

Les caprices du ciel sous l'œil du laser

Comment surveiller la qualité de l'air, déclencher la pluie à distance ou guider la foudre quand on n'est pas Zeus ? Tout simplement, en utilisant le laser *Téramobile*, un instrument unique au monde mis au point par une équipe de physiciens de l'Université Lyon 1.



On peut maudire les météorologues quand leurs prévisions sont fausses ou imprécises, mais on ne peut les accuser de faire la pluie ou le beau temps. Quoique... C'est peut-être ce qui arrivera dans les prochaines années, si le *Téramobile* tient ses promesses

Fruit d'une collaboration franco-allemande lancée en 1999 par Jean-Pierre Wolf, professeur au LASIM⁽¹⁾ de l'Université Claude Bernard, le *Téramobile* pourrait en effet révolutionner l'étude de la physique atmosphérique. Plus précisément, il s'agit d'une source laser "mobile" – elle tient dans un conteneur de 6 mètres de long sur 2,5 de large –, pouvant émettre des impulsions lumineuses de 5 térawatts (5 000 milliards de watts), soit presque

cent fois la puissance instantanée de l'ensemble du parc nucléaire français ! C'est, de fait, la première source au monde de cette catégorie qui soit utilisable en extérieur. «*Le Téramobile est en phase de développement instrumental, précise Jérôme Kasparian, chercheur du LASIM, chargé de la coordination du projet. Les premiers essais nous ont permis de préciser les propriétés physiques du faisceau lumineux. A présent, nous explorons les applications possibles de cet outil.*»

Or ces dernières s'avèrent aussi nombreuses que diverses.

La première utilisation à laquelle aient songé les physiciens existe déjà : il s'agit de cartographier à distance la pollution atmosphérique dans les trois directions de l'espace, comme le font les radars optiques appelés "Lidar" (cf. *Isotopes*

n°12, p. 31). Le *Téramobile* pourrait remplir la même fonction que ces appareils, mais avec des performances bien meilleures.

En effet, ses impulsions lumineuses sont 5 millions de fois plus puissantes que celles d'un Lidar ordinaire et 100 000 fois plus brèves (elles durent 10^{-13} seconde, soit un dix millième de milliardième de seconde). L'énergie lumineuse est donc davantage concentrée dans le temps, ce qui donne au faisceau des propriétés originales.

L'une d'elles concerne la nature du rayonnement émis. Alors qu'un Lidar fournit de la lumière d'une seule couleur (monochromatique), le *Téramobile* émet une lumière "blanche", c'est-à-dire un mélange de toutes les couleurs du spectre solaire, depuis l'ultraviolet jusqu'à l'infrarouge.

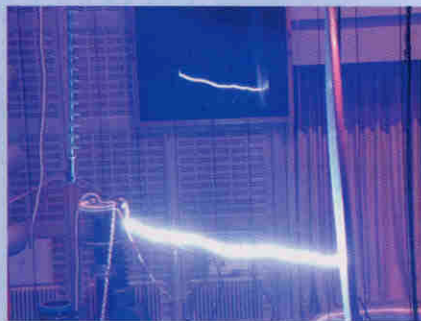
Des prévisions beaucoup plus fines

La large gamme de couleurs disponibles, caractérisées chacune par leur *longueur d'onde*, permet donc d'analyser une plus grande variété de polluants (oxydes d'azote, dioxyde de soufre, ozone, benzène, toluène...) et, qui plus est, au cours d'une même mesure – le Lidar n'autorisant l'étude que d'un seul polluant à la fois. En outre, la précision des mesures est améliorée dans le cas de l'ozone, ce qui devrait permettre d'étudier plus finement le cycle (très complexe) de formation de ce polluant. «*Nous sommes en train de valider une méthode de détection de l'ozone qui utilise non plus deux mais huit longueurs d'onde*

différentes, précise Jérôme Kasparian. De cette façon, il n'y a plus de risque de confusion avec les aérosols (particules ou gouttelettes en suspension dans l'air).» Toutefois, les polluants atmosphériques ne sont pas les seules cibles du laser blanc. La lumière absorbée par l'oxygène et l'eau atmosphériques permet en effet de mesurer localement la température et la teneur en vapeur d'eau de l'air. Et ainsi, d'établir des profils verticaux d'hygrométrie, indispensables pour prédire les précipitations. Avantage : les mesures sont effectuées en quelques minutes depuis le sol et non depuis un ballon-sonde (coûteux), ce qui permettra de les multiplier, et par là même, d'améliorer les prévisions météorologiques...

Par ici la pluie !

Mais il y a mieux encore. Chaque impulsion du faisceau lumineux renferme tellement d'énergie qu'elle peut ioniser une partie des constituants de l'air sur son passage. Il se forme alors ce qu'on appelle un "plasma", c'est-à-dire un mélange d'ions et de molécules. Or ce plasma pourrait produire des effets appréciables, comme celui – non vérifié sur le terrain mais plausible – de déclencher la pluie ou tout autre précipitation. «Pour qu'il pleuve, explique le physicien, il faut que la vapeur d'eau atmosphérique se condense en gouttelettes par un phénomène appelé "nucléation". Or les ions du plasma pourraient provoquer ce phénomène.» Certains rêvent déjà de pouvoir sauver de la sécheresse un pays comme le Chili, en alignant le long de la côte des dizaines de *Téramobile* à l'affût du moindre cumulus.



LASIM/UCBL

Grâce à ses propriétés conductrices, le laser *Téramobile* permet de déclencher et de guider des décharges de haute tension (1 million de volts) : à gauche, la décharge "naturelle"; à droite, la même décharge guidée par le laser.

Contrôler la foudre

D'autres, plus réalistes ou plus modestes, proposent d'utiliser le laser comme alternative "propre" aux canons paragrêle: la lumière remplacerait ici les particules lancées dans le nuage pour déclencher l'averse, évitant ainsi les retombées polluantes.

Seul hic, il faut dépenser 25 kilowatts électriques pour produire les quelques watts de puissance moyenne du faisceau lumineux (chiffre qui tient compte de la durée et de la périodicité des impulsions, soit une tous les 10^e de s): la parade optique aux aléas climatiques n'est pas franchement bon marché !

Une autre application pourrait, en revanche, s'avérer plus rentable : celle de paratonnerre. En effet, les ions étant des particules chargées, le plasma est de fait conducteur. Si bien que le laser se comporte comme un fil électrique géant. Les chercheurs ont pu vérifier le phénomène au laboratoire, en déclenchant artificiellement la foudre entre deux électrodes : quand on place le faisceau entre ces dernières, la décharge emprunte le chemin du rayon lumineux.

Ainsi, il suffirait de pointer le laser vers les nuages (en prenant soin de dévier sa trajectoire par rapport à sa source) pour guider la foudre directement vers le sol. «Cette application est envisageable là où les paratonnerres sont insuffisants ou inexistants, notamment à proximité des grosses installations électriques, ou pour protéger les systèmes électroniques de navigation aérienne», indique le chercheur. A défaut de pouvoir être embarqué à bord d'un avion, le *Téramobile* pourrait monter la garde en bordure des pistes d'aéroports... Mais il devra auparavant prouver son efficacité sur le terrain.

(1) Université Claude Bernard
Laboratoire de Spectrométrie et
d'Ionisation moléculaire (LASIM,
UMR CNRS/UCBL 5579) - Bât. A.
Kastler - Domaine scientifique de
La Doua - 69622 Villeurbanne Cedex
Partenaires : Université libre de
Berlin, Université de Jena,
Laboratoire d'Optique appliquée de
Palaiseau.

Le laser *Téramobile* permet de caractériser à distance les polluants atmosphériques (gaz ou aérosols). Ici, une expérience menée en plein air avec un canon de fumée. La lumière émise par la source (non visible ici) se propage sous forme de filaments "autoguidés".

