

→  $\alpha_{\text{PZT}} < 20^* \alpha_{\text{fibre}}$

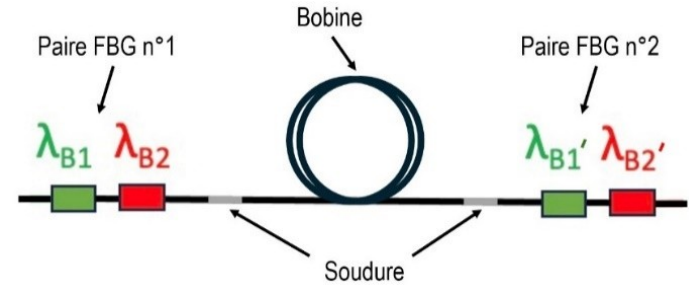
$\Delta T = f(\Delta L)$  pour  $\Delta\nu/\nu=2\text{E-}15$



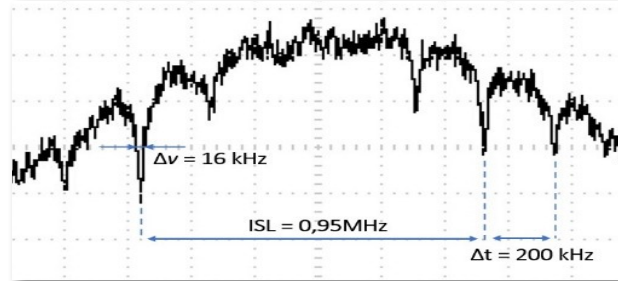
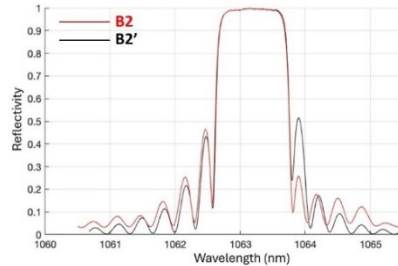
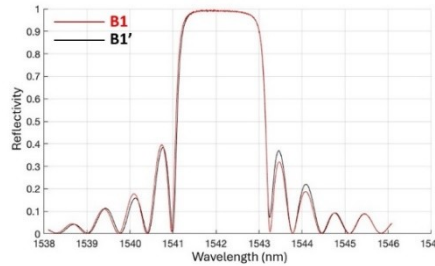
- Réalisation des cavités chez Exail

- Photoinscription par masque de phase

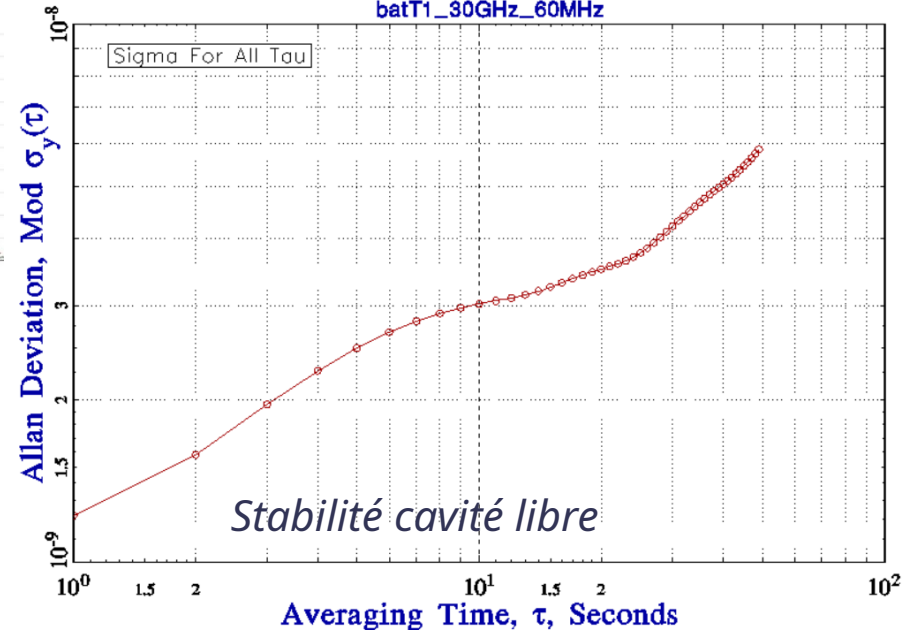
- Banc adapté au projet CABRI pour limiter  $\Delta L$



# Caractérisation double FP-FBG



## FREQUENCY STABILITY

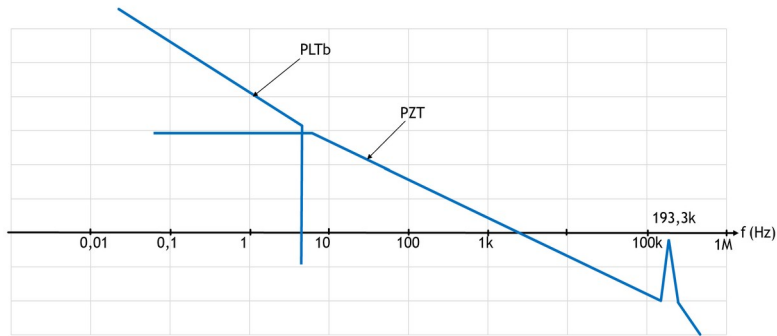


Dérive thermique cavité libre :  
 $\approx 200$  kHz/s

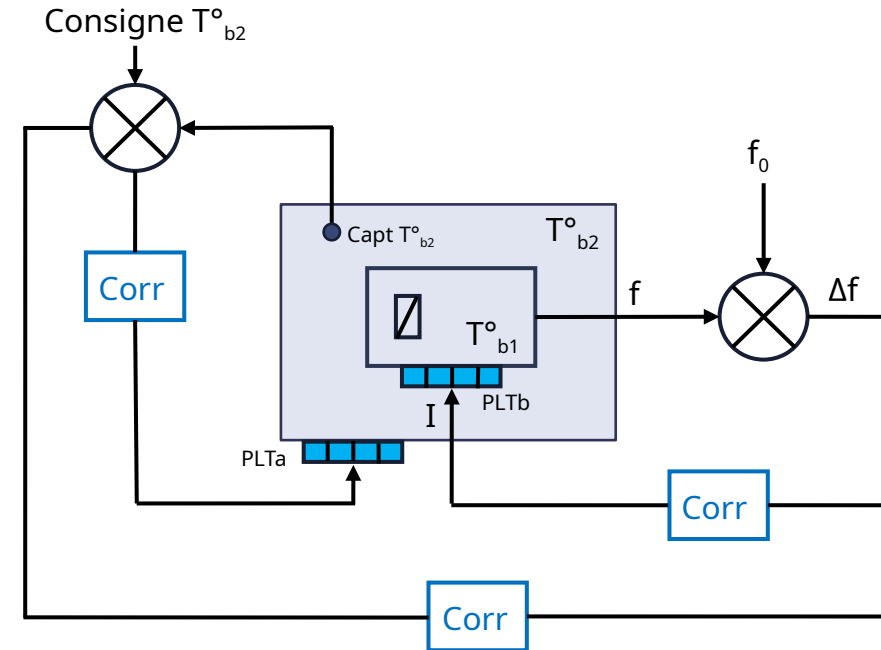
# Principe d'asservissement

## Triple correction

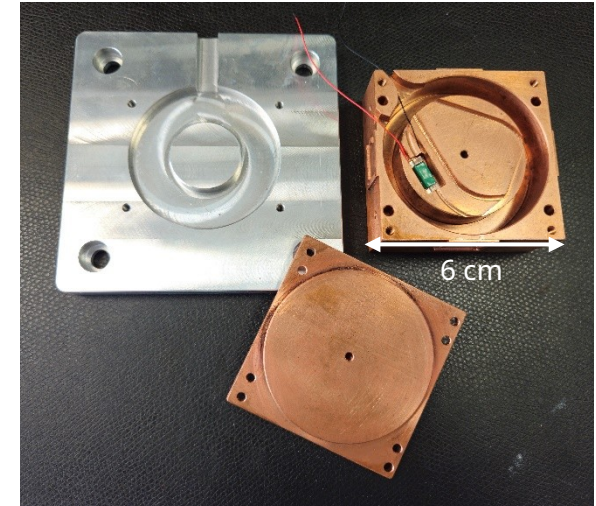
- Court terme / PZT (stretcher)
- Moyen terme / PLTb (Modules Peltier carrés)
- Long terme / PLTa (Module Peltier annulaire)



## Double correction en température

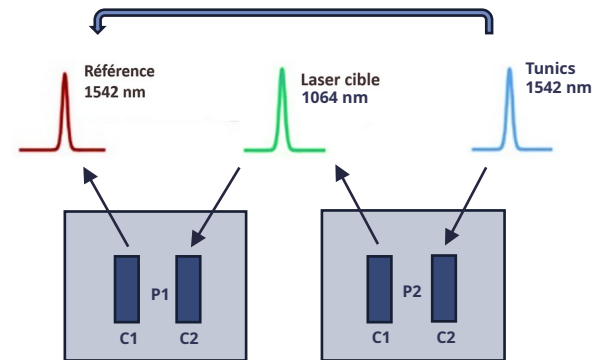


# Packaging



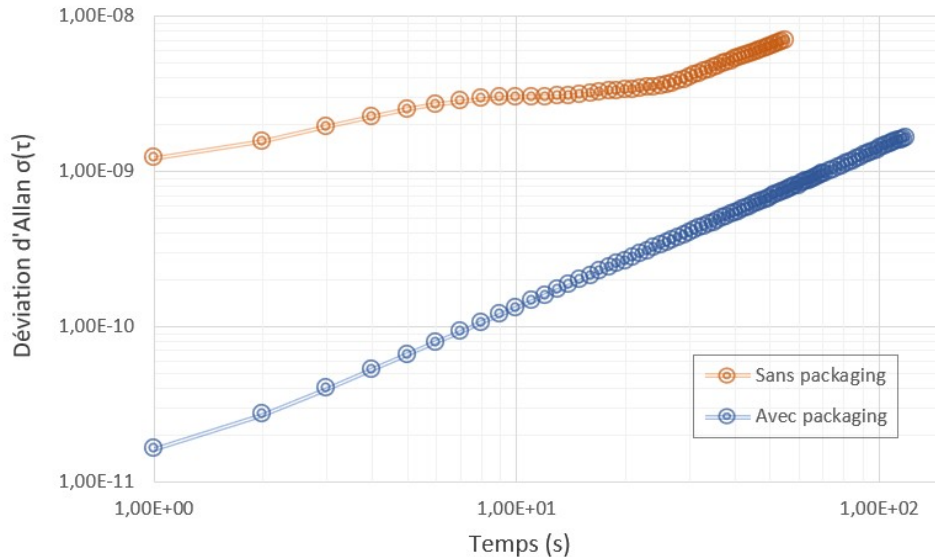
- 2 dispositifs de transfert similaires (double FP-FBG + packaging)

→ Pour une caractérisation métrologique du transfert (de  $1,5\mu\text{m}$  à  $1\mu\text{m}$ )



# Stabilité avec packaging

Stabilité en fréquence de la cavité



- Stabilité de la cavité dans le packaging (sans régulation ni correction) :

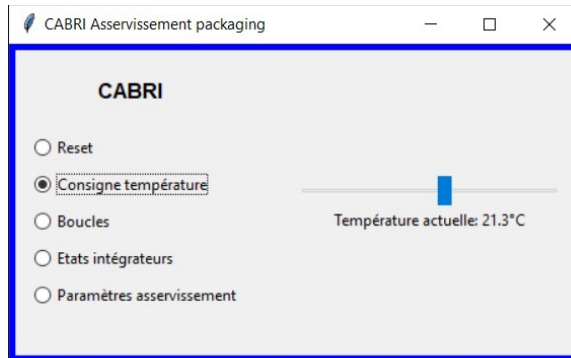
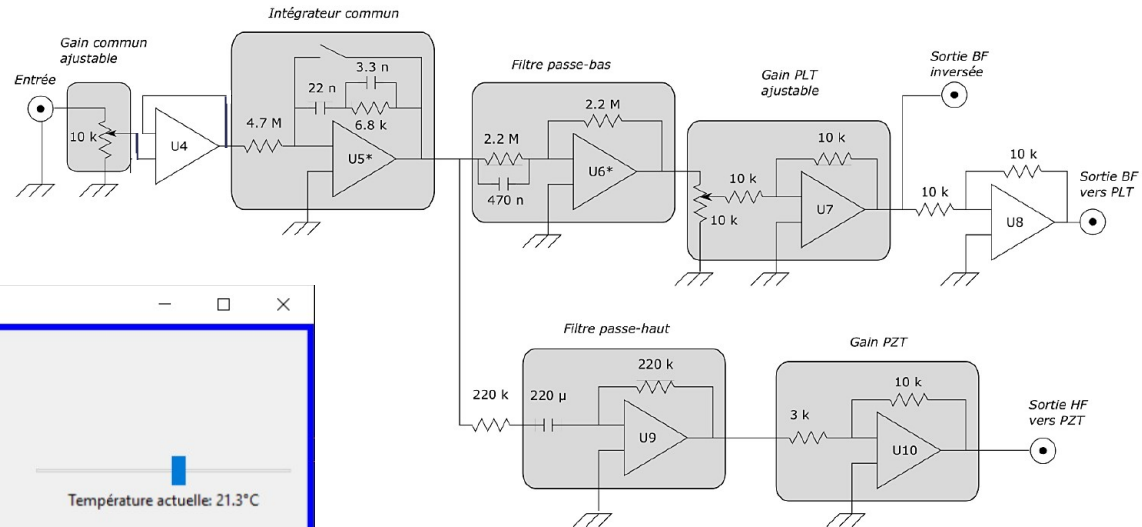
**3kHz/s**

(contre 200kHz/s pour la cavité libre)

→ Stabilité 50x meilleure avec le packaging seul

# Electronique d'asservissement

- Actuellement : électronique analogique
- A terme : électronique numérique



- 1) Finaliser les dispositifs et l'électronique associée
- 2) Campagne de tests métrologiques
  - 12 mois IR (AAP 2023)
  - 6 mois IR (AAP 2024)



# Remerciements

- Atelier mécanique
  - Albert KALADJIAN
  - Mathieu GONCALVES
- Atelier électronique
  - Fabrice WIOTTE
  - Haniffe MOUHAMAD
- Equipe MMTF
  - Mamadou FAYE
- Administration LPL
  - Chrystel REDON
  - Bélaïd NAIT-SIDNAS
- Exail
  - Laurent LABLONDE
  - Ronan LE-MASSON
  - Thierry ROBIN
  - Thomas VILLEDIEU

# Fin

Merci