



© École polytechnique - J.Barande

RENCONTRE AVEC  
**GÉRARD MOUROU**  
**PRIX NOBEL 2018 DE PHYSIQUE**  
*professeur membre du Haut Collège de l'École polytechnique*

—  
PROPOS RECUEILLIS PAR ROBERT RANQUET (72)

J'ai fait mes premières armes dans les lasers au laboratoire « Vignal » de l'X sur la Montagne Sainte-Geneviève avec Alain Orszag. C'était les débuts du laser, peu après, non pas l'invention théorique qui est bien antérieure, mais la démonstration du laser par Theodore Maiman en 60. Orszag avait été l'un des premiers à s'intéresser au laser. Sous son tutelage, j'y ai fait mes premières armes en travaillant sur un concept proche de celui que j'ai utilisé quinze ans plus tard et qui m'a valu le prix Nobel.

## Une envie d'Amérique

C'était l'époque des coopérants scientifiques. Comme j'avais déjà l'envie d'aller voir ce qui se faisait en Amérique du Nord, je suis parti trois ans au Québec, tout en restant inscrit à l'université Pierre-et-Marie-Curie. Mes travaux là-bas m'ont donné la matière de ma thèse à mon retour en France. Je suis reparti aussitôt pour un postdoc, cette fois l'université de Californie à San Diego.

À l'issue, Alain Orszag m'a demandé de rentrer, mais cette année de postdoc à San Diego m'avait changé. Je suis donc reparti aux États-Unis, où j'ai été recruté d'abord par les Bell Labs, puis en 77 par l'université de Rochester qui était LA ville de l'optique. Ça s'est très bien passé à Rochester : j'avais des étudiants extraordinaires, dont justement Donna Strickland qui partage avec moi ce prix Nobel. Quand vous pensez que Donna a obtenu le Nobel juste avec sa thèse, vous imaginez comme elle était brillante !

Ce sont ces travaux à Rochester qui ont conduit à la mise au point de la technique CPA (Chirped Pulse Amplification), que le Nobel vient de consacrer. C'est de là que tout est parti.

## Vers la lumière extrême

Nous travaillons toujours aujourd'hui sur les suites de cette technique ici, avec le laser Apollon (cf. *La Jaune et la Rouge* n° 734). Ce qui est extraordinaire, c'est que, contrairement à ce que je croyais moi-même jusqu'à il y a peu, cette technique n'a pas de limite physique prévisible : on pourra aller bien au-delà de l'intensité

de Schwinger, c'est-à-dire à des niveaux où l'intensité de la lumière fait « bouillir le vide ».

On sait assez bien jusqu'où on va arriver avec les lasers comme Apollon. Mais au-delà ? C'est cela qui m'intéresse ! C'est là-dessus que je travaille maintenant avec le projet IZEST (International Center for Zetta-Exawatt Science and Technology). Avec ce projet, on vise  $10^{21}$  watts : l'équivalent d'un million de fois la puissance du réseau électrique mondial en un temps extrêmement bref de l'ordre de la femtoseconde.

À Rochester, on a montré, avec Donna Strickland, qu'on pouvait utiliser la technique CPA sur les gros lasers, comme ceux qu'on utilise pour travailler sur la fusion laser (c'était avant le Mégajoule ou le NIF américain) : il suffisait de changer le début de la chaîne en y mettant un émetteur d'impulsions « chirpées », et de mettre deux réseaux à la sortie, et on pouvait produire comme cela des térawatts. On en a fait la démonstration sur le laser P 102 du CEA à Limeil.

La CPA a provoqué un grand engouement dans le milieu scientifique et dans les médias. Et c'est là que l'université de Michigan m'a demandé de les rejoindre. Il faut dire que cette université avait été vraiment à la pointe sur l'optique dans les années soixante. Là, les contrats sur les activités militaires découragées par les manifestations étudiantes lui faisaient perdre sa supériorité. On me demandait donc de venir travailler à la renaissance du laser à Michigan. Encore un challenge qui m'a plu : j'ai accepté, et j'y suis resté de 1988 à 2005.

Je dirigeais un très gros centre de recherche de la National Science Foundation, toujours à partir de la CPA. C'est là qu'a eu lieu la découverte, vraiment accidentelle, des applications en ophtalmologie : un de mes étudiants a reçu malencontreusement un rayon du laser dans l'œil. Il a été évidemment conduit à l'hôpital, où le médecin qui l'a examiné s'est écrié : « Mais avec quel laser s'est-il fait cela ? Le dommage est absolument parfait ! » Effectivement, le rayon du laser était tellement bien focalisé que le « dommage » sur la rétine était... parfait ! Cela a donné à un étudiant en médecine l'idée de venir travailler dans mon labo, et c'est ainsi que cette technique de chirurgie ophtalmologique a démarré. Le succès a été considérable : leur première start-up lancée sur le sujet a été vendue 800 millions de dollars !

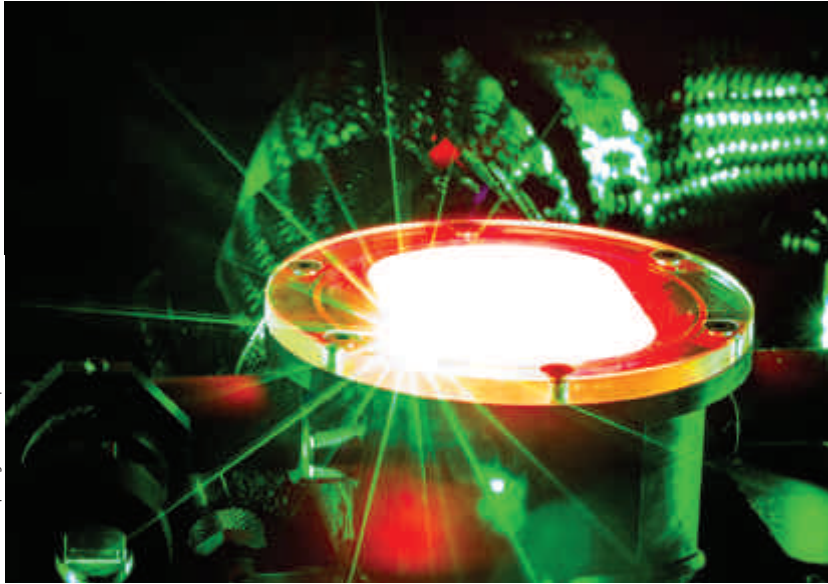
## Retour à l'X

J'avais gardé des liens avec l'équipe du LOA à l'X, et j'ai été invité à un conseil scientifique de l'X. Maurice Robin, qui était le directeur de la recherche à l'époque, a voulu m'attirer à l'École : « On a besoin ici de gens comme vous pour porter des grands projets scientifiques. »

Repartir sur un nouveau challenge me tentait. Je savais que j'y retrouverais des scientifiques de très bon niveau comme Arnold Migus ou Jean-Paul Chambaret. Bien sûr, il y avait un problème de salaire, mais Robin a réussi à

## CHIRPED PULSE AMPLIFICATION

La technique d'amplification des lasers dénommée Chirped Pulse Amplification (CPA) consiste à créer des impulsions lasers ultracourtes (quelques dizaines de femtosecondes ;  $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$ ), et de très haute puissance de l'ordre du pétawatt ( $1 \text{ PW} = 10^{15} \text{ W}$ ) ou de très haute cadence (kHz). Le principe : étaler temporellement une impulsion ultracourte à l'aide d'un réseau optique afin de diminuer son intensité instantanée avant de l'amplifier. L'impulsion est ensuite recomprimée pour atteindre des intensités qu'une amplification classique ne permettrait pas d'atteindre. La technique CPA a permis très rapidement de gagner 10 ordres de grandeur en puissance laser.



trouver des solutions. Et puis, j'avais promis à ma femme qu'on partait aux États-Unis pour trois ans, on y était restés trente ans...

J'ai donc accepté l'offre de l'X et je suis revenu en 2005 pour diriger le LOA.

Juste à ce moment, il y eut en même temps un appel d'offres de l'UE dans le cadre de sa feuille de route des grands instruments scientifiques européens, et un appel à projet dans le cadre du contrat de plan État-Région d'Île-de-France. J'ai candidaté pour les deux, en espérant en avoir un. On a eu les deux !

Le projet du CPER Île-de-France a donné Apollon, dont j'ai déjà parlé. Pour l'Union européenne, ça a donné le projet Extreme Light Infrastructure (ELI).

Au départ, mon idée était de faire ELI ici sur le Plateau, mais l'UE préférait implanter le projet dans trois ex-pays de l'Est : Tchéquie, Roumanie et Hongrie. Nous avons passé une bonne année à discuter de ces implantations. Finalement, les trois implantations ont été rendues possibles grâce aux fonds FEDER. C'était la première fois qu'il était possible d'utiliser ces fonds pour des projets de recherche. On a donc maintenant trois projets coordonnés complémentaires sur des objectifs scientifiques différents, mais toujours sur la même thématique de la lumière extrême. Les lasers sont installés ; le démarrage est prévu en 2019. ELI aura été un projet de dix ans, ce qui est court pour ce genre de projet.

## Regard sur mon parcours

Je suis resté à Polytechnique : aujourd'hui, je suis « professeur émérite » à l'université du Michigan, et –

## Extreme Light Infrastructure (ELI)

Extreme Light Infrastructure (ELI) est une infrastructure de recherche faisant partie des projets européens prioritaires identifiés sur la feuille de route ESFRI1. Cette grande installation laser, en cours de construction, hébergera les lasers les plus intenses au monde. L'infrastructure consistera en quatre centres de recherche exploités de manière intégrée. Trois sont actuellement en cours de construction en Hongrie, en République tchèque et en Roumanie, pour un volume total d'investissement de près de 850 millions d'euros provenant pour l'essentiel du Fonds européen de développement économique et régional (FEDER).

c'est un peu la même chose sous un intitulé différent – membre du « Haut Collège de l'École polytechnique ». C'est Marion Guillou qui a insisté pour me garder : rétrospectivement pour l'École, elle a été bien inspirée ! Mon parcours a été mobile et surtout actif. C'est quelque chose que les Américains font très bien. Un peu moins en France, mais ça commence à changer. De ce point de vue, j'ai été très en phase avec l'action de Jacques Biot à la présidence de l'École, qui me semble avoir vraiment fait bouger les choses dans le bon sens.

J'ai vécu cette transformation.

Aux États-Unis, les professeurs sont beaucoup plus investis pour faire marcher leur université et développer leur département. Il y a trois critères majeurs là-bas : être un très bon chercheur ; donner un bon enseignement ; et participer activement à l'évolution de son département. Ce qui est frappant, c'est que lorsqu'il faut faire quelque chose pour développer un département, comme faire venir un professeur de renom, ou obtenir un financement important, tout le monde s'y met : du président jusqu'au laboratoire d'accueil. Et on règle tous les problèmes : on s'occupe du déménagement, on trouve un poste pour le conjoint, etc. ; c'est pareil pour les levées de fonds ; c'est pareil pour les étudiants.

Il y a un vrai dynamisme collectif pour être les meilleurs. J'ai retrouvé cet esprit ici avec Jacques Biot.

## La recherche est centrale

Aux USA, la recherche part du cœur du département : on a un objectif, et tout le monde se met en mouvement pour faire ce qu'il faut. Ils ont une excellente façon de vous motiver pour faire de la très bonne recherche : votre salaire de base est payé par l'université, mais une bonne part (40 % à 50 %) vient de vos activités de recherche.

Tous les laboratoires sont des laboratoires propres aux universités, ce qui explique que les universités s'y impliquent beaucoup plus. Ici, ils sont toujours partagés, entre deux ou trois partenaires voire plus. C'est un héritage : le système s'est construit autour du CNRS pour des raisons historiques.

Le virage international de l'École, ses nouveaux cursus... tout cela est très bien, mais il faut bien voir que c'est la recherche qui tire aujourd'hui la réputation d'une université au niveau international, y compris pour attirer les meilleurs étudiants. Et bien sûr, il faut assurer un excellent enseignement : aux États-Unis, tout le monde dans le département participe à l'enseignement. Ce n'est pas une personne qui enseigne son sujet pendant vingt ans... tout le monde tourne. Et donc on est amené à changer régulièrement de sujet : pour ce qui me concerne, j'ai enseigné le laser bien sûr, mais aussi la physique de l'état solide, la thermodynamique... ; c'est très important. ✕