Projet CABRI

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

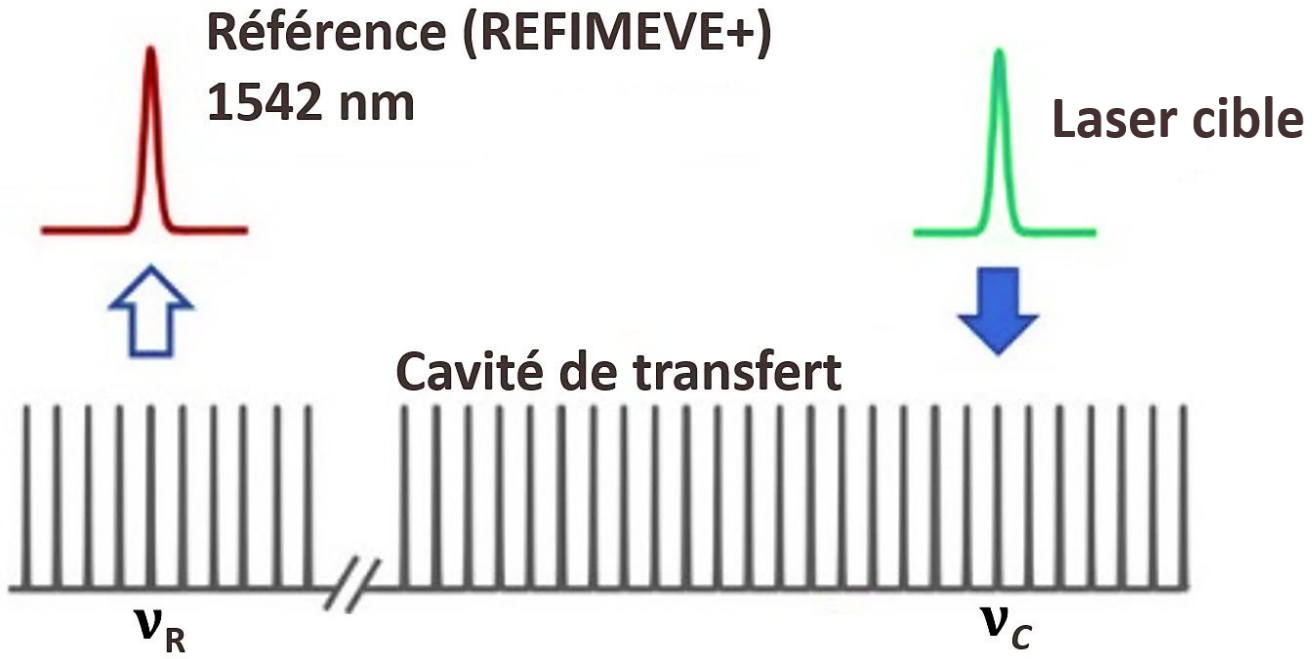
- Projet sur 18 mois
- Budget : 30k€ + 18 mois IR
- Entreprise partenaire : Exail (division photonique)

Contexte du projet

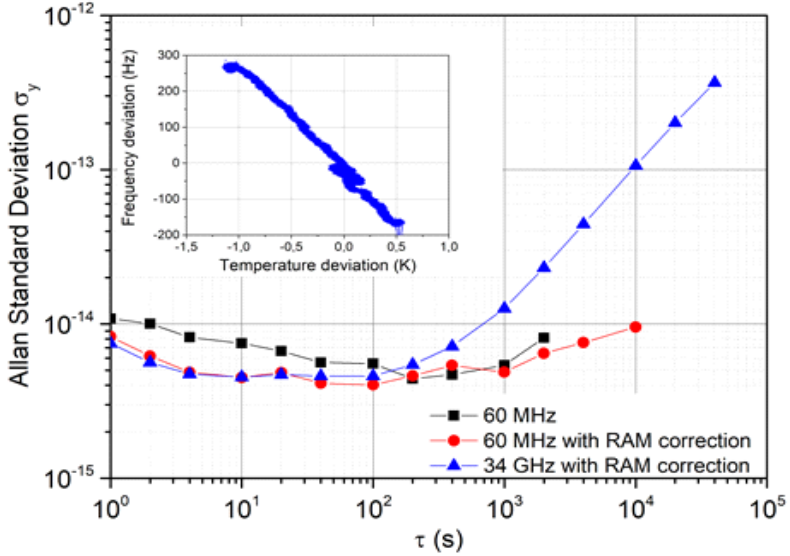
- Demande en sources laser stables
  - → Recherche fondamentale
  - → Technologie industrielle
  - → Spectroscopie de haute résolution
  - → Synchronisation d'instruments
  - → Détection cohérente ultra-sensible
  - → **Développement des technologies quantiques**
    - manipulation cohérente des états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

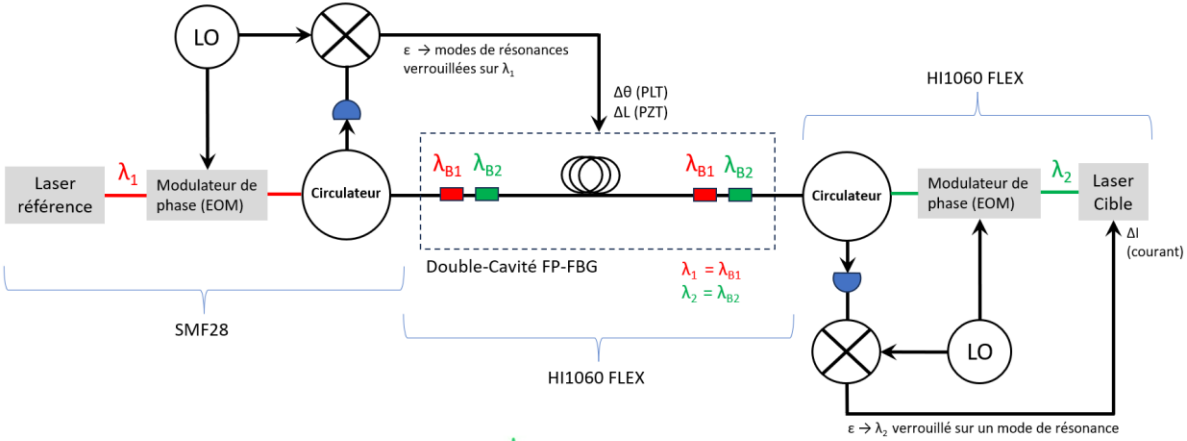


- Stabilité de 5.10^{-15}
- Sensibilité thermique : -1,3 kHz/K/nm

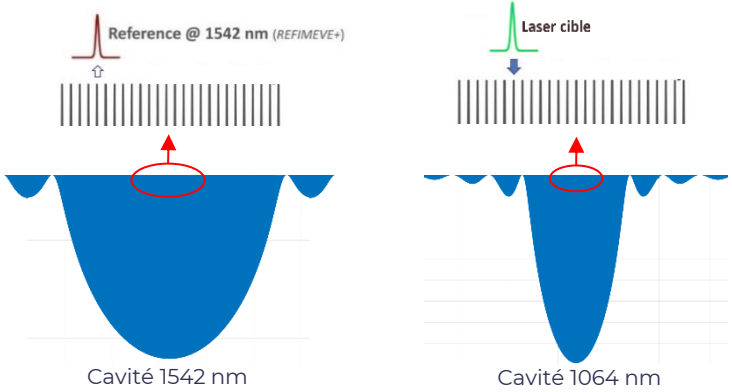
- Limites et contraintes :
  - → Sensibilité à la température
  - → Stabilité de la température ambiante
  - → Transfert limité à 100nm
  - → Montage volumineux

- 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



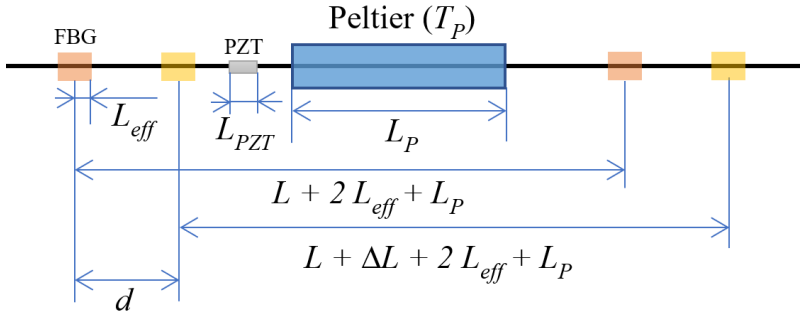
2 cavités Fabry-Perot à réseaux de Bragg imbriquées au sein d'une même fibre monomode Corning **HI1060 FLEX**



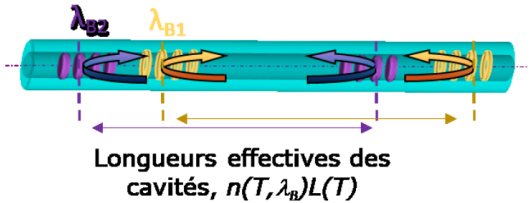
- La **cavité 1** est verrouillée sur REFIMEVE+ (ν_R =1542,14nm)
- Le laser cible (ν_c =1063,18nm) est verrouillé sur la **cavité 2**

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

Etudes théoriques



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

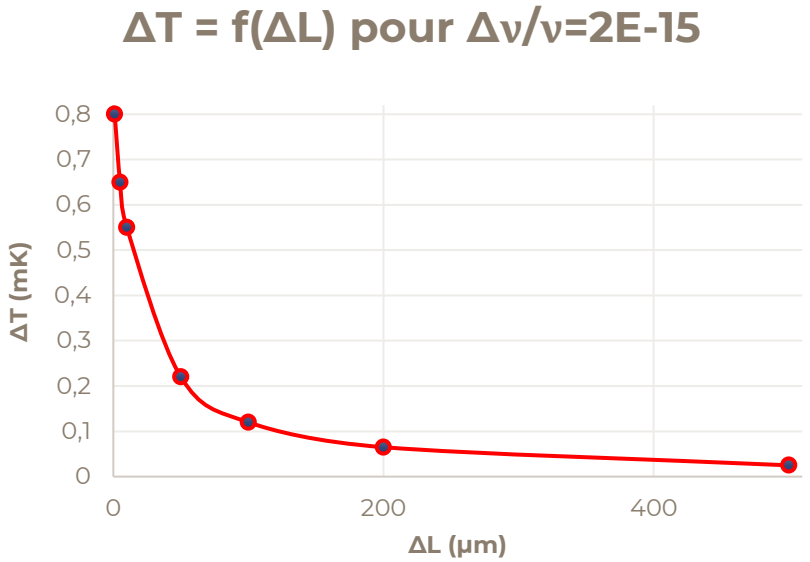


$$\Delta\nu_1 = \frac{\nu_1}{n(\nu_1)\left(L + \Delta L + 2L_{eff}\right) + n_P(\nu_1)\,L_P} * (L - L_{PZT}) \frac{A(\nu_0)\,A_P(\nu_1) - \left(1 + \frac{\Delta L}{L}\right) A(\nu_1)\,A_P(\nu_0) + \frac{L_{eff}}{L}\left(A_{eff}(\nu_1)A_P(\nu_0) - A_{eff}(\nu_0)A_P(\nu_1)\right) + \frac{L_{PZT}}{L}\left(A_{PZT}(\nu_1)A_P(\nu_0) - A_{PZT}(\nu_0)A_P(\nu_1)\right)}{A_P(\nu_0)} \Delta T$$

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

Simulation

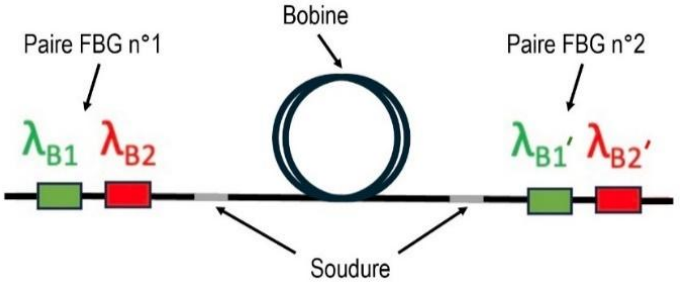
- Paramètres pour une stabilité de l'ordre de 10^{-15} :
  - → **ΔL < 10 µm**
  - → **ΔT = 1 mK**
  - → $L_{PLT} = 99\% L_{cavité}$
  - → $L_{PZT} = 9$ mm
  - → $\alpha_{PZT} < 20^* \alpha_{fibre}$



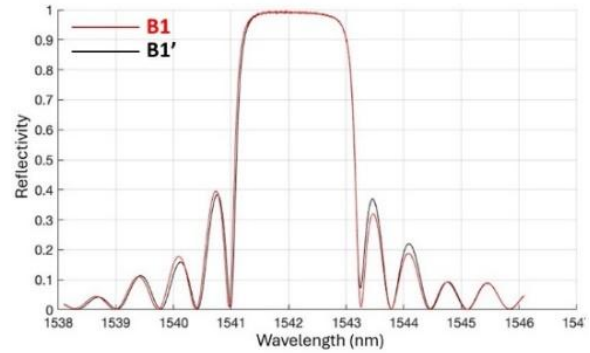
Réalisation de la double FP-FBG

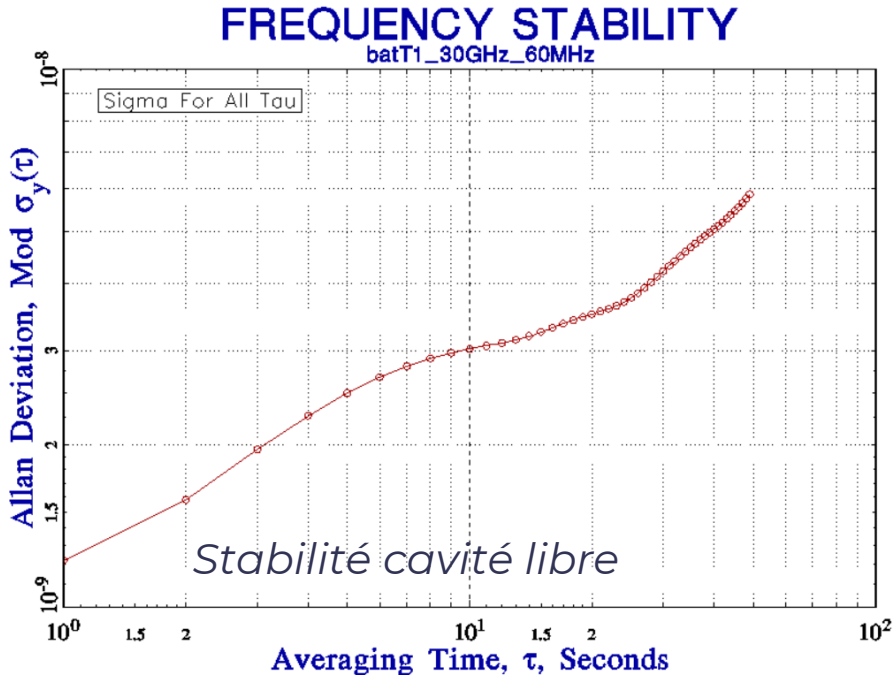
- Réalisation des cavités chez Exail
  - → Photoinscription par masque de phase
  - → Banc adapté au projet CABRI pour limiter ΔL





Caractérisation double FP-FBG





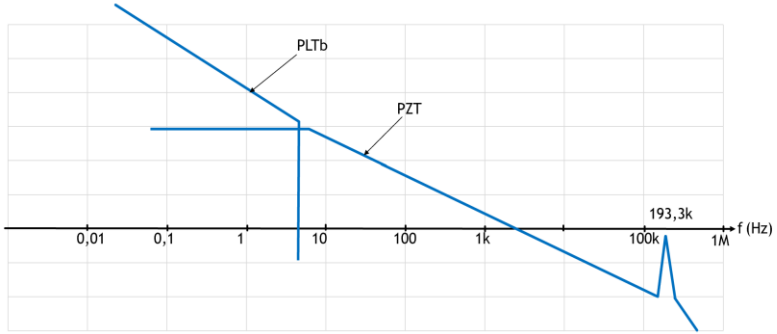
Dérive thermique cavité libre :

≈ 200 kHz/s

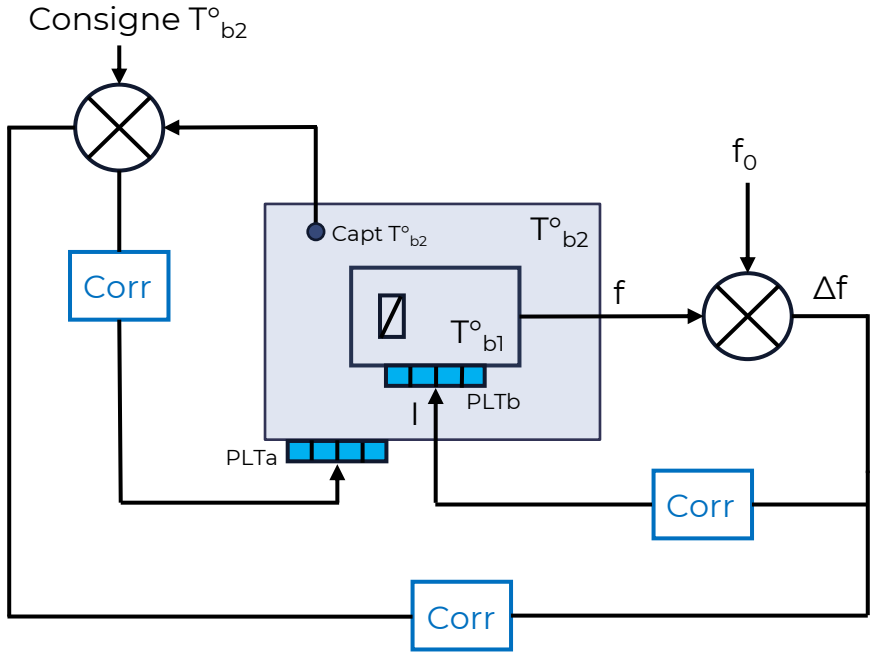
Principe d'asservisement

Triple correction

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

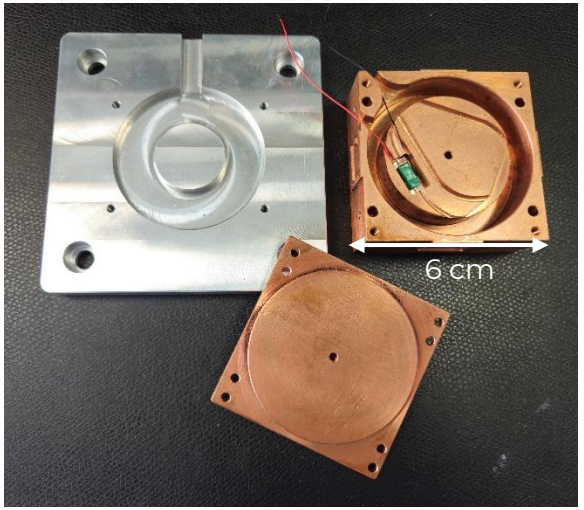


Double correction en température

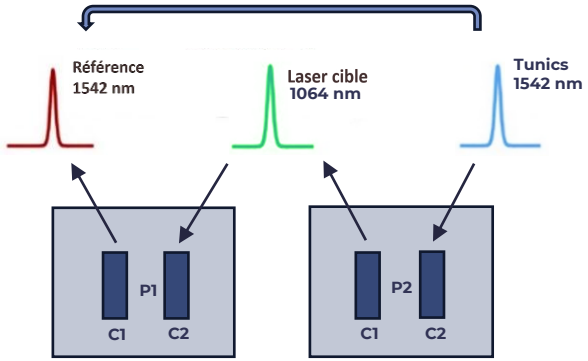


Packaging

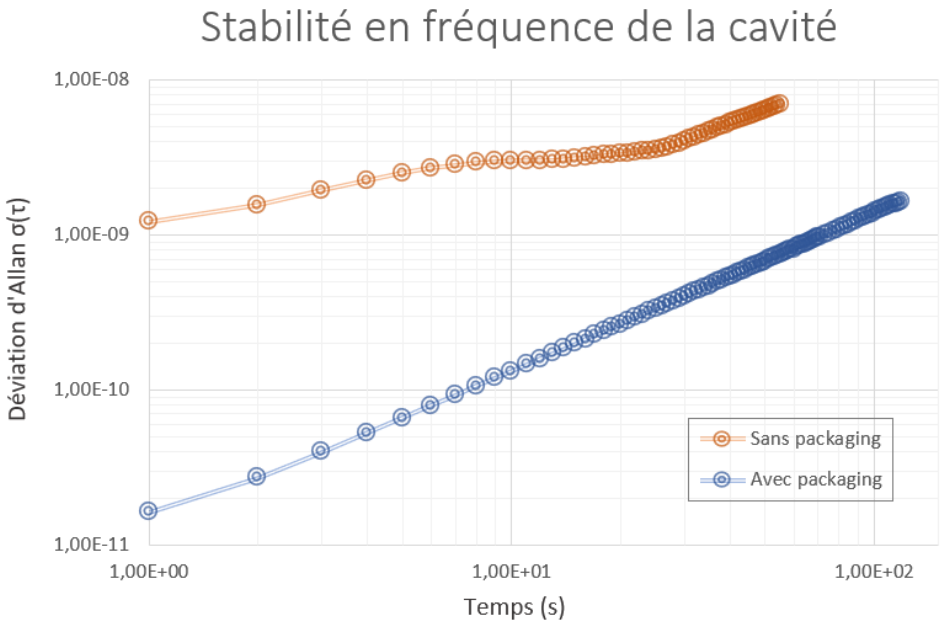




- 2 dispositifs de transfert similaires (double FP-FBG + packaging)
  - → Pour une caractérisation métrologique du transfert (de 1,5µm à 1µm)



Stabilité avec packaging

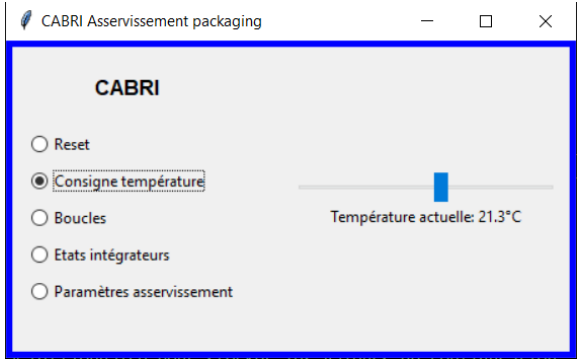


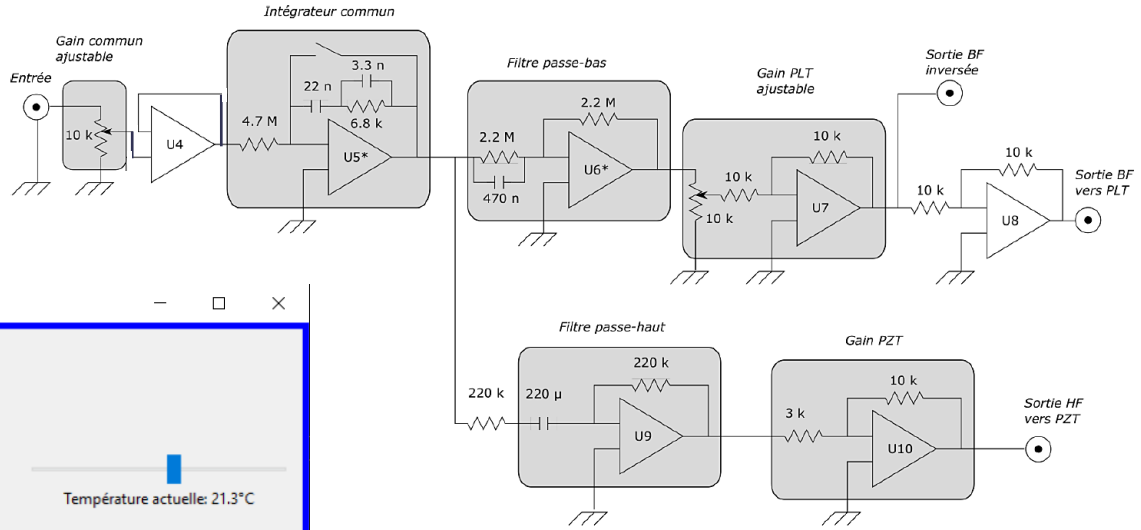
- Stabilité de la cavité dans le packaging passif (sans régulation ni correction) :

3kHz/s

(contre 200kHz/s pour la cavité libre)

Electronique d’asservissement





Perspectives

1) Finaliser les dispositifs et l'électronique associée

2) Campagne de tests métrologiques

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