

Gestion efficace du rétrécissement spectral par le gain dans les lasers CPA à l'aide d'étireurs à fibre sur mesure

Steeves Roy, Gestionnaire gamme de produits – Lasers à impulsions brèves, indie

Le rétrécissement spectral par le gain est une limitation bien connue des concepteurs de lasers à impulsions brèves. Découvrez une manière élégante de contrecarrer ce problème pour obtenir des impulsions plus courtes et d'énergie plus élevée.

Introduction

De nombreuses applications industrielles, médicales et scientifiques bénéficient aujourd'hui des avantages offerts par les lasers à impulsions brèves (ultrarapides). Divers phénomènes physiques doivent être contrôlés par les concepteurs de lasers pour éviter que la durée des impulsions ne s'allonge au-delà des exigences des procédés laser. Le rétrécissement spectral par le gain est l'un des mécanismes qui doivent être contrôlés, ici nous nous concentrerons sur les systèmes laser à architecture CPA (Chirped Pulse Amplification).

Qu'est-ce que le rétrécissement spectral par le gain?

Le rétrécissement spectral par le gain est le phénomène par lequel le contenu spectral d'une impulsion est réduit lors de l'amplification dans un milieu ayant un spectre de gain non uniforme. Ceci est dû au fait que le spectre de l'impulsion est davantage amplifié dans la région centrale du spectre de gain par rapport à ses extrémités. De plus, à mesure que le gain augmente, le spectre de l'impulsion tend à se déplacer vers le sommet de la courbe de gain, comme l'illustre la figure 1.

Le rétrécissement spectral par le gain affecte la durée et la stabilité des impulsions. Sans stratégie de gestion du problème, à des longueurs d'onde autour de $1\ \mu\text{m}$ il devient extrêmement difficile, voire impossible, d'obtenir des impulsions de haute énergie ayant des durées inférieures à $\sim 700\ \text{fs}$ avec des amplificateurs à état solide et inférieures à $\sim 200\ \text{fs}$ avec des amplificateurs à fibre Yb.

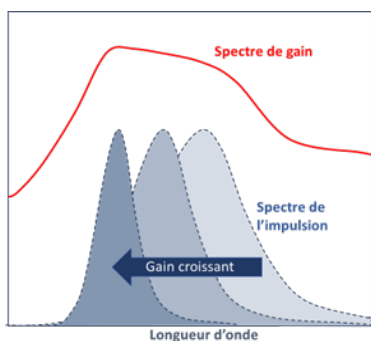


Figure 1: Impact du rétrécissement spectral par le gain

Gestion du rétrécissement spectral par le gain

Différentes stratégies peuvent être mises en œuvre pour minimiser l'impact du rétrécissement spectral par le gain, par exemple :

- Réduire les pertes d'insertion, car l'incidence du rétrécissement spectral par le gain augmente avec le gain,
- Utiliser des amplificateurs à fibre où le gain et les effets non-linéaires sont gérés ensemble pour conserver le contenu spectral des impulsions,
- Utiliser un filtre optique pour introduire des pertes dans les régions spectrales où le gain est plus élevé (égalisation du gain).

Nous discuterons de cette dernière approche dans le contexte des systèmes laser CPA avec oscillateurs à fibre.

Étireurs d'impulsions fibrés sur mesure

L'utilisation d'étireurs d'impulsions basés sur des réseaux de Bragg à pas variable (CFBG) s'est généralisée grâce à leur compacité, leur fiabilité et leur configurabilité. La figure 2 montre un schéma de mise en œuvre typique.

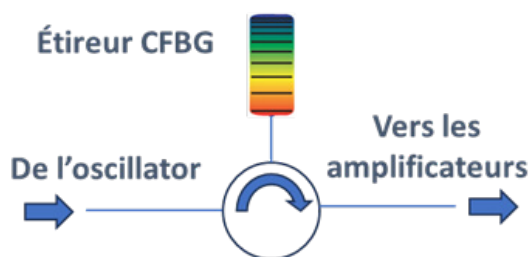


Figure 2: Configuration typique d'étireur à CFBG

La gamme d'étireurs fixes (PSR) et accordables (TPSR) d'indie est la plus complète et la plus polyvalente du marché. La dispersion et la réflectivité peuvent être adaptées à un large éventail d'architectures laser.

Une manière élégante de contrecarrer le rétrécissement spectral par le gain en utilisant le principe d'égalisation du gain sans ajouter de composants consiste à concevoir l'étireur avec une réflectivité plus faible aux longueurs d'onde où le gain est plus élevé (figure 3). Cette option des étireurs d'indie permet de produire des impulsions de haute énergie ayant des durées bien inférieures à 500 fs dans les systèmes laser hybrides à fibre et à état solide.

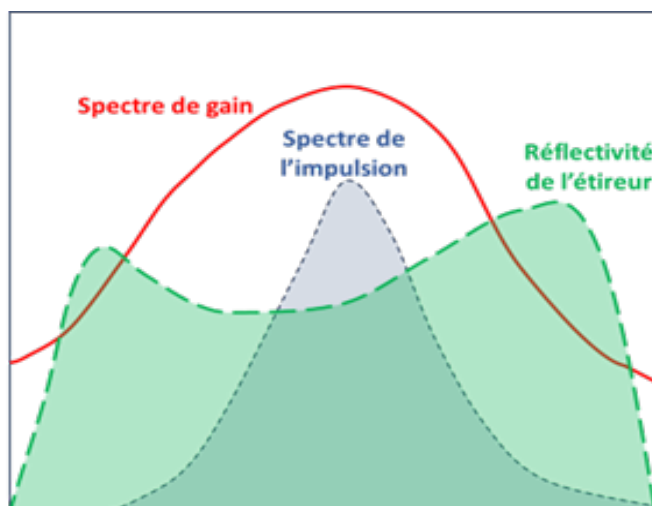


Figure 3: Concept d'étireur d'impulsions avec option de compensation de rétrécissement spectral par le gain

Conclusion

Le rétrécissement spectral par le gain est l'une des limitations des lasers ultrarapides qui peuvent être gérées efficacement par une conception intelligente d'étireurs fibrés de pointe. Les PulseStretch et TuneStretch d'indie peuvent être conçus pour compenser la non-uniformité du spectre de gain et obtenir des impulsions plus courtes avec une énergie plus élevée.