

# DES PETITS TROUS, DES PETITS TROUS TOUJOURS PLUS PRÉCIS

La Haute Ecole Arc Ingénierie innove dans l'usinage laser «femtoseconde». Elle a développé une tête flexible qui permet notamment de percer des trous avec une précision et une rapidité inégalées. Cette innovation pourra être déployée dans différents secteurs d'activité de l'industrie microtechnique.

Les besoins en petits trous précis existent dans un grand nombre de secteurs d'activité, comme l'électronique, l'horlogerie, l'automobile, les medtechs ou les équipements d'instrumentation et d'analyse. La maîtrise de la qualité et de la répétabilité de leur perçage est une spécialité de l'Arc jurassien.

Depuis quelques années, certaines entreprises ont recours à des technologies basées sur le laser pour percer ces petits trous, dont le diamètre peut descendre en dessous des 100 microns ou 0,1 millimètre. C'est quatre fois plus petit que le point qui termine cette phrase.

## IMPULSIONS LASER ULTRABRÈVES

Les lasers les plus précis sont de type «femtoseconde». Leurs impulsions ne durent que quelques centaines de femtosecondes (moins de  $10^{-12}$  seconde), le matériau usiné n'a pas le temps d'entrer en fusion, ce qui permet d'y percer des trous sans en altérer les caractéristiques physico-chimiques ni provoquer la moindre bavure.

Alors que plusieurs sources laser sont disponibles sur le marché, les solutions permettant d'amener les impulsions jusqu'à la pièce à usiner ne sont pas satisfaisantes, en raison de leur coût et de leur complexité.

Philippe Grize, directeur de la Haute École Arc Ingénierie, a abordé cette problématique avec le professeur Yves Salvadé, responsable du groupe de compétences Métrologie et vision industrielle de la HE-Arc, à qui est venue l'idée de développer une nouvelle tête de trépanation pour l'usinage laser «femtoseconde».

Alors que, dans le perçage par «percussion», les impulsions laser restent focalisées sur un même point, dans le perçage par «trépanation», le faisceau laser, d'un diamètre plus petit, décrit une orbite sur la circonférence du trou à usiner.

## CORRIGER L'ANGLE D'INCIDENCE

Le défi consiste à contrôler l'angle d'incidence du faisceau laser, dont les rayons convergent vers le point de focalisation puis divergent, décrivant ainsi un cône. S'il entre en contact perpendiculairement avec la pièce à usiner, il y percera donc un trou de forme légèrement conique (cf. figure 1, dessin a). Pour obtenir un trou parfaitement cylindrique (dessin b), il faut corriger l'angle d'incidence, et donc doter le dispositif laser d'une tête de trépanation flexible.

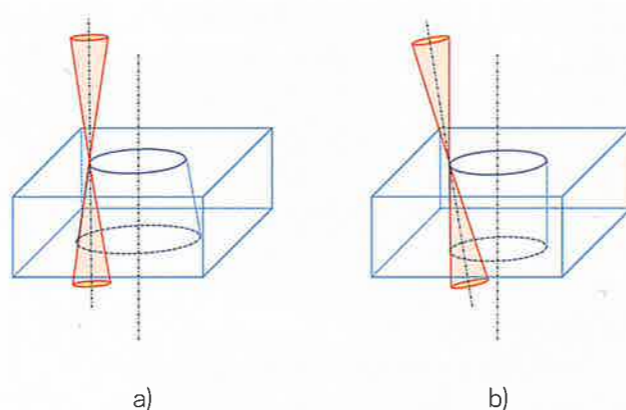
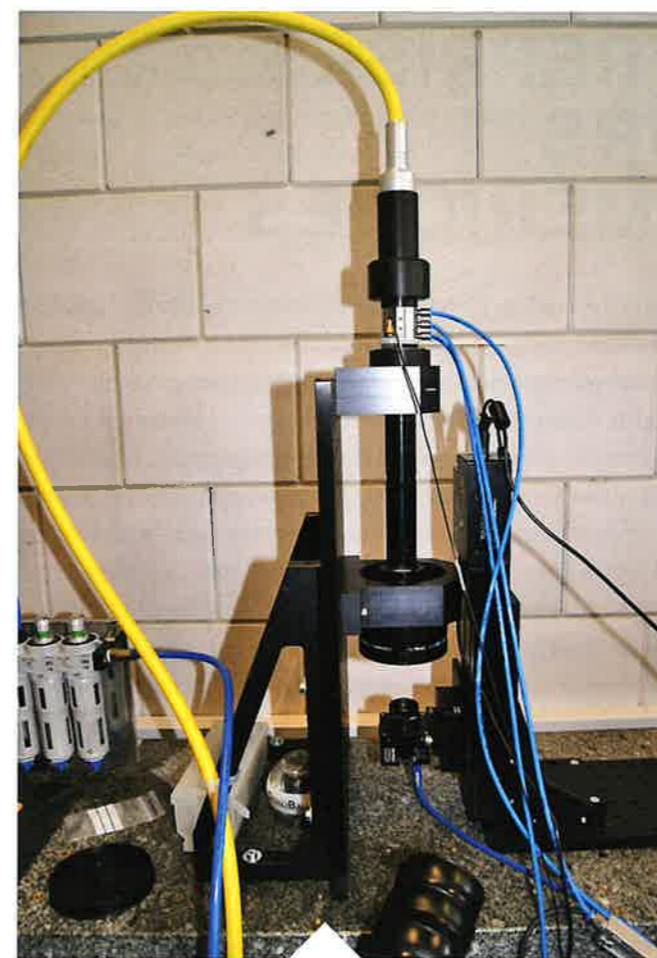


Figure 1: contrôle de l'angle de dépouille en modifiant l'angle d'incidence du faisceau.

L'objectif du projet «Fast Flex Femto» – mené par Yuri Lopez de Meneses, professeur à la HE-Arc Ingénierie, et financé par le programme EcoSwissMade de la HES-SO (Haute École spécialisée de Suisse occidentale) – n'était pas seulement de travailler sur la flexibilité de la tête laser mais aussi sur sa rapidité. Pour percer des trous d'un diamètre de 100 microns, il est en effet nécessaire d'usiner à une vitesse nettement supérieure à celle des têtes que l'on trouve actuellement sur le marché, qui ne tournent pas à plus de 30 000 tours par minute.

Les tests effectués jusqu'à présent ont permis d'atteindre une vitesse de rotation de 290 000 tours par minute, grâce à une broche à ultra-haute vitesse développée par le professeur Alain Schorderet, de l'institut COMATEC, à la HEIG-VD (Haute École d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud).



Démonstrateur: à la suite de la fibre optique (jaune), se trouve la tête de trépanation (la broche est l'élément dans lequel arrivent les tuyaux pneumatiques bleus).

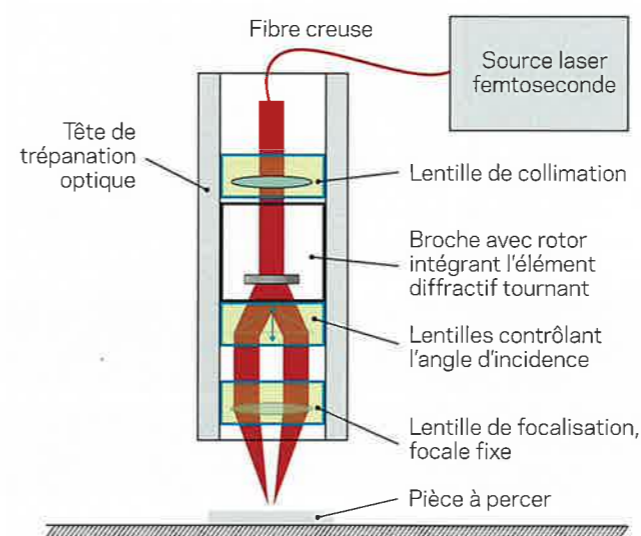


Figure 2: principe de fonctionnement de la tête de trépanation optique.

## INTÉGRATION DANS UNE CNC 5 AXES?

Le groupe de compétences Métrologie et vision industrielle de la HE-Arc s'est focalisé, lui, sur la partie optique. Pour flexibiliser le dispositif, il a relié cette nouvelle tête de trépanation à la source laser au moyen d'une fibre optique creuse; une fibre optique standard, en silice, serait rapidement désagrégée par la puissance des impulsions hautement énergétiques.

Outre le fait qu'elle permet de définir l'angle d'incidence du faisceau laser dans la pièce à usiner, cette flexibilisation de la tête de trépanation rend possible son intégration comme outil de coupe dans une machine CNC 5 axes.

Une perspective séduisante pour les fabricants de têtes laser et de machines-outils, avec qui la HE-Arc Ingénierie pourrait continuer à développer ce «proof of concept», dans le cadre d'un projet Innosuisse par exemple et, à terme, transférer cette technologie prometteuse dans les divers secteurs d'activité de notre industrie microtechnique.

SERGE-ANDRÉ MAIRE

Haute École Arc Ingénierie

## UN RÉSEAU POUR DIFFRACTER LA LUMIÈRE

Pour focaliser le faisceau laser sur l'orbite du trou à usiner, les têtes de trépanation que l'on trouve sur le marché intègrent des lentilles ou des prismes en rotation. L'une des innovations apportées par l'équipe du professeur Salvadé est l'ajout d'un élément diffractif en rotation, placé à l'intérieur de la broche (cf. figure 2).

Quand la lumière rencontre un réseau de diffraction, elle est déviée d'un certain angle, ce qui produit cette irisation visible sur les ailes de certains papillons ou à la surface d'un disque compact, par exemple.

Un réseau de diffraction est composé d'une série de fentes parallèles et espacées de manière régulière. La profondeur des fentes est inférieure au micron et l'espacement entre celles-ci est de l'ordre de 100 microns.

Ce composant optique de petite taille, léger et en équilibre permet d'atteindre des vitesses de rotation très élevées. Le reste du dispositif optique est constitué de lentilles fixes permettant la mise en forme du faisceau laser avec l'angle d'incidence souhaité.