

## Instructions pour la semaine 2 de l'expérience sur le laser à fibre femtoseconde

(séance PM, 15 octobre 2020)

- 1) Lire attentivement les pages 13 à 18 de la thèse de doctorat de Michel Olivier. La thèse est accessible à partir de l'adresse suivante :

<http://hdl.handle.net/20.500.11794/19893>

2) Pour obtenir l'émission d'impulsions brèves, il faut que la fonction de transmission en puissance du système P-APM constitué par la combinaison polariseur – lames d'onde soit bien réglée. Cette fonction dépend des angles  $\alpha$  et  $\theta$  qui représentent, respectivement, l'alignement des lames quart d'onde et demi-onde par rapport à l'axe  $x$  sur lequel le polariseur est ajusté. La condition pour démarrer l'émission d'impulsions est que la pente de la fonction de transmission du système P-APM soit positive à l'origine, i.e. la transmission en puissance augmente proportionnellement à l'angle  $\Delta\phi$  lié à la rotation non linéaire de la polarisation.

3) L'émission naturelle d'un laser est constituée de pics successifs causés par les interférences entre les modes longitudinaux du laser qui ont des phases aléatoires (signal de bruit). Dans le texte cité plus tôt, on établit une relation entre l'angle  $\Delta\phi$  et la puissance  $P$  du laser. Le système P-APM, si réglé tel que décrit au point précédent, va ainsi mener à l'amplification préférentielle du pic de puissance maximum, lequel bénéficie d'une transmission maximum à chaque trajet. Ceci mènera éventuellement à l'émergence d'une impulsion brève qui va circuler dans la cavité laser. Dans cette situation, on dit que le laser est opéré dans le régime de synchronisation modale (« mode locking »). Tous les modes du laser ont alors la même phase et le signal possède une durée minimale.

4) Si l'angle  $\Delta\phi$  devient élevé, la transmission en puissance adopte un comportement oscillatoire. Ce comportement limite la puissance maximum des impulsions car leur transmission à travers le système P-APM diminue au-delà d'une valeur maximum de la puissance.

5) Étant donné les conditions de dispersion et de non linéarité optique prévalant dans le laser utilisé au laboratoire, celui-ci va mener à l'émergence d'impulsions qui prennent la forme de solitons. Une solution sous forme de sécante hyperbolique est prédite pour ces solitons. La durée du soliton émis par le laser est reliée aux paramètres des fibres optiques utilisées et à la puissance crête de ce soliton. Voir la thèse de Michel Olivier, pages 23-26.

6) L'émission de solitons est accompagnée de celle de bandes latérales étroites spectralement dites résonances de Kelly. Voir la thèse de Michel Olivier, pages 23-26.

7) Il arrive qu'en fonction de la puissance et des paramètres du laser (gain, énergie de saturation), plusieurs solitons soient présents simultanément. Ils peuvent former à l'occasion des états liés avec un intervalle temporel constant. Ceci se traduit par des modulations spectrales périodiques observées sur l'analyseur de spectre optique.

### Travaux à effectuer

- a) **Optimisation du réglage du système P-APM.** Maximiser la pente à l'origine de la fonction de transmission du système P-APM. À cette fin, utilisez l'expression analytique de la fonction de transmission établie dans la référence citée plus haut. Tracez des courbes de transmission en fonction de l'angle de rotation non linéaire  $\Delta\phi$  et de la puissance laser  $P$  pour différents réglages des lames d'onde.
- b) **Convergence vers un soliton.** Utilisez les conditions optimales trouvées au point précédent. Normalement, pour des conditions optimales, le code de simulation devrait converger vers une impulsions solitonique. Déterminez les paramètres des résultats ainsi obtenus (durée, puissance crête et énergie des impulsions, position des résonances de Kelly). Comparez avec vos résultats expérimentaux.
- c) **Conditions non optimales.** Examinez les résultats obtenus avec des réglages non optimisés des paramètres du système P-APM. Comparez avec les résultats obtenus au point précédent.

Vous êtes invités à commentez les résultats obtenus et à les comparer à vos mesures au laboratoire. Si le temps le permet, vous pouvez aussi examiner comment la dynamique laser se comporte si vous changez les propriétés du gain laser (coefficients de gain, énergie de saturation). Signalez toute observation intéressante.

N.B. : Il se peut que le réglage des lames d'onde qui a mené à l'émission d'impulsions femtosecondes lors de l'expérience diffère des prédictions du code de simulation. Il s'avère que les fibres optiques de la cavité laser possèdent une biréfringence résiduelle non nulle, alors que le modèle théorique suppose des fibres optiques idéales sans biréfringence.