

Du laser industriel à la séance de travaux pratiques

Ellyne Liégeois, Félix Keil, Ferdinand Koci, Elliott Haddad, Elisa Jarry
Encadrement : Francois Balembois, Thierry Avignon



Contexte

L'objectif de ce projet est de donner une seconde vie à deux lasers industriels JADE2 de Thalès en faisant d'eux le sujet d'étude de séances de travaux pratiques de troisième année.

Les composants clés de ces lasers ont été extraits afin de pouvoir être étudiés individuellement lors de séances de travaux pratiques portant sur des lasers impulsions déclenchés.

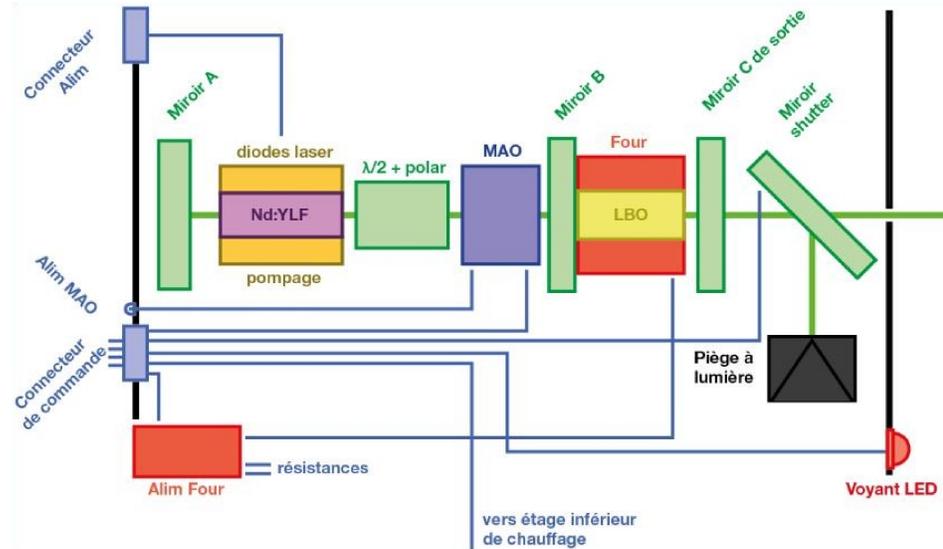
L'équipe enseignante a également souhaité conserver une trace de ces lasers dans leur forme initiale afin d'aborder en travaux pratiques la démarche de retro-ingénierie et d'illustrer des points clés technologiques des lasers industriels.

Retro-Ingénierie

Lecture de documentations et démontage minutieux des deux lasers afin d'en comprendre le fonctionnement.

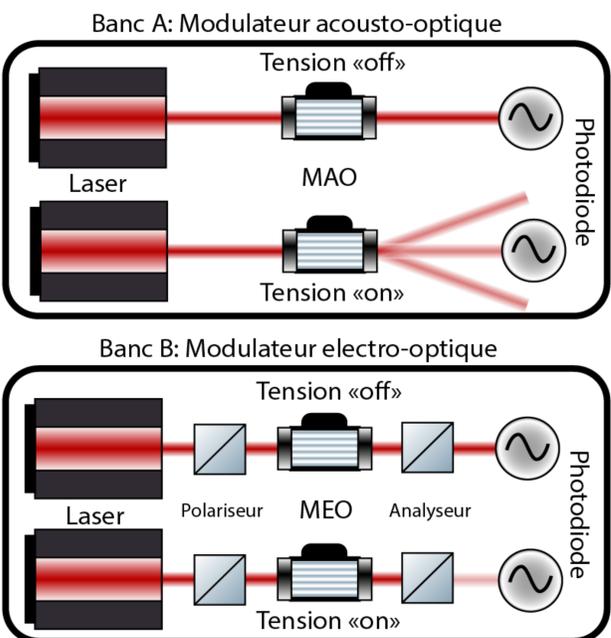
Identification des liens entre les composants électroniques, optiques et mécaniques.

Élaboration d'un scénario afin de guider les étudiants dans leur compréhension en autonomie du système complet.



ÉTUDE DES MODULATEURS ACOUSTO- ET ÉLECTRO-OPTIQUES

Montage expérimental



Démarche

Mise en place du banc et alignement précis des modulateurs sur l'axe optique.

Observation d'effets acousto-optiques (MAO): Diffraction de Bragg.

Observation d'effets électro-optiques (MEO): Rotation de la polarisation.

Caractérisation des modulateurs par la mesure de l'amplitude de modulation via le rapport :

$$\frac{\text{Intensité laser à tension max}}{\text{Intensité laser à tension nulle}}$$

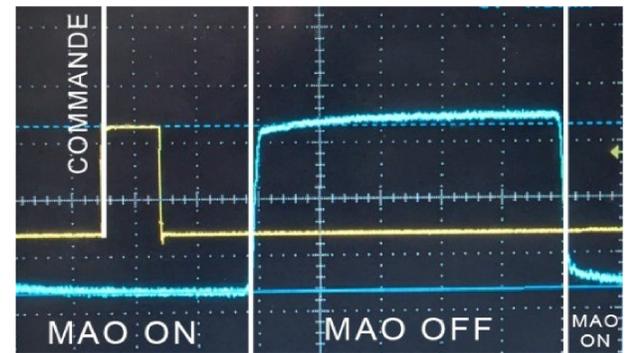
Utilisation des modulateurs avec synchronisation :

- Isolation d'une impulsion dans un peigne.
- Ouverture/fermeture répétée d'une cavité pour laser déclenché.

Résultats

Grandes amplitudes de modulation observées :

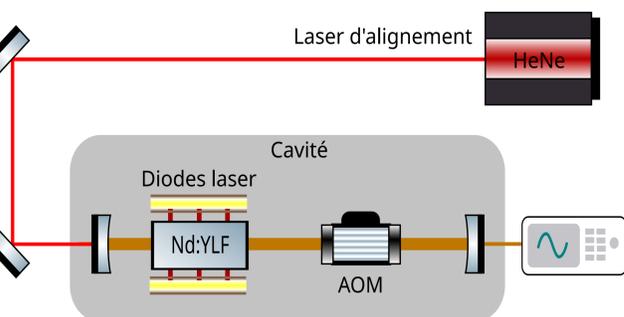
- Acousto-optique : 4% (0.3/7.20 mV oscilloscope)
- Electro-optique : 29% (3.20/11.0 mV oscilloscope) @V=900V



Synchronisation des modulateurs sur des générateurs de fonctions pour l'obtention d'un laser déclenché.

ÉTUDE D'UN LASER DÉCLENCHÉ

Montage expérimental



Le cristal de Nd:YLF émet à 1047 nm.

Pompage transversal du cristal de Nd:YLF par des diodes laser.

Démarche

Mise en place d'une procédure d'alignement de la cavité à l'aide d'un laser hélium-néon.

Gestion des questions de refroidissement des composants.

Caractérisation des diodes de pompage. Mise en place d'un pompage quasi-continu à 10Hz. Créneaux de pompage de 10ms.

Étude du régime impulsif grâce au modulateur acousto-optique. Gestion de la synchronisation.

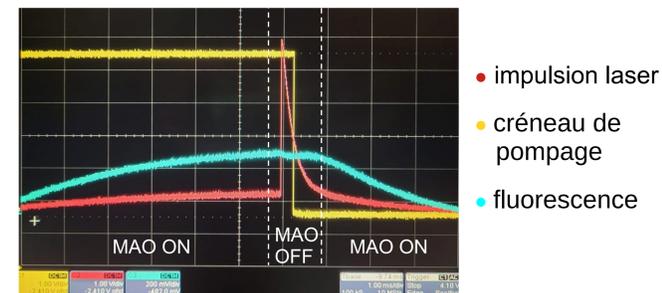
Étude de l'influence de la transmission du miroir de sortie et de l'interaction entre la fluorescence et le rayonnement laser.

Résultats

Obtention de puissances moyennes de l'ordre du Watt adaptées pour des séances de travaux pratiques.

Obtention d'impulsions laser de l'ordre de quelques centaines de nanosecondes.

Visualisation d'un front de descente plus raide lorsque la transmission du miroir de sortie augmente.



Enjeux environnementaux

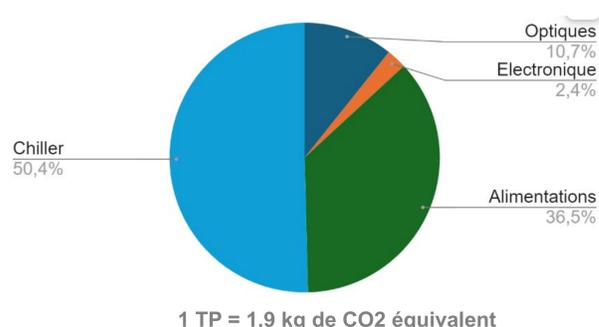
→ Lasers industriels déjà utilisés pendant leur durée prévue de fonctionnement.

→ Démarche de recyclage et revalorisation de composants existants.

→ Impact quasi nul des matériaux de récupération.

→ Impact des 3 semaines de DePhi : 215 kg de CO2 équivalent.

Répartitions des sources d'émissions de CO2 équivalent lors d'un TP:



Résultats

Ces trois semaines de projets ont été une réussite :

→ Composants principaux des lasers récupérés, caractérisés et mis en fonctionnement.

→ Élaboration d'une séance de travaux pratiques qui s'intègre au programme d'enseignement expérimental à l'Institut d'Optique et en Master.

→ Perspectives de futurs TP en développement.