



Programme et publications PEDAGOGIQUE

Date: Mercredi, 04.07.2018

17:30 - 19:00 PO-01 A: Session posters et stands Pédagogiques #1

Salle Emma Chenu

Date: Jeudi, 05.07.2018

14:00 - 16:15 SP: Session pédagogique

Président(e) de session: **Saïda GUELLATI- KHELIFA**

Président(e) de session: **Renaud Mathevet**

Présentations et table ronde

16:45 - 18:45 PO-02 A : Session posters et stands Pédagogiques #2

Salle Emma Chenu

Présentations

PO-01 A: Session posters et stands Pédagogiques #1

Heure: Mercredi, 04.07.2018: 17:30 - 19:00 · Salle: Salle Emma Chenu

RETOUR D'EXPERIENCE SUR LE MOOC : « LA PHYSIQUE, VIVE[Z] L'EXPERIENCE ! »

S. Forget, S. Chénais, C. Daussy

LPL-CNRS-UMR7538-IG-UP13, France; christophe.daussy@univ-paris13.fr

Retour d'expérience sur un MOOC conçu par 3 enseignants-chercheurs pour faire (re)découvrir les richesses de la Physique au plus grand nombre. Ce MOOC intitulé, « La Physique, vive[z] l'expérience ! », s'appuie sur des pédagogies numériques innovantes pour aborder quelques grands thèmes traités au lycée et en premier cycle universitaire.

REGRESSION PARADOXALE D'UNE COMPETENCE DE L'ECOLE PRIMAIRE A L'UNIVERSITE : REPRESENTER LA PROPAGATION RECTILIGNE DE LA LUMIERE

E. Blanquet^{1,2}, T. Badiur³, V. Blé², C. Darraud⁴, M. Delaunay², M. Dubourg², A. Leloutre², M. Miron³, N. Pavel³, E. Picholle⁵, A. Turuta³

¹LACES EA 7437, Université de Bordeaux, France; ²ESPE d'Aquitaine, Université de Bordeaux, France; ³Université de Iasi Alexandru Ioan Cusa, Iasi, Roumanie; ⁴XLIM, UMR 7252, CNRS-Université de Limoges, Limoges, France; ⁵INPHYNI, UMR 7010, CNRS- Université Nice Sophia Antipolis, Nice, France; estelle.blanquet@u-bordeaux.fr

Une étude sur la représentation de la lumière se propageant dans une boîte fermée munie d'une cloison interne a été menée auprès de 846 élèves du primaire et 392 étudiants français et roumains. Alors que 81% des élèves de CP répondent correctement à la question posée, moins de 30% des adultes interrogés y parviennent.

Stand pédagogique

ELABORATION D'UNE CHARGE UTILE DE NANOSATELLITE DEDIEE A L'OPTIQUE TELECOM

A. Fernandez, C. Viallon, N. Nolhier, O. Llopis

LAAS, Université Paul Sabatier Toulouse III, France; afernand@laas.fr

L'objectif de cette communication est de présenter l'action pédagogique en optoélectronique développée dans le Master ESET de l'Université Paul Sabatier dans la réalisation de la charge utile optoélectronique du nanosatellite NIMPH dont le but est de mesurer la dégradation de fibres dopées erbium aux radiations cosmiques.

Stand pédagogique

EXPERIENCES DIDACTIQUES AUTOUR DU PHENOMENE DE REFLEXION TOTALE: LA FONTAINE LASER ET LA TRANSMISSION DU SON PAR LASER

J.-P. Loisel^{1,2,3}, **M. Büchner**^{1,2,4}

¹LCAR, France; ²IRSAMC; ³Université Toulouse III; ⁴CNRS; loisel@irsamc.ups-tlse.fr

La fibre optique a révolutionné notre monde. Cette technologie est basée sur l'optique géométrique (réflexion totale). Une fontaine laser montre le guidage d'un faisceau laser dans un jet de liquide et la transmission du son par modulation d'une diode laser est illustrée. L'objectif est de sensibiliser un large public et d'éveiller la curiosité.

Stand pédagogique

Optique et Phénomène de Moiré : le Moiré comme Interféromètre Graphique

J.-C. Pissondes

ESIEA, France; jcpissondes@aim.com

Dans ce poster, on montre que le mécanisme du moiré constitue pour étudiants et enseignants un moyen simple mais très explicite pour illustrer les phénomènes et applications de l'Optique ondulatoire. En particulier, on expose la méthode du "moiré d'ombre" pour l'analyse d'une surface en la comparant à l'analyse interférométrique d'un relief.

Stand pédagogique

Un ensemble polyvalent d'expériences d'optique quantique de démonstration

R. Mathevet^{1,2,3}, **B. Chalopin**^{1,2,4}, **S. Massenet**^{1,5}

¹Université de Toulouse, France; ²CNRS; ³LNCMI; ⁴LCAR; ⁵ISAE; renaud.mathevet@lncmi.cnrs.fr

Nous présentons deux expériences d'optique quantique destinées aux étudiants de Master d'écoles d'ingénieur ou universitaires. La première est une expérience de violation des inégalités de Bell. La seconde, vise à mettre en évidence des battements de photons uniques. Ces deux expériences sont conçues pour être facilement transportables.

Stand pédagogique

Un ensemble polyvalent d'expériences optiques de démonstration

R. Mathevet

LNCMI, France; renaud.mathevet@lncmi.cnrs.fr

Nous présentons une quinzaine d'expériences de démonstration en optique facilement reproductibles et transportables. Elles permettent d'animer plusieurs types d'interventions à différents niveaux du grand public jusqu'au séminaire de laboratoire et seront présentées par des étudiants formés pour l'occasion.

Stand pédagogique

Un kit pédagogique modulaire pour l'enseignement des lasers à fibre

J. Lhermite¹, **R. Bello-Doua**^{2,3}, **B. Fabre**^{1,2}, **E. Cormier**^{1,2}

¹CELIA, Université de Bordeaux - CNRS - CEA, 33405 Talence, France; ²PYLA, Bâtiment Institut d'Optique d'Aquitaine, 33400 Talence, France; ³ALPhANOV, Institut d'optique d'Aquitaine, 33400 TALENCE, France; baptiste.fabre@u-bordeaux.fr

Nous présentons un kit pédagogique innovant à base de composants modulaires pour l'enseignement pratique autour de la conception d'un laser à fibre.

SP: Session pédagogique

Heure: Jeudi, 05.07.2018: 14:00 - 16:15 · Salle: Amphi Fermat

Président(e) de session: Saïda GUELLATI- KHELIFA

Président(e) de session: Renaud Mathevet

Présentations et table ronde

Outils pédagogiques, évolution de l'enseignement de l'optique dans l'ère du numérique, échanges sur les approches pédagogiques...

Invitée

Articulation Secondaire-Supérieur : le point de vue du groupe interassociations de physique-chimie

R. Barbet-Massin

Ministère de l'Éducation Nationale, France; barbet-massin.remi@neuf.fr

Le groupe de physique-chimie interassociations réfléchit aux évolutions nécessaires de l'enseignement de ces disciplines au lycée. Ses interactions avec les différentes institutions ont permis une sensibilisation aux problèmes rencontrés actuellement ; certains membres ont intégré les groupes d'experts chargés d'élaborer les nouveaux programmes.

Invitée

Enseignement interactif dans les amphithéâtres de sciences du L1

B. Lamine

Université Paul Sabatier, France; brahim.lamine@irap.omp.eu

Depuis 2014, l'université Paul Sabatier s'est saisie d'opportunités technologiques nouvelles pour faire évoluer les cours magistraux en amphithéâtres en allant vers des formes plus interactives d'apprentissage. Ces nouvelles pratiques pédagogiques permettent d'améliorer la réussite des étudiants et l'appréciation de ces derniers sur leur cours.

Invitée

L'enseignement scientifique dans la réforme du baccalauréat

D. Obert

Ministère de l'éducation nationale, France; dominique.obert@education.gouv.fr

Un nouveau baccalauréat est prévu pour la session 2021, il sera resserré autour de quatre épreuves terminales et introduira une part de contrôle continu. Il s'accompagne d'une réorganisation profonde du lycée. Nous ferons le point sur les parcours scientifiques en mettant en avant les nouveaux enjeux d'orientation vers l'enseignement supérieur.

UN ENSEMBLE POLYVALENT D'EXPÉRIENCES D'OPTIQUE QUANTIQUE DE DÉMONSTRATION

Renaud Mathevet¹, Benoît Chalopin², Sébastien Massenot³

¹ LNCMI, UPR 3228, CNRS-INSU-UJF-UPS, Grenoble et Toulouse, France

² LCAR, UMR 5589, CNRS, Université de Toulouse, France

³ ISAE-SUPAERO, Université de Toulouse, France

renaud.mathevet@lncmi.cnrs.fr

RÉSUMÉ

MOTS-CLEFS : *optique quantique ; inégalités de Bell ; interférences à un photon ; expérimental*

1. INTRODUCTION

Nous présentons deux expériences d'optique quantique destinées aux étudiants de Master d'écoles d'ingénieur ou universitaires. La première est une expérience relativement courante de violation des inégalités de Bell à l'aide de paires de photons intriqués générés par conversion paramétrique. La seconde, plus originale et en cours de développement, vise à mettre en évidence des battements de photons uniques. Ces deux expériences sont conçues pour être facilement transportables entre nos différentes institutions et à être présentées lors d'événements grand public.

2. TEST DES INÉGALITÉS DE BELL

Notre montage (cf. Fig. 1) est très largement inspiré de ceux d'Enrique Galvez ou de l'Institut d'Optique [1, 2].

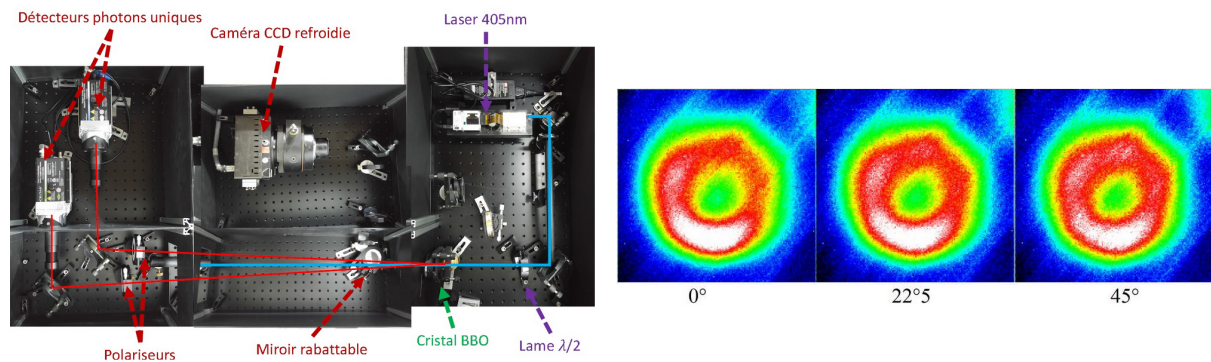


FIGURE 1 : Gauche : notre source de photons unique. Droite : cônes de fluorescence paramétrique selon que les paires de photons sont générées dans le premier cristal, le second ou les deux simultanément.

L'originalité de notre dispositif est d'être facilement transportable pour pouvoir être utilisé dans différents lieux d'enseignement ou lors d'exhibitions grand public, et de permettre la visualisation directe des cônes de fluorescence sur une caméra.

Lors de séances de TP de niveaux master, nos étudiants observent couramment une violation des inégalités de Bell avec un paramètre de Bell $S > 2.45$.

3. BATTEMENTS DE PHOTONS UNIQUES

Un Modulateur Acousto Optique (MAO) consiste en un cristal dans lequel on excite une onde acoustique de pulsation $\Omega \sim 2\pi \cdot 80$ MHz dans notre cas. Il en résulte une modulation de l'indice de réfraction de période $\Lambda \sim 50 \mu\text{m}$. Soit $\mathbf{q}$ le vecteur d'onde associé. Lorsque l'on illumine le réseau ainsi formé à l'incidence de Bragg par un faisceau laser de vecteur d'onde $\mathbf{k}_i$ on observe couramment deux ondes émergentes, d'intensité relative réglable, correspondants aux ordres 0 et + ou -1 de diffraction. Les vecteurs d'onde associés sont $\mathbf{k}_0 = \mathbf{k}_i$ et $\mathbf{k}_{\pm 1} = \mathbf{k}_i \pm \mathbf{q}$. Cette égalité peut simplement s'interpréter comme la conservation de la quantité de mouvement lors de l'interaction entre les photons de l'onde lumineuse incidente et les phonons de l'onde acoustique. La conservation de l'énergie s'écrit de même $\omega_0 = \omega_i$ et $\omega_{\pm 1} = \omega_i \pm \Omega$ où ω_i est la pulsation de l'onde optique incidente. Le MAO se comporte donc comme une séparatrice optique non stationnaire qui divise le faisceau incident en deux faisceaux de direction et fréquence différentes.

Le processus est naturellement cohérent et se produit donc à l'échelle même du photon. On peut le traduire par :

$$|\mathbf{k}_i, \omega_i\rangle \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} (|\mathbf{k}_i, \omega_i\rangle + |\mathbf{k}_i \pm \mathbf{q}, \omega_i \pm \Omega\rangle). \quad (1)$$

Nous formons un interféromètre de Mach-Zehnder en utilisant comme séparatrices deux MAO excités aux pulsations Ω_1 et Ω_2 produites par un unique générateur basse fréquence et donc cohérentes entre elles. Dans un premier temps, un laser conventionnel à 808 nm injecté dans une fibre monomode est utilisé pour aligner l'interféromètre. On observe en sortie des battements à la fréquence $|\Omega_2 - \Omega_1|/2\pi$ que l'on peut faire varier sur une très large gamme allant de la fraction de millihertz à plusieurs dizaines de kilohertz.

Il suffit alors de remplacer le laser (source cohérente classique) par notre source de photons uniques annoncés pour obtenir les mêmes battements, de photons uniques individuels cette fois. Il s'agit alors d'une expérience d'interférence à un seul photon, où l'on utilise simultanément les modes spatial et temporel du photon.

RÉFÉRENCES

- [1] E. Galvez, "Single-Photon Experiments in the Undergraduate Laboratory", *Am. J. Phys.*, **82**, 1018 (2014); doi : 10.1119/1.4872135.
- [2] L. Jacubowicz and T. Avignon "Why did we elaborate an entangled photons experiment in our engineering school ?", *SPIE Proceedings Volume 9664*, (2005); doi : 10.1117/12.2207539.

UN ENSEMBLE POLYVALENT D'EXPÉRIENCES OPTIQUES DE DÉMONSTRATION

Renaud Mathevet¹

¹ LNCMI, UPR 3228, CNRS-INSA-UJF-UPS, Grenoble et Toulouse, France

renaud.mathevet@lncmi.cnrs.com

RÉSUMÉ

Nous présentons une quinzaine d'expériences de démonstration en optique facilement reproductible et transportable. Elles permettent d'animer plusieurs types d'interventions à différents niveaux. Des manipulations sur les couleurs sont proposées au "jeune grand public", tandis que l'utilisation d'un spectromètre USB permet de démontrer aux plus grands les principes physiques des différentes sources lumineuses (incandescence, fluorescentes, LEDs, LASERS) et de les articuler avec les enjeux environnementaux. À destination des scolaires post-bac et des enseignants, cet ensemble est complété par des expériences plus fondamentales permettant d'aborder les principales propriétés de la lumière : interférences, diffraction et polarisation. Nous articulons le tout sous la forme originale d'une "conférence-manips" qui suit un fil historique pour montrer le rôle fondamental des progrès en optique expérimentale dans la construction de la physique moderne (relativité, mécanique quantique).

MOTS-CLEFS : *démonstrations optiques ; histoire des sciences ; vulgarisation scientifique*

1. COULEURS - SPECTROMÉTRIE

Nous présentons tout d'abord le principe des spectromètres à fente (Fig. 1 a et b) puis on montre que tout cet appareil tient désormais dans une petite boîte, le spectromètre USB. On peut alors aborder de façon relativement quantitative, y compris avec un très jeune public, la synthèse additive et soustractive des couleurs au moyen de projecteurs à LED (Fig. 1 c et d).

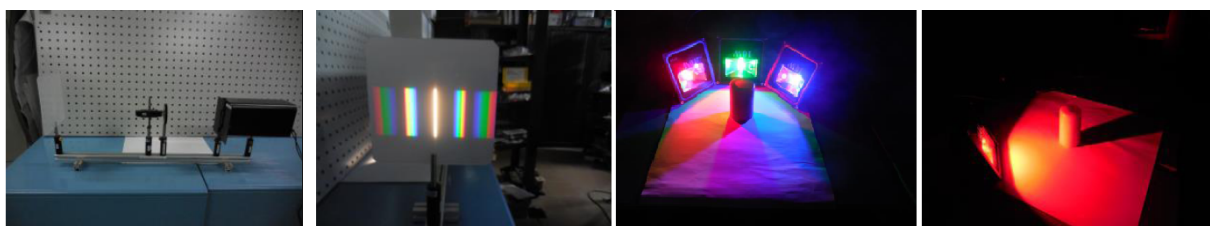


FIGURE 1 : de gauche à droite : a) montage d'un spectromètre à fente et prisme à vision directe (PVD), b) spectre obtenu en remplaçant le PVD par un réseau. c) 3 projecteurs à LED dont les ombres font apparaître les couleurs primaires et secondaires d) couleurs par réflexion.

Pour un niveau plus avancé, le spectromètre USB est ensuite utilisé avec une source à incandescence. On montre que l'essentiel de l'énergie est dissipée sous forme d'infrarouges et on sensibilise alors le public aux économies d'énergie. On présente ensuite les lampes à décharge avec la lampe de Balmer. Au niveau post bac, ces deux expériences permettent d'introduire la mécanique quantique. Pour le grand public, elles servent d'introduction aux lampes "modernes" - fluocompactes. On revient alors au projecteur à LED (spectre de bandes) et le blanc obtenu par synthèse R+G+B. On poursuit par les LEDs blanches de dernière génération en expliquant la fluorescence jaune d'un composé de terres rares pompé par une LED bleue. On conclut par la démonstration des singularités de la lumière LASER : diode sous et au-dessus du seuil (rétrécissement spectral), laser HeNe à cavité ouverte (directivité, modes spatiaux), *speckle*.

2. INTERFÉRENCES - DIFFRACTION

Nous nous appuyons tout d'abord sur des expériences avec des ultrasons pour introduire la notion de longueur d'onde. Ensuite, on présente à la fois les expériences de diffraction en lumière laser pour leur facilité d'obtention (Fig. 2 d : les longueurs d'ondes des deux lasers sont clairement différentes alors que quasiment du même rouge à l'oeil). mais aussi en lumière blanche (lorsque l'on peut faire le noir) pour aborder les aspects historiques et insister sur la difficulté de certaines expériences. Pour un public post-bac nous présentons de plus l'expérience du point de Poisson, capitale dans l'établissement de la théorie ondulatoire à la suite des travaux de Fresnel (1815-1818).

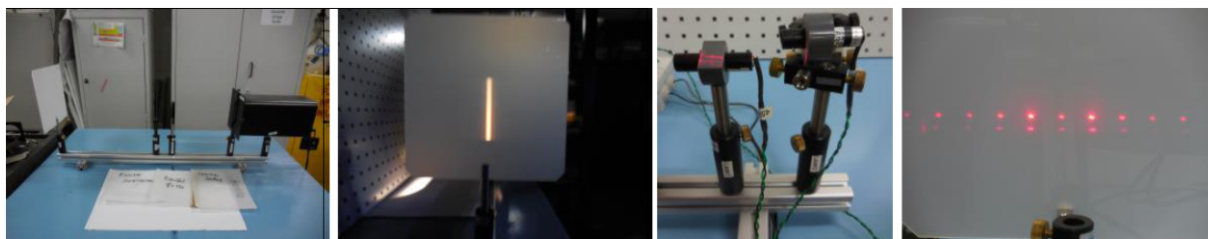


FIGURE 2 : de gauche à droite : a) montage pour diffraction/interférences en lumière blanche b) figure de diffraction d'une fente. c) montage à deux diodes laser 650 et 635nm d) diffraction par un réseau correspondante.

3. POLARISATION

C'est une propriété difficile à conceptualiser, à enseigner et, *a fortiori* à vulgariser. On utilise tout d'abord la corde de Melde pour visualiser une onde transverse (Fig. 3 a). Ensuite, on montre la polarisation par réflexion et les polariseurs dichroïques type polaroid. Un interféromètre de polarisation est ensuite présenté avec selon le niveau, une interprétation quantitative du spectre cannelé avec le spectromètre USB (Fig. 3 b-d).



FIGURE 3 : de gauche à droite : a) corde de Melde b) interféromètre de polarisation avec lames de scotch "en croix". c) lames de scotch d'épaisseur croissante entre polariseur et analyseur croisé pour analyse quantitative et spectre cannelé d) idem entre polariseur et analyseur parallèles : complémentarité.

CONCLUSION

Cet ensemble d'expériences d'optique tient dans 4 ou 5 caisses et peut être facilement transporté dans des événements grand public (fête de la science, nuit des chercheurs...) ou dans des classes. Il permet d'aborder l'optique à différents niveaux, du plus élémentaire jusqu'à la licence de physique. Il rencontre un large succès à chaque présentation.

UN KIT PÉDAGOGIQUE MODULAIRE POUR L'ENSEIGNEMENT DES LASERS À FIBRE

Jérôme Lhermite¹, Ramatou Bello-Doua^{2,3}, Baptiste Fabre^{1,2}, Éric Cormier^{1,2}

¹ CELIA, Université de Bordeaux – CNRS – CEA, 33405 Talence, France

² PYLA, Bâtiment Institut d'Optique d'Aquitaine, 33400 Talence, France

³ ALPhANOV, Institut d'optique d'Aquitaine, 33400 TALENCE, France

baptiste.fabre@u-bordeaux.fr

RÉSUMÉ

Nous présentons un kit pédagogique innovant à base de composants modulaires pour l'enseignement pratique autour de la conception d'un laser à fibre.

MOTS-CLEFS : *laser à fibre ; composants fibrés ; kit pédagogique*

1. INTRODUCTION

L'enseignement de l'optique et en particulier des lasers nécessite de manière évidente d'appuyer les cours magistraux et les travaux dirigés par des travaux pratiques permettant à l'étudiant d'appréhender le fonctionnement par ses propres moyens. Les établissements utilisent souvent des kits pour mettre en place les travaux pratiques autour des lasers comme les demi cavités He-Ne ou des cavités linéaires Nd :YAG proposés par de nombreux fabricants [1, 2]. D'autre part, les technologies télécom sont bien représentées aux travers d'outils de formation disponibles commercialement [3].

Il n'existe cependant que très peu de systèmes commerciaux adaptés à la formation expérimentale autour des lasers à fibre [4, 5]. Ces systèmes sont essentiellement présentés sous la forme de rack dans lesquels sont inclus les différents composants fibrés. On les relie entre eux grâce à des patchcord que l'on vient connecter sur la face avant du boîtier sans savoir véritablement ce qu'il y a à l'intérieur. Ce type de kit se présente donc comme une « boîte noire » que l'on interconnecte pour réaliser des fonctions.

Nous proposons ici une approche pédagogique différente qui a pour objectif de donner à l'étudiant la possibilité de voir, reconnaître, étudier et manipuler tous les composants optiques nécessaire à la fabrication de son laser.

2. PRÉSENTATION DU CONCEPT

L'objectif initial de ce kit de formation est d'étudier en pratique les composants optiques fibrés nécessaires à la réalisation de lasers fibrés en régime CW ou pulsé puis de réaliser le laser. En toute rigueur et en particulier pour un public professionnel (Licences Professionnelles, formation continue) nous aurions aimé pouvoir former les personnes à la manipulation délicate des composants optiques.

Cependant, il est difficile de réaliser un laser à fibre en soudant tous les composants entre eux dans un temps compatible avec celui d'un TP. De plus l'achat du matériel de soudure (soudeuse de fibre, cliveuse...) représente un coût important en plus de celui des composants eux-mêmes. Lorsque l'on s'adresse à de nouveaux utilisateurs, vient s'ajouter le risque de casse important lié à la manipulation de ces composants. Pour remédier à cela, nous avons enclos ces derniers dans des boîtiers transparents afin de les protéger sans pour autant les dissimuler (voir Fig. 1).

La connectique est réalisée en standard FC/APC. Cette approche modulaire permet à l'étudiant de voir et reconnaître les différents composants optiques et construire différentes architectures laser rapidement tout en visualisant concrètement le chemin optique.

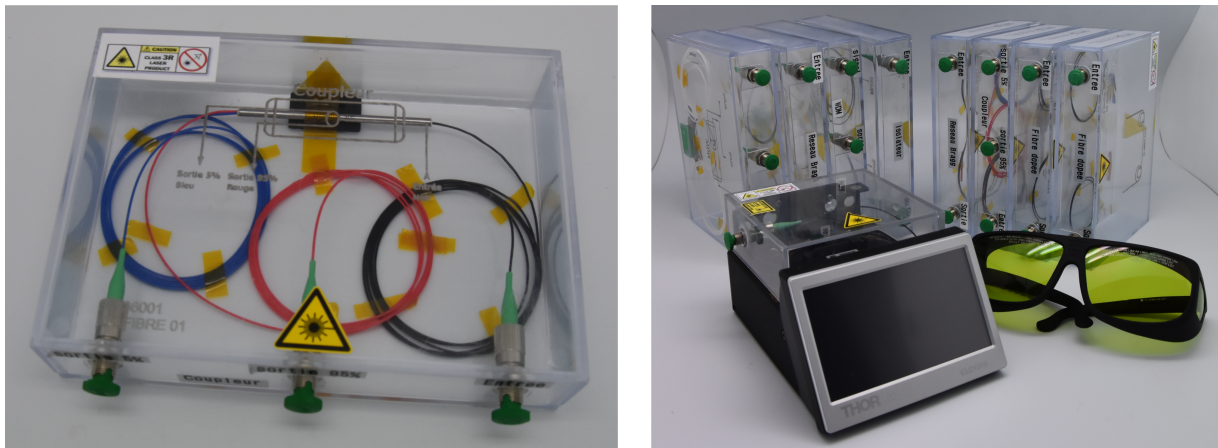


FIGURE 1 : Gauche – Exemple de module : coupleur fibré encapsulé dans un boîtier transparent assurant la protection du composant sans le dissimuler. Droite – Vue d'ensemble du kit pédagogique avec les différents modules disponibles.

3. DESCRIPTION DES MODULES

Le kit comprend divers composants suivant la complexité du laser à réaliser (voir Fig. 1). Par exemple, le montage simple d'une source d'ASE implique la diode de pompage, le multiplexeur, la fibre dopée. Un montage plus complexe, celui d'un laser en anneau en régime pulsé, comprendra les éléments précédents avec en plus, un coupleur, un modulateur, un isolateur,...

Contrairement à tous les autres kits, fonctionnant à 1550 nm avec des fibres dopées Er, nous avons choisi l'Yb comme milieu à gain afin de bénéficier d'une efficacité importante et limiter ainsi les puissances mises en jeu notamment au niveau de la diode. Tous les composants ont été choisis afin que l'étudiant ne puisse détériorer aucun composant même si il le connecte à l'envers.

CONCLUSION

Nous présenterons le kit pédagogique ainsi que les différents montages qu'il est possible de réaliser, la caractérisation de chacun des éléments et l'ensemble des mesures associées.

RÉFÉRENCES

- [1] <http://www.klingereducational.com/LEYBOLD/he-ne-laser-photonics-kit>.
- [2] <http://www.e-las.com/>.
- [3] <http://www.sincomindia.com/>.
- [4] <http://www.safibra.cz/en/educational-kits>.
- [5] <http://www.idil-fibres-optiques.com/applications/education/>.