

Deux nouveaux systèmes laser UV à haute résolution accordables pour la mesure précise de sections efficaces d'absorption de l'ozone à 308 nm



JSM2025



Journées de Spectroscopie Moléculaire

Grenoble, 10-12 mars 2025

Présenté par Coline MAHOB le 11/03/2025



Sommaire

I. Introduction

- A. Problématique
- B. Projet

I. Système 1

- A. Caractéristiques
- B. Alignement
- C. SFG avec un BBO
- D. UV & perspectives

I. Système 2

- A. Amplification de la puissance
- B. SFG avec un PPLN
- C. Cavité de doublage

I. Conclusion

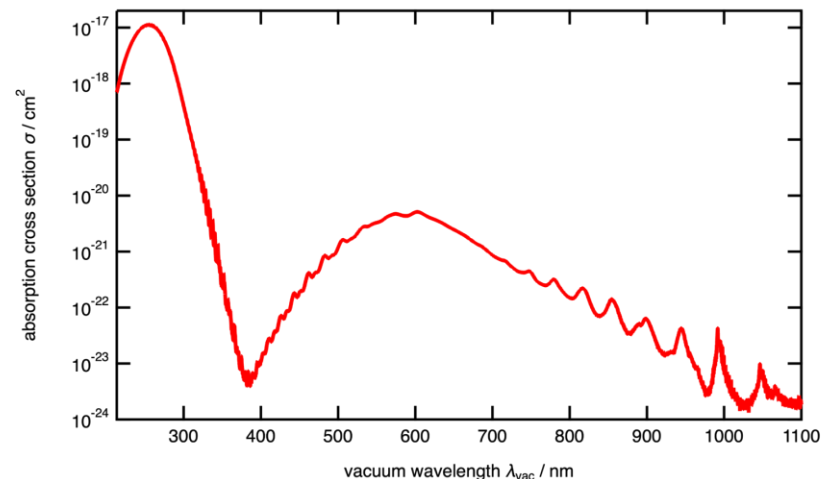
Raisons d'améliorer la précision des mesures de l'ozone

- Besoin de données fiables pour la surveillance et les modèles
- Incertitudes dans les mesures actuelles
- S'aligner sur les recommandations de l'ACSO

Recommandations

- Améliorer la précision des valeurs de référence
- Réduire les incertitudes au pourcent.
- Assurer la traçabilité et la cohérence des données

Membres du projet Alpha-O3



Hodges et al. (2019). DOI: [10.1088/1681-7575/ab0bdd](https://doi.org/10.1088/1681-7575/ab0bdd)
 Janssen et al. (2018). DOI: [10.5194/amt-11-1707-2018](https://doi.org/10.5194/amt-11-1707-2018)

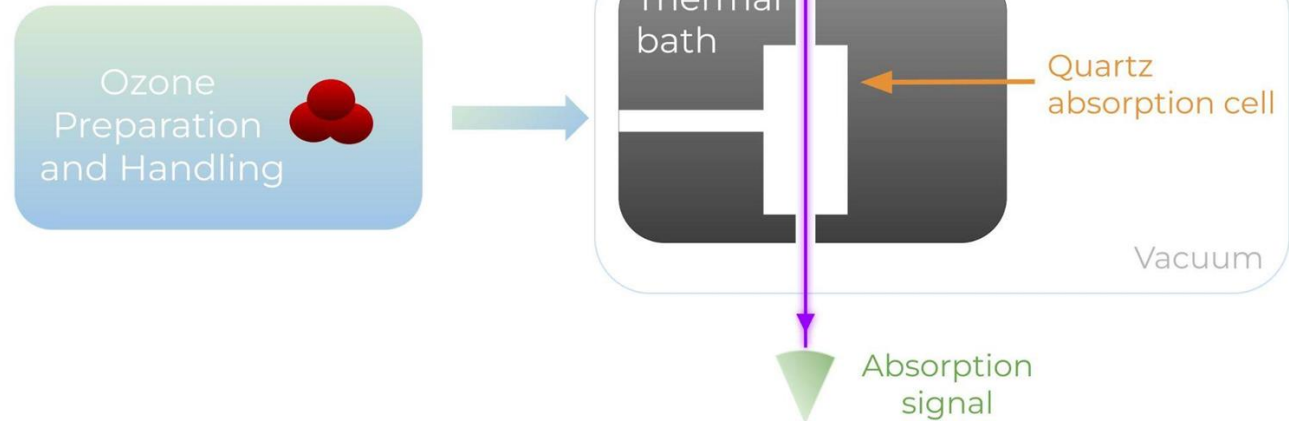
Objectif : Mesurer les sections efficaces de l'ozone

Technique : Mesures d'absorption dans l'UV

Composants Clés :

- Source UV : Développement d'une source UV pour mesures
- Cellule en Quartz : Contient de l'ozone produit en laboratoire, Environnement à température contrôlée

Résultats attendus : Mesures précises des sections efficaces d'ozone



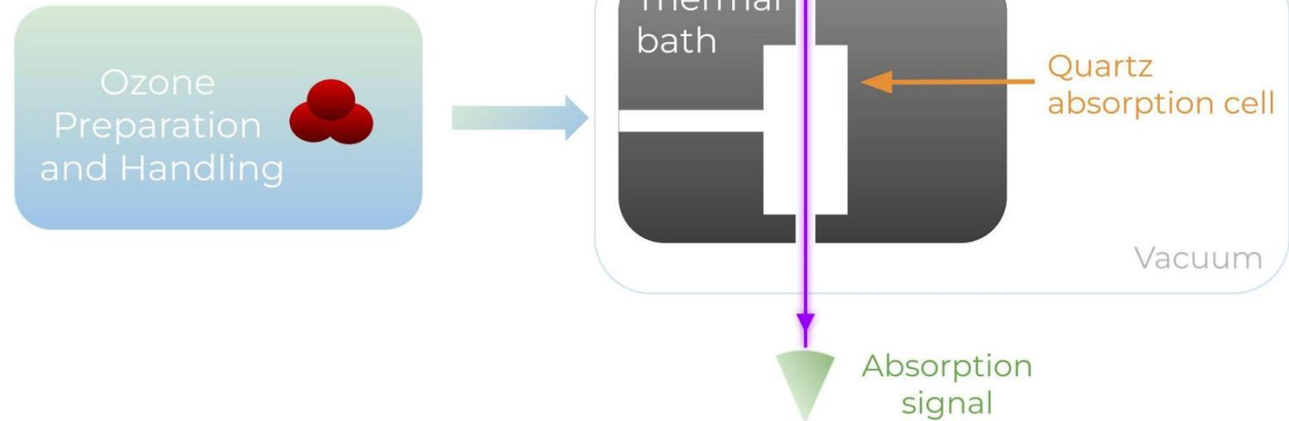
Objectif : Mesurer les sections efficaces de l'ozone

Technique : Mesures d'absorption dans l'UV

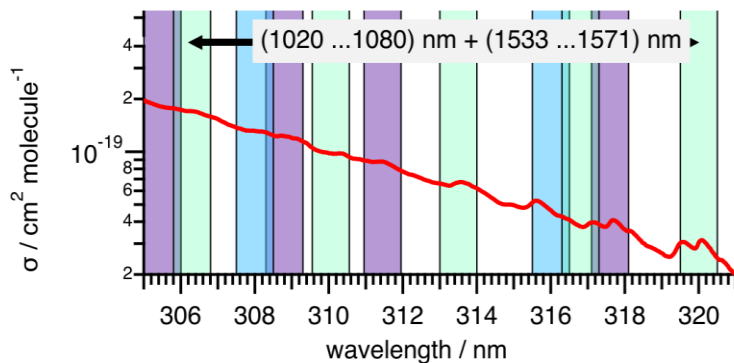
Composants Clés :

- Source UV : Développement d'une source UV pour mesures
- Cellule en Quartz : Contient de l'ozone produit en laboratoire, Environnement à température contrôlée

Résultats attendus : Mesures précises des sections efficaces d'ozone



Brewer	Dobson	Strat. Lidar	Trop. Lidar
303.2 nm	305.5 nm	308 nm	289 nm
306.3 nm	308.8 nm	355 nm	316 nm
310.0 nm	311.45 nm		
313.5 nm	317.6 nm		
316.8 nm			
320.0 nm			



Brewer



LIDAR



Dobson

Hodges et al. (2019). DOI: [10.1088/1681-7575/ab0bdd](https://doi.org/10.1088/1681-7575/ab0bdd)
 Janssen et al. (2018). DOI: [10.5194/amt-11-1707-2018](https://doi.org/10.5194/amt-11-1707-2018)

Développement de la source UV
et stabilisation du signal

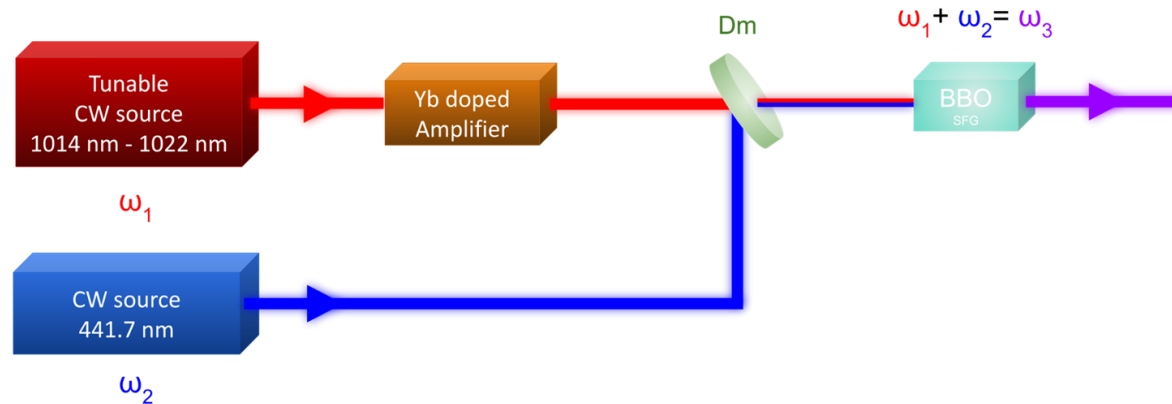
Système adapté au LIDAR stratosphérique
→ gamme de 307.8 à 308.2 nm

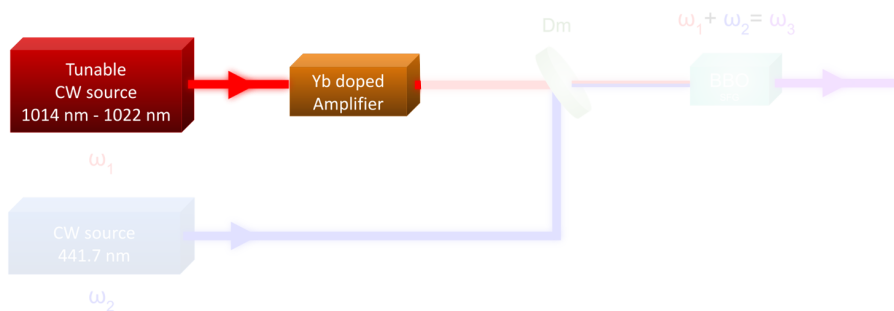
Mesures spectroscopiques plus larges
→ gamme de 308 à 318 nm

Développement de la source UV et stabilisation du signal

Système adapté au LIDAR stratosphérique
→ gamme de 307.8 à 308.2 nm

Mesures spectroscopiques plus larges
→ gamme de 308 à 318 nm





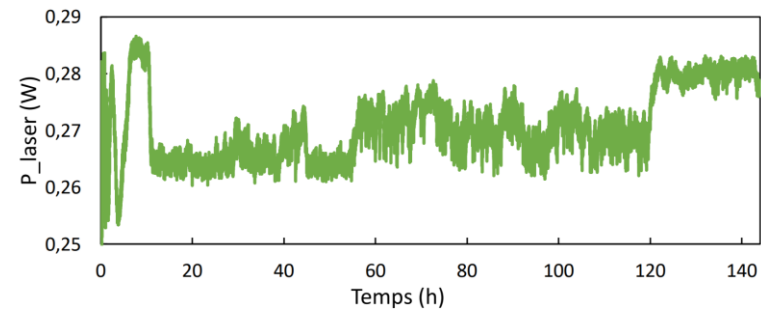
Plage d'accordabilité de la Diode laser :

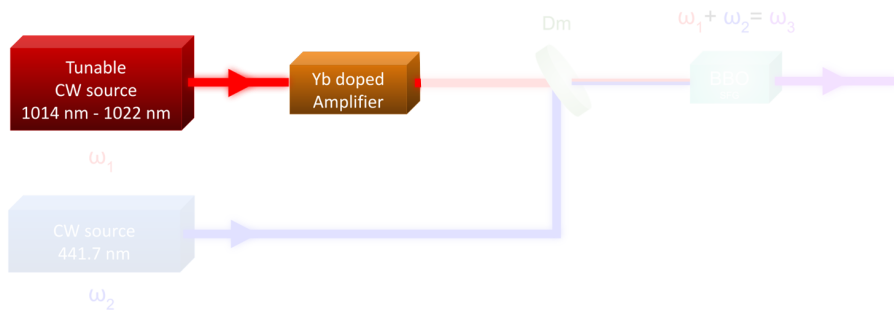
	λ IR / nm	λ UV / nm
min	1014.00	→ 307.67
max	1022.00	→ 308.42

*avec un laser bleu à 441.69 nm



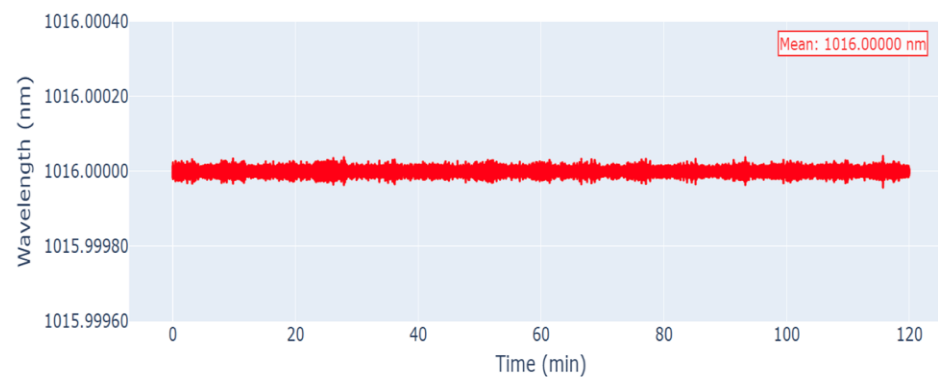
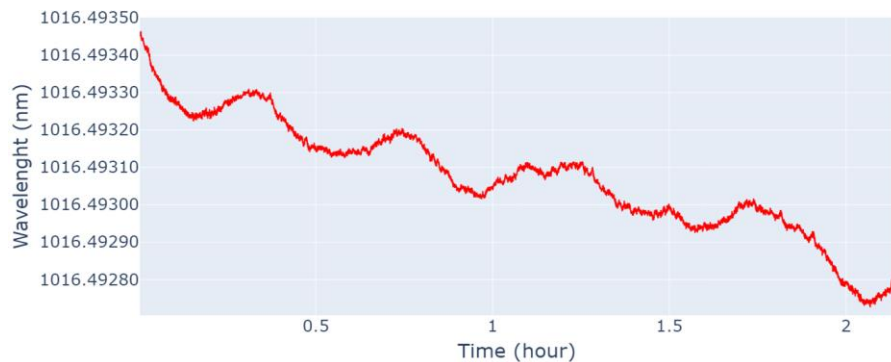
Puissance en sortie d'amplificateur :





Stabilisation en longueur d'onde

- mesure de la longueur d'onde avec un Lambdamètre (WS7-60-UVI Angstrom HighFinesse)
- Ajustement en continue des paramètres de la diode



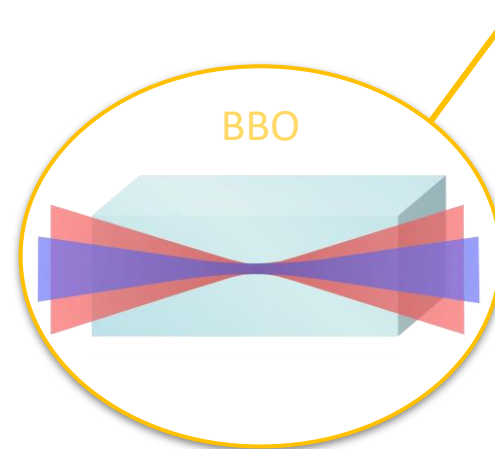
Sum Frequency Generation (SFG):

$$\Gamma_{SFG} = \frac{P_3}{P_1 P_2} \longrightarrow P_3 = \Gamma_{SFG} P_1 P_2$$

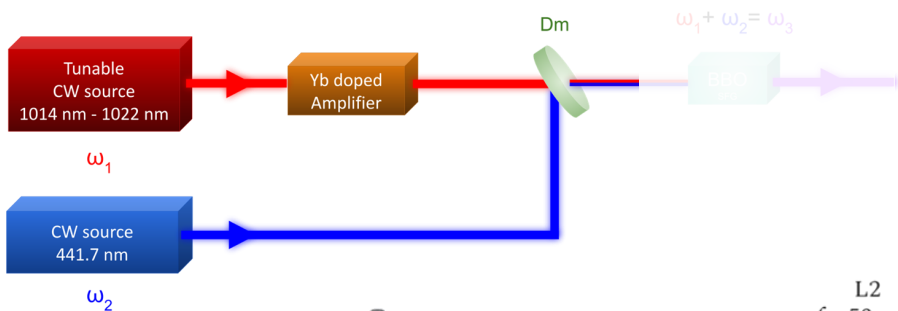
power of the IR signal \nearrow P_1 P_2 \nwarrow power of the blue signal

$$\Gamma_{SFG} = K_{SFG} \cdot \left(\frac{l_c^2}{w_1^2 + w_2^2} \right) \cdot e^{(-\alpha_{3\omega} \cdot l_c)} \cdot G_{SFG} \longrightarrow G_{SFG} = \frac{2 \cdot h_{sfg}}{l \cdot \kappa_e}$$

$$K_{SFG} = \frac{8 \cdot \omega_3^2 \cdot d^2}{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot c^3 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n_3}$$

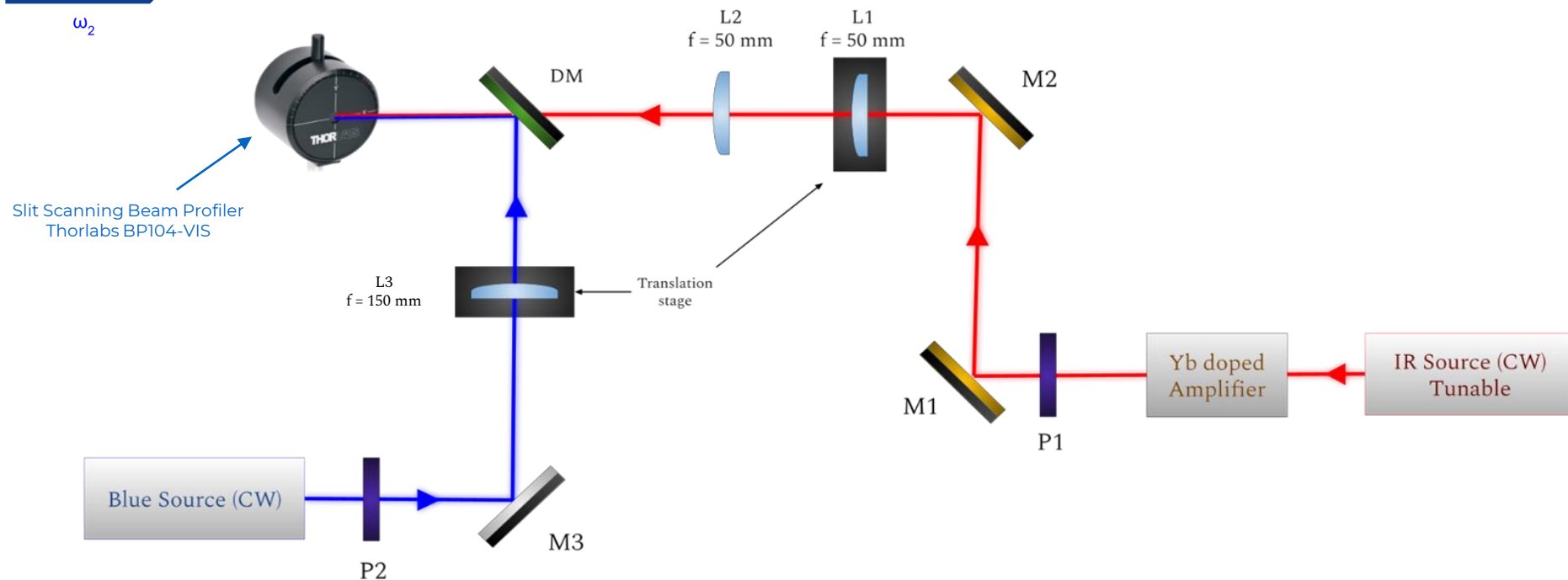


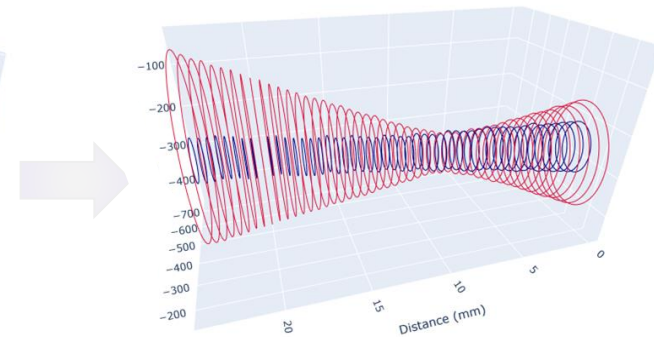
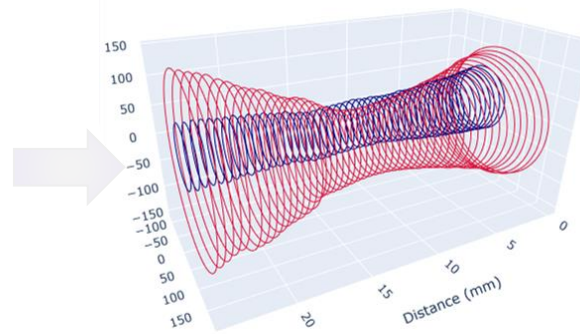
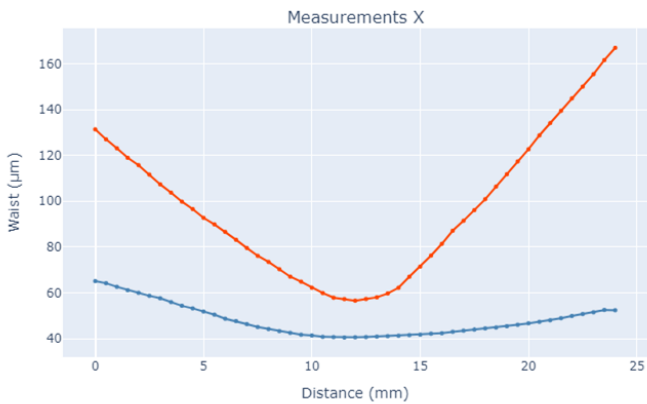
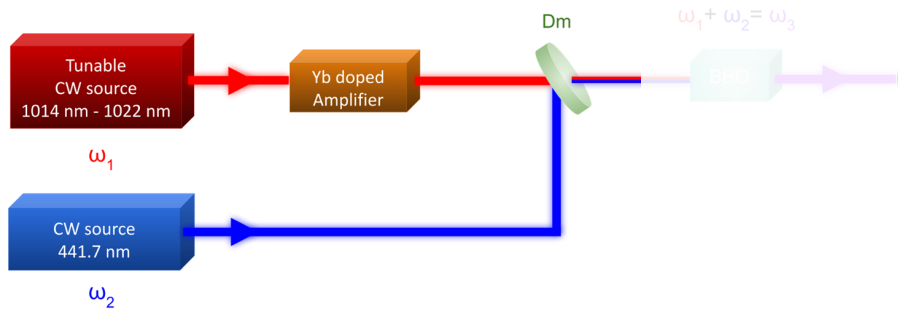
Zondy et al. (1997) DOI: 10.1364/josab.14.002481

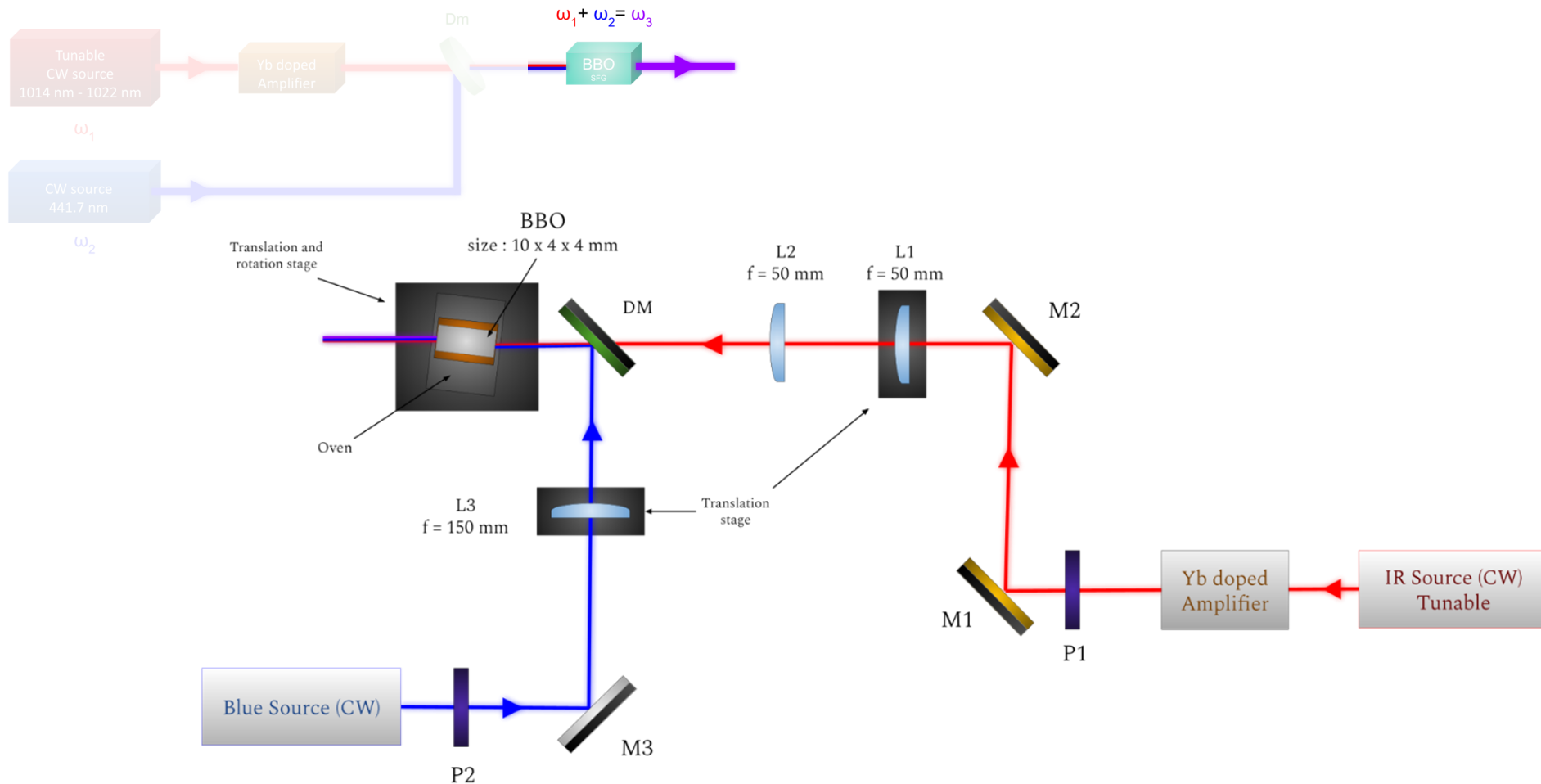


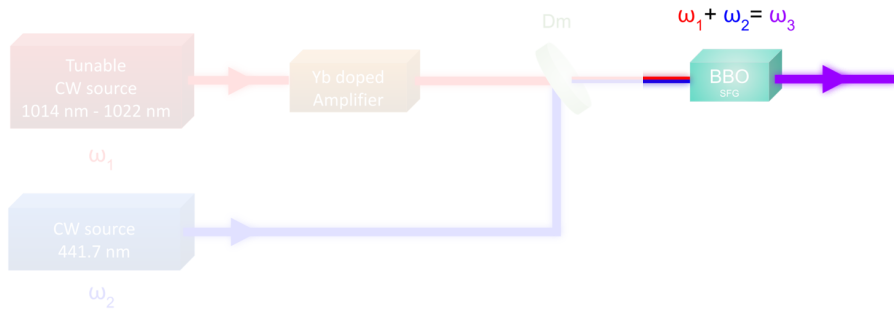
Mesures de la taille des faisceaux

- positionnement des waists
- optimisation de la SFG









Estimation de la puissance :

$$\Gamma_{SFG} = \frac{P_3}{P_1 P_2} \longrightarrow P_3 = \Gamma_{SFG} P_1 P_2$$

power of the IR signal \nearrow P_3
power of the blue signal \nwarrow P_2

$$\Gamma_{SFG} = K_{SFG} \cdot \left(\frac{l_c^2}{w_1^2 + w_2^2} \right) \cdot e^{(-\alpha_{3\omega} \cdot l_c)} \cdot G_{SFG}$$

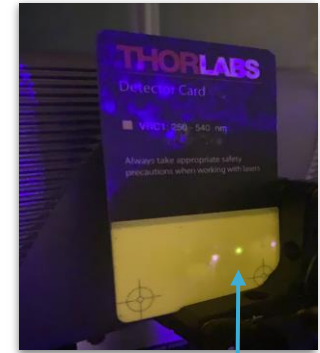
Avec:

- $P_1 = 202.7 \text{ mW}$
- $P_2 = 110 \text{ mW}$



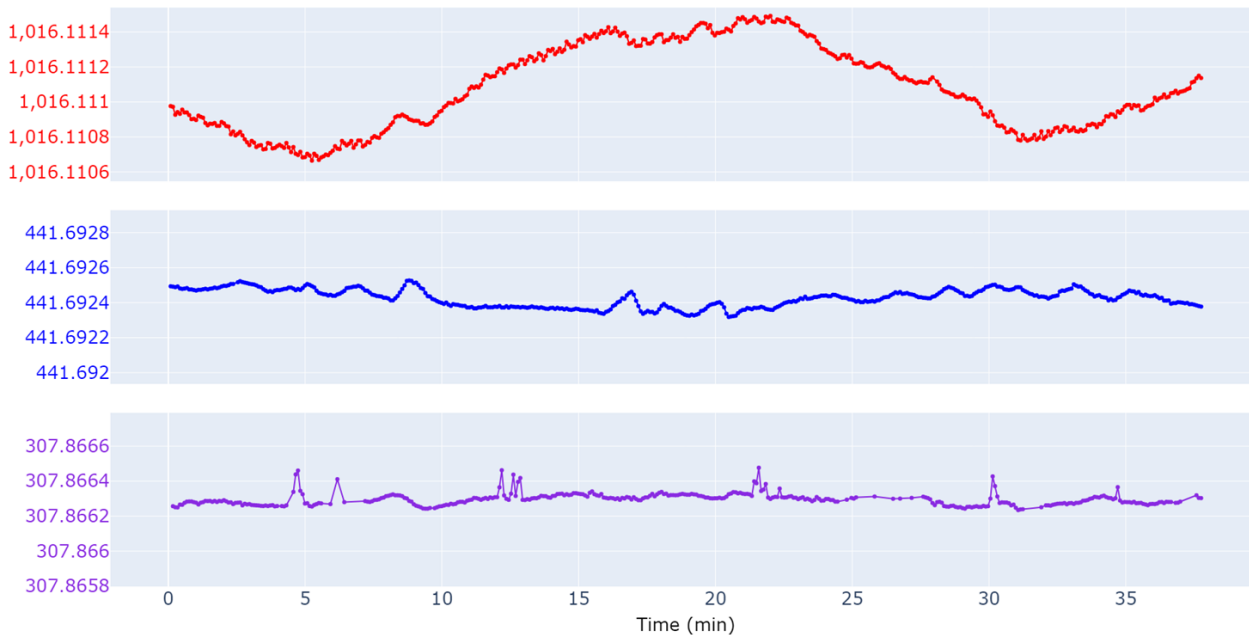
$$P_{3,\text{théorique}} \approx 13 \mu\text{W}$$

$$P_{3,\text{mesurée}} \approx 3.7 \mu\text{W}$$



Signal UV

Evolution of the wavelength of each beam over time



IR signal

$$\Delta\lambda = 8.2699 \cdot 10^{-4} \text{ nm}$$

moyenne = 1016.1111 nm

Blue signal

$$\Delta\lambda = 2.0899 \cdot 10^{-4} \text{ nm}$$

moyenne = 441.6924 nm

UV signal

$$\Delta\lambda = 2.4299 \cdot 10^{-4} \text{ nm}$$

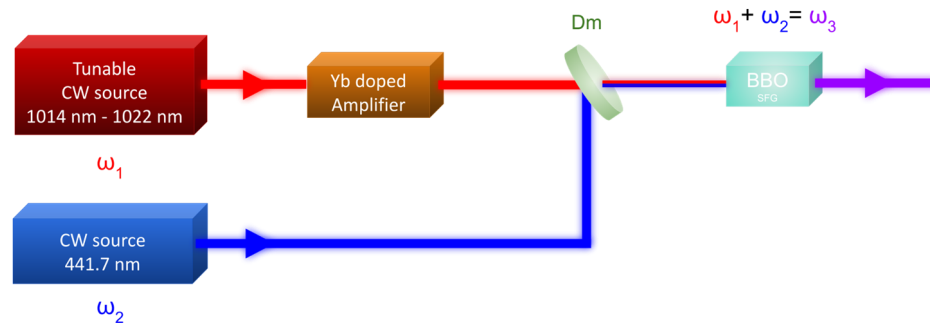
moyenne = 307.8663 nm

En résumé

- Source UV accordable stabilisée en longueur d'onde
- Gamme de la source : 307.8 nm à 308.2 nm
- Résolution : 0.002 nm
- Puissance : 3.7 μ W

Système adapté au LIDAR stratosphérique
→ gamme de 307.8 à 308.2 nm

Mesures spectroscopiques plus larges
→ gamme de 308 à 318 nm



Développement de la source UV
et stabilisation du signal

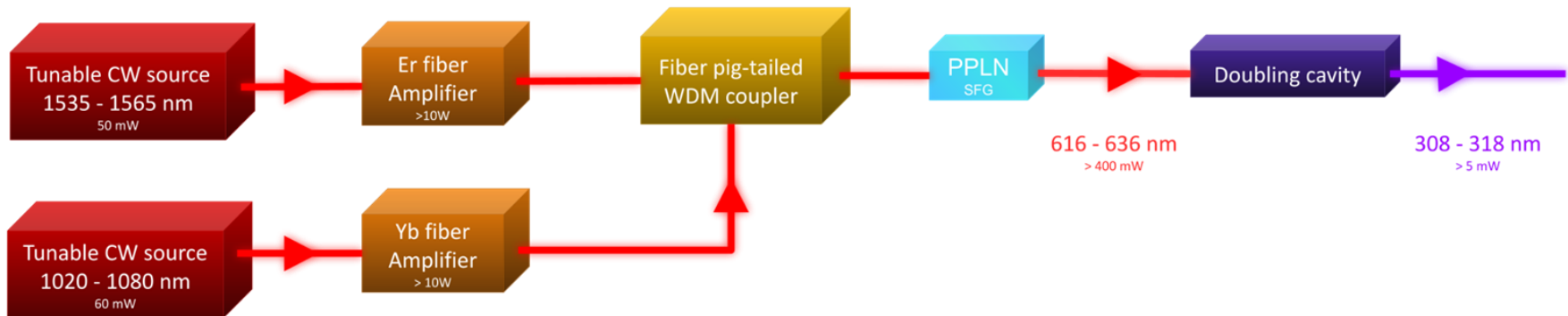
Système adapté au LIDAR stratosphérique
→ gamme de 307.8 à 308.2 nm

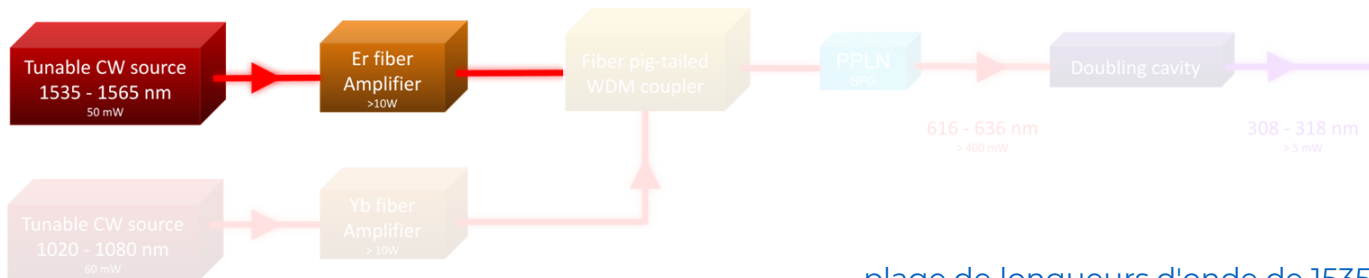
Mesures spectroscopiques plus larges
→ gamme de 308 à 318 nm

Développement de la source UV et stabilisation du signal

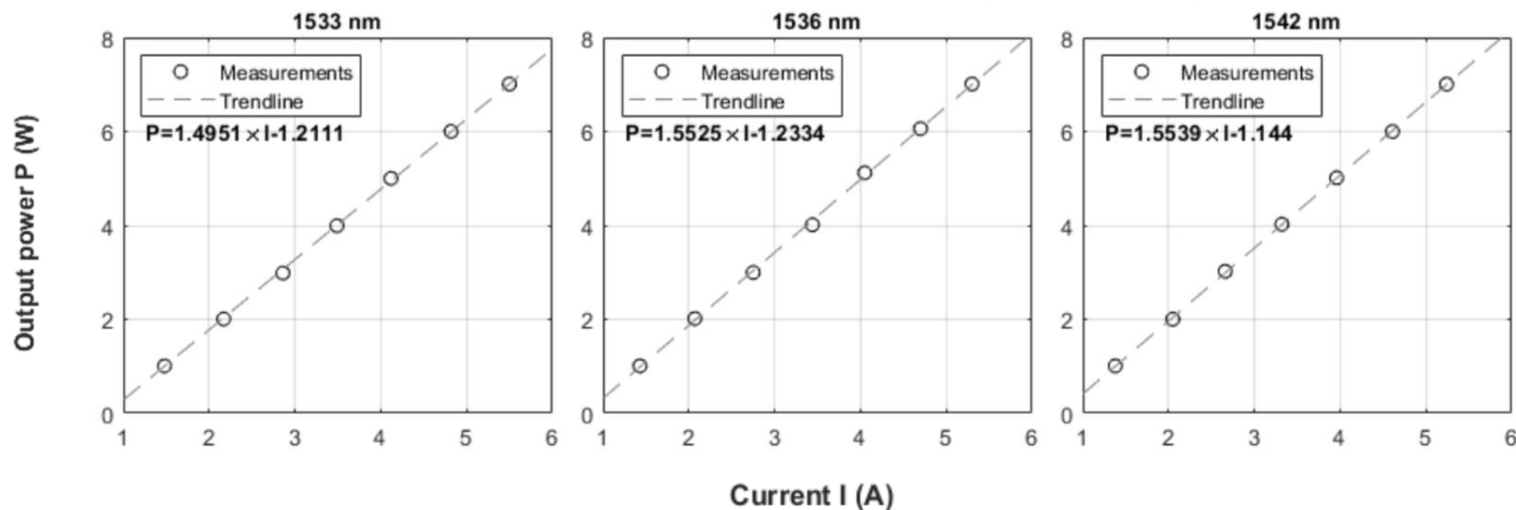
Système adapté au LIDAR stratosphérique
→ gamme de 307.8 à 308.2 nm

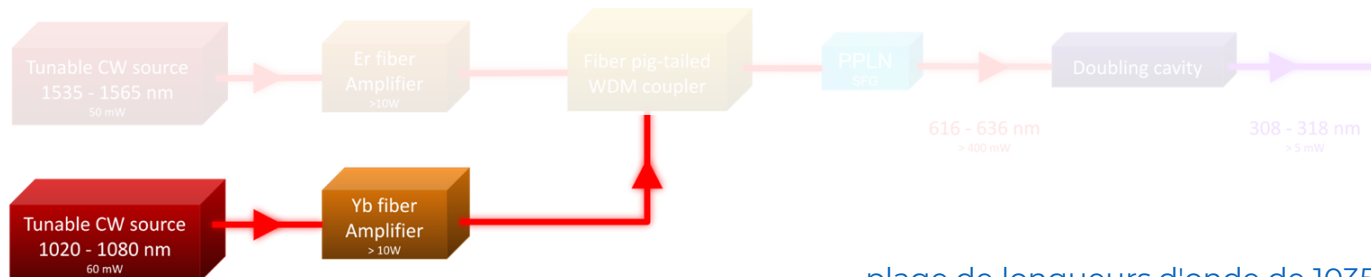
Mesures spectroscopiques plus larges
→ gamme de 308 à 318 nm





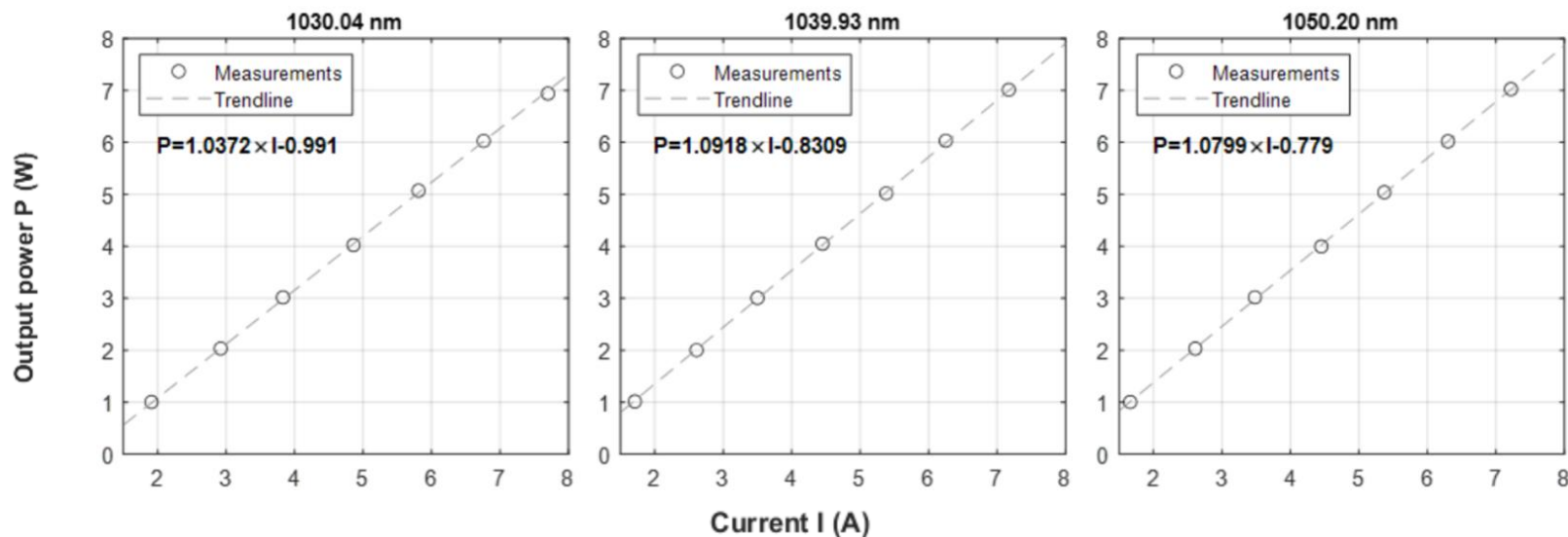
Power characterization of MOPA system at 1.5 μm

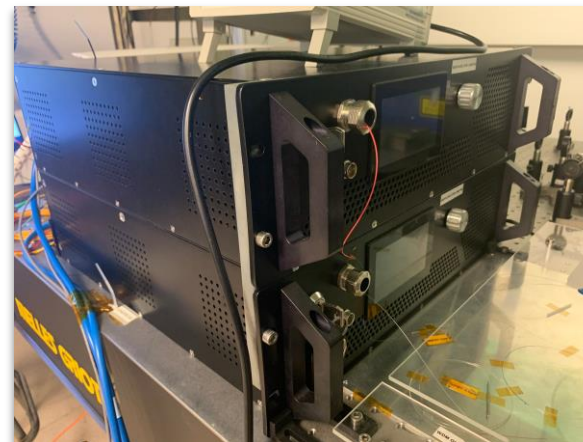
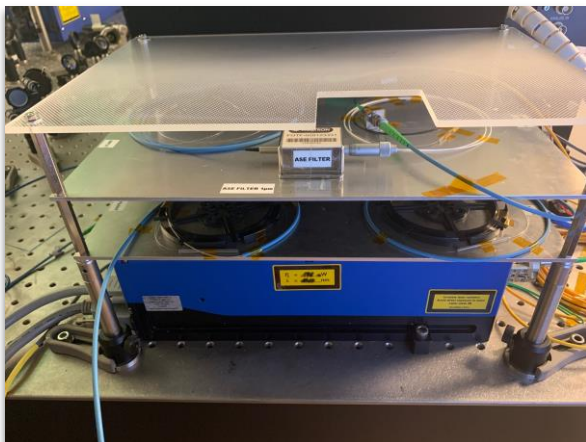
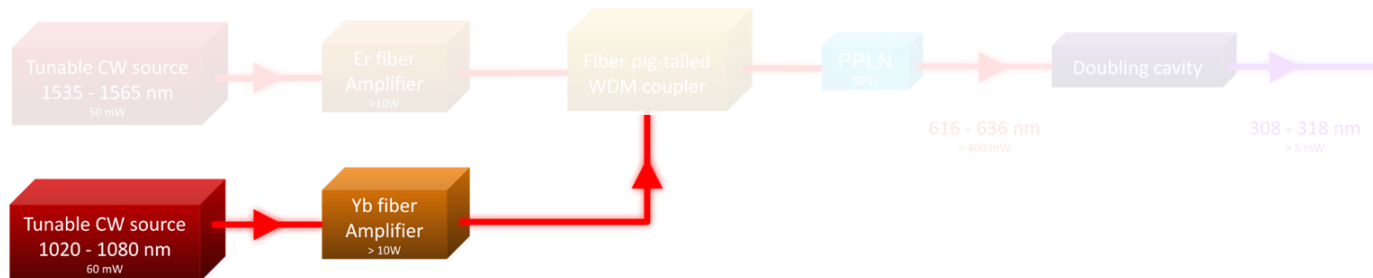


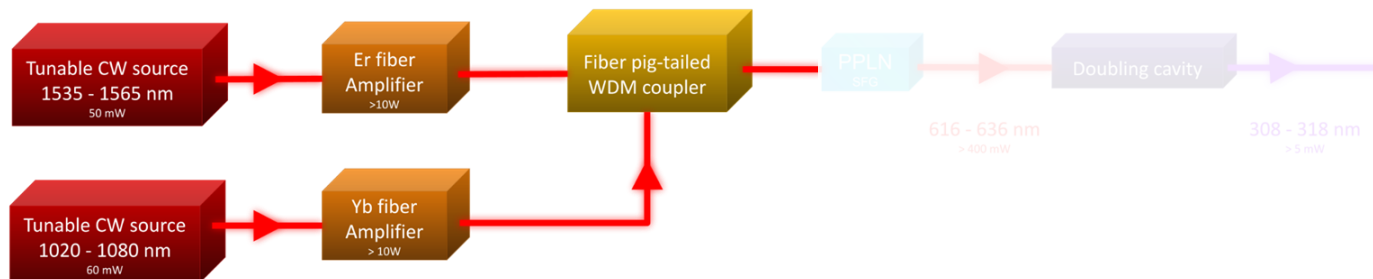
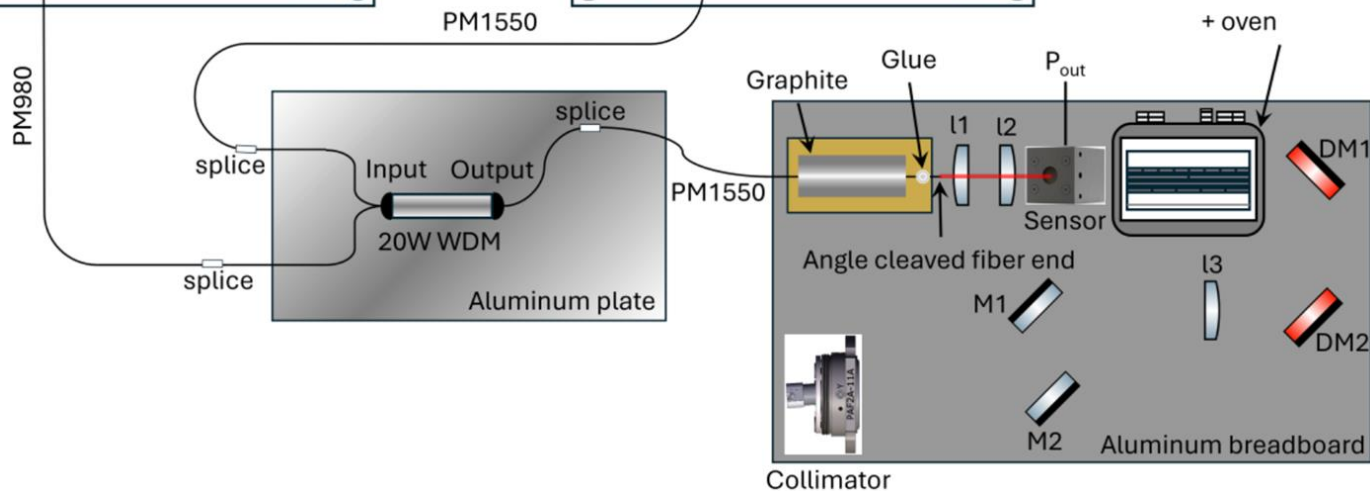


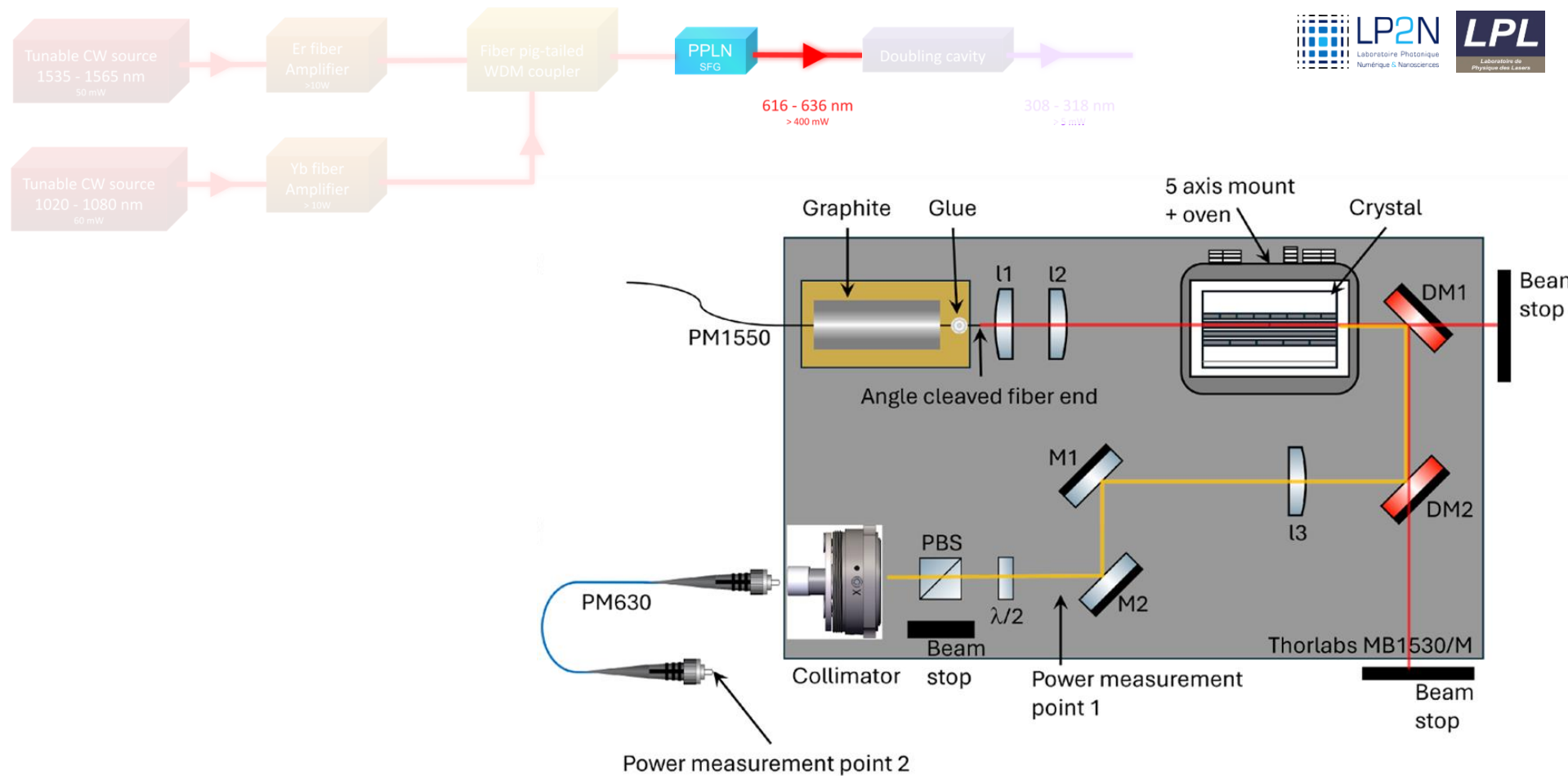
plage de longueurs d'onde de 1035 nm à 1077 nm

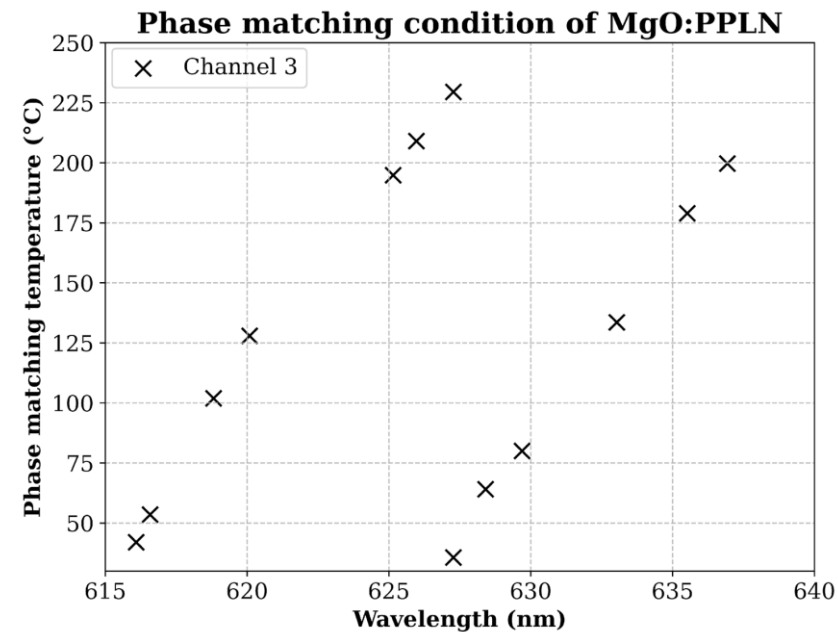
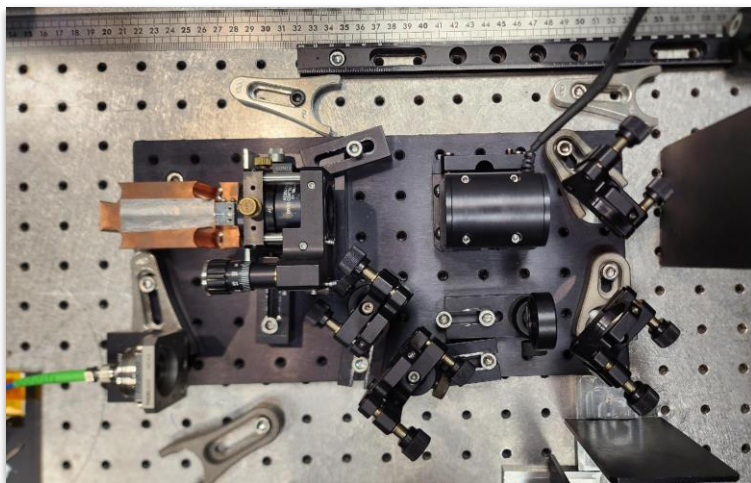
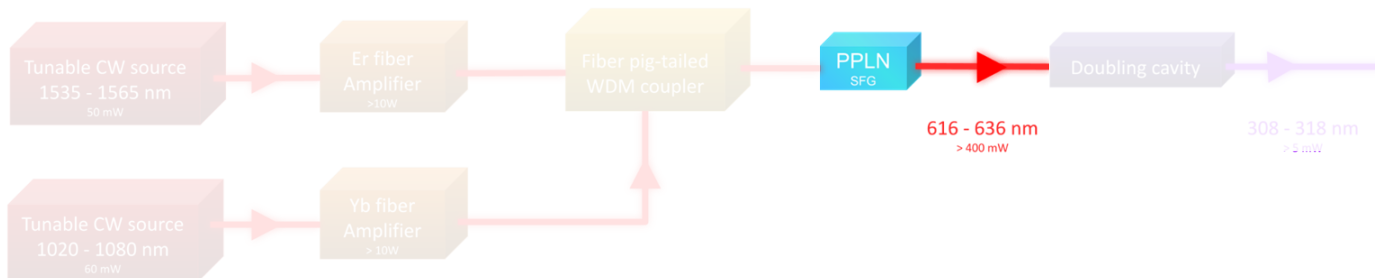
Power characterization of MOPA system at 1 μm

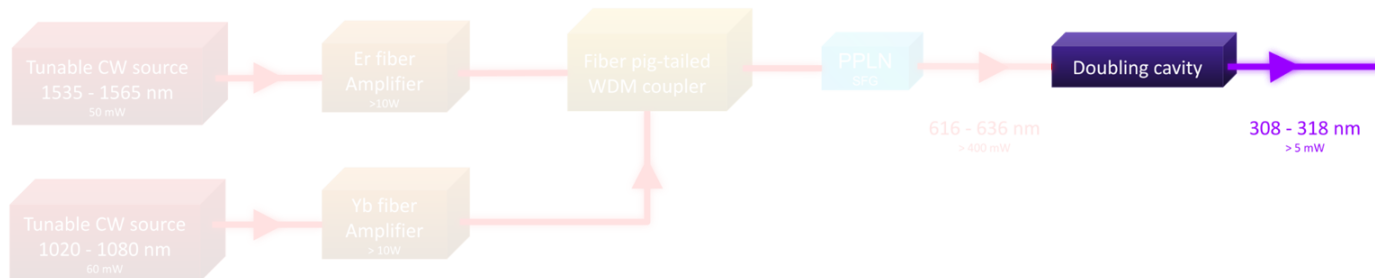




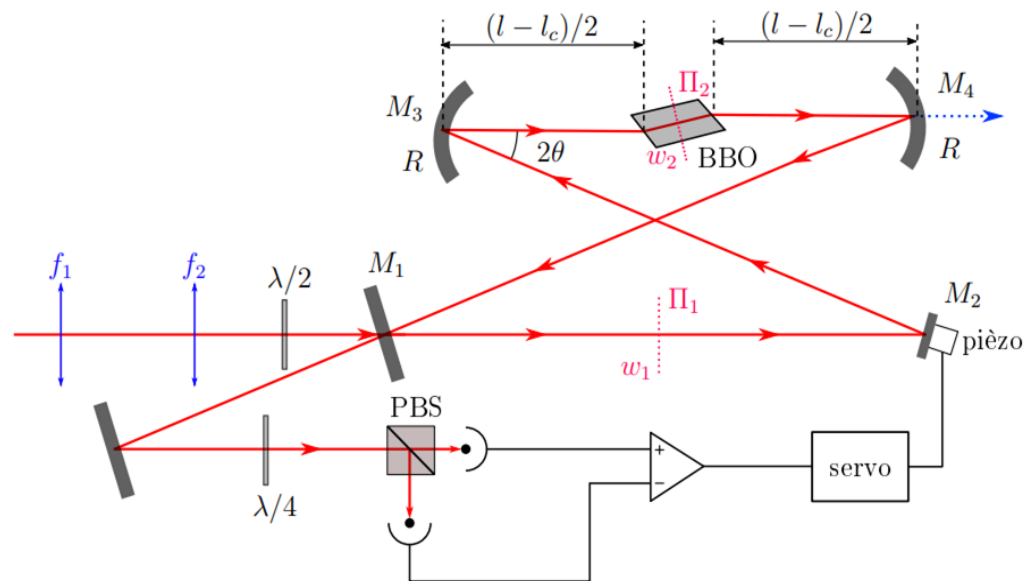
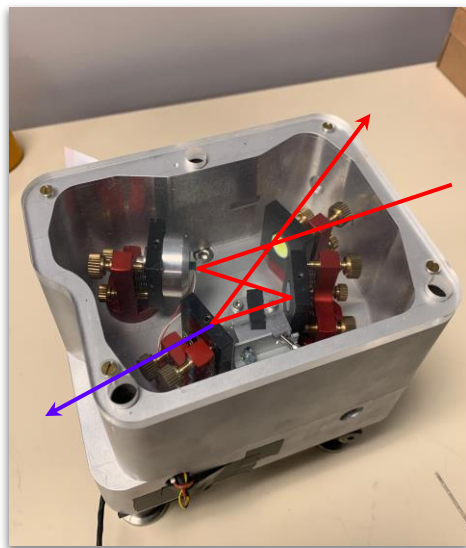
Front panel of MOPA rack for 1 μm laser sourceFront panel of MOPA rack for 1.5 μm laser source

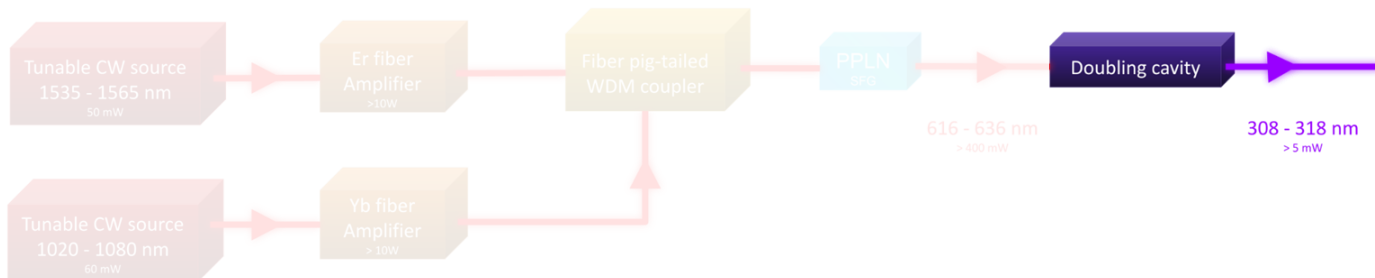




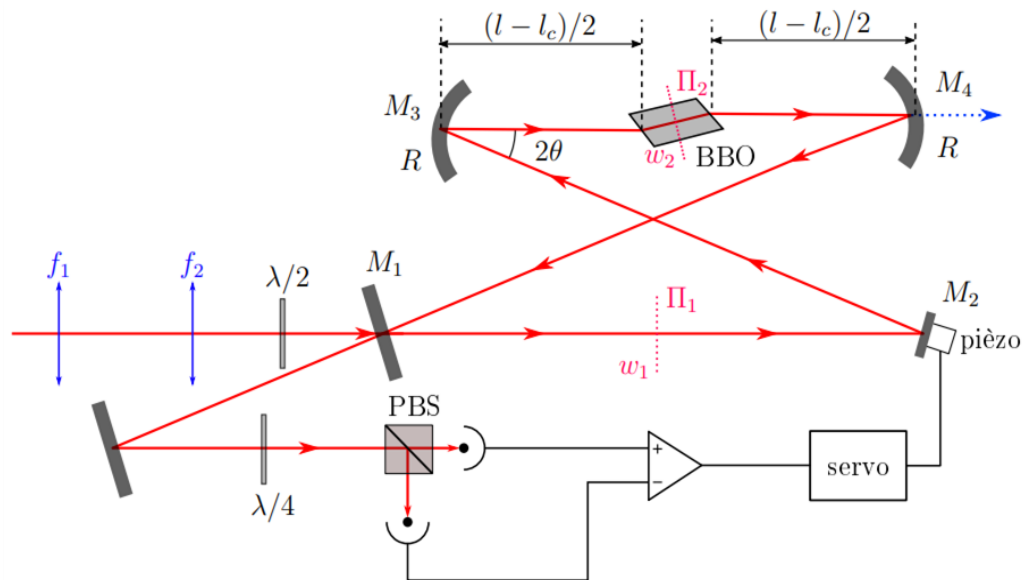
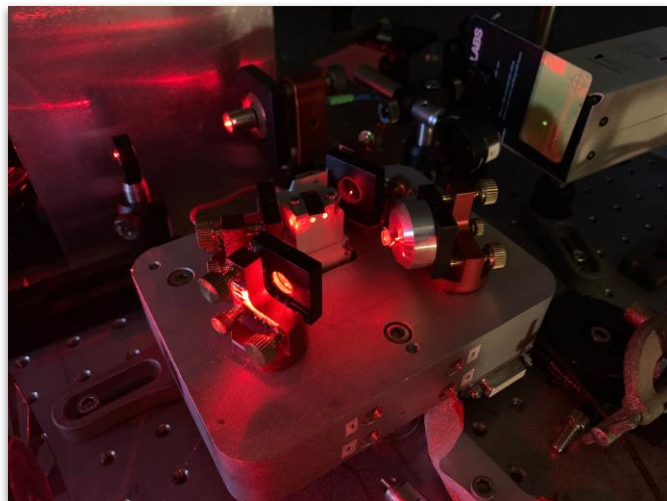


$$\omega_2 = 2\omega_1$$





$$\omega_2 = 2\omega_1$$



Merci pour votre attention

	Système 1	Système 2
Gamme	307.7 nm - 308.4 nm	308.2 nm - 318.9 nm
Puissance	3.5 μ W	50 mW
Stabilité en longueur d'onde	$\sim 10^{-4}$ nm	<i>In progress</i> $\sim 10^{-4}$ nm
Stabilité en intensité	<i>In progress</i> $\sim 10^{-3}$ (stabilisation de l'IR)	<i>In progress</i> stabilisation de l'UV

Prochaines étapes

- Stabilisation en longueur d'onde du système 2
- Stabilisation en intensité
- Mise en place de la cellule monitoré en température (-80° à 30°)
- Mesures des sections efficaces