

# ACHETER

## Une source supercontinuum

Philippe LEPROUX, Guillaume HUSS  
[philippe.leproux@xlim.fr](mailto:philippe.leproux@xlim.fr), [guillaume.huss@leukos-systems.com](mailto:guillaume.huss@leukos-systems.com)

Introduites sur le marché au milieu des années 2000, les sources supercontinuum ont atteint un degré de maturité leur permettant de prétendre à être intégrées dans des solutions industrielles. De nouveaux développements sont néanmoins toujours en cours pour atteindre de nouvelles longueurs d'onde, des puissances plus importantes ou encore des régimes d'impulsions différents. Les domaines d'applications sont très nombreux.

Apparues au début des années 2000, les sources supercontinuum ont été au départ commercialisées essentiellement dans le monde académique. Leur architecture standard se compose d'un laser impulsif injecté dans une fibre optique à cristal photonique (PCF), dans laquelle on génère, grâce à la forte puissance crête couplée, un ensemble de phénomènes non-linéaires (auto-modulation de phase, modulation de phase croisée, mélange à quatre ondes, instabilité de modulation, diffusion Raman stimulée, effets solitoniques). On récupère alors en sortie de la fibre un spectre continu, plus ou moins large, plus ou moins plat, en fonction des caractéristiques de la fibre (taille du cœur, proportion d'air, longueur) et de

celles du laser (puissance crête, durée d'impulsion). Depuis lors, la demande croissante en sources supercontinuum a permis d'augmenter rapidement les volumes, y compris dans le secteur industriel, de valider les différents choix techniques et de fiabiliser les systèmes. Aujourd'hui, la technologie est suffisamment mûre pour une utilisation industrielle.

### Le spectre, une donnée essentielle

La plage de longueurs d'onde disponibles est une des caractéristiques essentielles des sources supercontinuum vis à vis de l'application visée. La plupart des sources fournissent un spectre d'environ 2000 nm de

# SuperK

supercontinuum lasers

## Le plus brillant de tous

- 265 – 2500 nm
- Sortie multi-Watt
- Fiabilité industrielle
- Sans maintenance
- Simple d'utilisation



Figure 1. Les sources supercontinuum commerciales sont des systèmes clé-en-main.  
 (a) © Leukos ; (b) © NKT Photonics

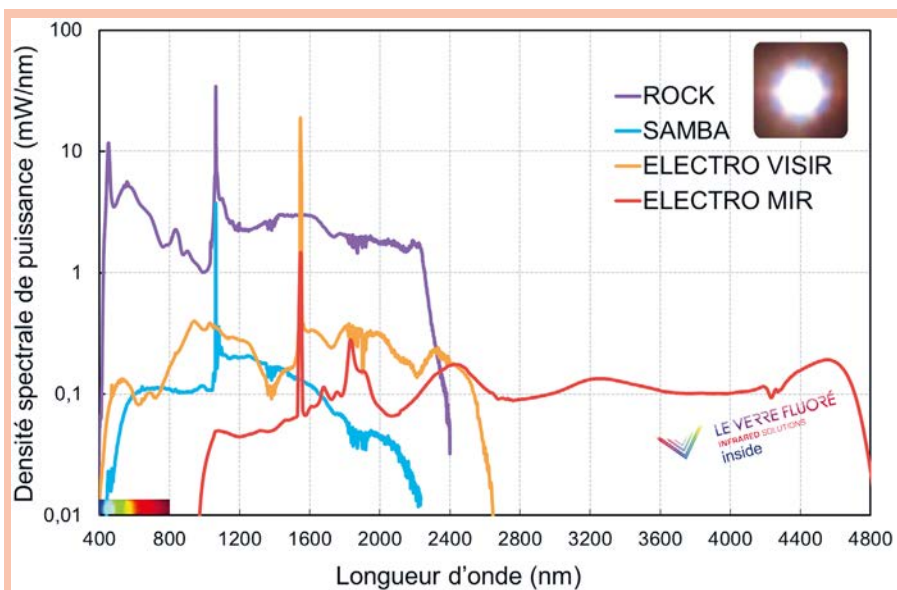


Figure 1. Exemples de spectres disponibles en sortie de source supercontinuum. © Leukos

large, couvrant une bande allant approximativement de  $\lambda_{\min} = 400 \text{ nm}$  à  $\lambda_{\max} = 2,4 \text{ }\mu\text{m}$ . Si le spectre est continu (« supercontinuum »), il n'est pour autant pas plat sur toute la plage de longueurs d'onde couverte et il existe des modèles plus puissants dans le bleu/violet, dans le rouge ou encore dans le proche infrarouge, qui répondent ainsi à des besoins précis. Souvent, la modification du spectre passe par un simple changement du module « fibre », mais elle requiert parfois une modification plus importante du système. L'utilisateur final peut donc opter soit pour un modèle très large bande pouvant s'adapter à plusieurs applications, soit pour un modèle plus ciblé sur une bande spectrale et une application données.

Il existe également des sources supercontinuum capables de délivrer un rayonnement dans l'ultraviolet (jusqu'à  $\lambda_{\min} = 320 \text{ nm}$ ) ou dans l'infrarouge moyen (jusqu'à  $\lambda_{\max} = 4,8 \text{ }\mu\text{m}$ ). Dans ce dernier cas en particulier, l'architecture du système repose sur l'utilisation d'une fibre optique transparente aux longueurs d'onde infrarouges correspondantes, nécessitant d'avoir recours à des matériaux autres que la silice (verres fluorés, verres de chalcogénure, verres tellurites, etc.). La fiabilisation et la commercialisation de ce type de source supercontinuum sont relativement récentes.

### Sélectionner la longueur d'onde

Lorsque l'application ne nécessite pas simultanément l'ensemble des longueurs d'onde disponibles, l'utilisateur doit pouvoir filtrer celles avec lesquelles il souhaite travailler, selon plusieurs modes de fonctionnement possibles : filtrage d'une seule bande à la fois, filtrage simultané de plusieurs bandes, ou encore commutation alternative de l'une à l'autre. Pour ce faire, différentes technologies peuvent être utilisées : filtre accordable acousto-optique (AOTF), filtre linéaire variable, monochromateur, roue de filtres, etc. Les constructeurs de sources supercontinuum proposent généralement cette solution de filtrage sous la forme d'un module directement compatible avec la source. Le choix du système de filtrage dépend du mode de fonctionnement, de la largeur de bande spectrale souhaitée et de la nécessité de faire varier la longueur d'onde centrale sélectionnée de façon continue.

| DURÉE D'IMPULSION | TAUX DE RÉPÉTITION | PUISSANCE MOYENNE TOTALE |
|-------------------|--------------------|--------------------------|
| ~ 1 ns            | ~ 30 kHz           | 100-250 mW               |
| ~ 1 ns            | 100-250 kHz        | jusqu'à 1,5 W            |
| 50-150 ps         | 100 kHz à 25 MHz   | jusqu'à 8 W              |
| 5-10 ps           | 20-320 MHz         | jusqu'à 10 W             |

### La puissance, un enjeu de taille

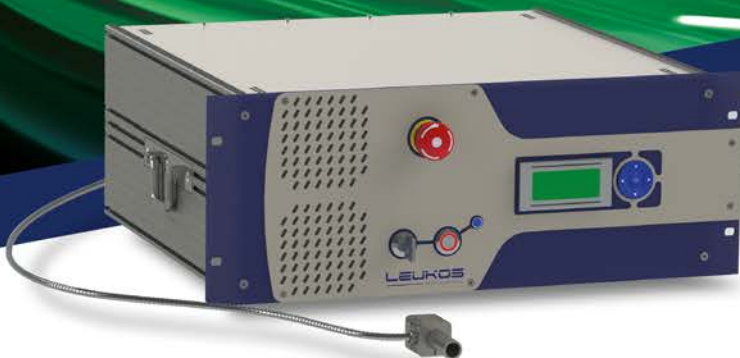
Les sources disponibles sur le marché proposent des puissances moyennes totales (sur l'ensemble du spectre) très variables, s'échelonnant de la centaine de milliwatts à la dizaine de watts. La valeur de la puissance moyenne totale est essentiellement liée au choix du régime d'impulsions (durée d'impulsion et taux de répétition, voir ci-après). À noter qu'il est parfois judicieux, selon l'application visée, de considérer la puissance moyenne disponible dans une bande spectrale donnée, comme par exemple sur l'ensemble du domaine visible (de 400 à 800 nm).

Pour mieux caractériser la source supercontinuum en termes de puissance disponible en fonction de la longueur d'onde, on a recours à une grandeur appelée densité spectrale de puissance (DSP), exprimée en mW/nm. La courbe DSP( $\lambda$ ) dépend de la forme du spectre de la source et donne la puissance moyenne par nanomètre en fonction de la longueur d'onde. À titre d'exemple, les sources les plus puissantes atteignent une DSP de l'ordre de quelques mW/nm dans le domaine visible.

### Choisir son régime d'impulsions (durée / taux)

Le régime d'impulsions de la source supercontinuum, c'est-à-dire le couple durée d'impulsion / taux de répétition, n'est autre que le régime d'impulsions du laser injecté dans la PCF, la pratique courante chez les constructeurs étant de négliger l'augmentation de la durée d'impulsion au cours de la propagation dans la fibre. Malgré leur diversité, les sources disponibles sur le marché permettent de définir quatre grandes catégories, présentées dans le tableau ci-après. L'application visée détermine le choix entre ces différentes options.

# HIGH POWER SUPERCONTINUUM LASER



## THE SMART LASER SOLUTION

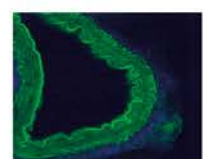
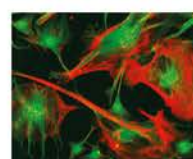
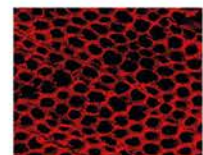
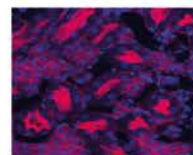
Looking for a solution to replace your set of lasers or your broadband light source?

Ergonomic and functional, **LEUKOS** supercontinuum lasers provide average power up to 7 W and wavelength coverage from the UV (340 nm) to the mid-IR (4800 nm).

- Easy combination with **LEUKOS** filtering solutions for convenient wavelength selection (tunable laser mode).
- High repetition rate up to 80 MHz or low timing jitter externally triggered mode of operation down to 200 Hz.
- Maintenance-free for thousands of hours of operation.

### APPLICATIONS

Imaging  
Metrology  
Particle analysis  
Remote sensing  
Spectroscopy



**LEUKOS**  
Make a bright future

+33 (0)5 87 20 00 25  
contactus@leukos-systems.com  
[www.leukos-systems.com](http://www.leukos-systems.com)

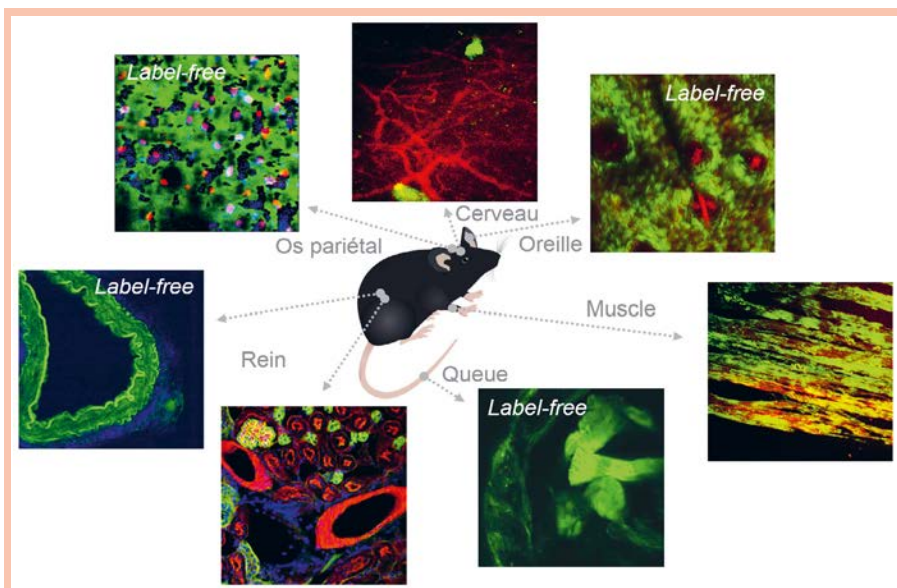


Figure 3. Un exemple d'application des sources supercontinuum : l'imagerie biomédicale (ici, microscopie multiphotonique/CARS sur modèle murin). © Xlim

Certains produits offrent la possibilité de déclencher l'émission par un signal de synchronisation externe.

### Des applications de plus en plus nombreuses

Parmi les applications les plus répandues, on peut citer :

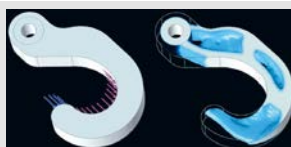
- la microscopie confocale, la microscopie multiphotonique, la microscopie par imagerie de déclin de fluorescence (FLIM), la microscopie Raman cohérente (CARS),
- la spectroscopie infrarouge, la spectroscopie résolue en temps,
- la caractérisation de composants optiques,
- la détection à distance,
- la cytométrie en flux.

| FOURNISSEUR   | MARQUE DISTRIBUÉE | CONTACT  |
|---------------|-------------------|--|
| LEUKOS        |                   | Karine Weck, Tél. +33 (0)5 87 20 00 23 - <a href="mailto:karine.weck@leukos-systems.com">karine.weck@leukos-systems.com</a>  |
| NKT photonics |                   | Thomas Ferhat, Tél. +33 (0)6 48 98 39 76 - <a href="mailto:thf@nktphotonics.com">thf@nktphotonics.com</a>                    |
| Novae         |                   | Nicolas ducros, Tél. +33 (0)6 58 09 12 89 - <a href="mailto:info@novae-laser.com">info@novae-laser.com</a>                   |
| Opton Laser   | PicoQuant         | Sylvain Martin, Tél. +33 (0)1 69 41 04 05 - <a href="mailto:sylvain.martin@optonlaser.com">sylvain.martin@optonlaser.com</a> |
| Optoprim      | YSL               | François Beck, Tél. +33 (0)1 41 90 33 77 - <a href="mailto:fbeck@optoprim.com">fbeck@optoprim.com</a>                        |
| Thorlabs      |                   | Quentin Bolle, Tél. +33 (0)9 70 44 48 44 - <a href="mailto:qbollee@thorlabs.com">qbollee@thorlabs.com</a>                    |

## NOUVEAUTÉS : PRODUITS

### I Modélisation

La version 5.4 de COMSOL Multiphysics offre des améliorations de performance, ainsi que des outils de modélisation supplémentaires : possibilité de définir plusieurs jeux de paramètres dans un modèle, y compris pour l'analyse paramétrique, et de regrouper les nœuds du *model builder* et associer des couleurs personnalisées aux domaines de la géométrie afin de différencier matériaux et pièce. Le nouveau COMSOL Compiler permet de créer des applications de simulation autonomes. Le module Composite Materials fournit des outils de modélisation pour les matériaux stratifiés. [www.comsol.com](http://www.comsol.com)



### Oscillateur paramétrique



L'OPO intégré accordable très large bande (210 – 2300 nm) QTune, ne nécessite ni liquide de refroidissement ni maintenance. Bénéficiant de la technologie de pompage par diodes développée par Quantum Light, il fonctionne du monocoup à 100 Hz sans changement de performances. Le QTune couvre la gamme spectrale 210-2300 nm avec une énergie jusqu'à 5 mJ, des impulsions < 5 ns et une largeur spectrale < 6 cm<sup>-1</sup> (12 cm<sup>-1</sup> dans l'UV). En option : une sortie fibrée, et un spectromètre intégré permettant l'auto-calibration spectrale. [www.optonlaser.com](http://www.optonlaser.com)

### I Capteurs thermiques



Les capteurs thermiques ThermEye Building répondent aux besoins spécifiques des bâtiments intelligents. Ils permettent aux intégrateurs d'ajouter des fonctions avancées à leurs systèmes, comme la détection de présence, la localisation, le « tracking », ou le comptage de personnes. Ces nouveaux capteurs thermiques sont configurables en mode vidéo classique (de 50 images par seconde) ou en un mode intermittent compatible avec des applications de très faible consommation, sans installation filaire. [www.ulis-ir.com](http://www.ulis-ir.com)