

La photonique (la maîtrise de la lumière) au cœur de la transition écologique

Par Karl GEDDAMUDROV

Directeur général d'Opticsvalley, accélérateur de *business* et d'innovation de la *hightech*

La photonique réinvente notre vie en étant au cœur de la transition écologique : ville durable et intelligente (optimisation de la consommation d'énergie, production d'énergie renouvelable, optimisation énergétique des infrastructures de télécommunications), usine du futur (procédés moins consommateurs de matières premières, plus précis et plus propres). L'apport de la photonique *via* la réalité augmentée et la numérisation permise par les capteurs optiques non seulement abonde en ce sens, mais nous permet de concevoir des produits plus respectueux de l'environnement (*éco-friendly*) sur des sites qui le sont eux-mêmes. Et de nous propulser bien au-delà dans la disruption et de substituer à notre mode de production de masse des modes de production individualisés.

La photonique⁽¹⁾ réunit les technologies qui permettent de générer, émettre, transmettre, moduler, amplifier, détecter tout ou partie d'un signal lumineux. Pour simplifier, elle peut être scindée en trois grandes fonctions : la lumière qui apporte couleurs et tons – c'est-à-dire l'image – donc, notre représentation de la réalité qui nous entoure ; la lumière qui apporte la dynamique énergétique (originelle ?), dont les formes et les signaux peuvent être modulés ; et, enfin, la lumière qui apporte la force dont la maîtrise permet d'interagir avec la matière pour la moduler, l'assembler ou la détruire (lasers pour soigner ou produire, impression 3D...). Ainsi, la photonique s'est immiscée partout dans notre vie. Depuis 2009, la Commission européenne l'a promue comme une technologie clé, mais plus encore comme LA⁽²⁾ technologie clé la plus à même de répondre aux challenges de notre société de par son potentiel d'innovations.

La lumière est l'énergie originelle et fondamentale de notre univers et est en tant que telle intimement liée au développement durable⁽³⁾. Après tout, quoi de moins polluant que la lumière ? Quoi de plus précis que le photon ? Les innovations photoniques apportent des solutions qui concernent tout autant la réduction de notre consommation d'énergie (notamment celle induite par le très énergivore stockage des données lié à la transition numérique) que la production d'énergies renouvelables. La ville intelligente est durable. Elle s'appuiera sur un réseau de fibres et de capteurs photoniques pour détecter les risques environnementaux ou sécuriser nos déplacements.

Mais l'impact le plus important de la photonique, en termes de transition écologique, réside dans la modification de nos outils de conception (réalité augmentée, simulation virtuelle) et de production (laser, spectroscopie, capteurs). Pas étonnant donc qu'en 2008 le taux de croissance de la « photonique verte » ait été évalué à plus de 500 % pour la période 2008-2020⁽⁴⁾.

L'impact sociétal de cette technologie en fait une source de renouvellement créatif et entrepreneurial en relation notamment avec la transition écologique et la transition numérique⁽⁵⁾. En Île-de-France, ce sont de trente à quarante entreprises qui se créent chaque année. Ce sont principalement leurs produits qui serviront pour illustrer (ci-après) comment la photonique peut permettre de basculer vers une logique économique et industrielle plus durable. C'est le rôle du *cluster* Opticsvalley que de faciliter la croissance de ces *start-ups*, mais également d'identifier les solutions photoniques qui répondent aux challenges d'une société plus connectée et plus durable. Au-delà de ses performances techniques, la photonique apporte donc des performances en termes de durabilité qui vont

(1) Photonique, définition donnée par Pierre Aigrain, en 1970.

(2) COM (2009), Photonique EU, *The Commission in its Communication "Preparing for our future: Developing a common strategy for key enabling technologies in the EU"*.

(3) Développement durable (définition donnée par Gro Harlem Brundtland, en 1987).

(4) Impact green photonics, WESSLER B., 2015.

(5) Contribution stratégie régionale Opticsvalley, 2016.

bien au-delà des secteurs attendus de la dépollution et de la production d'énergie.

Dans ce cadre classique, l'apport, néanmoins, est non négligeable : 40 % de réduction d'énergie (éclairage et TIC) ⁽⁶⁾. Premier thème auquel seule la photonique peut répondre par définition, l'éclairage. Il représente en moyenne 7 % de la facture énergétique d'un foyer et de 15 à 35 % de celle d'une ville. La diversité des solutions et des chemins technologiques suivis illustrent particulièrement bien la diversité de la photonique. LED et OLED (à l'instar d'EFFILUX) ⁽⁷⁾ sont des sources lumineuses plus efficaces, diffusant une lumière de meilleure qualité. Associées à des capteurs (tel que Nexperium) ⁽⁸⁾, elles permettent d'autonomiser l'éclairage public. Mais d'autres solutions sont possibles en guidant la lumière solaire dans les bâtiments (Echy) ⁽⁹⁾ ou en s'inspirant de la nature, avec des sources fluorescentes (Glowee) ⁽¹⁰⁾. Quant à la modification de la lumière naturelle (Cascade) ⁽¹¹⁾, elle permet à l'agriculture d'adapter le spectre lumineux aux besoins des plantes cultivées et de réduire ainsi sa consommation d'intrants, tout en utilisant moins d'espace.

La photonique permet aussi de relever le double défi auquel est confronté le secteur des TIC : augmenter la bande passante, tout en réduisant la consommation d'énergie et l'impact environnemental (3 % d'une consommation d'énergie en hausse de 40 % par an) ⁽⁶⁾. Le développement de la fibre optique, au-delà de ses performances techniques, contribue à la réduction de notre bilan carbone non seulement lors de sa production, mais aussi lors de son utilisation : la consommation électrique nécessaire pour faire fonctionner un ordinateur de bureau passe de 63 à 24 watts, soit 2,5 fois moins ⁽¹²⁾. Cela n'intègre pas le développement des connecteurs optiques dans les *data-centers* (Fischer) ⁽¹³⁾, ni l'essor des puces optoélectroniques (Almae) ⁽¹⁴⁾ ou les prévisions en matière d'ordinateurs quantiques (Lighton) ⁽¹⁵⁾.

La ville intelligente sera donc photonique, et cette panoplie d'applications sera complétée par des systèmes de communication complémentaires en LIFI (Oledcomm) ⁽¹⁶⁾, par le contrôle de la pollution (Blue Industry and Science) ⁽¹⁷⁾ et des risques (Leosphere) ⁽¹⁸⁾, par une meilleure sécurité grâce aux caméras biométriques, aux caméras thermiques et à la numérisation des sites.

La dépollution des fluides par lumière pulsée (Agro Hall) ⁽¹⁹⁾ ou par rayons ultraviolets (UV) (Abiotec) ⁽²⁰⁾, l'optimisation du tri des déchets (Uzer) ⁽²¹⁾ et la production d'énergie renouvelable photovoltaïque, dont les performances vont croissantes (Solems ⁽²²⁾ ; Sun R Sun'Agri ⁽²³⁾), ou de bio-fuels à base d'algues stimulées par la lumière viennent compléter l'ensemble. Pour l'énergie solaire, dont l'objectif est d'assurer 20 % de la production d'électricité en Europe en 2020, le challenge à relever reste le passage aux cellules organiques et l'utilisation de celles-ci dans des lieux isolés ou accidentés (Zephyr Solar) ⁽²⁴⁾.

L'usine de demain – s'il en existe encore – sera également photonique. En faisant leur entrée dans les procédés avancés de fabrication, la spectroscopie, la lithographie et le laser ont amené la précision de la lumière dans

	Voir/Analyser	Transformer/ Guider	Interagir/ Analyser
Technologies de base	Camera Lidar Sensing Réalité augmentée IOT	Photovoltaïque Fibres, LED/OLED/Laser LIFI	Laser Spectroscopie Sensing IOT
Détecter la pollution & réduire les risques	Image Monitoring	Fibres	Capteurs Monitoring Drones maintenance
Réduire la consommation d'énergie Réduire la consommation d'énergie Telecom	Optimisation agricole	<i>Solid state lighting</i> TIC Fibres/LIFI/Laser Connecteurs Ordinateurs quantiques	Produits plus légers
Produire des énergies (éclairages) renouvelables		Photovoltaïque Bio-fuels Éclairage durable	
Concevoir et produire de façon plus durable (industrie)	Contrôle qualité Tri Simuler Ecrans	Composants optiques pour TIC	Laser processing Additif 3D Robot intelligent Contrôles non destructifs
Dépollution 2.0			Détruire par laser Détruire par UV

Tableau 1 : Quelques impacts de la photoniques en termes de durabilité.

le contrôle et la découpe de pièces. Mais les différents usages de la lumière amènent des disruptions, et ce, depuis la conception jusqu'à la réalisation, ce qui permet un gain d'énergie et de matière lors de la production, puis un gain d'énergie lors de l'usage grâce à la légèreté acquise par la nouvelle conception. Ces impacts sont difficilement chiffrables aujourd'hui, si ce n'est pour l'impression 3D, avec un rendement matière supérieur à 90 % (*versus* inférieur à 35 % pour les techniques d'usinage standard), ou dans certains cas particuliers (un revêtement d'un micron d'épaisseur de trop sur la carlingue d'un aéronef correspond au poids de deux passagers – Enovasense) ⁽²⁵⁾.

La photonique apporte l'intelligence d'une vision élargie au cœur de nos procédés de conception et de contrôle (au-delà du spectre humain, en s'inspirant des crevettes-mantes ou des yeux composites des insectes).

(6) *Photonics Technologies and Markets for a low carbon economy – DG Connect EU Feb 2012*

(7) <http://www.ffmpeg.fr>

(8) <http://www.nexperium.com>

(9) www.echy.fr

(10) www.glowee.fr

(11) <http://lprl.org/cascade-light-technologies.php>

(12) *Fibres optiques et développement durable : le FTTO vert, MUR Jean-Michel, 2015.*

(13) www.fischerconnectors.com

(14) www.almae-technologies.com

(15) www.lighton.io

(16) www.oledcomm.com

(17) www.blueindustryandscience.com

(18) www.leosphere.com

(19) www.agrohall.fr

(20) www.abiotec.fr

(21) www.uzer.eu

(22) www.solems.com

(23) www.sunr.fr

(24) www.zephyr.solar.fr

(25) www.enovasense.com

Selon la typologie des capteurs photoniques associés, cette vision permet de numériser un produit, une pièce, un bâtiment, un quartier... et, donc, de reproduire des produits devenus obsolètes, de réaliser des prototypes virtuels (Optis)⁽²⁶⁾, de simuler des produits complexes ou des aménagements urbains. Il y a donc dans ce domaine une interaction forte entre transition écologique et transition numérique. Toute surface peut être transformée en tablette pour concevoir ou partager, c'est-à-dire concevoir (Adok)⁽²⁷⁾. Cette conception est affectée également par l'évolution des procédés : les technologies d'impression 3D (Pollen AM)⁽²⁸⁾ permettent littéralement de fabriquer ce qui n'était pas pensable, et, dans le secteur médical (notamment), de personnaliser la production – donc de la rendre plus durable – pour le plus grand confort du patient. Cette intelligence de la vision se retrouve au cœur des drones et des robots autonomes (et même des robots de service comme Eos)⁽²⁹⁾, qui peuvent remplacer l'être humain dans les opérations à risques en milieux difficiles. Une intelligence qui peut à son tour être complétée par une analyse de l'image en mode *deep-learning* pour des applications des plus variées (tri, maintenance...) et une interaction instantanée (Scortex)⁽³⁰⁾.

Tout en révolutionnant les pratiques de la conception, la photonique optimise les pratiques du contrôle qualité ou de détection des risques : analyse des gaz (MirSense)⁽³¹⁾, des infrastructures (Cementys)⁽³²⁾, d'ingrédients (Greentropism)⁽³³⁾, contrôles non destructifs (sous n'importe quel angle : défauts de surface (Holo3)⁽³⁴⁾, de couleur (Seelab)⁽³⁵⁾ ; elle peut également servir à la détection des contrefaçons. Ces pratiques de contrôle par la lumière évitent à la fois d'avoir recours à la destruction de l'objet et/ou à des procédés chimiques.

Quant aux procédés de production, si l'impression 3D est un terme désormais bien connu, la lumière permet, *via* la lithographie, non seulement de réaliser des couches minces de plus en plus fines, de renforcer les matériaux par des chocs laser, mais aussi de modifier les surfaces à l'échelle du nanomètre grâce à des lasers femto-secondes (Amplitude)⁽³⁶⁾ et de remplacer ainsi des procédés chimiques tout en imitant les différents modèles de peau que la nature a créés pour définir des surfaces intelligentes et multifonctionnelles (Manutech)⁽³⁷⁾. La chaleur, plus précise grâce au *solid state lighting*, modifie aussi

les possibilités de réaliser des composites et des assemblages composites de métaux (Uwave)⁽³⁸⁾. Mais, plus encore, la lumière peut faire « pousser » des matériaux dans une logique d'auto-assemblage (comme dans la nature) ou, littéralement, nous permettre d'inventer de nouveaux matériaux (Silsef)⁽³⁹⁾. Là encore, cette approche, en permettant de créer *ex nihilo*, favorise l'utilisation à 100 % de la matière produite.

Cet ensemble de disruptions permet, *via* les *Fab-Lab*, à tout un chacun de concevoir et de produire : tout cela stimule donc à son tour le potentiel entrepreneurial et pourrait remettre en question les pratiques de production en usine fondées sur la standardisation de la qualité. Le produit unique conçu et produit sur place⁽³⁴⁾ peut ainsi faire son retour et profondément modifier notre relation à la production et à l'emploi, si les assurances trouvent une solution pour garantir les risques et la fiabilité du produit.

La photonique est donc non seulement au cœur de la transition écologique en détectant les risques, en produisant avec moins de matière et moins d'énergie, et plus localement, et en fournissant une énergie renouvelable, mais également au cœur d'une modification sociétale induite par l'évolution des modes d'apprentissage, de conception et de production qui encouragent l'entrepreneuriat et remettent en question l'organisation du *mass-market*, et donc celle des entreprises. Avec la photonique, la transition écologique renvoie aux relations humaines et au modèle de société : « Les barbares vont débarquer ! ».

(26) www.optis-world.com

(27) www.getadok.com

(28) www.pollen.am

(29) www.eos-innovation.fr

(30) www.scortex.io

(31) www.MirSense.com

(32) www.cementys.com

(33) <http://www.greentropism.com>

(34) "Green Photonics – The role of photonics in sustainable product design", Photonics 21, WESSLER B. et TOBER U., 2012.

(35) <https://seelab-spectro.com/fr/accueil/>

(36) <http://www.amplitude-systemes.com/6-t-pulse-duo-double-oscillateur-laser-femtoseconde.html?lang=2>

(37) <http://www.manutech-usd.fr/>

(38) <http://uwave.fr/>

(39) <http://www.silsef.com/>