

Des lasers ultrabrefs pour contrôler la qualité des pièces industrielles

7.7.2026 - | École Polytechnique

Au Laboratoire d'optique appliquée (LOA*), la chaire CALYCO vise à développer un système industriel d'accélération laser-plasma afin de faire de l'imagerie non-destructive, avec des débouchés potentiels pour l'énergie, l'aéronautique ou l'automobile. Le projet est financé par l'Institut Pierre Lamoure via la Fondation de l'École polytechnique.

Radiographier les défauts

La présence de défauts à l'intérieur des composants industriels comme les ailes ou les trains d'atterrissage pour avion, ou encore les cuves de centrales nucléaires peut s'avérer critique. Pour s'assurer de la qualité des pièces sans avoir à les découper pour les inspecter, les fabricants recherchent des méthodes de contrôle non-destructif.

La radiographie par rayonnement gamma (des photons de haute énergie), permet d'obtenir des images du volume des composants sans les abîmer. Cependant, les sources de lumières adéquates sont fournies par des accélérateurs de particules, des équipements de grande envergure peu pratique d'accès pour les industriels.

Des accélérateurs plus petits

L'accélération laser-plasma permet d'envisager la miniaturisation de ces accélérateurs. En focalisant un laser à impulsion ultrabrefs sur un gaz, un plasma se crée. Les électrons sont alors piégés dans le sillage du laser et accélérés très fortement (à des vitesses proches de celle de la lumière) sur une très courte distance. Lorsqu'ils sont ensuite freinés, ces électrons émettent un rayonnement gamma.

« La taille de source micrométrique de l'accélérateur laser-plasma devrait permettre d'augmenter de manière spectaculaire la résolution spatiale des techniques d'imagerie gamma, comparé à ce qui est réalisable aujourd'hui » explique Rodrigo Lopez-Martens, porteur de la chaire et chercheur au LOA, un des laboratoires pionniers de la recherche fondamentale sur le phénomène d'accélération laser-plasma. Il s'agit du seul acteur français actuellement sur ce sujet.

Les lasers ytterbium pour passer à l'échelle

L'objectif est d'effectuer désormais le saut vers l'échelle industrielle de cette technologie pour le contrôle non destructif. Les lasers utilisés dans les laboratoires, à base de saphir dopé au titane, n'ont pas les propriétés requises pour une utilisation industrielle. En effet, pour obtenir des flux de particules suffisamment intenses pour ces applications, il faut des lasers combinant des puissances moyennes élevées et des durées d'impulsions ultrabrefs, tout en étant pilotable de façon continue.

Dans le cadre du projet CALYCO, les lasers utilisant l'élément ytterbium ont été identifiés comme les plus adaptés. Grâce à leur puissance qui se chiffre en kilowatt des lasers Ytterbium, la profondeur de la radiographie pourrait aller jusqu'à un mètre à l'intérieur des pièces. Ces lasers sont déjà utilisés pour des applications d'usinage industriel, mais leurs caractéristiques ne sont pas encore compatibles avec à l'accélération laser-plasma.

En particulier, un des défis est de réduire la durée des impulsions de ce type de laser d'un facteur 100, afin d'atteindre la dizaine de femtosecondes (soit quelques millièmes de milliardième de seconde). Le LOA maîtrise pour cela la technologie clé de « post-compression temporelle ». Les autres axes du projet concerneront l'optimisation de l'interface homme-machine et l'augmentation de la puissance moyenne du laser afin d'acquérir rapidement des images à haute résolution.

*LOA : une unité mixte de recherche CNRS, École polytechnique, ENSTA, Institut Polytechnique de Paris, 91120 Palaiseau, France

<https://www.polytechnique.edu/actualites/des-lasers-ultrabrefs-pour-controler-la-qualite-des-pieces-industrielles>