

et un rendement supérieur. Dans l'industrie des télécommunications, des impulsions femtosecondes transmettent simultanément plus de 200 canaux de données dans une seule fibre optique.

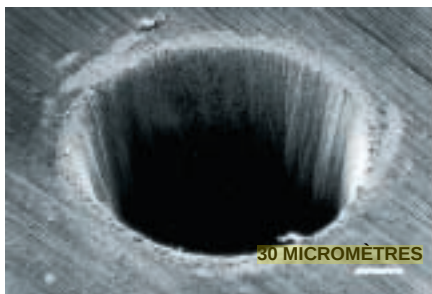
De telles applications étaient inenvisageables il y a seulement dix ans, parce que les lasers à impulsions femtosecondes étaient trop encombrants, inefficaces et peu fiables. Aujourd'hui, ils sont fiables, compacts, de sorte qu'ils peuvent être intégrés dans des équipements d'imagerie ou de diagnostic portables.

## La production d'impulsions ultracourtes

Les principes de base du fonctionnement d'un laser sont l'amplification et la rétroaction. À la fin des années 1960, Jimi Hendrix subjuguait les foules en plaçant sa guitare *Stratocaster* devant un amplificateur pour obtenir une longue rétroaction plaintive. Au début de la même décennie, au Laboratoire de recherche Hughes, Theodore Maiman obtenait un phénomène similaire avec de la lumière : il avait montré qu'un bâtonnet de rubis excité et placé

dans une cavité pour produire une rétroaction optique produisait un faisceau intense de lumière laser.

La cavité, également nommée cavité résonante, est l'espace entre les deux miroirs ; le bâtonnet joue le rôle de milieu amplificateur (voir la figure 4). Dans la cavité, la lumière rebondit sur les miroirs et gagne en intensité à chaque traversée de l'amplificateur optique. Un des miroirs, partiellement transparent, laisse échapper une partie de la lumière sous la forme d'un faisceau laser. Seules les longueurs d'onde, ou modes, correspondant à des



**3. LE MICRO-USINAGE LASER** met à profit les propriétés des impulsions les plus courtes. Une impulsion de 200 femtosecondes produite par ablation produit un trou parfaitement lisse dans l'acier (à gauche). Sans techniques particulières, des impulsions d'une puissance

deux fois moindre et d'une durée seize fois supérieure, font fondre la zone environnante (au centre). Le micro-usinage laser peut produire des endoprothèses coronaires de tantale lisses (à droite) servant à traiter des maladies cardiovasculaires.

## Principes de base

Le rayonnement électromagnétique présente de nombreuses facettes, dont la plus familière est la lumière visible. Toutes les couleurs de l'arc-en-ciel sont caractérisées par un paramètre : la longueur d'onde, allant de 380 nanomètres environ, en ce qui concerne le violet le plus profond, jusqu'à 750 nanomètres environ pour le plus rouge des rouges. La plupart des couleurs que nous voyons autour de nous, en particulier les bruns, les gris et les couleurs pastel ne figurent pas dans l'arc-en-ciel ; elles sont le résultat de la combinaison de nombreuses longueurs d'onde. De part et d'autre du domaine visible, le spectre électromagnétique s'étend jusqu'aux rayons gamma à une extrémité (les fréquences les plus hautes et les longueurs d'onde les plus courtes), et jusqu'aux ondes radio à l'autre. Les ondes de faible énergie émises par le réseau électrique à 60 hertz des maisons particulières se situent environ sept graduations au-dessous du trait le plus en bas de l'échelle de droite.

Les différences de longueurs d'onde ne sont qu'un des aspects du «conditionnement» de la lumière. En général, la lumière est incohérente, comparable à la foule d'un stade criant en tous sens. Les lasers produisent de la lumière cohérente : la foule chante à l'unisson. La lumière peut se présenter sous forme d'ondes continues, comme les vagues de l'océan qui arrivent sans cesse sur la plage, ou bien sous forme d'impulsions, comme un tsunami. La compression de la lumière en impulsions cohérentes les plus courtes possible (le record est d'environ quatre femtosecondes) crée un outil alliant puissance et délicatesse.

## Infiniment petit, infiniment grand

| Préfixe         | Facteur    | Préfixe   | Facteur   |
|-----------------|------------|-----------|-----------|
| milli (m)       | $10^{-3}$  | kilo (k)  | $10^3$    |
| micro ( $\mu$ ) | $10^{-6}$  | mega (M)  | $10^6$    |
| nano (n)        | $10^{-9}$  | giga (G)  | $10^9$    |
| pico (p)        | $10^{-12}$ | tera (T)  | $10^{12}$ |
| femto (f)       | $10^{-15}$ | peta (P)  | $10^{15}$ |
| atto (a)        | $10^{-18}$ | exa (E)   | $10^{18}$ |
| zepto (z)       | $10^{-21}$ | zetta (Z) | $10^{21}$ |
| yoto (y)        | $10^{-24}$ | yotta (Y) | $10^{24}$ |

