

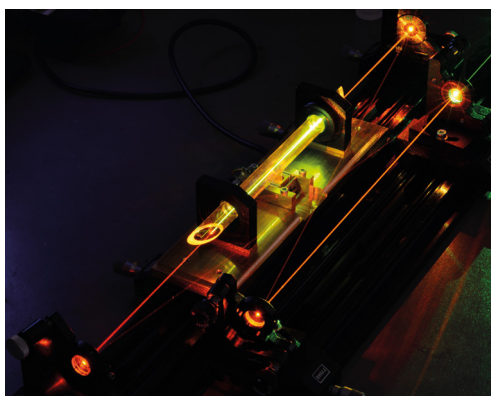
LES KITS PÉDAGOGIQUES :

UNE PORTE D'ENTRÉE PRATIQUE DANS L'APPRENTISSAGE DE L'OPTIQUE ET DE LA PHOTONIQUE

Baptiste CALLENDRET*

Baptiste Callendret, Opton Laser International, 6 avenue des Andes – 91940, Les Ulis

*baptiste.callendret@optonlaser.com



Les cursus en Optique font une large place aux travaux pratiques, indispensables pour illustrer les concepts fondamentaux, former aux instruments et développer des compétences techniques directement transférables en recherche ou en entreprises. Cet article propose un tour d'horizon des solutions pédagogiques existantes et donne quelques critères de choix pour sélectionner le matériel adapté à ses objectifs de formation, à son environnement et aux contraintes budgétaires.

<https://doi.org/10.1051/photon/202513257>

2025 est l'année mondiale de la Quantique selon les Nations Unis, preuve d'une reconnaissance d'un secteur nouveau et stratégique. Cette mise à l'honneur est le résultat d'un mouvement en cours depuis maintenant plusieurs années où l'optique et plus généralement la photonique, prend une place de plus en plus importante dans nos technologies quotidiennes. Ainsi les besoins en formation en Photonique se développent en France via l'ouverture de BTS, Licence, Master, etc. Ces formations passent nécessairement par les travaux pratiques, essentiels pour développer des compétences expérimentales clés à la fois en laboratoire de recherche ou dans l'industrie. Ces TP permettent également de rendre visuels des concepts théoriques parfois peu intuitifs pour en

comprendre les concepts primordiaux (exemple : la réalisation d'expérience historique, telle qu'un interféromètre de Michelson). Pour accompagner les enseignants, des entreprises proposent de vastes

gammes de kits pédagogiques et d'expériences clés en main. Ces dispositifs prêts à l'emploi, conçus pour les lycées, classes préparatoires, IUT, licences et écoles d'ingénieurs, permettent d'illustrer concrètement les principes ● ● ●

Figure 1. Gyroscopie HeNe.



fondamentaux — de la réfraction à la fibre optique, en passant par l'interférométrie, l'optique quantique ou le fonctionnement d'un laser.

Avec des sujets aussi variés que la fibre optique et l'optique quantique, le contenu varie de l'un à l'autre, il est donc difficile de généraliser le contenu des kits mais de grandes catégories se détachent. De la même façon en fonction des besoins, un kit sera ou non adapté.

CONTENU D'UN KIT

Un kit pédagogique est un ensemble de composants et d'instruments conçus pour la démonstration ou la manipulation expérimentale de concepts théoriques. En somme, c'est une expérience connue (ex : Michelson, Young etc.) ou une application technologique clef (transmission de données par fibre optique, gyroscope laser etc.) préfabriquées pour un objectif pédagogique.

Ainsi, comme tout montage expérimental en optique, il se compose toujours d'éléments mécaniques (banc optique, supports magnétiques, plaques perforées, etc.), de sources lumineuses (lasers, LED, lampes à filament, etc.), d'éléments optiques (lentilles, miroirs, prismes, polariseurs, etc.) et de capteurs ou modules de détection (photodiodes, caméras, spectromètres, etc.). On peut aussi rajouter les « électroniques de laboratoires » à la liste (oscilloscope, source de courant, PC, etc.).

Certains fabricants préfèrent rendre optionnels les équipements de détection et d'analyses tels que les oscilloscopes ou les spectromètres. En effet, les universités ont généralement déjà ces équipements sur étagères qui représentent généralement une portion significative du budget dans un kit.

Enfin, un kit se démarque aussi par les ressources pédagogiques fournies, tel qu'un manuel ou d'un guide d'expériences.

Ces manuels sont l'intérêt majeur des kits, surtout pour les expériences complexes, telles que les expériences d'Optique Quantique, de Laser ou Interférométriques. Ils sont à la fois une mine d'information sur les différentes briques du kit et sont également un gain de temps énorme pour l'équipe pédagogique, lui permettant de simplifier l'intégration du TP à un cours.

Les kits ne présentant pas de ressource pédagogique ont généralement peu d'intérêt pour des enseignants car le temps investi à maîtriser l'expérience sera presque similaire à la fabriquer soi-même. Cependant, même muni d'un manuel ou de ressources de qualité, un kit doit s'intégrer dans un projet pédagogique.

DES OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES VARIÉS

Les kits diffèrent selon le niveau visé et les compétences à acquérir. On peut les regrouper grossièrement par niveaux et formations :

Lycée & L1 :

Kits centrés sur la manipulation de base, l'observation qualitative, l'introduction aux instruments. Les principes de base tels que réflexion, diffraction & interférences, la polarisation etc.

Généralement peu onéreux les kits complets de niveau lycée sont peu nombreux, les fabricants proposant généralement plus des équipements pièce par pièce et des manuels contenant des dizaines d'expériences utilisant leurs équipements, permettant de réaliser plusieurs expériences avec les mêmes équipements.

De rares exemples tels que le TP Laser Rubis de LUHS proposent un laser classe 1 pour les lycées où il est difficile de mettre en place une sécurité laser suffisante pour utiliser un laser de classe III ou IV.

Approfondissement (IUT, L2-L3, CPGE) :

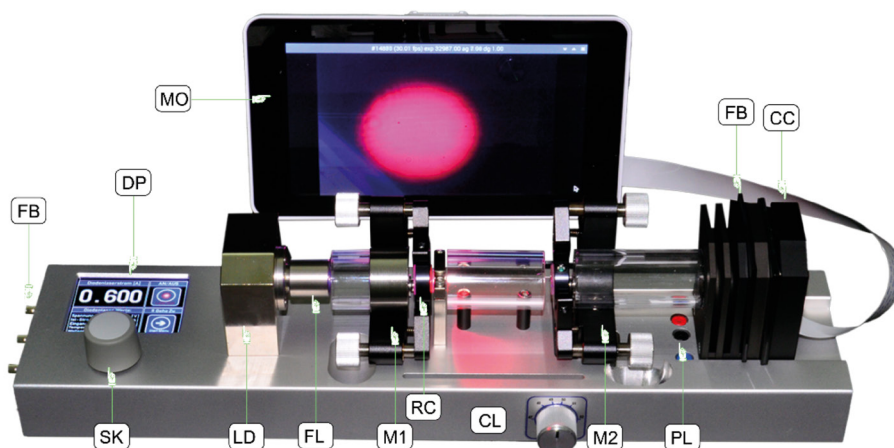
Les kits prévus pour l'enseignement supérieur ont pour objectif de développer des compétences techniques, il s'agit donc d'expériences techniques et quantitatives, nécessitant des mesures, des ajustements fins et une interprétation physique rigoureuse. Le Michelson étant le parfait exemple de cette catégorie. Les besoins matériels sont plus poussés que pour les lycées et nécessitent des instruments d'analyses et des sources suffisamment performantes pour permettre la mise en évidence des mécanismes souhaités.

Si nous restons sur l'exemple du Michelson, l'utilisation de réflecteur, triple, de module de comptage de franges ou de motorisation sur un axe rend le montage plus complexe.

Les entreprises spécialisées dans les kits pédagogiques pour le supérieur vont majoritairement avoir des kits tombant dans cette catégorie pour deux raisons :

- La complexité de l'expérience est suffisante pour justifier un investissement de la part d'une institution
- Les bases scientifiques et compétences à développer sont communes à beaucoup de formations.

Figure 2. Laser Rubis pompé par diode bleue de Class 1.



- Ces kits peuvent être utilisés sur plusieurs niveaux de formation et cycles, notamment les kits modulaires, dont les extensions permettent des travaux pratiques jusqu'en Master.

Autre exemple, le laser Nd:Yag permet d'étudier le fonctionnement des lasers pour des niveaux licence ou IUT mais l'ajout de Q-switch ou de cristaux non-linéaires permet d'approfondir l'optique non-linéaire qui est généralement vue en Master. On peut aussi voir ce kit comme un moyen d'apprendre la manipulation des composants & l'alignement de cavité laser.

Spécialisation (écoles d'ingénieurs, M1-M2) :

Portant sur des mécanismes physiques avancés (Inégalité de Bell, HBT, Génération de second harmonique etc.), le matériel se doit d'être performant et semi professionnel.

Généralement très ciblées, les expériences de M2 sont directement liées à la thématique de la formation. Les entreprises spécialisées de la thématique proposent généralement des kits pédagogiques ciblés et utilisant leur savoir-faire et leurs technologies. Ce genre de TP est même parfois réalisé en collaboration entre l'entreprise et des enseignants pour mieux l'intégrer dans la formation. Cela n'empêche cependant pas l'existence de kits plus généraux centrés sur des principes physiques de niveau master commun à la majorité des formations lié à l'optique, telle que la génération de seconde harmonique comme présenté plus tôt.

Formation technique (BTS, IUT, école d'ingénieur) :

Historiquement les formations en optique ont une forte coloration académique, encore aujourd'hui nombre d'étudiants de masters et écoles d'ingénieurs poursuivent en thèse à la fin de leurs études. Cependant les besoins de l'industrie poussent au développement d'un plus large panel de formation applicative et technique. Les initiatives de Photonics France dans ce domaine en sont un parfait exemple. L'objectif pédagogique central est ici le développement des compétences pratiques des futurs techniciens et ingénieurs qu'ils mettront à profit lors de leur futur poste.

Là encore, des kits pratiques existent pour former à la préparation de fibres optiques, la sécurité laser etc. Mais les institutions désireuses de former leurs étudiants sur du matériel professionnel auront donc plus tendance à acheter directement des équipements industriels pour les former.

CRITÈRE DE CHOIX

L'acquisition d'un kit pédagogique ne se limite pas à l'achat d'un produit ; elle engage un projet d'enseignement. Pour guider ce choix, il faut considérer plusieurs facteurs :

Les objectifs pédagogiques

Le kit doit répondre à des objectifs de formation. S'agit-il d'introduire un phénomène, de développer une compétence de mesure, ou d'explorer un système optique complexe ? Un kit bien conçu s'intègre naturellement dans le cours, sans nécessiter d'adaptations excessives.

Qualité et robustesse des composants

Les composants doivent présenter une qualité suffisante pour garantir la réussite des expériences : montures stables et robustes, lentilles traitées, laser stables. Une attention particulière doit être portée à la durabilité : certains kits sont conçus pour un usage intensif en TP, d'autres sont plus adaptés à des démonstrations ponctuelles.

Modularité et évolutivité

Un système modulaire, permettant d'ajouter ou de remplacer facilement des éléments, prolonge la durée de vie pédagogique du kit. Il permet aussi d'adapter le niveau de complexité selon les publics, ou d'élargir l'utilisation à plusieurs enseignements.

Documentation et support pédagogique

Un bon kit se distingue par la qualité de sa documentation. Son contenu doit pouvoir aider l'équipe pédagogique à préparer le TP facilement. Contenir un résumé des principes, des tutoriaux sur les mesures à effectuer, un descriptif de l'utilisation du matériel etc.

Certains fabricants proposent le manuel dédié à un kit et ses alternatives. D'autres fabricants proposent à la vente des ●●●

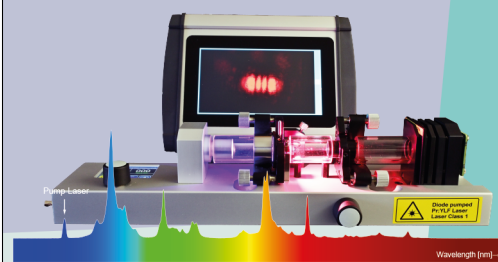


par **OPTON LASER**
INTERNATIONAL

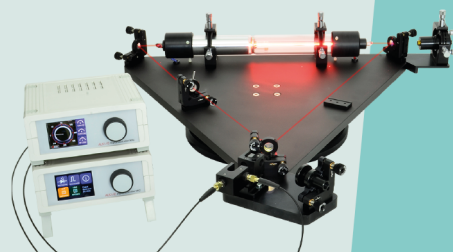
KIT DE TP CLEF EN MAIN, OPTIQUE, LASER & TÉLÉCOM

- ▲ + de 30 kits différents hors extensions et options
- ▲ Fabrication allemande
- ▲ Spécifiquement pour les travaux pratiques
- ▲ En collaboration avec des enseignants-chercheurs et des écoles d'ingénieurs dans toute l'Europe
- ▲ De 1000€ à 20 000€

LASER PR : YLF POMPÉ PAR DIODE BLEU



GYROSCOPE HE-NE



**Lasers | Phénomènes et propriétés
optiques | Télécoms / Fibres
optiques | Spectroscopie |
Applications diverses**



www.optonlaser.com

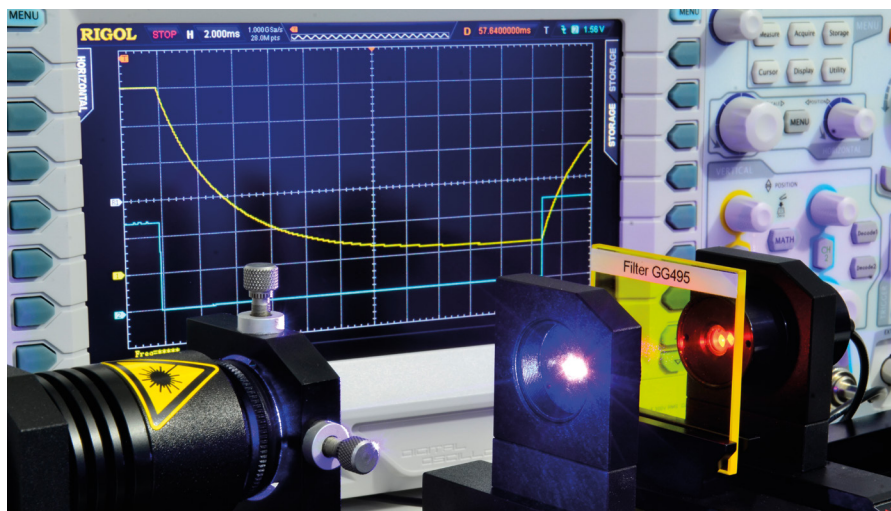


Figure 3. Durée de vie du niveau excité du Rubis.

manuels contenant des centaines d'expériences possibles.

De même, des ressources numériques telles que des vidéos sont proposées par certains fournisseurs.

Compatibilité avec l'existant

Le kit doit pouvoir s'intégrer facilement à l'environnement du laboratoire ou du centre de formation : alimentation standard, compatibilité avec les logiciels d'acquisition (LabVIEW, Python, Matlab), formats opto-mécaniques standardisés (rails de 25 mm, optiques Ø25 mm, etc.), possibilité d'utiliser les instruments de mesures du laboratoire (spectromètres, photodiodes, oscilloscopes etc.).

Support technique et suivi

Ce point est commun à tout achat dans une entreprise mais un support technique et un suivi de qualité sur de nombreuses années est toujours un avantage, notamment pour fournir pièces détachées, une assistance technique ou des mises à jour logicielles. Certains fabricants offrent aussi des formations à l'utilisation, en présentiel ou à distance. C'est généralement le cas pour les TP avancés ou utilisant du matériel professionnel.

Coût global et maintenance

Au-delà du prix d'achat initial, il faut estimer le coût d'entretien, la disponibilité des consommables, et la possibilité de réutilisation des composants dans

d'autres contextes. Un kit modulaire bien pensé peut s'avérer plus économique qu'un ensemble fermé sur la durée de vie du kit.

ACHETER OU FABRIQUER

De nombreuses universités et écoles disposent des compétences techniques et scientifiques nécessaires pour concevoir leurs propres expériences pédagogiques : personnel enseignant ou technique expérimenté, ateliers de mécanique, imprimantes 3D, accès à des composants standards ou à des plateformes de prototypage. Dans ce contexte, il est légitime de se poser la question : faut-il acheter un kit ou fabriquer soi-même l'expérience ?

La fabrication "maison" présente plusieurs avantages : meilleure adéquation aux contenus enseignés, optimisation des coûts, valorisation des savoir-faire internes, possibilité de personnalisation poussée. Elle s'inscrit

également dans une logique de projet pédagogique, parfois avec la participation active des étudiants.

Cependant, elle suppose une disponibilité en temps humain, une rigueur dans le temps pour la documentation et la maintenance, ainsi qu'une capacité à garantir la répétabilité des résultats. De plus, certains phénomènes complexes (photonique quantique, spectroscopie avancée, interférométrie de précision) nécessitent une instrumentation spécifique difficile à reproduire localement avec la même fiabilité.

À l'inverse, un kit commercial apporte un cadre éprouvé, une documentation complète, un service après-vente, et une bonne intégration pédagogique, en particulier pour les équipes peu nombreuses, renouvelées fréquemment ou surchargées par diverses responsabilités. Il permet également un déploiement rapide sans phase de prototypage.

Le choix dépend donc de l'équilibre entre les ressources disponibles (temps, compétences, budget) et les exigences pédagogiques ou techniques du programme. Une approche mixte est parfois idéale : achat de kits pour certaines expériences clés, et conception en interne pour des modules complémentaires ou exploratoires.

En conclusion, le meilleur kit est celui qui convient à votre situation. C'est un marché suffisamment large pour proposer une offre diversifiée et intéressante où émergent de vraies innovations chaque année. Le laser classe 1 de LUHS en est un exemple, mais des initiatives tel que POP Photonics Open Project, Photonics Lab d'Alphanov, ou la LightBox du LPL, CNRS & de la SFO sont tout aussi à mentionner. ●

FOURNISSEUR	SITE INTERNET	REVENDEUR FRANÇAIS
LUHS	www.luhs.de	Opton Laser International
Jeulin	www.jeulin.fr	Jeulin
Photonics open projects	www.photonics-open-projects.com	Photonics open projects
Thorlabs	www.thorlabs.com	Thorlabs
LD Didactic	www.leybold-shop.fr	LD Didactic
PYLA - Alphanov	www.alphanov.com/produits-et-services/centre-de-formation-pyla/immersive-photonics-lab	PYLA - Alphanov