

DES DISPOSITIFS QUANTIQUES REVOLUTIONNENT LA DETECTION INFRAROUGE

Une équipe de recherche du Laboratoire matériaux et phénomènes quantiques (MPQ, Université Paris Diderot/CNRS) vient de mettre au point un nouveau dispositif photonique, ultra rapide et fonctionnant à température ambiante, favorisant la détection du rayonnement infrarouge. Une avancée scientifique qui vient révolutionner l'utilisation de l'infrarouge lointain dans notre quotidien. Ces travaux sont publiés dans la revue *Nature* le 26 mars 2018.

Désormais, nous verrons encore mieux dans la nuit et pourrons détecter, à distance, des agents polluants ou nocifs à l'aide de systèmes agiles, compacts et robustes. Une nouvelle génération de détecteurs ultra-sensibles ouvre l'infrarouge à une immensité d'applications qui vont impacter notre quotidien.

L'infrarouge lointain (c'est-à-dire pour des longueurs d'onde de 20 à 100 fois plus importantes que celles du visible) est une lumière invisible à l'œil nu dont la mesure est possible uniquement à l'aide d'un détecteur. Bien connue des scientifiques, cette lumière est notamment émise par tout objet à température ambiante. Pourtant, elle reste aujourd'hui peu exploitée en raison de l'absence de sources et de détecteurs fonctionnels, à savoir des dispositifs qui opèrent à température ambiante et suffisamment rapidement.

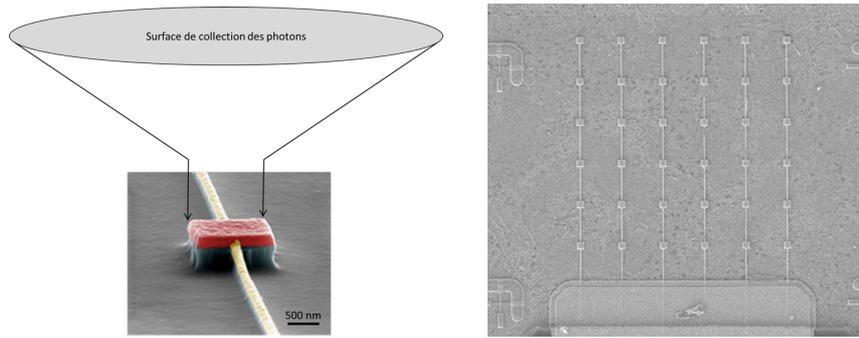
Une équipe de scientifiques issus de l'université Paris Diderot, du CNRS, de l'ETH de Zurich et de l'université de Leeds, a récemment démontré une nouvelle structure amplifiant les performances des détecteurs infrarouges. Pour cela, des concepts originaux ont été implémentés dans des structures quantiques, grâce à un travail pointu de nanofabrication.

Pour arriver à ce résultat, la radiation lumineuse incidente est prélevée sur une très grande surface pour être concentrée dans un volume de taille nanométrique où elle génère un signal électrique. Cela est possible grâce à une structure photonique qui joue un rôle **d'entonnoir à photons**. Le détecteur est en effet constitué d'éléments actifs d'un micromètre carré (voir figure) dont l'aire est dix fois plus faible que la surface de capture des photons.

Réduire les volumes où les photons sont transformés en courant électrique est essentiel pour limiter la contribution du courant intrinsèque, existant même en absence de lumière, appelé courant d'obscurité. Dans les détecteurs actuels, ce courant d'obscurité peut être si important qu'il masque complètement le photo-courant et nécessite l'utilisation d'un refroidissement cryogénique lourd et coûteux. Les nouveaux détecteurs mis au point dans ces travaux montrent, quant à eux, d'excellentes performances à température ambiante et une réponse très rapide.

Par ailleurs la grande rapidité de réponse de ces détecteurs permet de réaliser une détection cohérente ultrasensible, similaire à celle qui a été développée pour les ondes radio : la détection hétérodyne. Cette technique est basée sur le mélange entre le signal à détecter et un signal de référence (l'oscillateur local). Après la démonstration de cette preuve de principe, il s'agit désormais de travailler pour dépasser les limites de la détection actuelle. Aujourd'hui, elles sont limitées par des très courts temps d'intégration, imposés par les fluctuations temporelles du signal de référence. Ces fluctuations peuvent être supprimées par une stabilisation active de l'oscillateur local sur une référence métrologique. Un tel système hétérodyne pourra atteindre une sensibilité qui approche celle du photon unique.

Les applications du rayonnement infrarouge lointain ou, plus loin encore dans le spectre électromagnétique, du rayonnement Térahertz, sont potentiellement très nombreuses. Cette nouvelle technologie pourrait rapidement trouver des applications dans les domaines des télécommunications, de la spectroscopie moléculaire à haute résolution, de la détection à distance des agents polluants ou nocifs ou encore des systèmes RADAR optiques.



Légende :

Image de microscopie électronique à balayage du dispositif quantique qui transforme les photons infrarouges en courant. La région active du détecteur, un empilement de couches semiconductrices, est insérée entre deux couches d'or, le top du dispositif et le plan sur lequel est posé. Ces deux couches métalliques forment un résonateur qui piège le rayonnement infrarouge.

RÉFÉRENCES :

Nature, le 26 mars 2018

[Room-temperature nine- \$\mu\text{m}\$ -wavelength photodetectors and GHz-frequency heterodyne receivers](#)

Daniele Palaferri, Yanko Todorov, Azzurra Bigioli, Alireza Mottaghizadeh, Djamal Gacemi, Allegra Calabrese, Angela Vasanelli, Lianhe Li, A. Giles Davies, Edmund H. Linfield, Filippos Kapsalidis, Mattias Beck, Jérôme Faist, and Carlo Sirtori

Nature Communications, le 17 novembre 2017

<https://www.nature.com/articles/s41467-017-01840-6>

Cherif Belacel, Yanko Todorov, Stefano Barbieri, Djamal Gacemi, Ivan Favero, and Carlo Sirtori

CONTACTS CHERCHEURS

Carlo Sirtori

Laboratoire MPQ

Carlo.sirtori@univ-paris-diderot.fr

Yanko Todorov

Laboratoire MPQ

yanko.todorov@univ-paris-diderot.fr

CONTACT PRESSE

Gaëlle Héron

Chargée de communication

gaelle.heron@univ-paris-diderot.fr