

# NOS DONNEES DANS LE CHAOS : LE LASER A LA RESCOURSSE DE LA FIBRE OPTIQUE

Aujourd'hui transmises de manière confinée, en partie dans la fibre optique, nos données pourraient se propager dans l'atmosphère grâce au laser à cascade quantique. Une découverte qui intéresse d'abord les militaires, notamment pour sa capacité de cryptage.

300 000 kilomètres par seconde. C'est la vitesse de la lumière, et par conséquent, la vitesse à laquelle filent nos données en espace libre. Via la fibre optique, plusieurs dizaines de millions de mégabits sont transférés par seconde. Or, comme s'en inquiète Frédéric Grillot, enseignant chercheur à Télécoms Paris Tech, «l'augmentation massive du trafic internet induit par le boom de la TV en ligne, le streaming et la quantité croissante d'appareils fixes et mobiles connectés au réseau, la bande passante des fibres optiques est quasiment saturée». Ces câbles en verre ou en plastique de l'épaisseur d'un cheveu, présents dans nos immeubles, nos villes et même dans les profondeurs de nos océans ne seront bientôt plus suffisants pour échanger des données à travers le monde. Les remplacer serait en revanche trop coûteux, et trop contraignant. Dans ce contexte, Frédéric Grillot, Louise Jumpertz et Kevin Schires, des laboratoires de Télécom ParisTech, Marc Sciamana de CentraleSupélec et Mathieu Carras de mirSense se sont intéressés aux spécificités du laser à cascade quantique (QCL).

Les cinq chercheurs ont prouvé, en février dernier, qu'avec l'usage de QCL par chaos, la transmission d'informations pourrait se faire, grâce à la lumière, en espace libre et de façon cryptée. Un challenge, selon Frédéric Grillot, qui repose sur le savoir-faire traditionnel : «toutes les questions qu'on s'est posé aux longueurs d'onde télécoms, on se les pose maintenant à ces longueurs d'onde un peu exotiques, parce qu'il y a un vrai potentiel».

Le QCL est un laser à semi-conducteur, c'est-à-dire que l'énergie ne circule que dans un sens : du positif au négatif. Sa grande nouveauté consiste à émettre dans l'infrarouge moyen, soit de 3,15 microns à 13 microns, à l'infrarouge lointain.

Infrarouge (I.R), n.m.: rayonnement visible dans le spectre électromagnétique situé entre les couleurs visibles à l'œil et les micro-ondes. Il correspond à une longueur d'onde plus grande que celle du visible (< 0,8 microns) et inférieure à celles des micro-ondes (> 1mm).

## DES FAISCEAUX INFRAROUGES AU DESSUS DE NOS TÊTES

La lumière est utilisée depuis le premier quart du XX<sup>ème</sup> siècle pour la transmission de données. La fibre optique fût, elle, mise en place au début des années 90. D'abord conduite dans des câbles de verre (fibre optique), la lumière tend à se propager en espace libre sous forme d'onde. Un faisceau lumineux est ainsi capable d'envoyer de la musique d'un ordinateur à des enceintes, sans fil.



*Thierry Chartier est professeur à l'ENSSAT de Lannion et spécialiste de l'optique non linéaire et des lasers à fibre. Dans cette expérience, il montre comment, par la modulation de l'électricité, un signal lumineux peut transmettre des informations, d'un MP3 à des enceintes. Néanmoins, l'obstruction du signal, ici par un matériau, coupe la transmission de données, et donc l'émission du son en fin de chaîne.*

Cette opération est invisible, elle sollicite des longueurs d'onde du domaine de l'infrarouge. Problème, la lumière ne se transmet pas indéfiniment : le faisceau peut être atténué. Les différents constituants de l'atmosphère, en particulier, représentent de véritables obstacles.



Vidéo : <https://youtu.be/QwjSb3hSa3o>

La présence de diverses molécules dans l'air impose un choix adéquat de la longueur d'onde pour l'utilisation des QCL. Dans ce cas précis, ils peuvent émettre à une longueur d'onde située entre 11 et 13 microns. Cette «fenêtre de transparence», où la lumière n'est perturbée - ou «absorbée» - par aucune des molécules présentes dans l'atmosphère, permet au QCL de transmettre une information de manière optimale.

Ce choix de laser est aussi due à un autre phénomène. Le semi-conducteur, matériau ici à l'origine de l'énergie lumineuse, est structuré à l'échelle nanométrique (un milliardième de mètre) pour créer en son sein plusieurs sous-bandes, constituant un effet de cascade. L'électron, dévalant ces chutes de la physique, perd de l'énergie proportionnellement à la hauteur de la chute, émettant à chaque marche un photon de la longueur d'onde désirée dans l'infrarouge.

Photon, n.m : Particule de masse nulle, associée aux ondes électromagnétiques, ne disposant pas de charge électrique. Notre œil est sensible aux photons de longueur d'onde située entre 0,4 et 0,8 microns.

Ces propriétés permettaient déjà aux chercheurs de fabriquer des lasers suffisamment puissants pour émettre sur de longues distances. Désormais, l'innovation réside notamment dans la hauteur des marches (donc la constitution des nanomatériaux), ou plutôt, la taille de la cavité optique. De plus, avec un envoi de lumière suffisant, les cinq chercheurs ont réussi à démontrer l'émergence d'un chaos. La fréquence du laser (et plus précisément de sa cavité externe) s'en retrouve bouleversée, tout comme ses impulsions optiques.

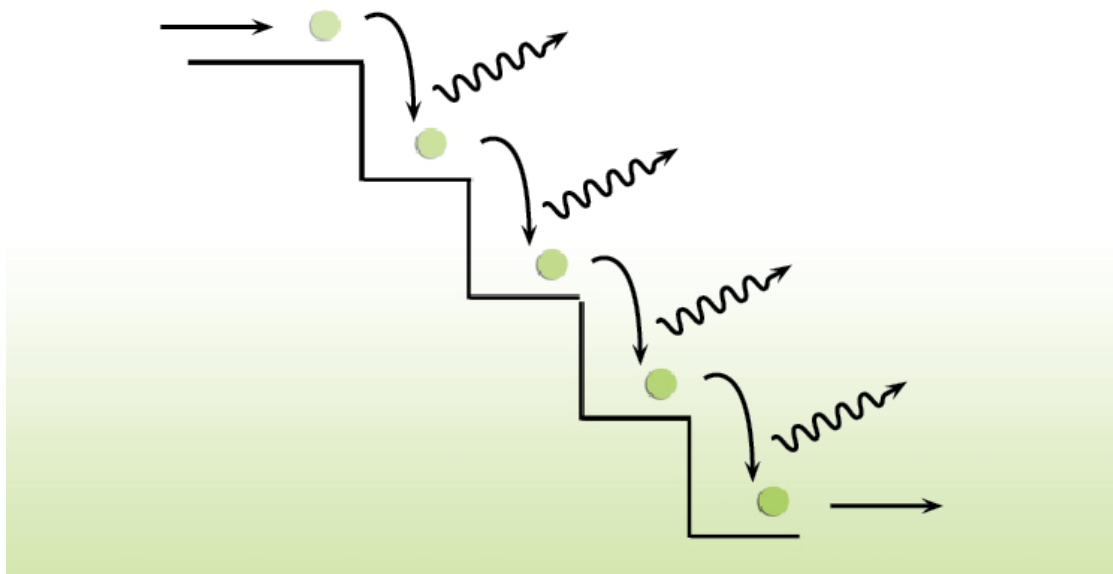


Schéma : Électron en chute libre émettant un photon à chaque cascade.

## DES DONNÉES CONFIDENTIELLES DANS L'ATMOSPHÈRE ?

L'instabilité est le fort de ce processus. Le chaos induit une modulation d'énergie non prévisible. Seuls un émetteur et un récepteur, du même fabricant et de la même série, peuvent s'accorder pour assurer le décryptage. Le principe consiste à envoyer simultanément l'information sur un jeu de deux lasers appariés. Elle devient ainsi indéchiffrable pour quelqu'un d'autre que le destinataire. Une vraie révolution dans le monde de la communication en espace libre, «en particulier dans un contexte comme le nôtre où le renouvellement du cryptage devient indispensable», commente Frédéric Grillot. La Défense est d'ailleurs l'un des premiers secteurs intéressés ainsi que le principal financeur de ces recherches.

## UNE HAUTE TECHNOLOGIE EN DEVENIR

Le QCL, fonctionnant en régime chaotique, n'est pas encore accessible au grand public. Une poignée d'entreprises en produisent dans le monde. En France, il s'agit de mirSense, une start-up basée à Palaiseau (91). Le prix, allant de 20 000 à 50 000 euros pièce, rend la commercialisation difficilement envisageable dans un avenir proche. En revanche, Frederic Grillot imagine de nombreuses applications, notamment pour échanger des données de manière très sécurisée d'une entreprise à une autre, «au sein d'une commune, ou d'un avion à un autre, dans le domaine de la Défense et sur de longues distances» explique Frédéric Grillot. ●

Amandine Pohardy et Cathy Dogon.