

Réduction du bruit optique dans les lasers à l'aide de cavités externes passives

E. Drouin, A. April,
N. McCarthy et R. Vallée

15^e anniversaire du COPL,
Québec, Mai 2004

Centre d'optique, photonique et lasers

*Département de physique, de génie
physique et d'optique,*

*Université Laval, Québec, Qc, Canada, G1K 7P4,
edrouin@phy.ulaval.ca*



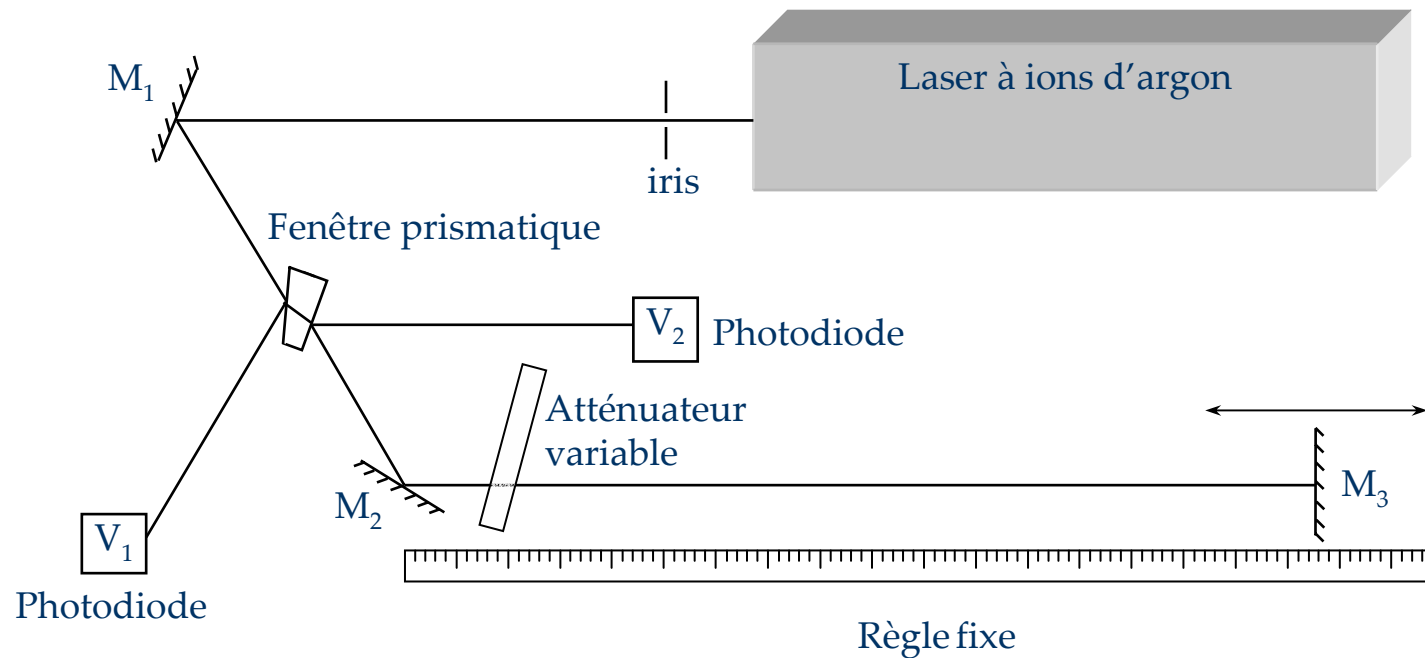
Résumé

- L'ajout de cavités externes à des lasers est une façon passive de réduire le bruit optique à basses fréquences dans ces derniers.
- Cette technique peut être utilisée autant pour les lasers à émission continue que dans les lasers en régime pulsé.
- Il est possible de réduire le bruit par l'ajout de :
 - Cavités externes simples : longues, courtes, ou terminées par un miroir à conjugaison de phase (MCP).
 - Cavités externes multiples.
- Le couplage de cavités externes à un OPO (*Oscillateur Paramétrique Optique*) a des effets de stabilisation de l'impulsion et de réduction de bruit.
- Une technique de stabilisation et d'optimisation en temps réel de l'intensité de l'OPO par détection de l'absorption à deux photons a été développée.

Cavité externe simple

Cavité longue

Montage expérimental

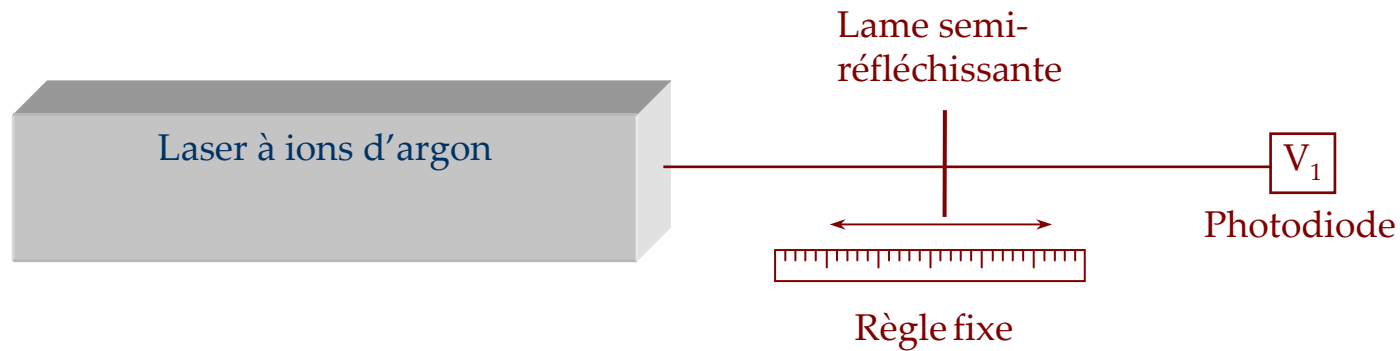


- La longueur totale de la cavité externe est de l'ordre de celle de la cavité principale du laser.

Cavité externe simple

Cavité courte

Montage expérimental

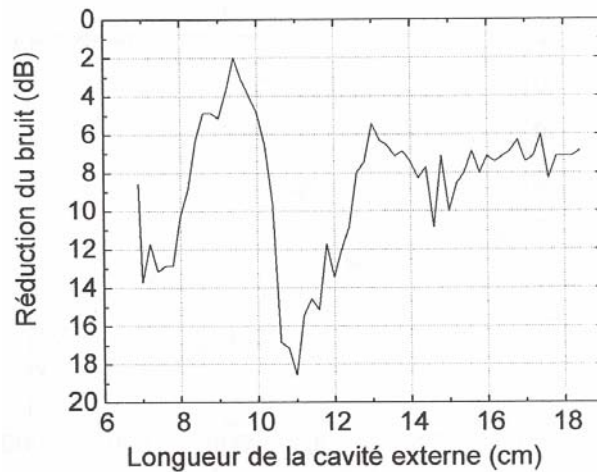


- Pour changer le niveau de retour, on doit simplement changer la lame semi-réfléchissante.
- La longueur totale de la cavité externe est de l'ordre de 10 cm, soit beaucoup plus courte que celle de la cavité principale du laser.

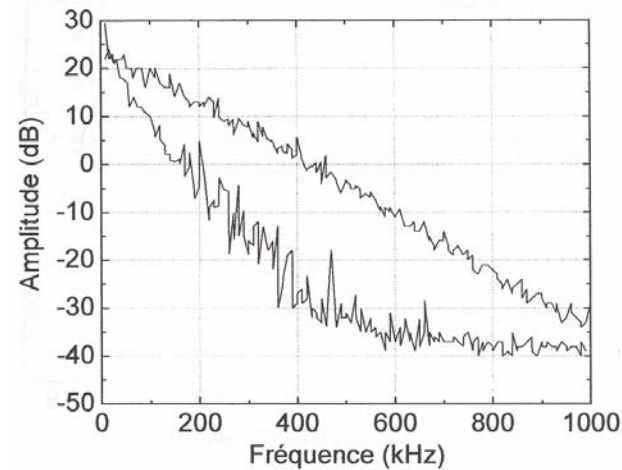
Cavité externe simple

Cavité courte

Résultats



Réduction du bruit en fonction de la longueur de la cavité externe.



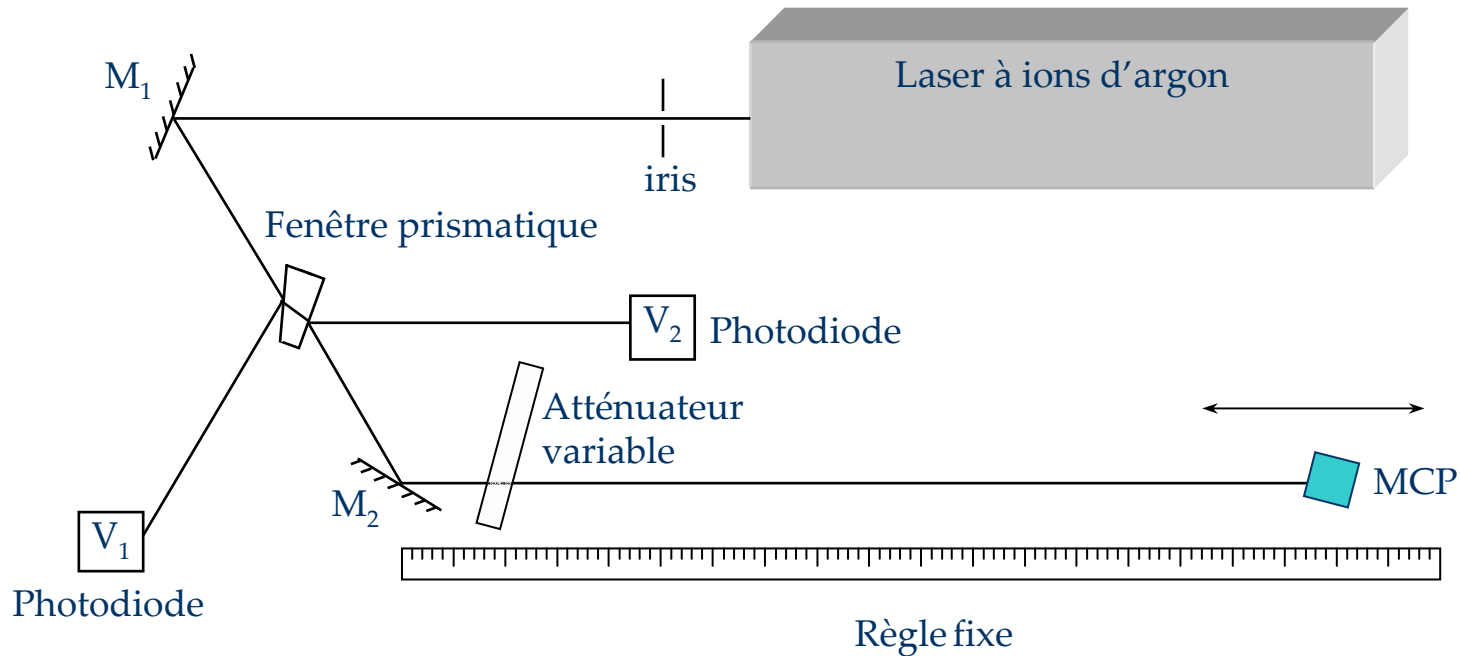
Bruit à basses fréquences avec une cavité courte de 11 cm et un niveau de retour de 20% (courbe du bas) et sans cavité (trace du haut).

- La réduction de bruit atteint ici 30 dB à 400 kHz.

Cavité externe simple

Cavité à conjugaison de phase

Montage expérimental

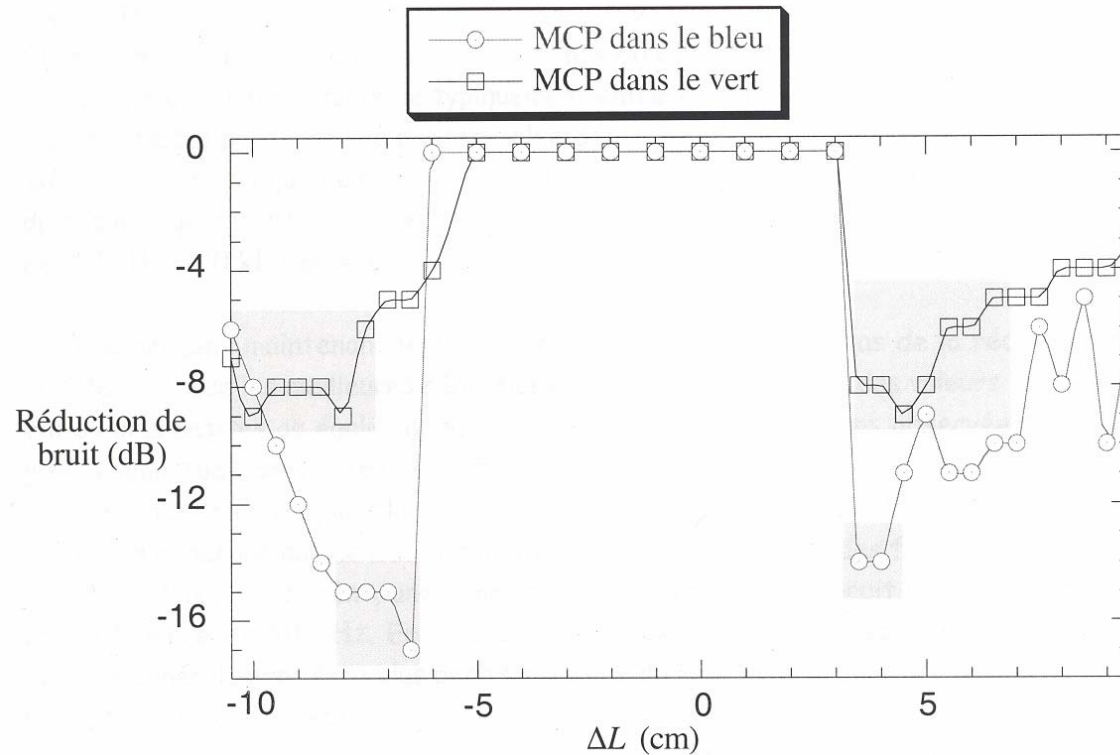


- Le miroir M_3 dans le schéma de la cavité longue a ici été remplacé par un miroir à conjugaison de phase.

Cavité externe simple

Cavité à conjugaison de phase

Résultats



- Avec le miroir à conjugaison de phase, la réduction de bruit atteint :
 - 9 dB à 514,5 nm

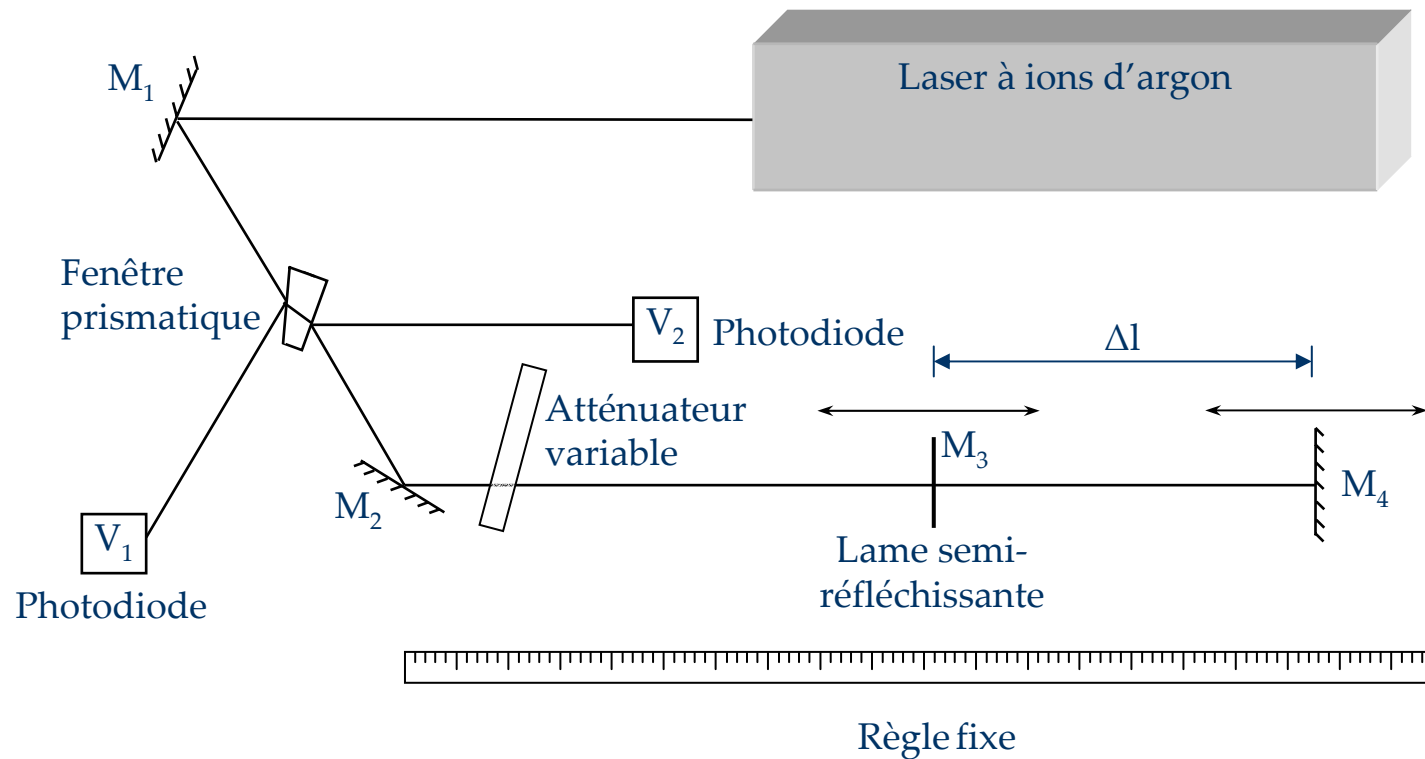
Cavité externe simple

Comparaisons

- **Cavité longue :**
 - Facilité des prises de mesure.
 - Facilité dans le changement du niveau de retour.
- **Cavité courte :**
 - Taille et rayon de courbure du faisceau retourné plus adaptés au faisceau en construction dans la cavité principale car la propagation se fait sur une distance considérablement plus courte.
 - Meilleur contrôle sur les modes longitudinaux.
- **MCP :**
 - Taille et rayon de courbure du faisceau retourné parfaitement adaptés au faisceau en construction dans la cavité principale grâce aux propriétés de réflexion particulières au MCP.
 - Puissance incidente limitée pour ne pas endommager le cristal. Non envisageable pour les lasers à impulsions.

Cavités externes multiples

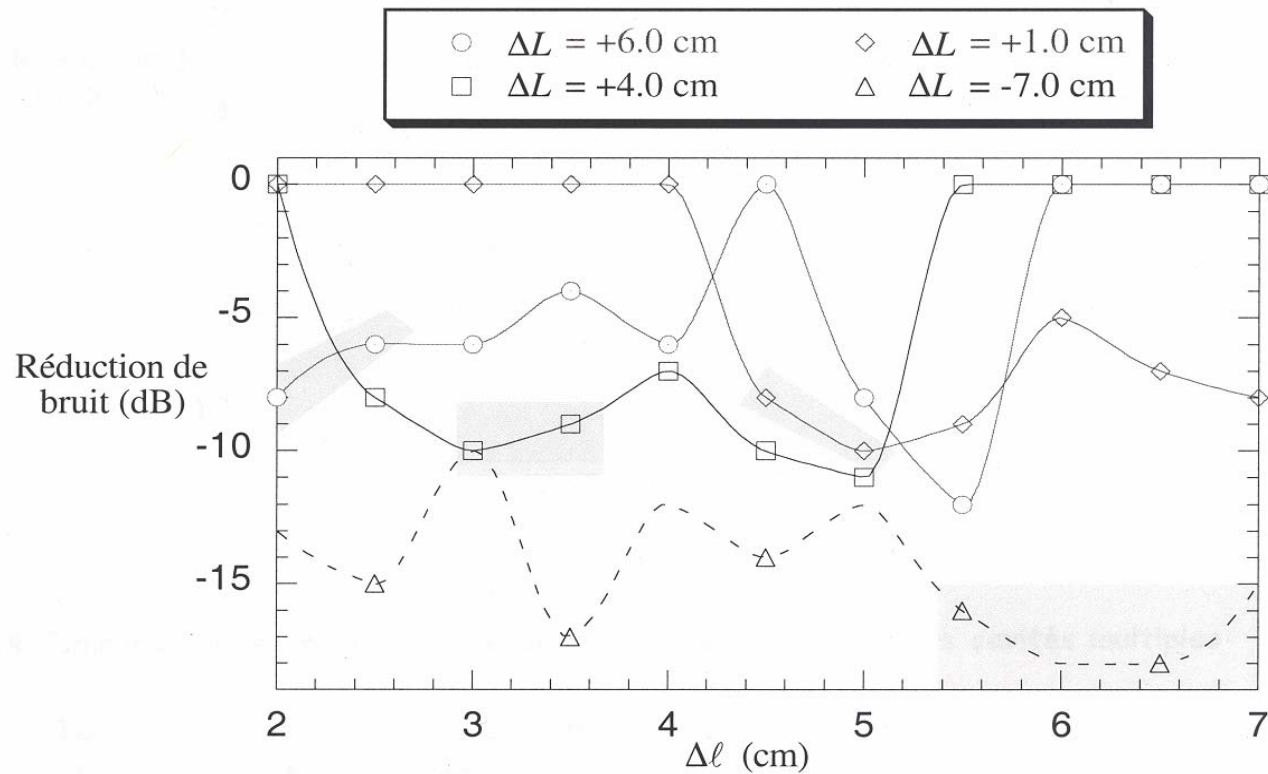
Montage expérimental



- Δl correspond à la distance entre les 2 miroirs externes, tandis que nous nommerons ΔL la distance entre le laser et la lame M_3 .

Cavités externes multiples

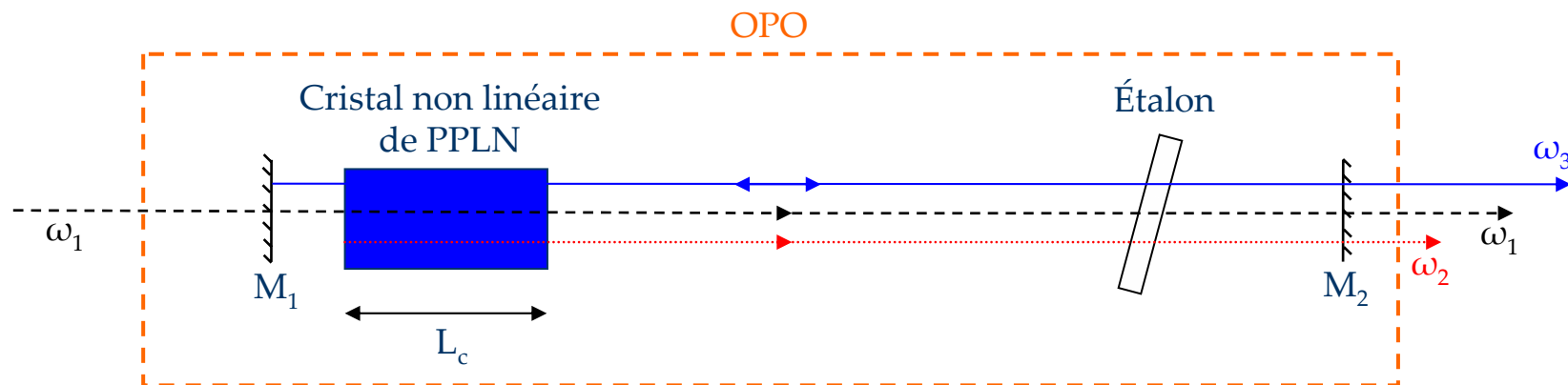
Résultats



- On obtient sensiblement les mêmes résultats qu'avec un MCP, avec un optimum à $\Delta L = -7$ cm.

Stabilisation de l'OPO

Fonctionnement de l'OPO

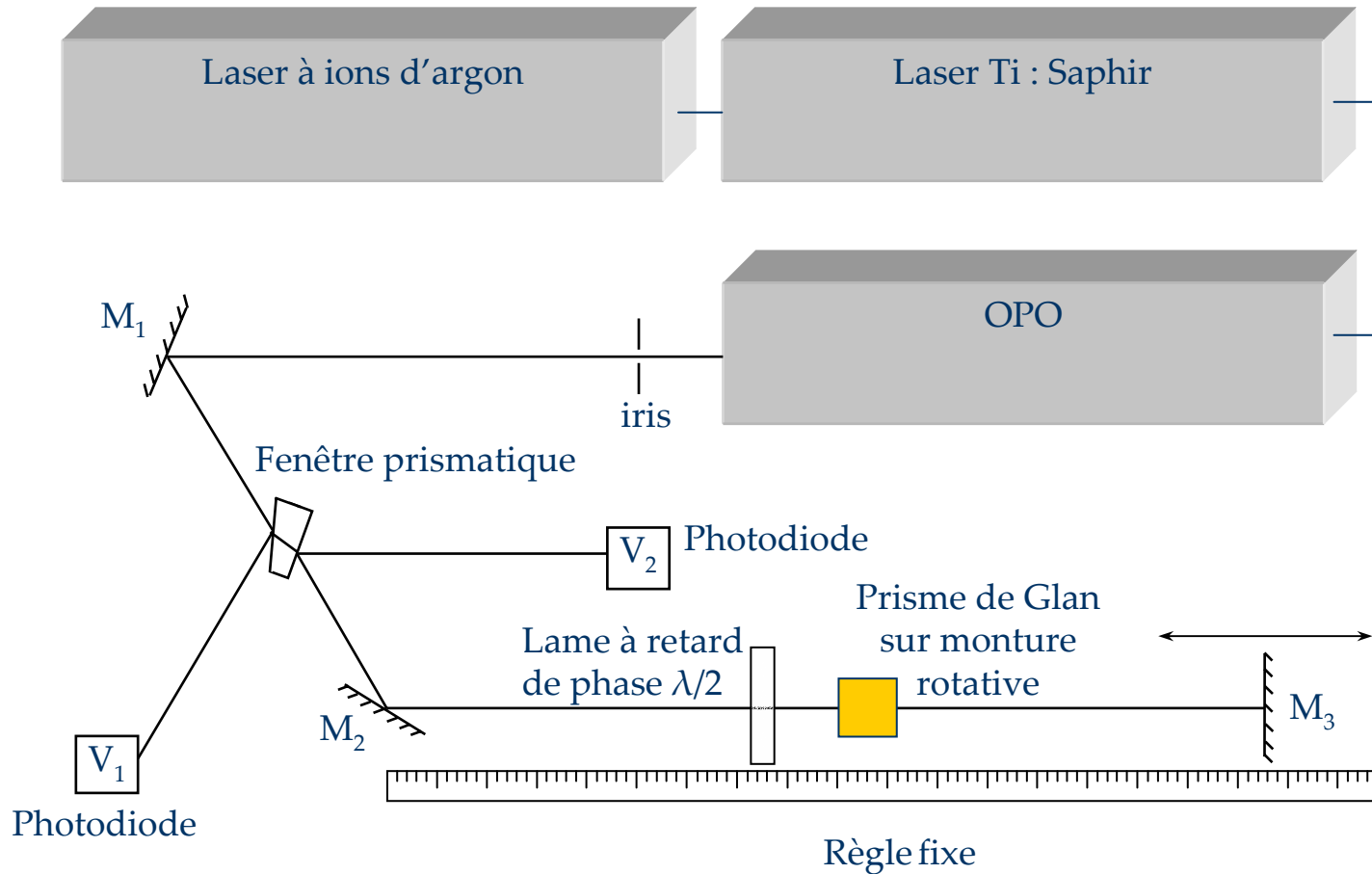


- ω_1 est la fréquence pompe provenant du laser Ti:saphir. Le résidu de ω_1 sera bloqué à l'aide d'un filtre à la sortie de l'OPO.
- ω_2 est la fréquence « idler » qu'on va bloquer avec un filtre à la sortie de l'OPO.
- ω_3 est notre signal correspondant à 1550 nm.
- La longueur de la cavité est de 1,839 m.

Stabilisation de l'OPO

Cavité externe

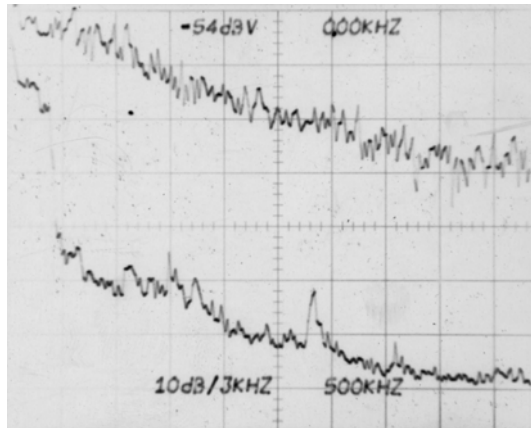
Montage expérimental



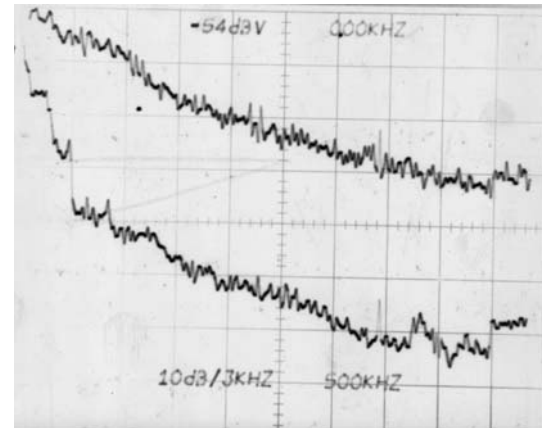
Stabilisation de l'OPO

Cavité externe

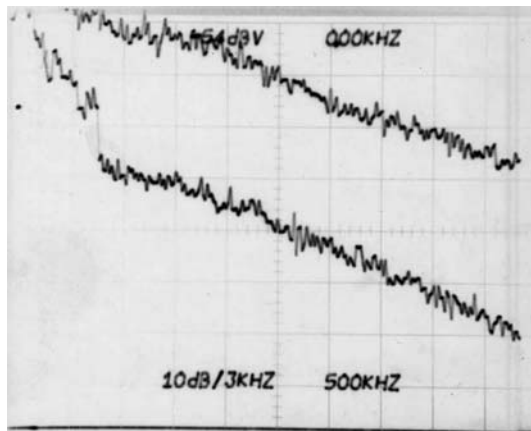
Résultats



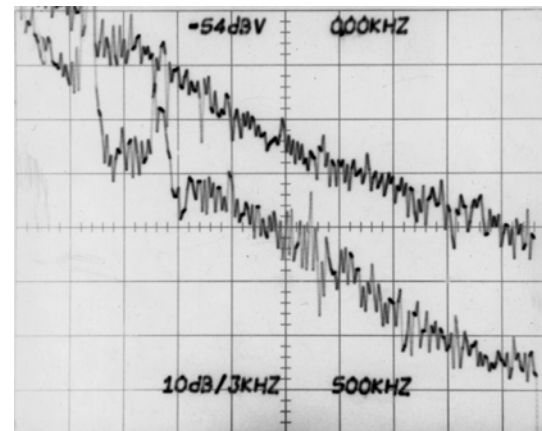
Retour de 48%
Longueur de cavité de 199,9 cm



Retour de 22%
Longueur de cavité de 200,3 cm



Retour de 18%
Longueur de cavité de 200,1 cm



Retour de 10%
Longueur de cavité de 200,1 cm

Stabilisation de l'OPO

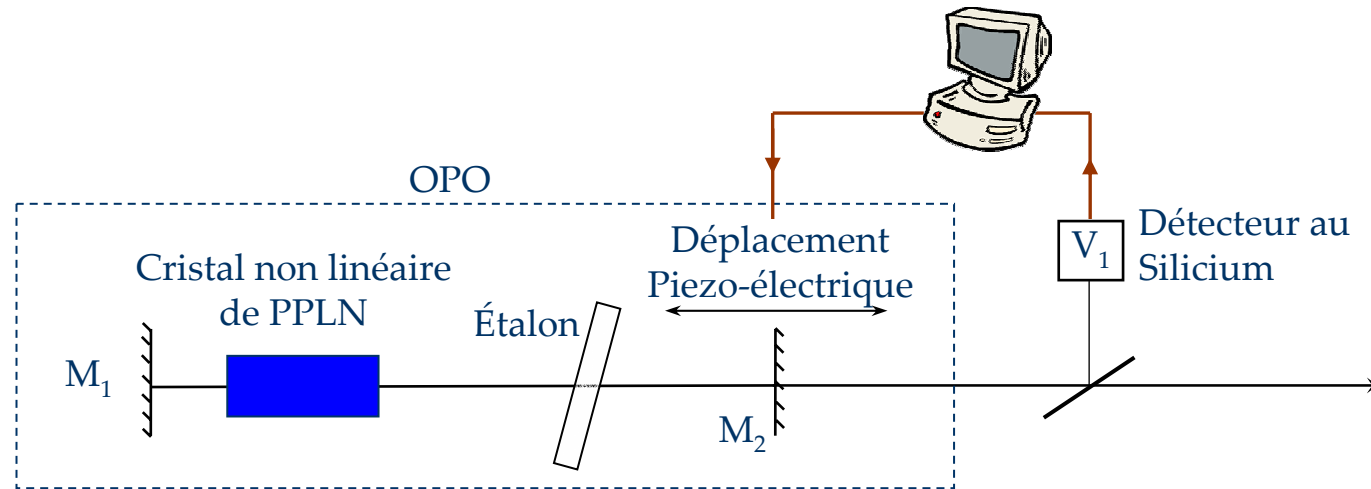
Cavité externe

- À cause d'un décalage essentiel entre l'impulsion de la pompe et celle se construisant dans la cavité, l'impulsion se construit à partir du bruit ambiant.
- L'impulsion retournée par la cavité externe vient dominer le bruit sur lequel se construirait normalement l'impulsion.
- Cette impulsion doit donc arriver juste avant l'impulsion en construction dans la cavité principale.
- Plus on augmente la portion de faisceau retournée, plus on élargit l'impulsion, mais plus celle-ci est stable. Il faut donc trouver un compromis entre stabilité et largeur d'impulsion.

Stabilisation de l'OPO

Absorption à 2 photons

Montage expérimental



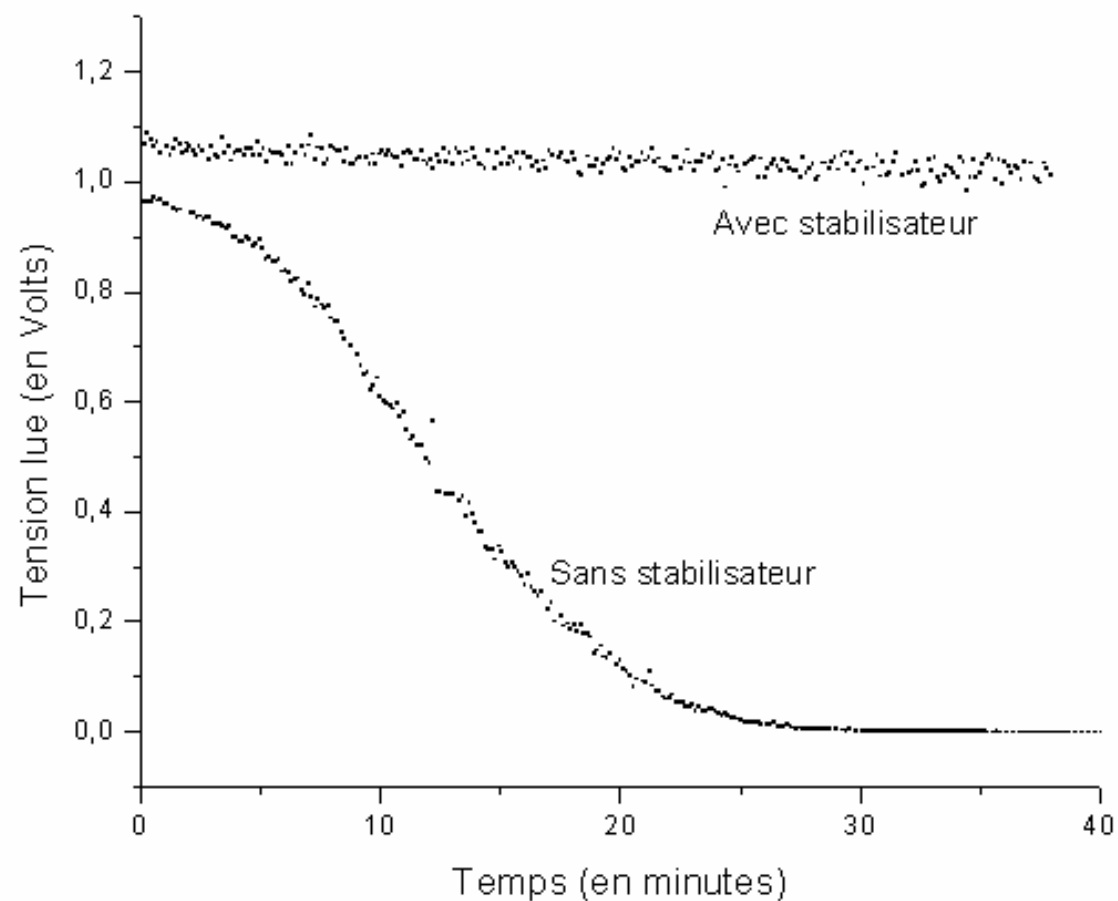
- La longueur d'onde du faisceau est de 1550 nm (fixée par l'étalon).
- La plage de détection du détecteur au Silicium est de 400 nm à 1050 nm. On ne peut donc mesurer que l'absorption à 2 photons à 775 nm, et non directement le signal à 1550 nm.
- Ce phénomène est non linéaire, et dépend de l'intensité incidente. Ainsi en optimisant l'intensité, on a l'impulsion la plus étroite possible.

Stabilisation de l'OPO

Absorption à 2 photons

Résultats

Absorption à 2 photons en fonction du temps
avec et sans système de stabilisation



Conclusion

- Il est possible de stabiliser l'impulsion d'un OPO à l'aide d'une réinjection par une cavité externe couplée à celui-ci. Nous l'avons montré expérimentalement.
- Cette réinjection augmente la durée de l'impulsion selon la puissance réinjectée.
- Nous avons mis au point un système permettant d'optimiser en temps réel l'intensité, et donc la durée de l'impulsion de l'OPO.
- Dans le futur, nous aimerions améliorer l'efficacité de la cavité externe et l'utiliser en même temps que le système d'optimisation décrit précédemment.

Références

- P. Dufour, « Réduction du bruit optique dans les lasers à gaz et à l'état solide à l'aide d'une cavité externe », Mémoire de maîtrise, Université Laval, 2002.
- D. Gay, « Réduction du bruit dans un laser à l'aide d'une cavité externe », Thèse de doctorat, Université Laval, 2000.
- A. J. Scroggie, G.-L. Oppo and G. D'Alessandro, J. Opt. Soc. Am. B, vol. 17, No. 1, 84-89 (Jan. 2000).

Remerciements

