

Interview des partenaires de l'école

Le Partenariat Ecole en quelques mots

Le Partenariat École constitue un dispositif stratégique au cœur de la mission de l'Institut d'Optique. Il vise à renforcer les relations entre la formation d'ingénieurs et les acteurs clés du secteur de la photonique, en créant des passerelles concrètes entre enseignement, recherche et industrie.



Vincent Le Flanchec - CEA DAM

LP : Merci beaucoup d'avoir accepté de nous parler. Vous êtes Vincent Le Flanchec, chef de laboratoire au CEA DAM. Quel est votre parcours ?

VF : Je suis un ancien élève de l'école, à l'époque où on l'appelait encore SupOptique — la belle époque ! Mon parcours a été assez classique, j'ai fait une classe préparatoire à Paris, au lycée Saint-Louis, et j'ai eu la chance d'être admis à SupOptique, je l'avais mis en premier choix même avant Supélec -c'est pour dire- et j'ai refusé Centrale Lyon, parce que l'idée d'avoir une activité et une formation de scientifique primait devant tout ce qu'on pouvait me proposer. Donc je suis venu à SupOptique directement en 3/2, et je n'ai pas été déçu.

Je me souviens encore des premières journées à SupOptique, lorsque nous sommes allés visiter les laboratoires de TP, avec les magnifiques démonstrations très visuelles qu'on y fait. J'étais vraiment émerveillé et je pense que beaucoup de jeunes de l'école le sont encore quand ils découvrent le Michelson géant ou les expériences de mécanique quantique, qu'il n'y avait d'ailleurs pas à l'époque. Je pense que ces démonstrations, quand on arrive à l'école, mettent des étoiles dans les yeux des jeunes et c'était mon cas. A l'époque, il n'y avait pas encore autant d'options, autant de parcours différents. J'ai fait l'option qui s'appelait « traitement d'images » en 3e année, puisque la spécialisation n'intervenait alors qu'en 3e année. Lors d'un stage, j'ai travaillé au CEA dans un laboratoire de chimie sur de la déconvolution d'images de diffraction aux rayons X pour analyser des molécules — rien à voir avec ce que je fais maintenant.

Ensuite, j'ai fait mon service national en tant que scientifique du contingent au laboratoire national d'essais (LNE), qui était à l'époque à Paris, dans le 15e arrondissement, durant lequel j'ai travaillé sur la caractérisation de qualité visuelle d'écran pour ordinateur, donc des choses assez appliquées.

A l'issue de cette année de service national en tant que scientifique du contingent, j'ai eu envie de m'engager dans une thèse. Et au moment de chercher un sujet, j'ai été pris d'un petit regret. Je me suis dit « tiens, c'est dommage, les images c'est chouette, mais je n'ai pas assez fait de laser dans mon cursus. J'aimerais bien en faire un peu pour voir à quoi ça ressemble ». J'ai donc candidaté pour faire une thèse sur les lasers, et les lasers appliqués aux accélérateurs de particules, et c'est comme ça que je suis rentré au CEA, à la DAM, sur l'accélérateur de particules ELSA. Faire cette thèse sur les lasers m'a appris énormément de choses, et pas seulement en laser, mais aussi sur le monde des accélérateurs bien sûr.

Interview des partenaires de l'école

A l'époque (1997), il y a eu une petite crise de l'emploi, donc c'était assez difficile de trouver du travail au sortir de de la thèse. J'espère que ce type de période ne reviendra jamais, parce que ce n'était vraiment pas très confortable. J'ai fait quelques mois de post-doc au CNRS sur un accélérateur de particules qui s'appelle CLIO (Centre laser Infrarouge d'Orsay), un laser à électron libre qui avait certaines similitudes avec ELSA. J'y ai travaillé pendant quelques mois sur de l'imagerie infrarouge par la méthode du champ évanescent. Globalement, quand une onde optique traverse un matériau transparent, si on le met en réflexion totale sur le matériau transparent, l'onde ne se propage pas de l'autre côté de l'échantillon. En revanche, il y a quand même une onde évanescente qui se forme, et si on approche une fibre taillée en pointe de petite taille — avec un rayon de courbure bien plus petit que la longueur d'onde — tout près de l'onde évanescente, la fibre réussit à reconvertir une partie de l'onde évanescente en onde électromagnétique optique qui se propage dans la fibre. Et on peut arriver en scannant avec cette pointe, à faire de l'imagerie avec une bien meilleure résolution que celle qui est permise par la longueur d'onde infrarouge (la longueur d'onde infrarouge étant très grande, la résolution est normalement basse).

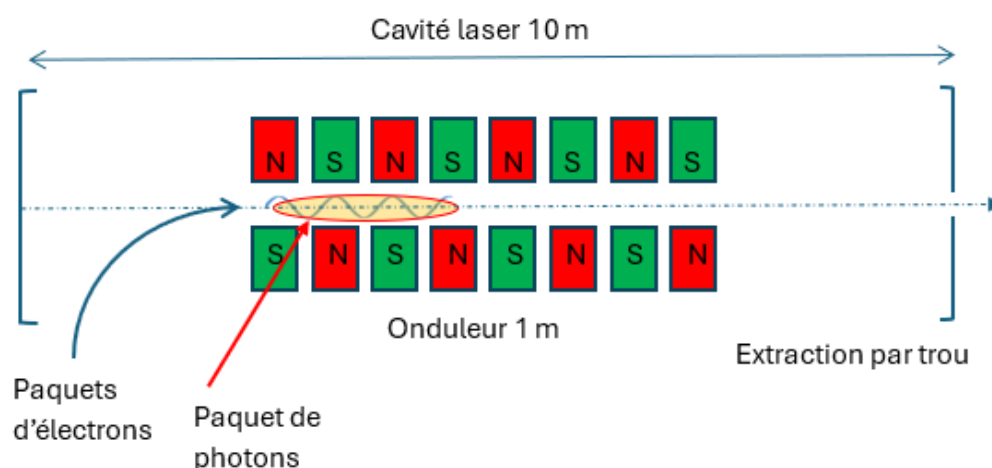
J'ai ensuite été embauché au CEA de Saclay, Direction de l'Energie Nucléaire, pour travailler sur un projet de développement laser — purement laser, le laser Q-switched — qui était d'une part utilisé sur des projets d'enrichissement de l'uranium et d'autre part, par un industriel. J'ai appris beaucoup de choses, ça a donné à ma formation une couleur plus industrielle parce que j'étais en contact constant avec des clients. Ces deux années que j'ai passées sur ce projet m'ont beaucoup appris. J'ai eu la chance de gérer tout moi-même et d'être entièrement aux commandes pour la réalisation des expériences.

A l'issue de ces deux ans, on m'a proposé de revenir sur l'accélérateur ELSA. J'ai demandé à cette occasion à être formé à la physique des accélérateurs parce que je n'en avais jamais fait de façon approfondie. J'étais curieux de savoir comment ça fonctionnait. J'ai donc eu la possibilité de suivre les cours du DEA -maintenant Master 2- Grands Instruments (GI) et j'ai pu avoir cette double casquette laser et accélérateur dans le laboratoire dans lequel je suis encore aujourd'hui, ce qui a constitué une évolution thématique importante.

Et puis après ? Le temps passant, on a fini par me proposer d'être chef du laboratoire, que je dirige depuis lors avec beaucoup de plaisir. Cela me permet de continuer à maintenir et à développer cette magnifique machine, qui réunit énormément de différents domaines, depuis l'électronique jusqu'à la mécanique en passant par l'optique et les lasers : on y fait de très belles choses.

Voilà pour le résumé de mon parcours. Je fais aussi un peu d'enseignement à SupOptique parce que c'est toujours un plaisir d'enseigner dans notre belle école. Je le fais depuis que je suis doctorant. Tout récemment, j'enseigne aussi au Master Grands Instruments le cours de relativité restreinte.

Schéma de principe du laser à électrons libres



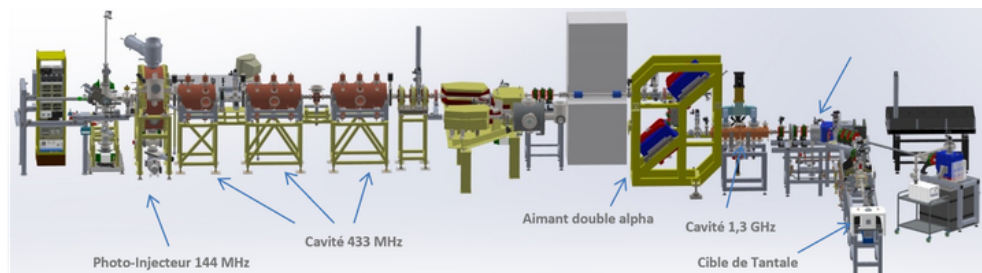
Interview des partenaires de l'école

LP : Vu qu'on a commencé à parler de l'accélérateur ELSA, à quoi il ressemble, quel type de particules il accélère, à quoi il sert et dans quels domaines de la physique ?

VF : Excellente question, attention je vais être long ! Alors, l'accélérateur ELSA, c'est un accélérateur qui est né dans les années 1980, à l'époque du président Reagan. À cette époque, les Américains ont lancé un projet qui s'appelait le projet SDI (Strategic Defense Initiative). Dans ce projet, l'idée était de construire des lasers qui allaient pouvoir fournir un parapluie antinucléaire aux nations qui en bénéficieraient, en particulier les Américains. Les journalistes de l'époque ont appelé ça le projet « Star Wars ». Les armes que les Américains souhaitaient développer dans ce projet étaient des « lasers à électron libre » (Free Electron Lasers – FEL).

Alors, les lasers à électrons libres, c'est quoi ? Ce sont des lasers dans lesquels l'amplification des paquets de photons qui circulent dans une cavité optique est obtenue en les faisant voyager au sein d'un paquet d'électrons qui se propagent simultanément au sein d'une structure d'aimant périodique qui les fait onduler : les aimants sont répartis typiquement chaque centimètre sur une longueur totale de 1 mètre, en alternant l'orientation des pôles (Nord-Sud, Sud-Nord, Nord-Sud, Sud-Nord, ...). Le champ magnétique alternant, provoque l'ondulation des électrons quand ils passent au sein de l'onduleur. Et s'il y a en même temps un paquet de photons confondu avec ce paquet d'électrons, il y a un report d'une partie de l'énergie du paquet d'électrons sur le paquet de photons, ce qui permet d'obtenir un gain, et ce gain permet d'obtenir un effet laser en coinçant le paquet de photons à l'intérieur d'une cavité formée par deux miroirs, puis en injectant à chaque aller-retour du paquet de photons, un nouveau paquet d'électrons. Sur ELSA, l'onduleur mesure environ un mètre, et la cavité environ dix mètres de longueur. C'est donc un assez gros instrument.

Vue 3D de l'accélérateur ELSA aujourd'hui.



Finalement, on a fait de la très belle physique avec cet instrument, mais en 1994, le projet a été arrêté du côté américain, puis du côté français aussi : le mur de Berlin était tombé, les idées de course à l'armement et de guerre froide tombaient en désuétude — ce qui est à la fois assez amusant avec le recul, mais aussi assez triste, vu le monde dans lequel on vit aujourd'hui — mais en tout cas à l'époque c'était le cas, donc ces projets ont été arrêtés. En revanche, l'accélérateur d'électrons d'énergie cinétique de l'ordre 20 MeV, a été conservé et est exploité aujourd'hui en tant que source de paquets d'électrons. Ces paquets d'électrons sont envoyés sur une cible de tantale de quelques millimètres d'épaisseur ce qui permet de produire du rayonnement X par effet de rayonnement de freinage (Bremsstrahlung).

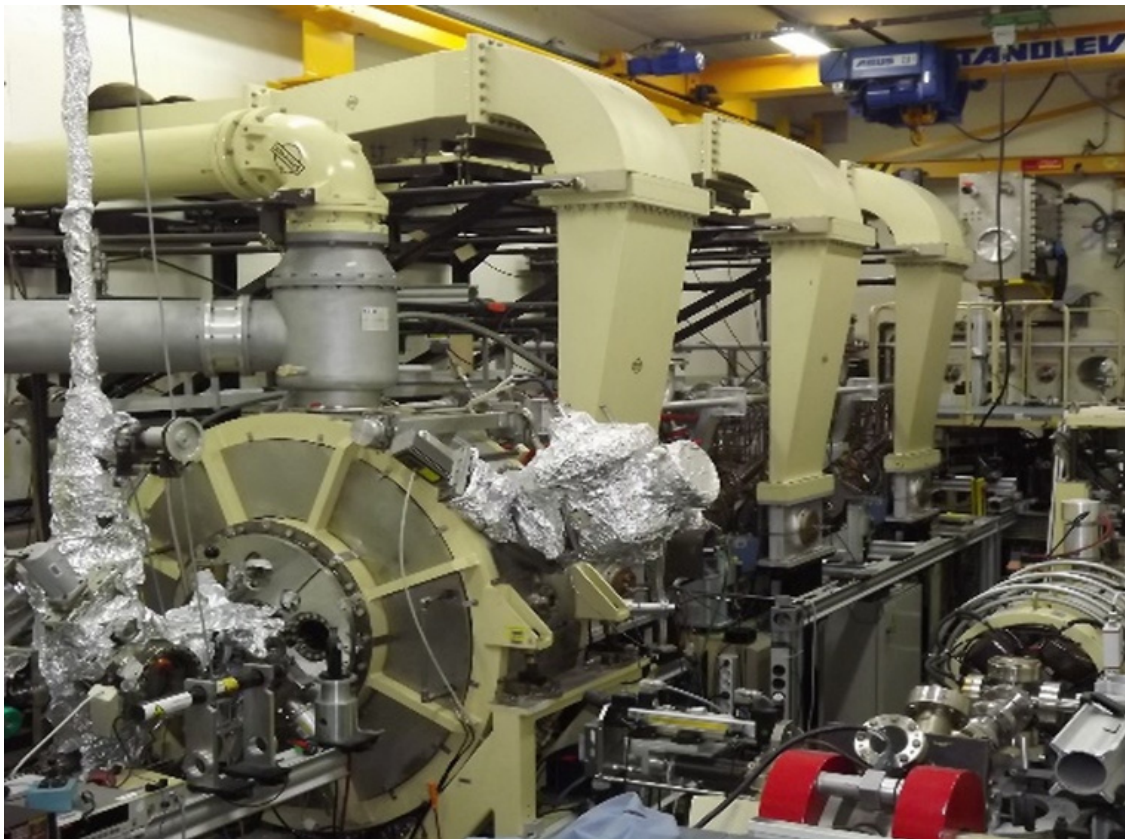
Pourquoi c'est intéressant ? Parce depuis l'arrêt définitif des essais nucléaires en 1996, la garantie de la sûreté et de la fiabilité des armes nucléaires repose sur le programme Simulation qui s'appuie sur trois piliers : la modélisation physique, la simulation numérique et la validation expérimentale. Ce programme repose sur une démarche continue d'amélioration de l'outil de simulation. Elle consiste à développer des modèles physiques de plus en plus précis dans de très nombreux domaines (physique nucléaire, physique atomique, détonique, mécanique des solides et des fluides, physique des chocs, neutronique, électromagnétisme, physique des matériaux, chimie, etc.), puis à résoudre de plus en plus finement les équations qui régissent le fonctionnement des têtes nucléaires grâce à des supercalculateurs de plus en plus puissants.

Interview des partenaires de l'école

Le programme Simulation s'appuie ensuite sur la réalisation d'expériences de laboratoire destinées à fournir les données physiques alimentant les modèles et à valider les simulations. Celles-ci sont conduites dans de grandes installations expérimentales de physique : l'installation de radiographie X EPURE à Valduc et le Laser Mégajoule (LMJ) au CESTA. Les expériences qui y sont réalisées respectent les conditions énoncées dans les deux traités que la France a signés, le TNP (Traité de Non-Prolifération) et le TICE (Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires) : en particulier elles n'engendrent aucun dégagement d'énergie nucléaire.

Mais pour comparer le résultat des modèles et le résultat des expériences, il faut disposer de diagnostics adaptés. Un grand nombre de ces diagnostics sont développés pour le Laser Mégajoule, depuis l'infrarouge jusqu'au rayonnement X ainsi que pour l'installation EPURE. Pour développer, étudier, qualifier ces diagnostics, il faut des sources. La DAM dispose ainsi de nombreuses sources dans ses murs et l'une d'entre elle est chère à mon cœur, puisqu'il s'agit de l'accélérateur ELSA dont j'ai parlé tout à l'heure. Voilà ce que fait ELSA aujourd'hui et voilà comment a évolué l'installation.

Photo de l'accélérateur ELSA



Au premier plan la cavité accélératrice du photo-injecteur à 144 MHz (électrons arrachés à une photo cathode pour l'émission d'électrons. A l'arrière-plan, des guides d'ondes rectangulaires pour acheminer 6 MW dans les cavités accélératrices suivantes à 433 MHz.

Interview des partenaires de l'école

LP : A quoi ressemble le travail dans votre laboratoire ?

VLF : Prenons l'exemple d'un.e doctorant.e, ce qui correspond plus à ce que vivrait un jeune diplômé de l'IOGS. Un doctorant, en fonction de l'orientation de sa thèse (expérimentale ou théorique voire plus orientée vers la simulation), se doit de répondre à une problématique aux frontières de la connaissance. Pour cela, il ou elle doit étudier la bibliographie, trouver des idées innovantes, mener les développements qu'il ou elle estime nécessaire, dialoguer sans cesse avec les experts du domaine mais aussi avec d'autres étudiants pour échanger des idées. Il ou elle doit alors rédiger des documents pour expliquer à son entourage direct ou plus lointain ce qu'il ou elle a accompli, faire des présentations sur place ou en congrès, confronter ses résultats à ceux d'autres équipes, publier dans des revues internationales.



LP : A quoi correspond votre travail à vous ?

VF : En tant que chef de laboratoire sur un accélérateur comme ELSA, outre le management de l'équipe et les actions de réflexion à long et moyen terme, je continue de participer à un certain nombre d'activités pratiques. ELSA fournit du faisceau pour des utilisateurs (c'est une user facility). Nous nous occupons donc de la maintenance, c'est-à-dire s'assurer que la machine est en bon état de marche. Nous nous occupons aussi de l'expérimentation en tant que telle, c'est-à-dire la fourniture du faisceau aux utilisateurs. Et cela ne consiste pas simplement à appuyer sur un bouton, c'est aussi organiser des réunions en amont pour déterminer leur besoin précis ou encore savoir leur proposer des idées auxquels ils n'ont pas forcément pensé, discuter avec eux sur du mode opératoire. Puis, quand vient le jour de l'expérience, les accueillir, réaliser le montage expérimental de l'expérience, leur fournir le faisceau et toutes les données dont ils ont besoin. Outre cette activité d'exploitation, nous échangeons fréquemment avec les utilisateurs de l'accélérateur pour anticiper leurs besoins futurs. Une fois ces besoins exprimés, nous réfléchissons dans notre équipe aux évolutions des nouvelles lignes, au développement de nouvelles configurations de l'accélérateur. Nous avons récemment réalisé deux jouvences sur l'installation dans la dernière décennie et nous nous apprêtons à en lancer une troisième. Il y a donc constamment du travail de développement.

LP : Qu'est-ce qu'une jouvence ?

VF : Quand l'accélérateur vieillit, certaines pièces deviennent obsolètes et certains sous-ensembles voient leur taux de panne augmenter de façon inquiétante. Il s'agit donc de les remplacer quand cela est possible. En général, avec les progrès techniques au fil des ans, nous sommes amenés à remplacer des systèmes entiers par des systèmes reposant sur des technologies plus récentes. Il faut s'assurer de la compatibilité de tous les sous-systèmes. Mais une jouvence, c'est aussi l'occasion d'augmenter les performances de la machine. C'est notamment ce que nous allons faire pour notre 3^{ème} jouvence qui débute en 2026.

LP : Et ce n'est pas difficile d'améliorer un appareil qui fonctionne déjà ?

VF : Eh bien, souvent, si on fait une jouvence c'est que l'appareil ne fonctionne pas si bien que cela, après tout, n'est-ce pas ? Par ailleurs, pour paraphraser Kennedy, ce n'est pas parce que c'est facile que nous le faisons, mais parce que c'est difficile. Plus sérieusement, nous avons des ambitions pour notre machine et c'est un défi qui nous passionne. C'est le sel de la vie ! Nous essayons constamment de faire mieux et de faire des choses qui peuvent paraître de prime abord inaccessibles. Nous faisons tout pour mettre l'impossible à notre portée.

Interview des partenaires de l'école

LP : Votre travail est-il très collaboratif ? Travaillez-vous uniquement en intra-DAM ou également avec l'extérieur ?

VF : Nous travaillons essentiellement avec les équipes de la DAM. Mais il arrive tout de même parfois, que des personnes extérieures viennent utiliser nos accélérateurs. Nous avons travaillé par exemple sur l'étude d'un système de détection de matière nucléaire à l'intérieur de conteneurs en zone portuaire. Cela intéresse les douanes et est un enjeu de sécurité important. Cette application civile s'appelait DEMIP (Détection de Matière nucléaire par Interrogation Photonique).

LP : Et comment votre travail pour la dissuasion nucléaire se fait-il connaître en dehors de la DAM ?

VF : Outre la publication dans les revues scientifiques et la participation aux congrès, notre équipe est intégrée à la communauté des accélérateurs nucléaires en France par l'intermédiaire de la SFP (Société Française de Physique). Il y a toujours un salarié de la DAM au sein du bureau de la division Accélérateur de la SFP. Nous faisons également partie du groupement de recherche GDR SCIPAC (Science of Particle Accelerators).

LP : Quel est le rôle de la division Accélérateur de la SFP ? Vous en avez été président, en quoi cela consiste ?

VF : La SFP est la société savante française. Il y a l'équivalent en Allemagne, aux États-Unis et en Union européenne. Elle a pour rôle de favoriser les échanges entre les acteurs du domaine, que ce soient les laboratoires (CNRS, CEA) ou les industriels. Elle a pour mission d'aider les jeunes à s'intégrer dans la communauté. Elle organise des congrès, des visites, des rencontres et des conférences. Elle facilite l'échange d'informations au sein de la communauté.

LP : Donc il y a toujours un membre d'ELSA qui tient un poste au bureau ?

VF : C'est vrai depuis sa création jusqu'à aujourd'hui. La division Accélérateurs de la SFP a été fondée par Serge Joly (aujourd'hui retraité), qui était chef du laboratoire lorsque je suis arrivé pour faire ma thèse à la DAM. Il a monté cette division, accompagné de collègues du CNRS et organisé les premières conférences. J'ai repris le flambeau d'une tradition qui dure depuis 1993 environ. Je pense que c'est une bonne chose parce que la dissuasion repose sur le fait que nos chercheurs sont au plus haut niveau de la recherche scientifique et technologique. Il faut donc être intégré au sein de cette communauté pour être connu et reconnu et mettre en avant les compétences de la DAM.

LP : C'est donc une volonté de la DAM d'avoir un salarié au bureau de la division Accélérateurs ?

VF : Je ne dirais pas que c'est une volonté de la DAM. Je pense plutôt qu'il y a une volonté générale que la DAM soit représentée dans toutes les instances scientifiques de France. Et cela se mérite. Ce n'est pas sur décision de la DAM que nous pouvons intégrer le bureau : les membres sont élus. Nous avons donc réussi à montrer que nous étions des acteurs importants dans le domaine et c'est un honneur d'être élu par la communauté française des accélérateurs. Nous allons évidemment perpétuer cet effort.

LP : Est-ce un travail ou un loisir ? On entend en effet que la SFP est une association, mais il y a aussi le côté important de la communication de la DAM.

VF : Quand on est ingénieur chercheur, le travail rejoint parfois le plaisir. La frontière est parfois ténue. Mon engagement à la SFP est personnel. J'y ai passé un certain nombre de week-ends. Ce n'était pas vraiment dans le cadre du travail, parce que c'était pour une association. Cependant, j'y représentais tout de même la DAM. La frontière est effectivement difficile à tracer. C'est le point de concordance entre le plaisir pris au travail et celui pris en tant que personne dans la science.

Interview des partenaires de l'école

LP : Vous nous avez aussi parlé de publication, votre laboratoire doit publier un certain nombre d'articles, n'est-ce pas ?

VF : La mission de la DAM n'est pas de publier beaucoup mais de publier suffisamment pour montrer qu'elle est au plus haut niveau scientifique. Nous n'avons donc pas d'objectif spécifique en termes de publication, même si c'est fortement conseillé et encouragé. Nous avons d'ailleurs fréquemment des doctorants qui publient, car cela fait partie de leur travail.

LP : Pourtant, pour les collaborations avec le NIF (ndlr : National Ignition Facility, équivalent du Laser Mégajoule aux USA) ou d'autres installations, il devrait être nécessaire de publier ?

VF : ELSA est assez éloignée de la collaboration avec le NIF. D'autres employés de la DAM du côté du laser Mégajoule et des diagnostics travaillent plus étroitement avec les Américain.e.s. Il est alors en effet important de publier pour être pris au sérieux. Des rencontres spécifiques annuelles ou biennuelles sont organisées avec la NNSA. Il est évident que si la DAM n'était plus au niveau et arrêterait de publier, les Américains ne prendraient plus la peine de discuter avec nous. Ils le font car ils savent que nous pouvons leur apporter quelque chose. L'existence de ces réunions d'échange est donc aussi une bonne démonstration que notre politique est la bonne et que la DAM remplit ses objectifs en termes de crédibilité et donc de dissuasion.

LP : Vous êtes également chargé de TD à l'IOGS, quelles matières enseignez-vous et qu'en tirez-vous ?

VLF : L'enseignement fait partie des choses les plus importantes dans ma vie. Confiance : quand j'étais doctorant, je voulais devenir enseignant-chercheur. Cela n'a pas été possible car c'était la crise de l'emploi à l'époque. Depuis mon doctorat, j'ai cependant fait beaucoup d'enseignement. Pendant ma thèse, je donnais beaucoup de TD à SupOptique. J'enseignais les TD d'aberrations géométriques, optique de Fourier, holographie, speckle et physique des lasers. C'était des TD de deuxième année et cela a été un privilège de pouvoir les donner. J'en profite pour remercier ici le professeur qui m'avait donné cette possibilité: Jean Taboury, qui était alors directeur des études. Cela s'est très bien passé. J'ai adoré le faire pendant toute ma thèse.

LP : Et en sortie de thèse, vous avez arrêté l'enseignement ?

VF : En sortie de thèse, je me suis engagé à la DAM mais j'ai continué à enseigner. Tout d'abord à l'EPF pendant plusieurs années où j'enseignais la physique des ondes, en cours magistral et travaux dirigés. J'ai ensuite arrêté temporairement l'enseignement pour me consacrer à mes enfants. Puis François Balembois m'a proposé de redonner des TD de laser et des cours d'optique géométrique, ce que j'ai accepté. Cela me donne l'occasion de garder le lien avec les étudiants de SupOptique. Je donne aussi quelques TP pour le Master Grands Instruments et depuis cette année, j'ai le privilège (j'en remercie Sophie Kazamias et Olivier Guilbaud) de donner le cours de relativité restreinte. C'est un cours qui n'a rien à voir avec SupOptique, mais plus centré dans le domaine des accélérateurs – qui témoigne en quelque sorte de l'évolution thématique dont j'ai pu profiter ici à la DAM.

LP : C'était notre dernière question. Nous vous remercions pour le temps que vous nous avez accordé et pour vos réponses.