

Victor Malka, maestro des rayons lasers

PORTRAIT - Ce physicien qui fait surfer les électrons dans le sillage des faisceaux lasers se prépare à partir en Israël, à l'Institut Weizmann, où on lui donne carte blanche

REHOVOT (ISRAËL) - *envoyée spéciale*

Mais où est passé le « compresseur à laser » de Victor Malka ? Le 21 mars, sur le campus de l'Institut Weizmann, en Israël, la question tracassait le physicien. Plus d'une tonne et demie de matériel, volatilisée durant son vol entre Paris (France) et Tel-Aviv (Israël) ! Pour Victor Malka, le problème est bien plus trivial que l'accélération des particules d'un plasma – son hobby de chercheur. « *Il y a dix-huit ans, la communauté scientifique était très sceptique sur notre capacité à accélérer des électrons par des impulsions lasers. Aujourd'hui, nous parvenons à manipuler collectivement ces particules sur de courtes distances*, se réjouit-il. *C'est une nouvelle façon, plus compacte et moins chère, de produire des faisceaux d'électrons et de rayons X.* »

La veille, il venait de réceptionner 25 des 26 conteneurs abritant l'une des pièces du puzzle de son futur super-laser. Religieusement usinées par la société Thales Optronique, à Elancourt (Yvelines), elles avaient été acheminées par avion depuis Roissy, pour être montées et installées ici, au « Weizmann ». En mai 2019, Victor Malka rejoindra à temps plein cet institut israélien, qui figure parmi les 150 meilleures universités au monde du classement de Shanghai. Pour l'heure, il est encore au Laboratoire d'optique appliquée (LOA), une unité mixte entre l'Ecole polytechnique, le CNRS et l'ENSTA, à Palaiseau (Essonne).

Tohu-bohu feutré, dans le petit monde de la physique : comment la France pouvait-elle « perdre » ce virtuose des lasers ? « *Je suis tombé amoureux de ce campus. Ici, chaque arbre a son numéro et son histoire* », confie-t-il. Mais le charme du lieu, on s'en doute, ne pouvait suffire à l'attirer.

Chercheur très en pointe

« Victor Malka est un chercheur d'exception, estime Jacques Biot, président de l'Ecole polytechnique. Il incarne le scientifique que nous cherchons à accueillir à l'X : à la fois très libre dans le choix de ses sujets de recherche, très en pointe au plan théorique et très préoccupé de développer des applications utiles. » « Si le Nobel est attribué un jour à ces travaux, je vois trois lauréats incontournables : Victor Malka, l'Américain Wim Leemans et le Japonais Toshiki Tajima », renchérit Philippe Balcou, ancien directeur du Centre lasers intenses et applications à l'université de Bordeaux (CEA-CNRS).

Oui mais voilà : Victor Malka est en partance pour Israël. Au Weizmann, ce 21 mars, ce « maître Jedi » rayonnait. Il faisait visiter son laboratoire en chantier où, bientôt, seraient lancés les premiers tirs de son « faisceau de rêve ». « Dream Beam » : tel était le titre de « une » de la revue *Nature*, le 30 septembre 2004. Le prestigieux journal publiait alors trois études qui feraient date. L'une d'elles était signée de l'équipe de Victor Malka, avec le CEA. Les deux autres émanaient d'équipes américaine et anglaise. Toutes étaient parvenues à produire un faisceau d'électrons cohérents grâce à un accélérateur innovant : un « laser-plasma ».

Les accélérateurs classiques ont recours à des cavités métalliques qui produisent des champs électriques. Mais la valeur de ces champs reste limitée. C'est pourquoi il a fallu construire de gigantesques accélérateurs – très coûteux – comme ceux du CERN : un anneau souterrain de 27 kilomètres de circonférence. C'est une autre piste que Victor Malka a creusée. « Les accélérateurs laser-plasma multiplient par 10 000 la valeur du champ électrique accélérateur ! » Comment ? On focalise une impulsion laser très brève (30 millièmes de milliardième de seconde) sur un jet de gaz. Cette puissance concentrée transforme ce gaz en « plasma », un des quatre états de la matière, mêlant électrons libres et ions.

Mais comment ces électrons sont-ils accélérés ? C'est simple : ils surfent. « Imaginez le laser comme un hors-bord sur un lac, raconte Philippe Balcou. Son passage crée un sillage à la surface de l'eau. Et les électrons, pour peu qu'ils soient déjà animés d'une certaine vitesse, vont surfer sur cette vague. » Ils se laissent accélérer à des vitesses proches de la vitesse de la lumière.

Victor Malka surfera également sur l'onde de cette technologie de rupture. Son équipe, qui a bénéficié de quatre bourses d'excellence européennes (bourses ERC), ne cessera d'améliorer ce processus. Au total, elle



Victor Malka, au Laboratoire d'optique appliquée, à Palaiseau (Essonne), le 5 avril.

LEA CRESPI/PASCO POUR « LE MONDE »

publiera 385 articles dans les meilleures revues, cités plus de 11 000 fois.

Retour sur un parcours d'exception. Victor naît en 1960 à Casablanca (Maroc), dans une « famille juive séfarade traditionaliste de huit enfants ». Il a 6 ans quand sa famille émigre en France. Un choc : Marseille, le 17^e étage d'un HLM, puis Paris et sa banlieue grise. Le sentiment de « vivre en prison ». Les mathématiques seront son coin de ciel bleu. « J'avais des facilités en maths, j'ai été orienté vers les classes prépa. » Reçu à l'Ecole nationale supérieure de chimie de Rennes, il y découvre les charmes de... la physique. « J'ai décidé de bifurquer vers un DEA de physique. » A 30 ans, il entre au CNRS, « inquiet car j'étais en retard ». Retard qu'il comblera très vite...

Interactions laser-plasma

« Ce qui excite notre curiosité, c'est de comprendre les phénomènes en jeu dans les interactions laser-plasma, assure-t-il. Mais pourquoi ne pas explorer aussi leur pertinence pour des applications concrètes ? » Le but : produire des rayons X très intenses et cohérents pour sonder la matière avec une haute résolution spatiale et temporelle. Première retombée : la détection non destructive des défauts des moteurs d'automobile, ou « des fissures au cœur des centrales nucléaires ». En 2015, un de ses doctorants a cofondé une start-up, SourceLAB, qui développe des outils pour ces analyses.

Son labo est aussi en pointe pour les applications médicales. Une imagerie « par contraste de phase » permettrait de réduire les temps de pose et d'améliorer la résolution des clichés. On pourrait ainsi détecter des tumeurs cancéreuses de 50 micromètres. Autre espoir : améliorer la radiothérapie des cancers à l'aide d'appareils plus précis, plus compacts et moins chers.

De 2003 à 2015, Victor Malka a été professeur à Polytechnique. Il enseigne depuis au Weiz-

mann. « C'est un patron très amical et paternel – et très zen. Il laisse beaucoup de liberté. Et sa culture scientifique est très large », témoigne Igor Andriyash, un théoricien tout juste recruté au Weizmann, après deux post-doctorats en France, chez Balcou et Malka. « Je suis heureux de garder un contact avec tous mes doctorants, dit en écho celui-ci. Ils s'épanouissent aujourd'hui dans le privé, la recherche publique ou privée, ou l'éducation. »

La question brûle les lèvres : pourquoi cette décision de rejoindre Israël ? C'est qu'une guerre des étoiles fait désormais rage pour la quête du faisceau de rêve. A grands coups de lasers et de dizaines de millions de dollars. « En Allemagne, en Chine, au Japon, des équipes ont obtenu, sur la base de résultats très inférieurs à ceux de Victor Malka, des financements astronomiques, soupire Philippe Balcou. Nul n'est prophète en son pays. »

L'institut Weizmann offre à Victor Malka – qui avait déjà été invité à rejoindre des universités américaine, coréenne, allemande – une enveloppe globale de 20 millions d'euros, hors travaux d'infrastructure. « Cela me permettra de réaliser avec sérénité un travail sur le long terme. Et j'ai carte blanche. » Il y a en Israël, juge-t-il, « une énergie, une volonté d'aller de l'avant. Je me sens aussi proche de la culture juive par l'importance qu'elle donne au débat, à l'étude. »

« Il faut accepter que les chercheurs soient mobiles, au bénéfice de la science, assure Jacques Biot. Le départ de Victor est évidemment triste. Mais son projet est une énorme opportunité de renforcer nos liens avec le Weizmann. Et Victor sera un excellent ambassadeur de Polytechnique et du CNRS. » « Je pars, mais je crée quelque chose avec la France », confirme Victor Malka. Ce « quelque chose », c'est un projet de laboratoire franco-allemand-israélien. Electrons sans frontières, affûtez vos planches de surf relativiste ! ■

FLORENCE ROSIER



ZOOLOGIE

Ces crevettes qui brassent les océans

Ne cherchez pas d'artémies chez votre poissonnier. Jusqu'à preuve du contraire, cette petite crevette des lagunes et marais salants, dépassant rarement les 12 mm, ne présente aucun intérêt pour nous autres humains. Sur le plan directement gastronomique, du moins. Les scientifiques, en revanche, apprécient quelques-unes de ses étranges propriétés. Ainsi, dès que les conditions extérieures deviennent périlleuses, le crustacé produit des cystes. Dissimulé dans une enveloppe solide, la larve peut ainsi séjourner de longues semaines, résister à des températures polaires comme aux plus fortes chaleurs. Que les conditions s'améliorent et la larve reprend son cycle de vie, prête à grandir... ou à se faire dévorer par les poissons et autres oiseaux des marais. Cette résistance et la facilité de stockage qui l'accompagne font de l'artémie une des ressources favorites des aquariophiles amateurs.

John Dabiri, lui, n'est pas aquariophile, encore moins amateur. Professeur d'ingénierie mécanique à l'université Stanford, il se passionne pour les systèmes de propulsion. Il a ainsi consacré de nombreuses années de recherche aux mouvements des méduses, s'en inspirant pour développer des éoliennes mais aussi des engins sous-marins. En jetant son dévolu sur les artémies, le chercheur entendait modéliser les mouvements des krills, copépodes et autres formes de zooplancton, qui pullulent dans nos mers. « Le consensus dominant voulait que ces animaux, les plus abondants de l'océan, étaient trop petits pour avoir un



« Artemia salina ». ISABEL HOUGHTON

impact dynamique », se souvient-il. Dans un article publié dans la prestigieuse revue *Nature*, il vient de prouver le contraire.

Sa démonstration semble presque élémentaire. Au laboratoire, une grande cuve est remplie d'eau salée, avec deux couches bien séparées de concentration en sel différentes. Les crevettes sont alors introduites et attirées vers le fond par une lumière verte. Au bout de dix minutes, une LED bleue prend le relais à l'autre extrémité, entraînant les crustacés vers le sommet. Et ainsi de suite pendant deux heures, soit la durée approximative du mouvement ascendant du zooplancton au crépuscule. Au terme de ce va-et-vient, il ne reste plus qu'à analyser la colonne d'eau. « Nous avons découvert que le niveau de mélange était mille fois plus important que l'aurait voulu le seul échange moléculaire entre les deux concentrations d'eau », résume le scientifique.

Un mystère. En effet, toutes les études ont montré que la taille du petit animal ne permet aucun mélange significatif. La réponse est venue d'une deuxième cuve, dans laquelle Dabiri et son équipe ont utilisé un laser pour concentrer davantage les crevettes. Ils y ont installé divers dispositifs de visualisation des fluides. « Et là, nous avons découvert des turbulences non pas à l'échelle de l'animal mais de l'ensemble du groupe », insiste le chercheur. Autrement dit, de plusieurs dizaines de centimètres de hauteur.

Pour les scientifiques, le résultat est majeur. D'abord parce que si krills et copépodes ne présentent pas la même attirance pour la lumière que les artémies, leurs mouvements quotidiens vers la surface, en quête de nourriture, suivent précisément le protocole établi à Stanford. Ensuite parce que les échanges de température sont encore plus sensibles au mouvement que la salinité. Ce sont donc tous les modèles de circulation dans les océans qu'il va falloir désormais revoir.

Avant de s'y lancer, John Dabiri entend toutefois vérifier ses observations sur le terrain. « Et là, cela pose une autre difficulté, insiste-t-il. Les observations au large coûtent beaucoup plus cher. Mais pour mesurer l'ampleur du phénomène, c'est indispensable. Avec au moins un avantage : nous savons maintenant ce que nous cherchons. » Une nage tourbillonnante de crevettes dans l'océan. ■

NATHANIEL HERZBERG