

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

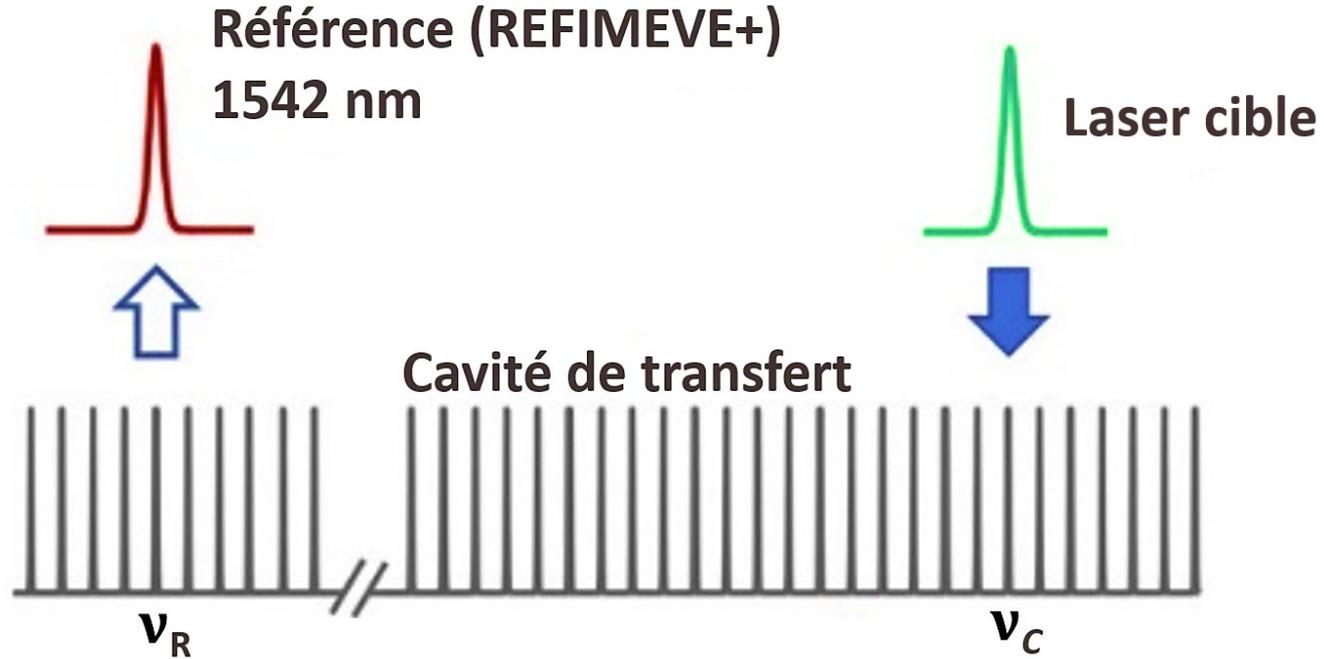
Cavité Fabry-Perot à réseaux de Bragg pour le transfert de stabilité en fréquence sur une large bande spectrale

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

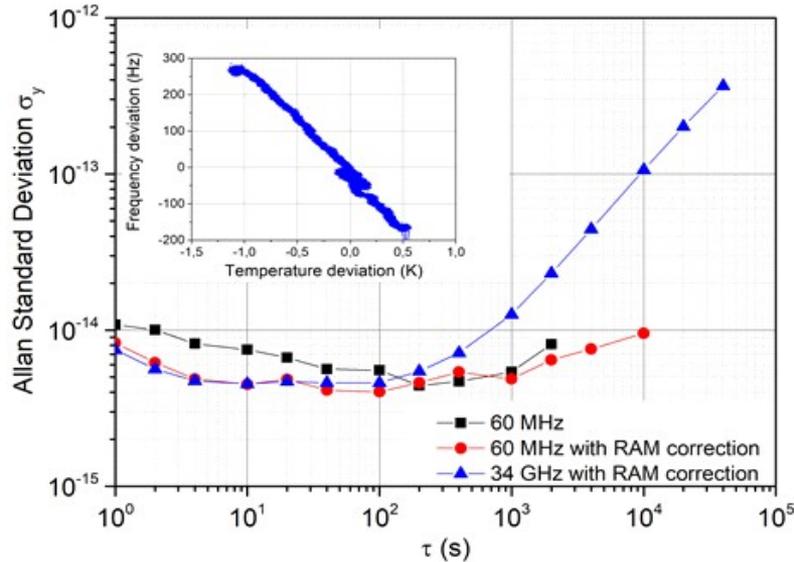
- Demande en sources laser stables
 - Recherche fondamentale
 - Technologie industrielle
 - Spectroscopie de haute résolution
 - Synchronisation d'instruments
 - Détection cohérente ultra-sensible
 - **Développement des technologies quantiques**
 - manipulation cohérente des états quantiques des systèmes 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

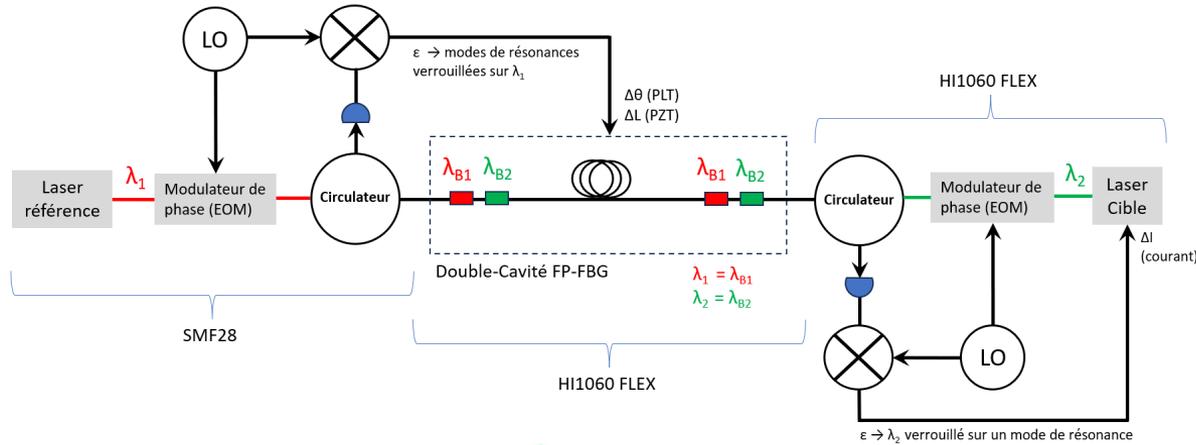
Limites et contraintes :

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

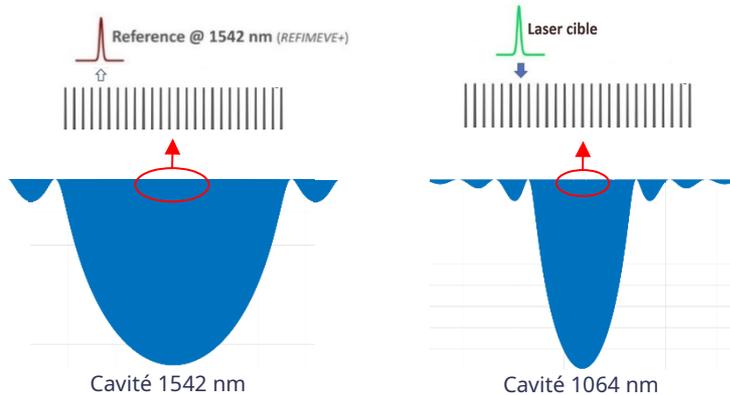
Projet CABRI

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

Principe de CABRI

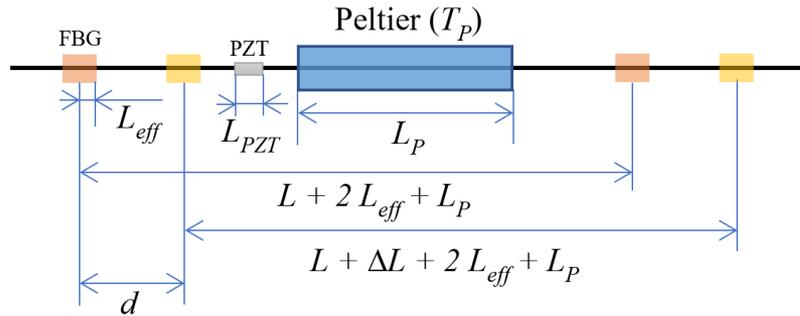


2 cavités Fabry-Perot à réseaux de Bragg imbriquées au sein d'une même fibre monomode Corning HI1060 FLEX

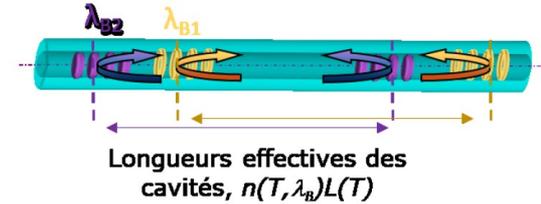


- La **cavité 1** est verrouillée sur REFIMEVE+ ($\nu_R = 1542,14\text{nm}$)
- Le laser cible ($\nu_c = 1063,18\text{nm}$) est verrouillé sur la **cavité 2**

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



- ΔL = écart de longueur entre les 2 cavités
- ΔT = variation de température
- L_{eff} = longueur effective des FBG



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

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

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

→ $\Delta L < 10 \mu\text{m}$

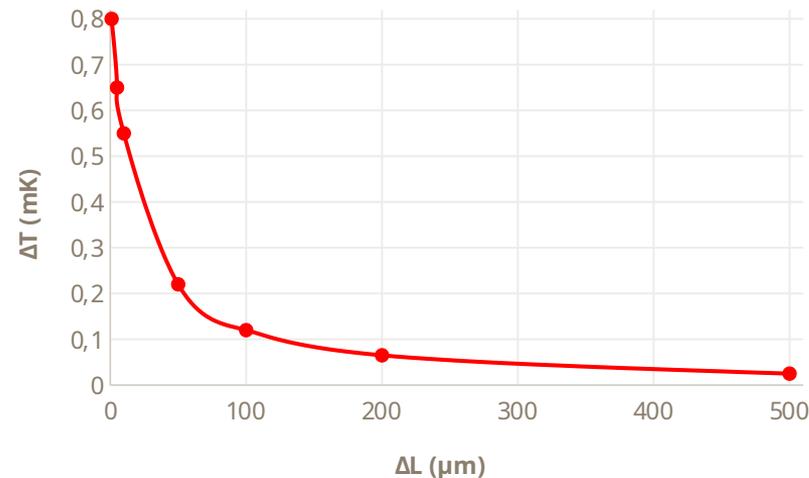
→ $\Delta T = 1 \text{ mK}$

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

→ $L_{\text{PZT}} = 9 \text{ mm}$

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

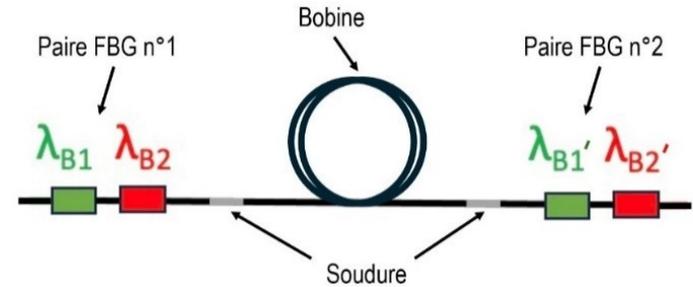
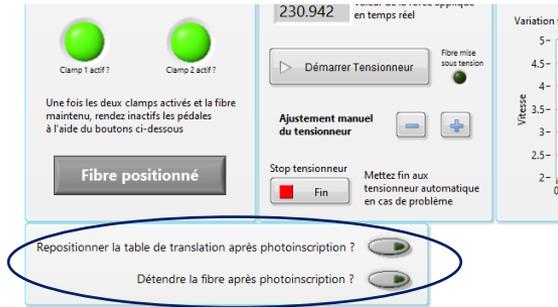
$\Delta T = f(\Delta L)$ pour $\Delta\nu/\nu=2\text{E-}15$



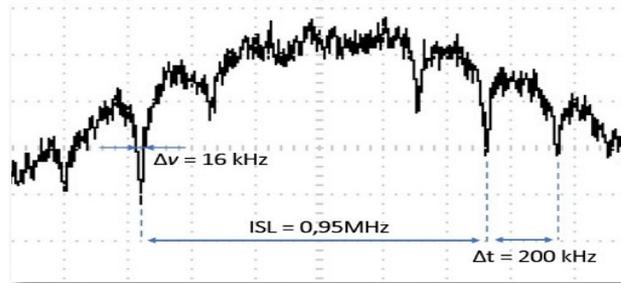
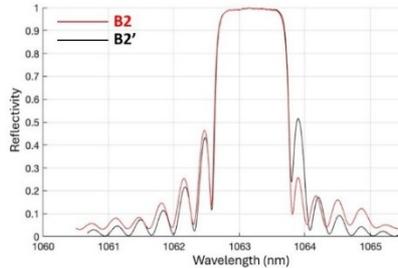
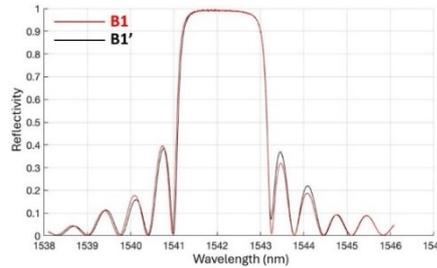
- Réalisation des cavités chez Exail

 - Photoinscription par masque de phase

 - Banc adapté au projet CABRI pour limiter ΔL

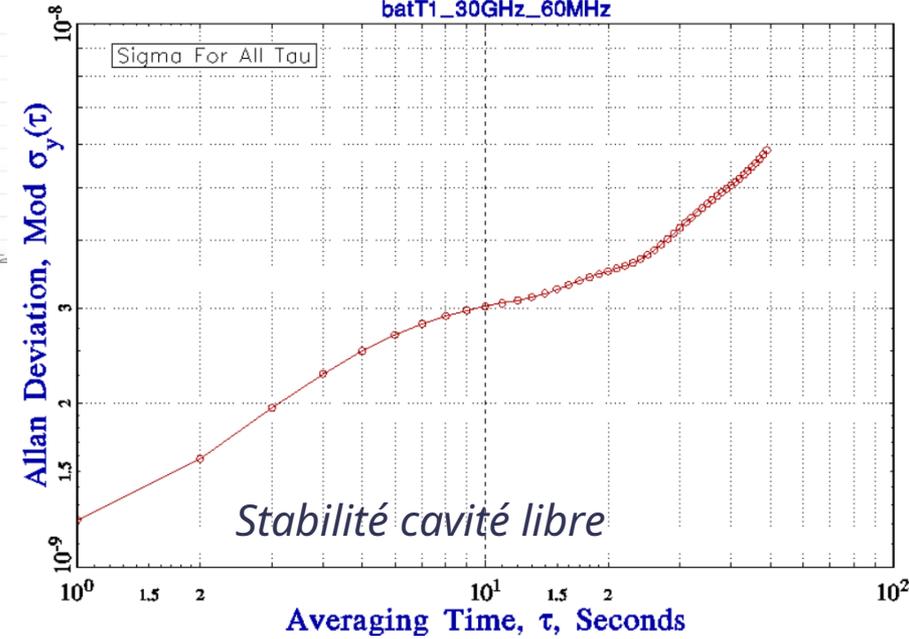


Caractérisation double FP-FBG



FREQUENCY STABILITY

batT1_30GHz_60MHz

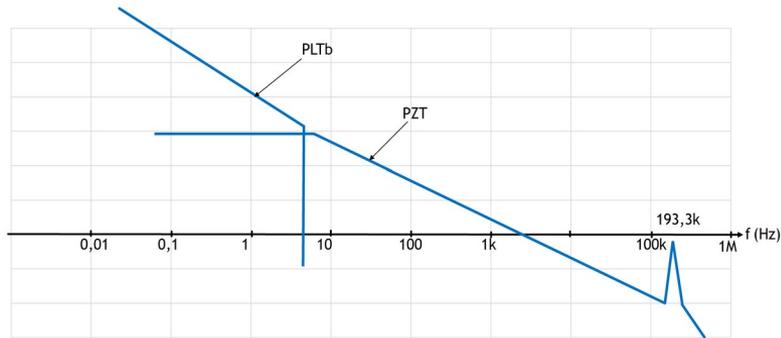


Dérive thermique cavité libre :
 $\approx 200 \text{ kHz/s}$

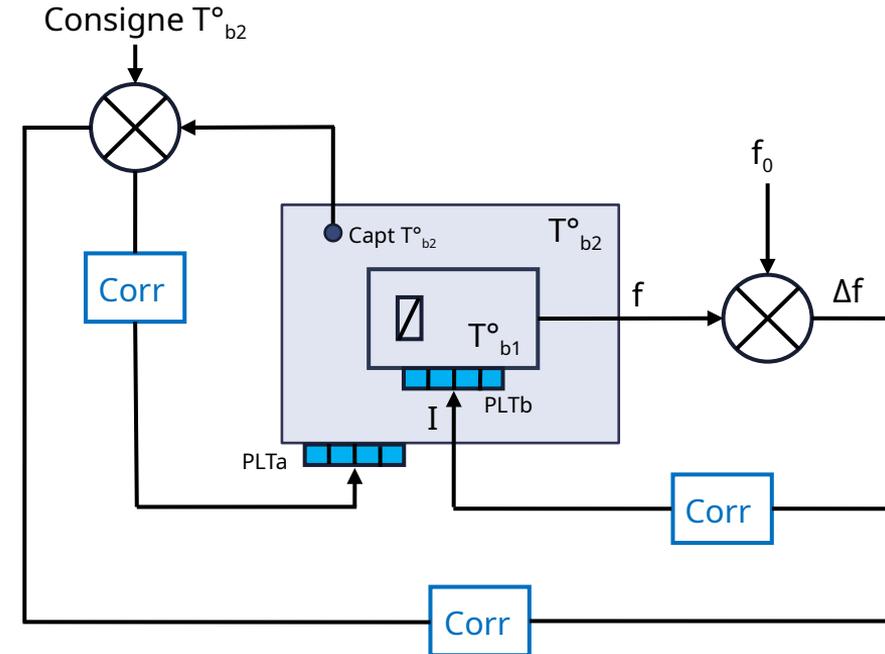
Principe d'asservissement

Triple correction

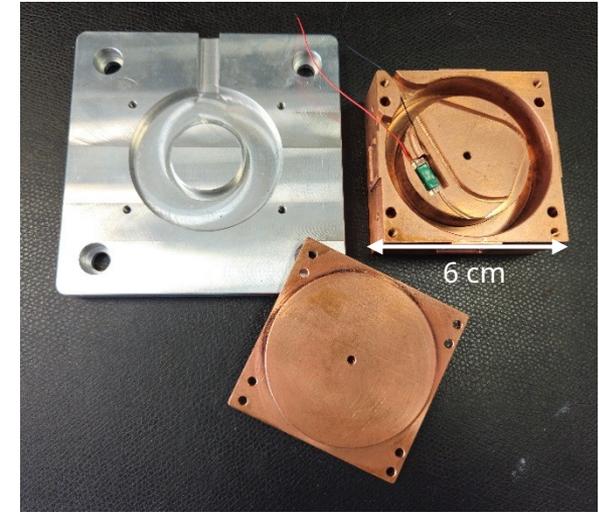
- Court terme / PZT (stretcher)
- Moyen terme / PLTb (Modules Peltier carrés)
- Long terme / PLTa (Module Peltier annulaire)



Double correction en température

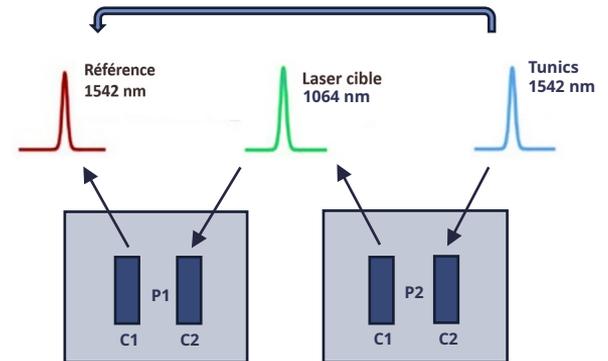


Packaging



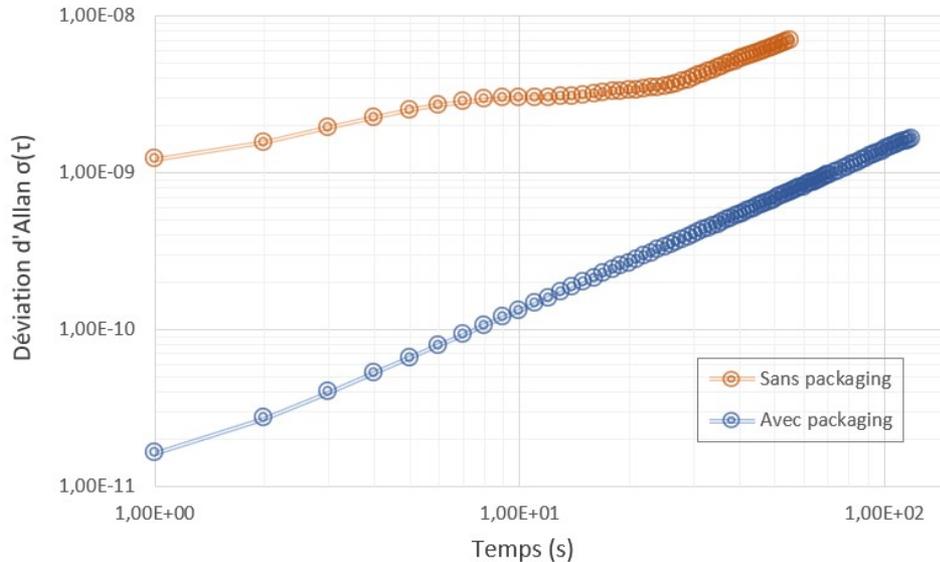
- 2 dispositifs de transfert similaires (double FP-FBG + packaging)

→ 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



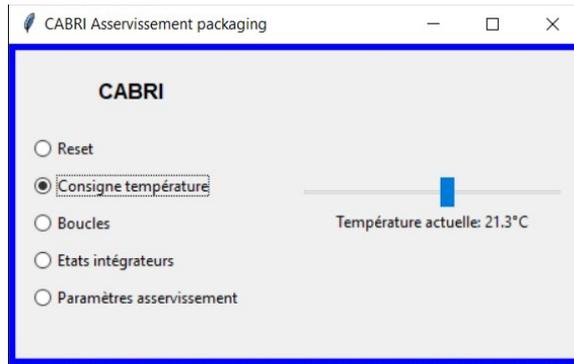
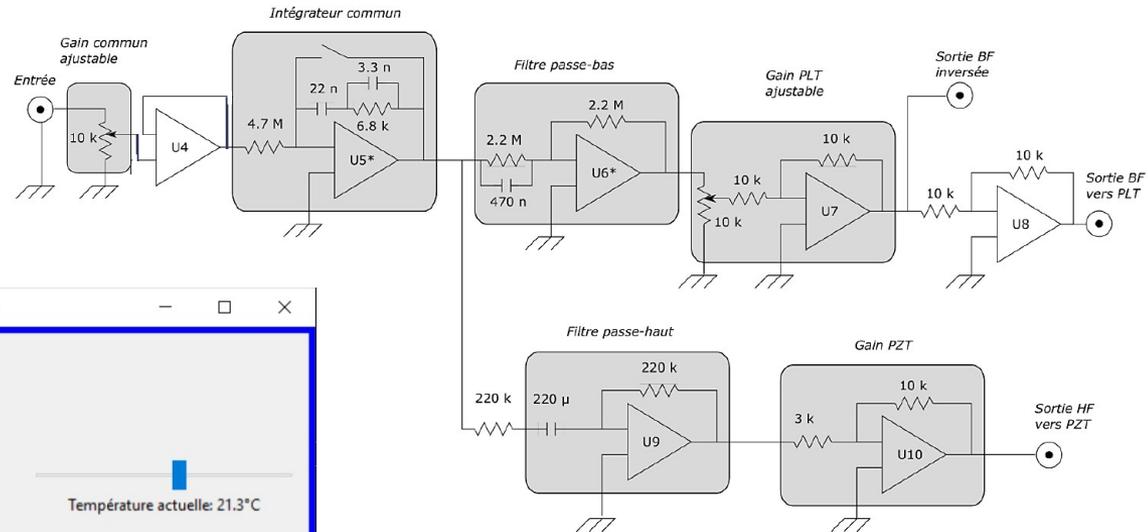
- Stabilité de la cavité dans le packaging (sans régulation ni correction) :

3kHz/s

(contre 200kHz/s pour la cavité libre)

→ Stabilité 50x meilleure avec le packaging seul

- 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