

CABRI



LPL : **Yacine CHELOUAH**, Mamadou FAYE, Frédéric DU-BURCK, Vincent RONCIN
Equipe Métrologie Transportable

EXAIL : Laurent LABLONDE, Ronan LE-MASSON, Thierry ROBIN

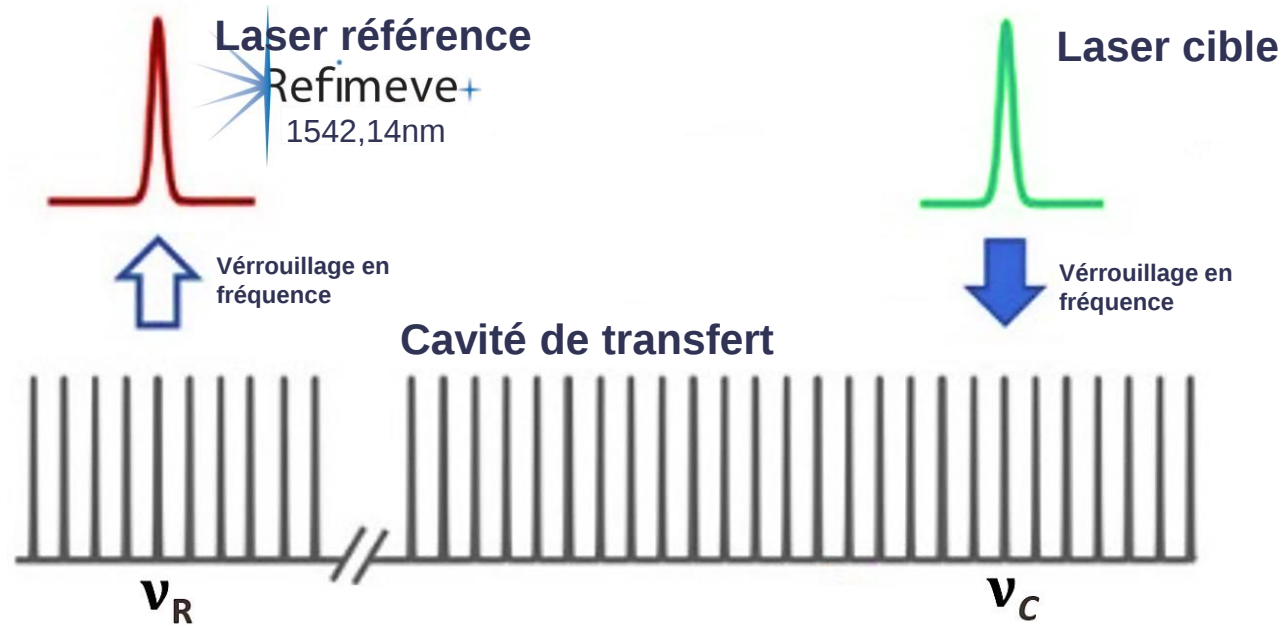
Cavité Fabry-Perot à réseaux de Bragg pour le transfert de stabilité en fréquence sur une large bande spectrale

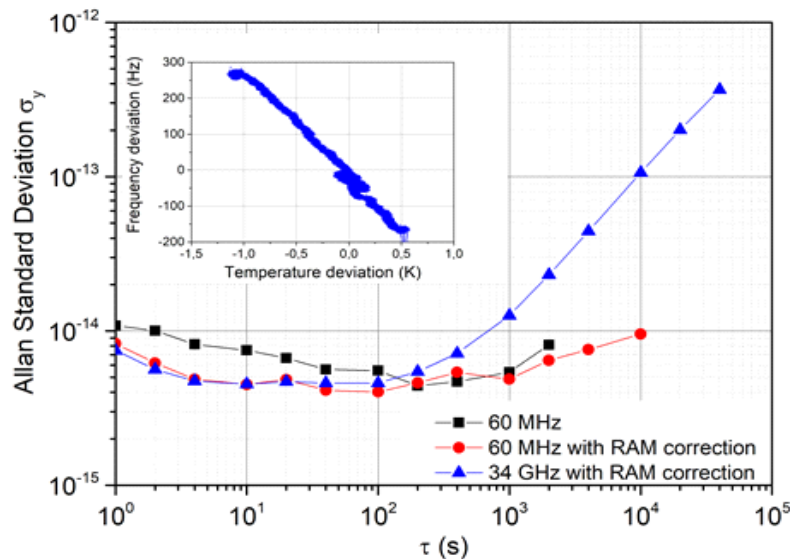
- Projet sur 1 an + 6 mois
- Budget : 30k€ + 18 mois IR
 - Financé par FIRST-TF
- Entreprise partenaire : Exail Lannion (*division photonique*)

- 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 de systèmes atomiques (horloges atomiques, sources de photons uniques et qbits)

- Besoin de dispositifs compacts, autonomes et transportables

Principe du transfert de stabilité en fréquence





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

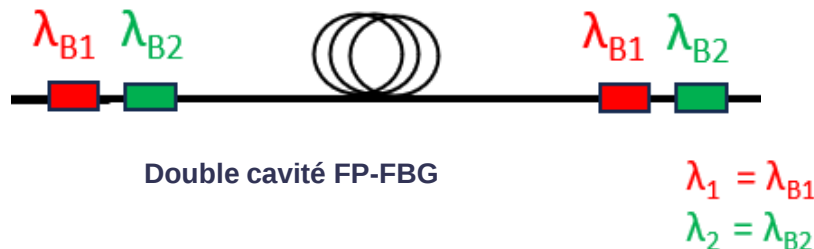
■ Limites et contraintes :

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

■ Nouveau dispositif

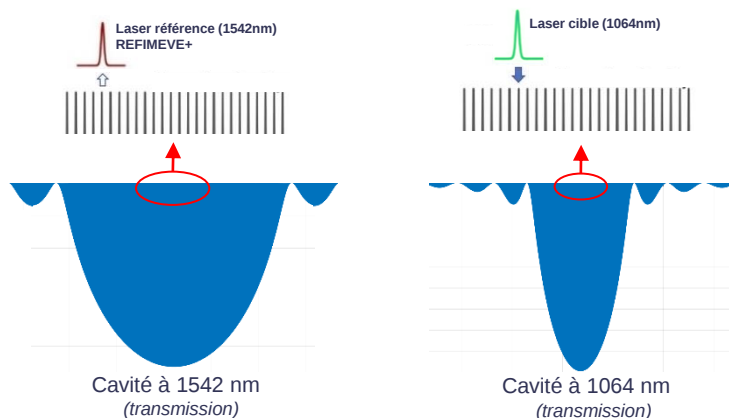
- Transfert lointain avec la même stabilité
- Dispositif de stabilisation adapté (limitations des perturbations externes, meilleure stabilité thermique)
- Compacité
- Autonomie
- Transportabilité

Transfert avec des cavités à réseaux de Bragg



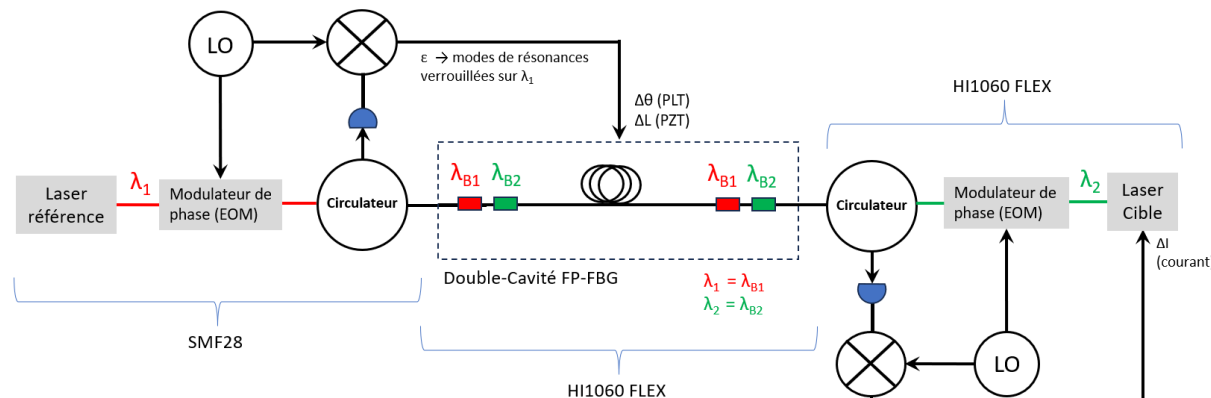
2 cavités Fabry-Perot à réseaux de Bragg imbriquées au sein d'une même fibre monomode
Corning HI1060 FLEX

→ Transfert sur **500nm**

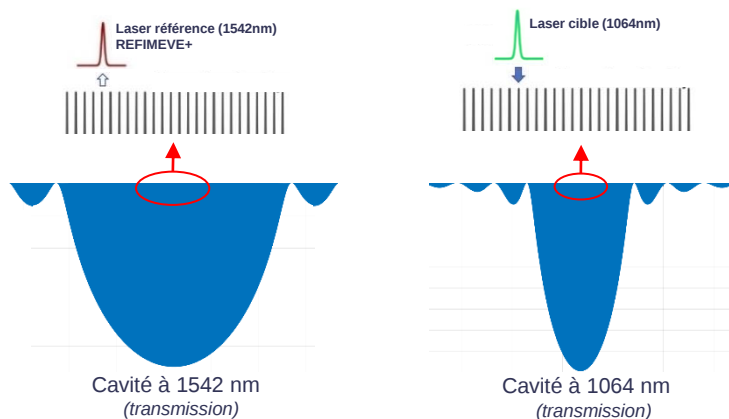


- La **cavité 1** est verrouillée sur REFIMEVE+ ($\nu_R = 1542,14 \text{ nm}$)
- Le laser cible Rio ($\nu_c = 1063,18 \text{ nm}$) est verrouillé sur la **cavité 2**

Transfert avec des cavités à réseaux de Bragg



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

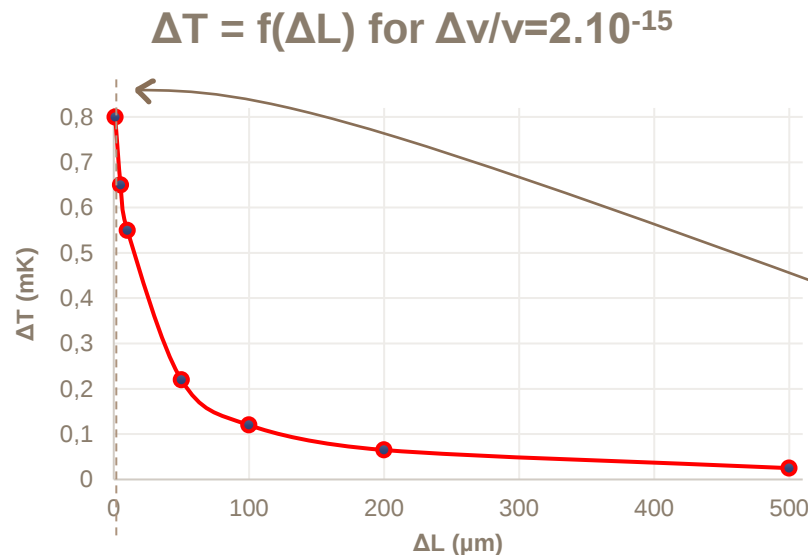


- La **cavité 1** est verrouillée sur REFIMEVE+ ($\nu_R = 1542,14 \text{ nm}$)
- Le laser cible Rio ($\nu_c = 1063,18 \text{ nm}$) est verrouillé sur la **cavité 2**

- Paramètres critiques :

→ **Stabilité thermique**

→ **Écart de longueur entre les 2 cavités**



- Consignes réalistes pour un transfert de stabilité de l'ordre de 10^{-15} :

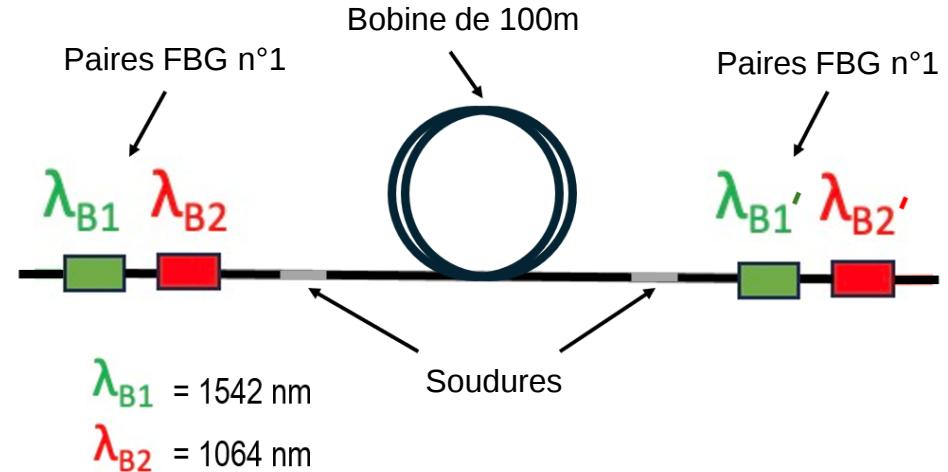
→ $\Delta T = 1$ mK

→ $\Delta L < 10$ μm

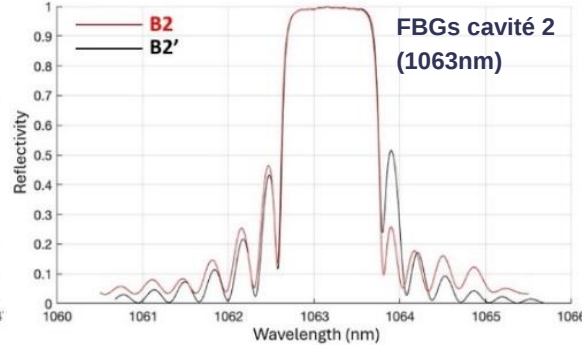
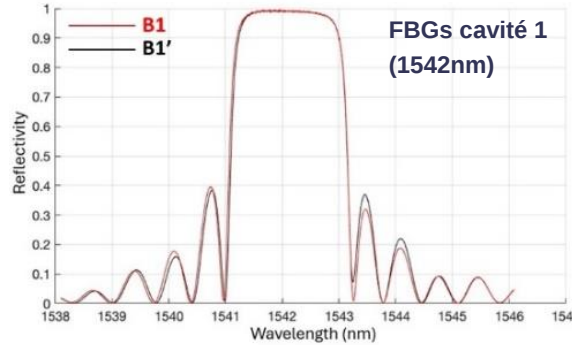
■ Réalisation des cavités à **exail**annion

→ Inscription par masque de phase

→ Banc de photo-inscription adapté pour limiter ΔL



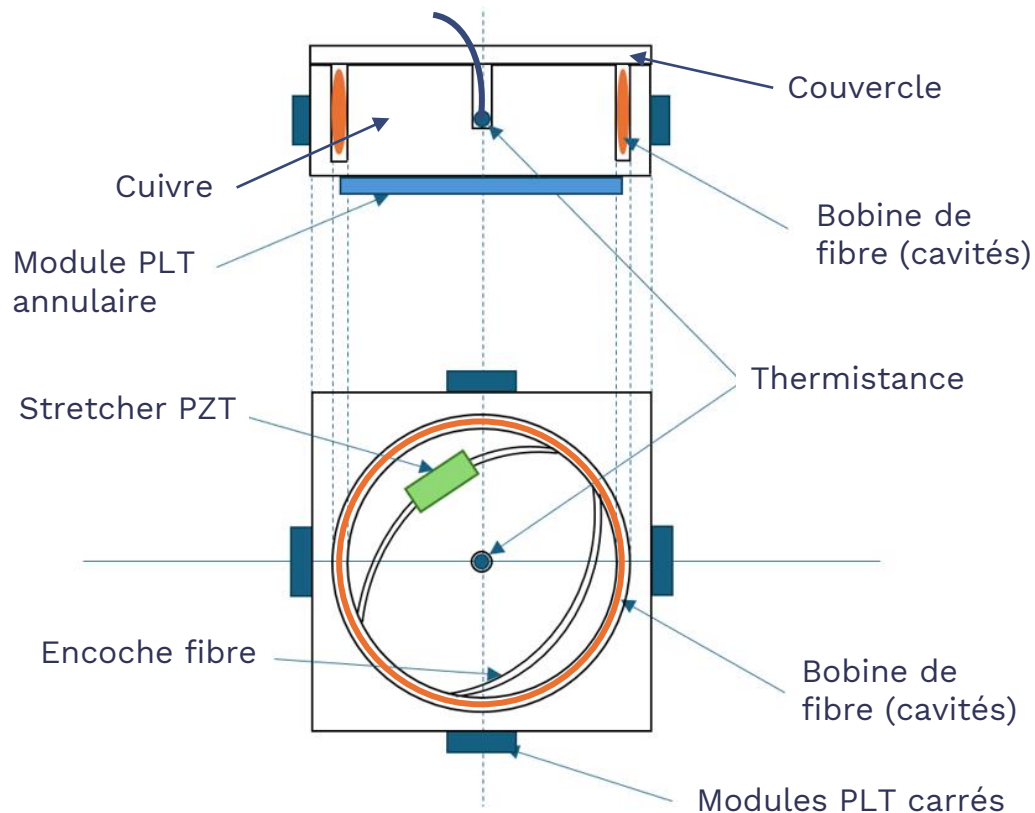
Caractérisation de la double FP-FBG



- $\lambda_{\text{cavité1}} = 1542,14 \text{ nm}$
- $\lambda_{\text{cavité2}} = 1063,18 \text{ nm}$
- Biréfringence : $3,8 \cdot 10^{-7}$
- Écart de longueur $\Delta L \approx 4 \mu\text{m}$

- Les deux cavités ont des caractéristiques identiques

	Caractérisation double cavité			
	1542 nm		1064 nm	
	Simulation	Mesure	Simulation	Mesure
ISL (kHz)	690	680	690	680
Largeur (kHz)	20	17	26	21
Contraste (%)	64	61	60	55



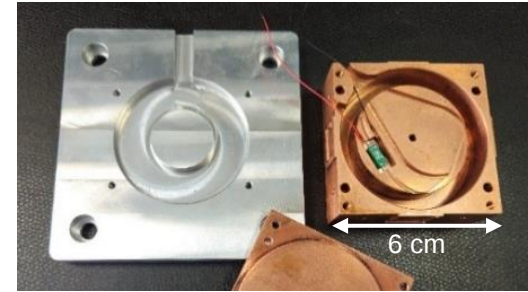
Dispositif complet réalisé :



Pieds anti-vibration

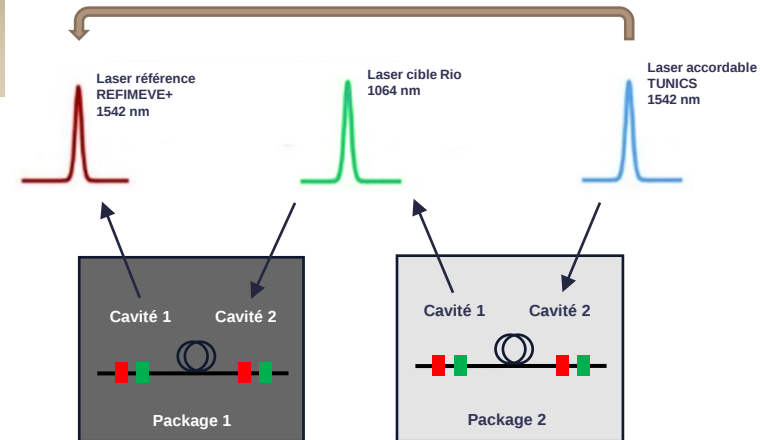
Mousse acoustique
(à l'intérieur)

Mesure de transfert à 1064 nm (méthode utilisée)



- 2 dispositifs de transfert identiques
(Double FP-FBG + Package)

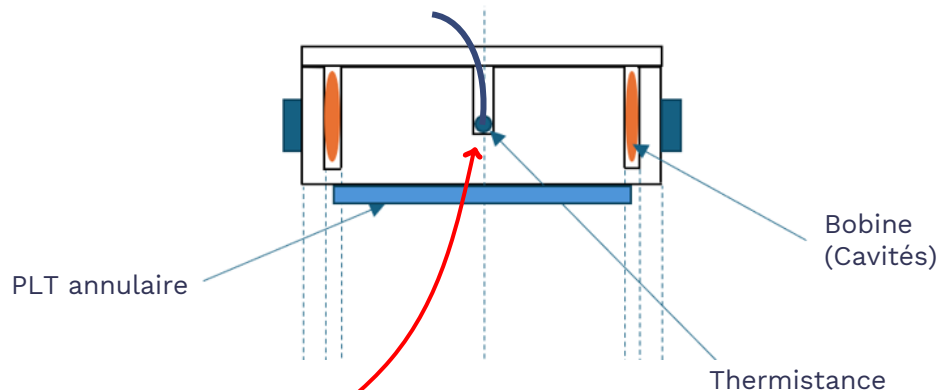
- Pour une caractérisation métrologique du transfert de $1,5 \mu\text{m}$ à $1 \mu\text{m}$
- Comparaison entre les 2 packages



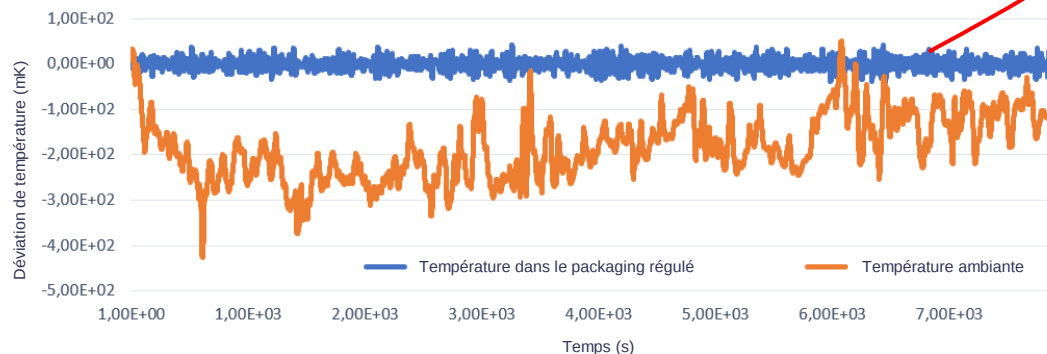
- Régulation PID (PLT / thermistance)

→ Température consigne : 23 °C

→ Température ambiante $\approx$ 27 °C



Performance de la régulation PID sur 2h



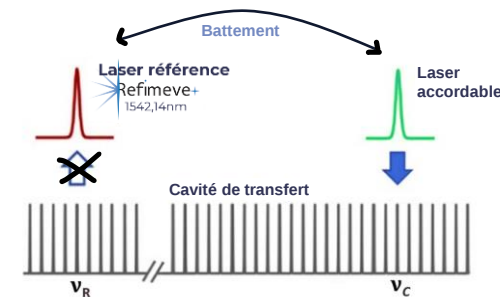
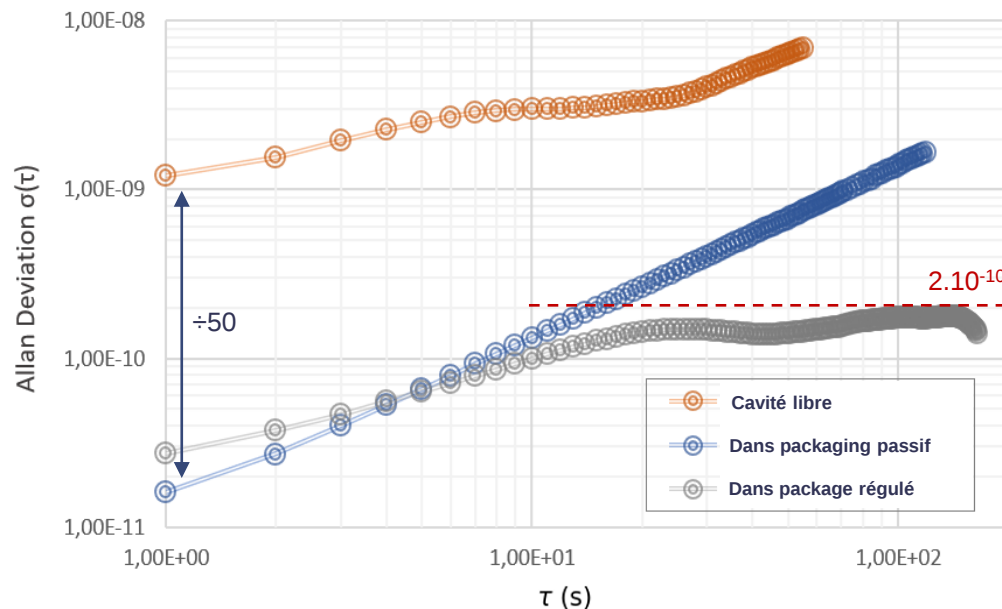
→ Déviation moyenne à l'intérieur du package régulé : **11 mK**

→ Déviation maximale mesurée : **41 mK**

→ Variation de la température ambiante : 0,5 K

Stabilité de la cavité avec/sans packaging

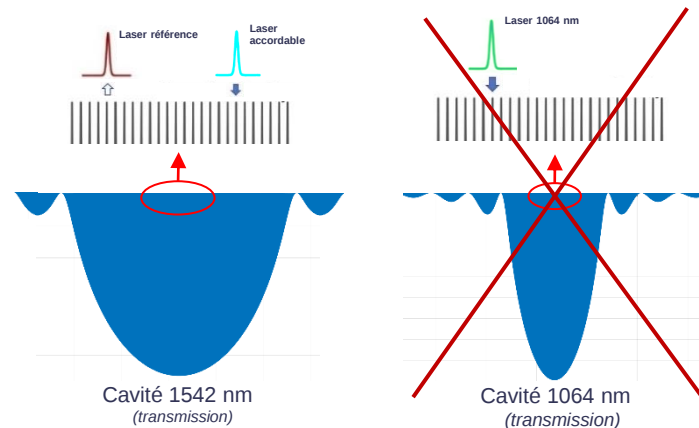
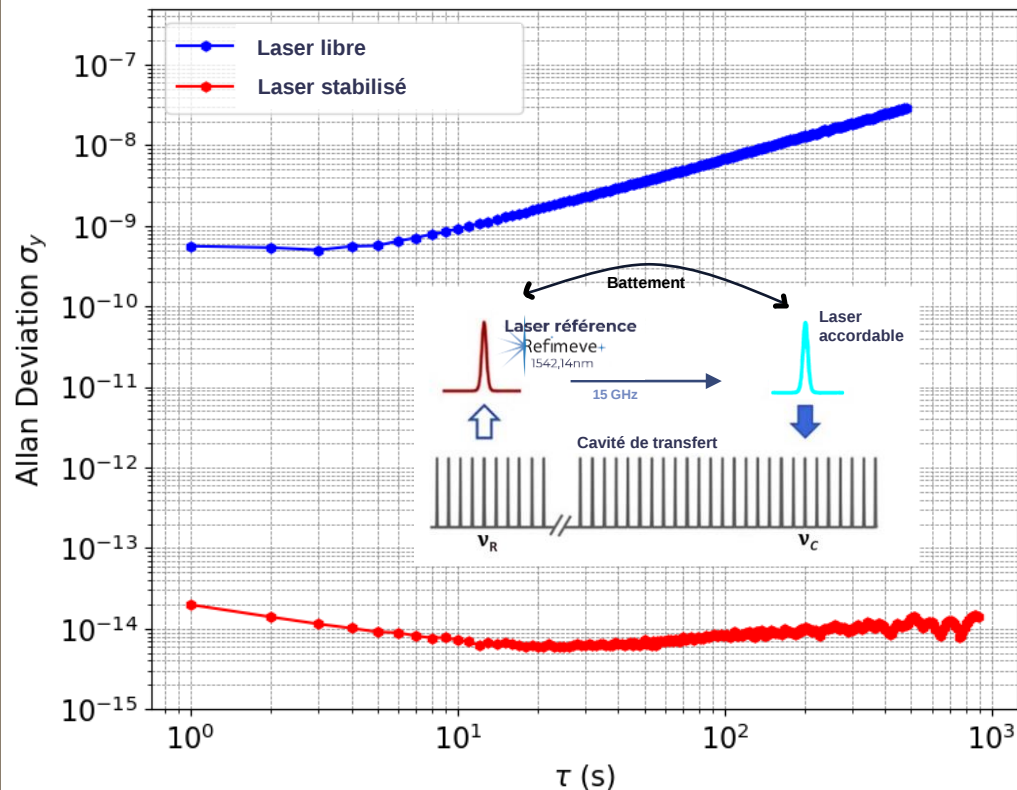
Stabilité en fréquence de la cavité



- La stabilité de la cavité est **améliorée d'un facteur 50** avec le packaging passif
- La cavité se stabilise à **2.10^{-10}** avec le package régulé
→ Conversion en stabilité thermique :

$$\underline{4.10^{-4} \text{ K}}$$

Caractérisation du transfert proche



■ Transfer sur 15 GHz

- Stabilité à 1s: 2.10^{-14}
- Stabilité planchée : 6.10^{-15}

- Prochaine étape :

→ Caractérisation du transfert lointain (vers 1064nm)

Transfert de stabilité en fréquence sur une large bande spectrale

