

La réalité virtuelle au service de l'apprentissage en photonique

Ludovic LESCIEUX

ALPhANOV, 33400 Talence

ludovic.lescieux@alphanov.com



Si vous n'avez jamais essayé la réalité virtuelle, faites-le ! Cette première expérience est généralement incroyable et les personnes qui font ce premier pas en ressortent impressionnées. Mais au-delà de cet effet « waouh » lors d'une première découverte, quels sont les avantages à utiliser la réalité virtuelle pour la formation ? Pour quels enseignements et comment s'assurer de l'efficacité des apprentissages ?

<https://doi.org/10.1051/phon/202312326>

Depuis plus de sept ans, le centre de formation PYLA, spécialisé dans la mise en œuvre de formations professionnelles en optique et laser, développe des modules de travaux pratiques en réalité virtuelle. L'objectif ? Développer le savoir-faire autour des gestes techniques et procéduraux grâce à un laboratoire d'optique virtuel. La maîtrise de ces apprentissages est fondamentale en photonique et indispensable en entreprise. Cette méthode, qui repose sur des outils numériques immersifs, facilite la mise en pratique en situation réelle.

La réalité virtuelle au service des apprentissages procéduraux

Le développement d'un outil de réalité virtuelle pour la formation nécessite plusieurs années. PYLA

a fait le choix d'intégrer toutes les compétences au sein de son équipe : développement informatique, graphisme et ingénierie en pédagogie digitale. Au-delà d'une expérience nouvelle et innovante, la réalité virtuelle a un réel intérêt pour l'acquisition des gestes procéduraux et techniques que l'apprenant va répéter grâce à l'outil. Dans notre cas, il s'agit par exemple de développer de la technicité pour aligner un laser, manipuler des faisceaux en sécurité ou réaliser des montages optiques plus ou moins complexes. Il est ainsi possible de mettre en œuvre des scénarios d'apprentissage qui permettent de développer des

compétences progressivement et en autonomie. Lors du passage en situation réelle, l'apprenant maîtrisant désormais une procédure, peut alors se concentrer sur d'autres aspects, comme la sécurité laser, la fragilité des composants ou la compréhension des phénomènes physiques. La réalité virtuelle permet également d'embarquer de la réalité augmentée pour aider l'utilisateur à comprendre des concepts physiques. Dans le module « Collimation laser », les foyers images et objets des lentilles sont ainsi représentés sur le parcours du faisceau laser (figure 2). Dans le module « Interféromètre de Michelson »,

Au-delà d'une expérience nouvelle et innovante, la réalité virtuelle a un réel intérêt pour l'acquisition des gestes procéduraux et techniques que l'apprenant va répéter grâce à l'outil.

ce sont les différences de chemin optique entre les miroirs qui sont mises en évidence. Enfin, l'utilisation de cette technologie présente de nombreux autres avantages, comme celui de pouvoir utiliser du matériel habituellement inaccessible car coûteux ou sensible, ou celui de pouvoir manipuler en dehors des salles de travaux pratiques.

Les étapes de construction d'un module de réalité virtuelle

La première étape dans la construction d'un module consiste à embarquer la physique de l'optique dans un casque de réalité virtuelle du commerce. Pas si simple, quand on pense que les casques autonomes actuels (c'est-à-dire les casques qui ne sont pas reliés à un ordinateur) ont une puissance de calcul équivalente à celle d'un smartphone. Certes, les technologies sont de plus en plus performantes, néanmoins quand il s'agit d'afficher une quantité importante de rayons ou bien de calculer le résultat d'une figure d'interférence, l'outil peut rapidement se trouver

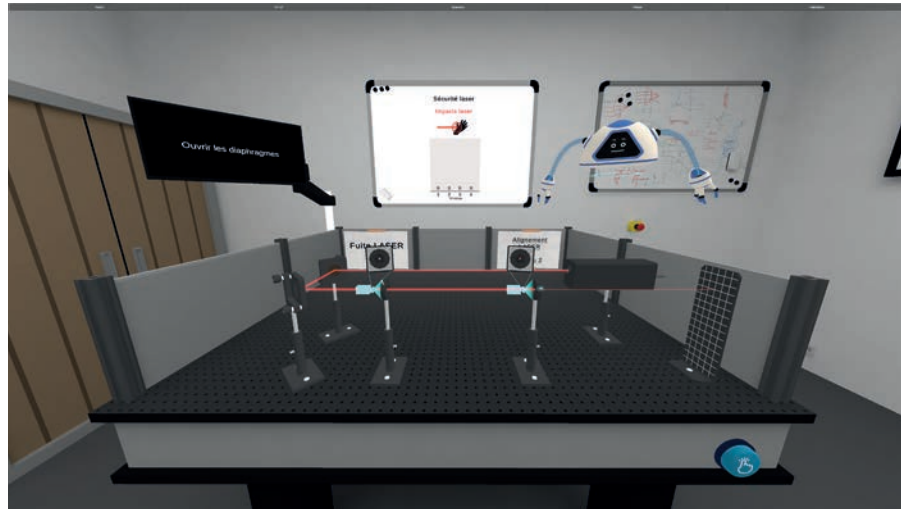


Figure 1. Le laboratoire d'optique virtuel permet de réaliser des travaux pratiques en autonomie. Ici l'apprenant réalise un apprentissage d'alignement laser.

limité. Toute la difficulté consiste donc à trouver des astuces et des compromis pour utiliser au mieux les performances de l'outil. On va donc s'adonner à rendre un comportement physique suffisamment réaliste pour satisfaire l'apprentissage, sans pour autant chercher à développer un outil de simulation optique à proprement parlé. Pour se faire, nos développeurs doivent bien évidemment comprendre les phénomènes optiques,

les mathématiques associées et les traduire dans le code de programmation pour un résultat optimisé.

Une fois la physique implémentée, il s'agit alors de pouvoir représenter l'ensemble de l'environnement, des objets et des interactions, grâce au code de programmation et au talent d'un graphiste, le tout en utilisant les mêmes outils de développement qui sont utilisés pour les jeux vidéo.

SPECTROGON

State of the art products

Filtres Interférentiels

De 200 à 15000 nm

- Passe-bande
- Passe-haut
- Passe-bas
- Large bande
- Densité neutre
- Disponible en stock

Réseaux Holographiques

De 150 à 2000 nm

- Compression d'impulsion
- Télécom
- Accordabilité spectrale
- Monochromateurs
- Spectroscopie
- Disponible en stock

UK (parle français): sales.uk@spectrogon.com • Tel +44 1592770000
 Sweden (headquarters): sales.se@spectrogon.com • Tel +46 86382800
 US: sales.us@spectrogon.com • Tel +1 9733311191

www.spectrogon.com

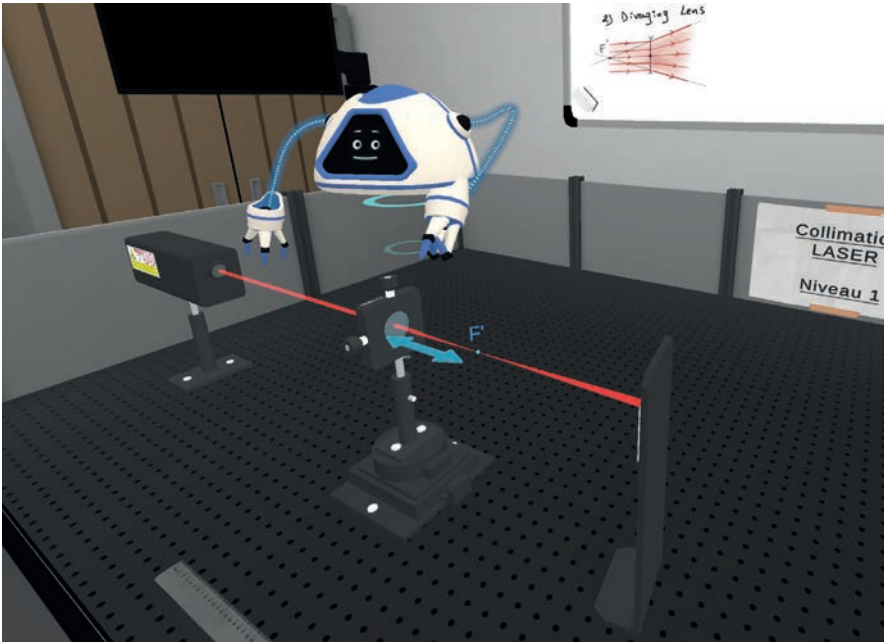


Figure 2. Dans le module d'apprentissage « Collimation laser » - les foyers des lentilles sont représentés dans la réalité virtuelle.

La construction d'un scénario pédagogique est tout aussi difficile que la première étape. Enseignants-chercheurs, formateurs en photonique, ingénieurs pédagogiques et didacticienne des sciences sont en renfort pour cette étape cruciale. Comment former en autonomie et s'assurer de l'efficacité d'un apprentissage ? A qui s'adresse le module et vers quels objectifs pédagogiques souhaitons-nous emmener l'apprenant ? Autant de questions qu'il ne faut pas négliger pour éviter les étapes inutiles, et risquer ainsi la surcharge cognitive ou le décrochage de l'apprenant. La prise en compte des prérequis est ainsi essentielle et une question permanente anime nos experts : le scénario pédagogique envisagé favorise-t-il bien un transfert de compétences efficace ? Au cours de cette étape, différents niveaux pédagogiques sont construits, eux-mêmes découpés en étapes. Pour optimiser l'autonomie de l'apprenant, c'est un avatar qui fait office de professeur virtuel et l'accompagne pas à pas, en français ou en anglais (figure 3).

Une fois le scénario établi, vient l'heure des tests sur les utilisateurs cibles. Nous regardons et corrigeons les problèmes techniques bien sûr, mais nous prenons surtout en compte les retours d'utilisateurs que ce soit sur la compréhension des consignes, la fluidité du module ou bien les difficultés rencontrées.

Comment intégrer la réalité virtuelle dans un enseignement ?

L'intégration d'un module de réalité virtuelle au cours d'une session de travaux pratiques doit prendre en compte des contraintes comme l'acceptabilité de l'outil par les utilisateurs que ce soient les enseignants ou bien les étudiants, la formation à l'utilisation de ces outils, les contraintes environnementales ou encore le temps d'utilisation. Les enseignants utilisant actuellement ces modules nous font remonter différents cas d'usages possibles. Certains laissent les casques en libre accès aux étudiants de façon à préparer une session de TP à venir, d'autres utilisent la réalité virtuelle comme un poste TP supplémentaire, en parallèle des postes classiques, permettant aux étudiants d'effectuer des rotations.

Le centre de formation PYLA intègre également la réalité virtuelle, par exemple dans ses sessions de formation d'opérateurs de production laser ou la formation en sécurité optique. Elle permet d'appréhender plus efficacement les manipulations en optique avant d'effectuer un cas pratique similaire en situation réelle.

Figure 3. L'avatar « robot » explique étape par étape comment régler l'interféromètre de Michelson.



UN PROJET COLLABORATIF POUR DES OUTILS NUMÉRIQUES EFFICACES, LAURÉAT DE L'APPEL À PROJETS DEFFINUM

Le projet PhOENIX (Photonique, Outils Educatifs Numériques Intelligents et eXpérimentés) est un projet interdisciplinaire porté par ALPhANOV et qui réunit PYLA, le CATIE - Centre Aquitain des Technologies de l'Information et Électroniques et PHOTONICS France autour d'un objectif commun : développer les outils numériques pour la formation en photonique.

Face à une filière en forte croissance, les acteurs de la formation en photonique doivent en effet adapter dès aujourd'hui les parcours pédagogiques et optimiser les formats d'apprentissages pour répondre à l'urgence de former ces candidats en un temps record. Les nouveaux outils pédagogiques numériques comme la réalité virtuelle, la pédagogie adaptative ou le micro-learning apparaissent comme des solutions de choix pour former un public hétérogène, tant dans ses qualifications initiales que dans ses possibilités matérielles de formation. Cependant, les travaux de recherche en éducation et en ergonomie montrent que nombre de ces nouveaux dispositifs pédagogiques numériques sont malheureusement contre-productifs car ils n'ont pas été conçus en intégrant des tests avec une communauté d'utilisateurs (conception centrée utilisateur), ni en s'appuyant sur une méthodologie pédagogique ou didactique. L'ambition de ce projet est donc double. Il s'agit d'une part de produire des outils qui permettent de faciliter et d'amplifier la formation pour la filière photonique et d'autre part de produire des connaissances méthodologiques et des outils facilitant la conception d'innovations pédagogiques numériques efficaces.

Lauréat de l'appel à projets DEFFINUM (Dispositifs France Formation Innovante NUMérique), lancé par le ministère du Travail, du Plein emploi et de l'Insertion dans le cadre d'un vaste plan de transformation et de digitalisation de la formation intégré au Plan de relance, co-piloté par le Secrétariat général pour l'investissement (SGPI), et opéré par la Banque des territoires dans le cadre de France 2030, le projet Phoenix vise à fournir à la filière photonique et au monde de la formation professionnelle :

- des outils et modules d'apprentissage numériques qui auront été optimisés pour les besoins de la filière de formation en photonique (travaux pratiques, concepts physiques, mathématiques pour la physique),
- un livre blanc synthétisant les bonnes pratiques pour concevoir des outils pédagogiques numériques pour la formation professionnelle,
- des méthodologies et des outils pour simplifier la conception et l'évaluation de solutions numériques et pédagogiques, via la plateforme d'évaluation et d'analyse cognitive et comportementale de l'humain PEAC²H,
- un accompagnement des formateurs pour qu'ils puissent utiliser de manière vraiment efficace les outils pédagogiques numériques développés dans ce projet.

L'OPTIQUE EST NOTRE AVENIR



Edmund Optics®

**Le guichet unique
pour vos besoins en
optiques !**

- Un large choix de plus de 34.000 produits en stock
- De nouveaux produits ajoutés en permanence
- Des produits de haute précision et de qualité pour vos besoins en optique, imagerie et photonique
- Une équipe d'assistance technique à votre disposition pour toutes vos questions

Découvrez notre boutique
en ligne dès maintenant !

www.
edmundoptics
.fr



+33 (0) 820 207 555
sales@edmundoptics.fr

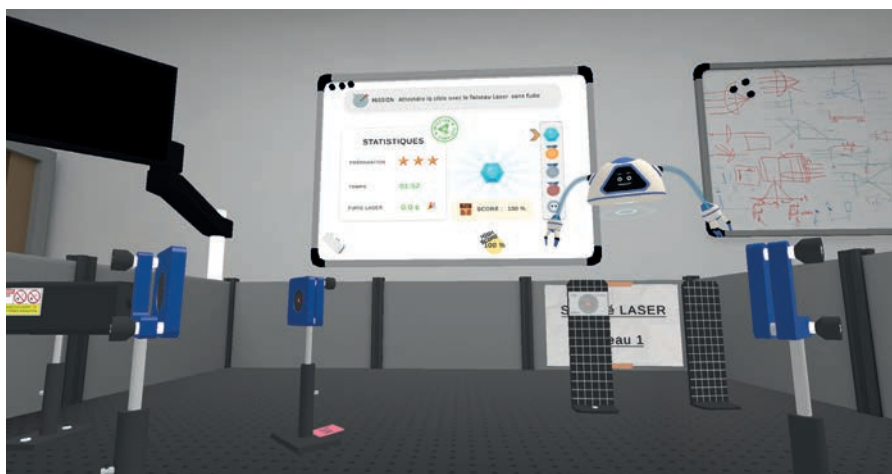


Figure 4. Le module « Sécurité laser – Transport de faisceau », débute par un défi où l'apprenant doit réaliser un montage sans fuite laser et à l'issue duquel il obtient un score. Cette ludification permet de mieux engager l'utilisateur dans l'apprentissage. A la suite de ce challenge, il apprend étape par étape les bons gestes pour manipuler en sécurité.

À destination des entreprises

La formation initiale n'est pas la seule cible de ces solutions de réalité virtuelle, les entreprises sont aussi concernées par ces nouveaux outils pour leurs collaborateurs. Par exemple, le module de manipulation d'un faisceau laser en sécurité est particulièrement utile pour développer et maintenir les bonnes pratiques dans ce domaine. Que ce soit pour la sensibilisation à la sécurité de nouveaux arrivants ou pour le recyclage des connaissances des collaborateurs, ce module suivi en autonomie et sur un temps court permet un apprentissage ou une remise à niveau efficace sur ces sujets.

Dans ce module, l'apprenant débute par un défi où il doit réaliser un montage simple avec trois miroirs pour transporter un faisceau laser sur une cible, sans réaliser de fuite laser. Cette première étape, réalisée sans instruction, permet de faire un état des lieux des habitudes et de la pratique de l'apprenant en lui attribuant un score (figure 4). Cette ludification de l'exercice favorise notamment l'engagement de l'utilisateur et améliore l'attractivité. À la

suite de quoi, un professeur virtuel (le robot) explique étape par étape les bonnes pratiques permettant à l'apprenant de mettre en œuvre les bons gestes. Enfin, une fois l'apprentissage réalisé, une possibilité est offerte de rejouer le défi initial ce qui augmente généralement significativement le score de l'apprenant.

Dans un souci de formation « étape par étape », les premiers niveaux sont réalisés avec un laser visible et des miroirs dont la hauteur ou l'axe de rotation ne peuvent être changés. Ce n'est qu'après le troisième niveau que l'apprenant réalise le montage avec un laser invisible, une carte infrarouge et

tous les degrés de liberté possibles sur les différents axes du miroir. De quoi être prêt à affronter la réalité d'une manipulation.

Au-delà de ce module d'apprentissage, la réalité virtuelle est utile pour former des collaborateurs sans interrompre une ligne de production ou bien lorsqu'un matériel est peu accessible. Il n'y a pas d'immobilisation de matériel ni même de personnels. Des modules sur l'alignement d'un compresseur optique ou l'alignement d'une parabole utiles aux grandes installations de haute puissance laser ont par exemple été développés dans cet objectif.

Conclusion

Bien conçue et bien utilisée, la réalité virtuelle offre de nouvelles opportunités d'apprentissage en complément des enseignements traditionnels. Elle permet notamment de faciliter le développement de compétences procédurales et de mieux comprendre les phénomènes optiques en rendant visible l'invisible. Il est néanmoins important d'accompagner les utilisateurs, que ce soient les enseignants, les formateurs ou les apprenants eux-mêmes, pour un bon usage de cet outil. Soigner l'ingénierie de conception pédagogique en prenant en compte les contraintes environnementales, humaines et cognitives est particulièrement important pour s'assurer de l'efficacité de l'apprentissage réalisé. ●

RÉFÉRENCE

[1] A. Caussarieu, J. Bribet, J.-C. Delagnes, L. Dutertre, B. Fabre, L. Lescieux, R. Mrabet and E. Cormier, TP3.0: how can virtual reality enrich practical teaching? <https://opg.optica.org/abstract.cfm?uri=etop-2021-Th1A.3>

Remerciements

- CATIE – Centre Aquitain des Technologies de l'Informatique et Electroniques
- Photonics France
- Caisse des dépôts – Banque des territoires
- France 2030
- NextGeneration EU
- République Française
- Enseignants-chercheurs de l'Université de Bordeaux : Éric Cormier, Baptiste Fabre et Jean-Christophe Delagnes
- Aude Caussarieu

