

WHITE PAPER

PHOTONICS

SWITZERLAND

L'INDUSTRIE ET LA SCIENCE RECOMMANDENT UN PÔLE DE PROMOTION PHOTONIQUE
« TECHNOLOGIE-CLUSTER PHOTONICS SWITZERLAND »
AU SEIN DE LA PROMOTION GÉNÉRALE DE LA RECHERCHE



SWISSMEM

Photonics



Fabrication de micro-
optiques – la précision
la plus élevée pour les
pièces les plus petites

ÉDITORIAL



Les technologies photoniques et optiques sont des technologies clés pour les prochaines décennies. Elles auront la même importance que l'électronique. De plus, l'électronique et la photonique évoluent toujours plus ensemble. Dans notre monde toujours plus numérisé et toujours plus complexe, elles se complètent mutuellement. Leurs applications dans les appareils modernes de la vie quotidienne, dans la médecine, dans la communication ainsi que dans les produits et processus industriels ont un potentiel élevé et augmentent continuellement. La base technologique en Suisse étant solide, elles peuvent contribuer à la croissance de l'industrie suisse de haute technologie.

Des représentants de la science et de l'industrie ont élaboré en commun le présent « WHITE PAPER PHOTONICS SWITZERLAND ». Il décrit la situation de départ prometteuse en Suisse, ainsi que les nouveaux points principaux les plus attrayants de la photonique tout en offrant des informations de base sur les technologies les plus importantes. Cinq recommandations d'actions proposent des mesures concrètes pour une promotion ciblée des technologies photoniques.

Le « Technologie-Cluster Photonics Switzerland » présenté dans le White Paper permet de libérer de grands potentiels en encourageant les points principaux et de générer la valeur économique souhaitée. La photonique est de plus complémentaire aux points principaux de la recherche dans les domaines « Advanced Manufacturing », « Data Science » et « Energy ».

Dans le domaine de la photonique, la Suisse dispose de nombreuses entreprises importantes. Les PME et les start-up sont souvent représentées d'une manière supérieure à la moyenne. L'ensemble de ce secteur atteint aujourd'hui déjà une création de valeur significative. De plus, par rapport à d'autres pays dans lesquels la photonique est encouragée de manière très ciblée, la Suisse ne doit pas rester en retrait.

Le pôle de promotion national visé dans ce White Paper « Photonics » avec son cluster technologique nécessite et mérite le soutien de tous les acteurs importants de l'encouragement national à la recherche. L'industrie et la science s'y engagent ensemble et sont prêtes à apporter à cet effet leurs contributions substantielles.



Hans Hess
Président de Swissmem

IMPRESSUM

Éditeur

Groupe spécialisé Swissmem Photonics

Direction du projet

Groupe spécialisé Swissmem Photonics

Auteurs

Dr. Manuel Aschwanden, CEO Optotune

Dr. Jörn Birkel, Trumpf Schweiz AG

Dr. Bernhard Braunecker, SATW/SPG

Prof. Dr. Gian-Luca Bona, Empa

Prof. Dr. René Dändliker, SATW

Prof. Dr. Andreas Ettemeyer, Prorecteur NTB

Dr. Martin Forrer, CTO FISBA

Dr. Christoph Harder, Swissphotonics

Prof. Dr. Ursula Keller, ETHZ

Werner Krüsi, président du groupe spécialisé Swissmem

Dr. Fabienne Marquis Weible, ASRH

Prof. Dr. Valerio Romano, BFH

Christian-Erik Thöny, CEO Cedes

Dr. Eugen Voit, Leica-Geosystems

Rédaction

Brigitte Waernier-Gut, cheffe de secteur, Groupe spécialisé Swissmem Photonics

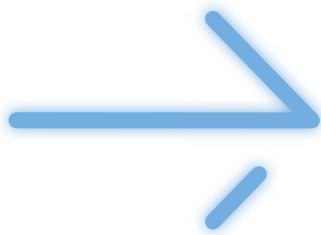
Mise en page

Anna Meyer, Genauso Grafik, www.genauso.ch

Tous droits réservés.

Copyright © 2018 by Groupe spécialisé Swissmem Photonics

Copie autorisée avec indication de la source. Exemplaire justificatif souhaité.



SOMMAIRE

	THÈMES	WHITE PAPER	ANNEXE
1	EXECUTIVE SUMMARY Buts de l'initiative	6 – 8	–
2	« PHOTONICS SWITZERLAND 2020–2025 » : UNE CHANCE POUR DES POSITIONS UNIQUES DE LA PLACE INDUSTRIELLE SUISSE	9	–
3	ÉTAT ACTUEL DE LA PHOTONIQUE EN SUISSE 3.1 Avantages du site 3.2 Inconvénients du site 3.3 Activités comparables à l'étranger	10 – 11	A1 – A5
4	ACTIVITÉS PHOTONIQUES COURANTES EN SUISSE 4.1 Industrie de la photonique 4.1.1 Composants optiques/sous-systèmes 4.1.2 Usinage des matériaux 4.1.3 Capteurs/technique de mesure 4.1.4 Materials, Joinings et Functional Coatings 4.1.5 Sources de rayonnement et affichages 4.2 Instituts de photonique 4.3 Création de valeur durable en Suisse	12 – 14	A6 – A9
5	NOUVEAUX AXES PRIORITAIRES DE LA PHOTONIQUE POUR L'INDUSTRIE SUISSE 5.1 Advanced Manufacturing 5.2 Industrie 4.0 et IoT 5.3 Capteurs intelligents, numérisation et technique de mesure 5.4 Traitement des données et des images, Réalité virtuelle et augmentée 5.5 Technique médicale 5.6 Systèmes de communication	15 – 16	A10 – A15
	RECOMMANDATIONS D'ACTIONS 1–5 POUR LA PROMOTION DES NOUVEAUX AXES PRIORITAIRES DE LA PHOTONIQUE	17	–
	INDICATIONS DES SOURCES LIENS ORGANISATIONS	–	A16 – A17

EXECUTIVE SUMMARY



Les marchés qui évoluent rapidement ont besoin de systèmes et composants nettement plus rapides, plus performants, plus miniaturisés et faibles en consommation. Les technologies électroniques disponibles aujourd'hui ne peuvent plus les atteindre seules. La photonique donne accès à des technologies et des combinaisons de technologies entièrement nouvelles permettant l'accès à des marchés en croissance lucratifs. La photonique est une technologie transversale et un moteur fondamental pour des technologies, des processus, des applications et des modèles d'affaires. La photonique est reconnue dans le monde entier comme la technologie clé du 21^e siècle.

Avec les atouts disponibles du site, la photonique peut permettre à l'industrie suisse d'avoir une position solide sur les marchés globaux. Cela vaut tout particulièrement pour des microsystèmes intégrés avec des fonctions photoniques et autres, comme par exemple les capteurs, les lasers, la science des données, etc. Mais pour cela, elle a besoin d'un soutien et d'un encouragement appropriés.

Quelques caractéristiques importantes des technologies de la photonique :

- Elles permettent de nombreuses applications et sont par conséquent les moteurs d'importantes technologies transversales (traitement des images + technique de mesure, technique médicale + sciences de la vie, composants et systèmes optiques, technique de la communication, sources de lumière, photovoltaïque, technique de production, technique de l'information, technique de la sécurité et de la défense, affichages).

- Elles ont un taux de croissance annuel de 6 à 8 %.
- Elles ont aujourd'hui la même importance pour la société que l'électronique au siècle passé.
- L'industrie et la science suisses sont très bien positionnées en ce qui concerne la recherche et le marché.
- De grandes initiatives telles que « Industrie 4.0 et IoT » et « Data Science » se basent sur la photonique et lui ouvrent de nouveaux champs d'application.

Mais si de nouvelles approches technologiques se développent rapidement et de façon disruptive, et que s'ouvrent par-là des possibilités de production entièrement nouvelles et que simultanément d'autres domaines de la technique sont considérablement influencés, un programme national ayant une large base et exécuté en commun est alors d'une utilité essentielle pour le maintien dans les principaux marchés. C'est pourquoi la collaboration ciblée et concertée entre l'industrie et la science en Suisse – soutenue par les instituts d'encouragement de la Confédération – doit permettre, dans le domaine lucratif des technologies photoniques, une innovation forte et une mise à disposition de prestations de marché concurrentielles pour assurer la prospérité et des emplois exigeants.

Réalité virtuelle et augmentée – de futures techniques de travail grâce aux technologies photoniques



Les marchés de l'avenir – La photonique en tant que support de technologie et moteur

- La vue, l'interface la plus importante pour les informations entre les hommes, l'environnement et la machine, est rendue possible par la photonique et le traitement intelligent des images (affichage, caméra, Réalité virtuelle et augmentée).
- La conduite autonome devient réalité – grâce à une surveillance circulaire 3D ultrarapide avec des capteurs photoniques.
- Médecine de l'avenir – interventions les moins invasives possibles, médecine personnalisée et diagnostic en ligne : la photonique rend tout cela possible.
- Fabrication ultra-précise pour systèmes optimisés en vue de l'usage grâce à du matériel laser – traitement et technique de mesure en ligne
- La transmission de données optiques économise de l'énergie et devient encore plus sûre grâce à la photonique (verrouillage quantique).



LE BUT DE CETTE INITIATIVE EST :

1. De développer rapidement et fondamentalement les compétences, technologies et expériences photoniques actuelles pour des applications avec un impact économique important (produits et processus).
2. D'utiliser pour la Suisse le potentiel de croissance supérieur à la moyenne des technologies photoniques de façon optimale et concurrentielle.
3. D'équiper et de renforcer le site de production et la création de valeur en Suisse avec les produits et les chaînes de processus les plus modernes.
4. De renforcer la base pour des innovations de l'industrie suisse – avant tout des PME, qui sont très importantes dans ce domaine – et de permettre leur valorisation par des applications attrayantes d'un point de vue commercial (produits et processus).
5. De créer des conditions adéquates pour l'industrie suisse de la photonique pour pouvoir s'imposer face à la concurrence internationale.
6. De concevoir cet important secteur de l'industrie pour la Suisse par un Partenariat Public Privé (PPP) pour qu'il continue d'être concurrentiel et attrayant à l'échelle internationale (comme cela se fait avec beaucoup de succès à l'étranger), pour ne pas reculer.

Micro-caméra avec éclairage –
l'endoscope du futur



2 « PHOTONICS SWITZERLAND UNE CHANCE POUR 2020-2025 » DES POSITIONS UNIQUES DE LA PLACE INDUSTRIELLE SUISSE

La photonique est la technologie transversale du 21^e siècle. Le photon remplace en partie l'électron et le complète dans presque tous les domaines de la vie quotidienne et dans de nombreuses branches industrielles. Les raisons principales résident d'une part dans les performances plus élevées en dizaines de pour cent, dans les très grandes largeurs de bande d'un vaste spectre de fréquences, dans les vitesses

insurpassables de traitement et de transmission, dans la très haute résistance aux dérangements et dans l'efficacité énergétique du photon dans tous les domaines d'application.

Pour l'industrie suisse de précision largement diversifiée, la compétence en photonique est indispensable pour couvrir intégralement le processus de naissance d'un produit industriel : cela commence avec le développement des technologies de base dans les hautes écoles, de l'application dans le développement de processus réa-

lisé en commun par la haute école et l'industrie à la production industrielle, qui n'est plus possible sans capteurs et traitement des images optiques. Alors que dans le domaine fondamental, la compréhension de la physique des systèmes non linéaires et du traitement de volumes de données gigantesques (Data Science) exige des prestations de pointe dans la recherche, dans les phases de fabrication, il en va de la combinaison avec l'électronique, la microtechnologie,

la construction d'installations et en particulier des technologies de l'information et de la communication.

La fonctionnalisation et la miniaturisation croissantes de tous les systèmes ont pour effet que la photonique en tant que technologie se retrouve de plus en plus au centre de tous ces processus industriels interconnectés (Industrie 4.0 et IoT). L'évolution se fait de plus en plus de manière disruptive, très rapide et sans véritable possibilité de prévisibilité. Cela représente un défi particulier pour l'industrie suisse de la photonique. Il s'agit non seulement de maintenir le niveau élevé des instituts et entreprises suisses dans la maîtrise de systèmes complexes, mais aussi de le développer en permanence en tant que contribution essentielle à la position de la place industrielle suisse.

La lumière, la clé de l'avenir

La photonique (Photonics) passe pour la technologie clé de notre époque : avec toutes les technologies produisant, utilisant ou transformant de la lumière, elle utilise les caractéristiques uniques de la lumière. Dans de nombreux secteurs industriels et domaines d'application, elle fournit des impulsions et des solutions décisives pour relever les défis actuels et futurs de notre économie, de la science et de la société.

VDMA



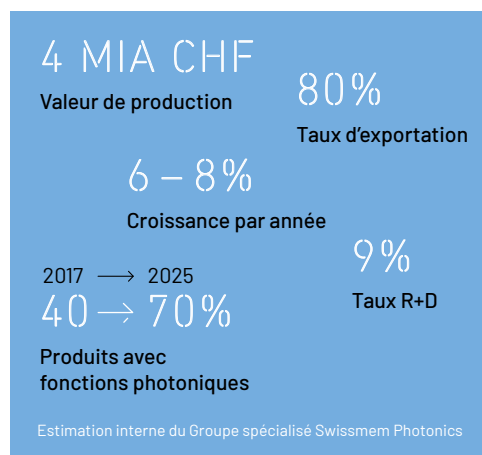
ÉTAT ACTUEL DE LA PHOTONIQUE EN SUISSE



3.1 AVANTAGES DU SITE

La Suisse, grâce à sa position dominante dans la mécanique de précision et dans l'industrie des machines, a été très tôt active dans l'optique, premièrement parce que des pièces optiques étaient fabriquées par la mécanique de précision, deuxièmement parce qu'un rayon laser est un outil idéal justement pour l'industrie de précision, et troisièmement parce que la technique de précision et la microtechnique ne peuvent être qualifiées que par des procédures de mesure et d'analyse optiques. À la fin des années 90, dans le cadre des programmes fondamentaux couronnés de succès du conseil de l'EPF, la collaboration entre la recherche et l'industrie dans le domaine de la photonique a été encouragée et les technologies nécessaires ont été développées. C'est en particulier grâce à cet appui que la Suisse est devenue à l'époque un cluster photonique de rayonnement mondial.

Chiffres Photonique Suisse 2017



C'est ainsi que l'industrie suisse de la photonique génère aujourd'hui avec presque 10 000 collaborateurs un chiffre d'affaires de 4 milliards de francs, soit 5 % du marché européen et presque 1 % du marché mondial. En Europe, cette branche croît continuellement depuis des années de 6 à 8 % et peut ainsi limiter avec succès les effets négatifs du franc fort. Compte tenu du rôle économique des industries de la photonique sur l'ensemble de l'économie suisse, il faut observer qu'elles exercent un effet de levier essentiel par leur fonction de moteur. Nous partons d'un facteur d'environ 10, c'est-à-dire qu'avec l'aide de produits photoniques un chiffre d'affaires d'environ 40 milliards de francs est réalisé en Suisse. Ou, en d'autres termes : aujourd'hui, environ 40 % des produits fabriqués par des entreprises de Swissmem présentent des fonctions photoniques. Cette part passera à 70 % jusqu'en 2025. Cette évolution positive a été et est soutenue par un système de formation équilibré basé sur une formation technique orientée sur la pratique et un approfondissement technique et/ou scientifique. C'est ainsi que de nouveaux thèmes et développements d'avenir tels que matériaux innovants, sciences de la vie et thèmes énergétiques ont pu être repris et intégrés avec succès. De même, l'importance de la photonique en tant que technologie transversale par-delà toutes les branches a pu être reconnue très tôt et soutenue par une excellente interconnexion des branches.

C'est ainsi que l'industrie de la photonique repose actuellement sur une base riche en perspectives. Dans le cadre des vastes courants évoluant à une grande vitesse dans le monde entier, il s'agit de continuer de développer ces atouts de l'économie suisse et de s'orienter vers l'avenir.

3.2 INCONVÉNIENTS DU SITE

L'EPFZ et l'EPFL gèrent, en tant qu'universités internationales de pointe, des instituts ayant les normes de recherche les plus élevées, mais se concentrent avant tout sur la recherche fondamentale et de pointe, et moins sur des technologies de transfert comme la photonique. Les hautes écoles spécialisées forment ponctuellement des ingénieurs en photonique et sont des partenaires fiables pour les PME dans le développement de nouvelles applications dérivant des résultats de la recherche fondamentale. Cependant, les principaux moteurs des applications de la photonique – les PME – disposent traditionnellement de peu de personnel et d'une organisation légère. En règle générale, elles ne disposent pas d'un pré-développement organisé et sont dépassées par les possibilités spectaculaires en rapide expansion et les effets de la numérisation. Cette situation crée un fossé grandissant et difficile à surmonter mettant en danger le transfert de savoir entre la recherche et sa mise en œuvre.

Il est vrai que les PME, en tant que piliers essentiels de l'industrie suisse, sont des innovateurs à succès. En raison de l'envergure des technologies de la photonique avec leur complexité fortement croissante, elles prennent cependant du retard par rapport à nos concurrents étrangers, pour lesquels les technologies de la photonique et leurs applications industrielles sont systématiquement encouragées.

3.3 ACTIVITÉS COMPARABLES À L'ÉTRANGER

Depuis Optique II à la fin des années 90, la Suisse ne pratique plus d'encouragement à la recherche en faveur des technologies de la photonique. C'est une grave lacune en comparaison avec les autres nations technologiques. En tête de file, l'Allemagne met à disposition depuis vingt ans des technologies photoniques nettement dirigées et fortement encouragées (pendant plusieurs années, avec 100 millions d'euros par année). Les succès et leur effet économique sont évidents en particulier dans les technologies du laser, la technique médicale et le traitement des images. Aux USA comme dans les États asiatiques se déroulent des programmes comparables, également alimentés par des fonds de recherche nationaux considérables.



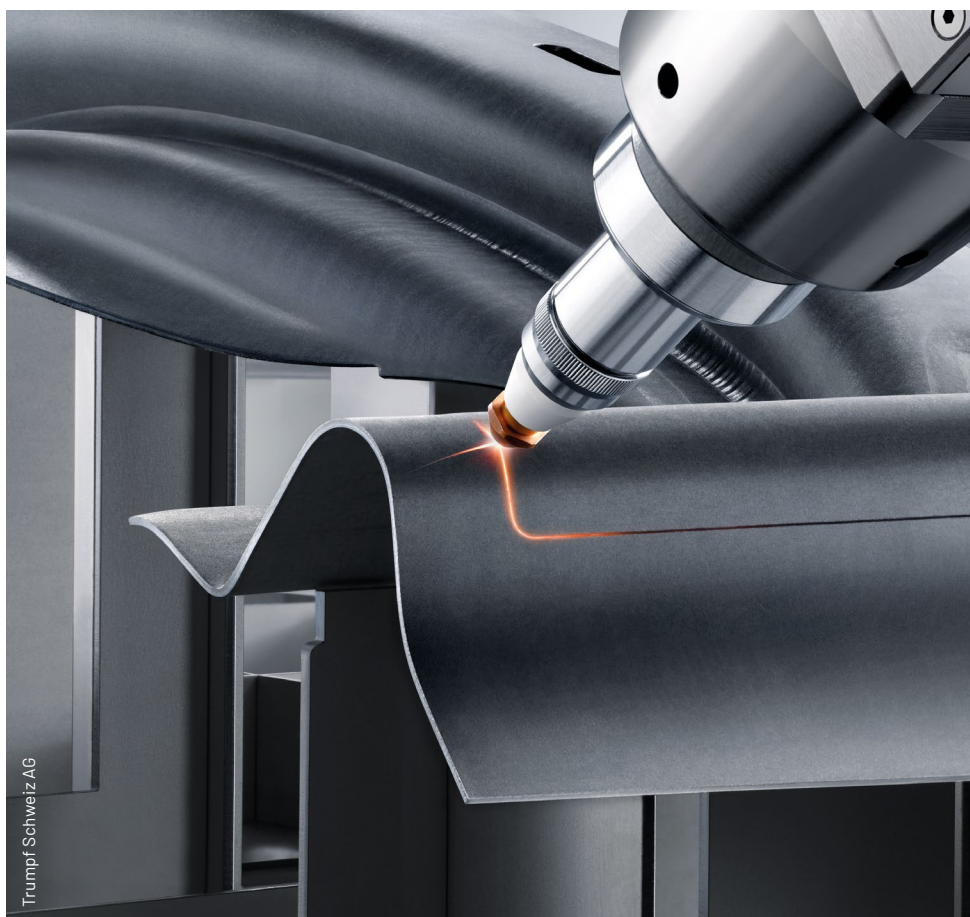
Photonique et optique

Conséquences pour la Suisse:

Le site suisse se caractérise par son excellence dans la recherche universitaire et dans l'industrie de la photonique. Ces deux domaines sont cependant exposés à une forte pression concurrentielle internationale.

Pour s'y imposer, la Suisse doit investir dans la recherche. C'est ainsi seulement qu'elle pourra rester au premier plan aussi bien dans la recherche fondamentale qu'appliquée. Sans oublier, un échange fonctionnant bien et dynamique entre la recherche fondamentale, la recherche appliquée et l'industrie.

SATW, Technology Outlook 2017



ACTIVITÉS PHOTONIQUES COURANTES EN SUISSE



4.1 INDUSTRIE DE LA PHOTONIQUE

4.1.1 Composants optiques/sous-systèmes

Les principaux atouts de l'industrie suisse, comme la précision grâce à la mesure, la fiabilité grâce à l'ingénierie des systèmes, la recherche proche de l'application, la compétence en technologie grâce à l'excellence en algorithmes, de même que la parfaite maîtrise de la miniaturisation contribuent au succès global de l'industrie suisse de l'optique et de la photonique.

En ce qui concerne les composants optiques, l'industrie peut encore se maintenir dans la concurrence internationale grâce au niveau élevé de finition atteint au cours de l'histoire dans le domaine de la micrométrie.

Une grande partie des fonctions efficaces optiquement et spectralement ont lieu à la

surface des matériaux, l'industrie suisse occupant depuis des décennies une position mondiale dominante dans les revêtements optiques minces et les structures de surface.

En ce qui concerne les systèmes, la réalisation d'instruments de précision optiques solides et optimisés pour le domaine de l'application est au premier plan. L'ingénierie des systèmes constitue la base du succès de la commercialisation grâce à ses technologies de construction et de liaison de haute valeur, ainsi qu'à une électronique optimisée pour l'application et des algorithmes intelligents.

4.1.2 Usinage des matériaux

Le marché suisse de l'usinage des matériaux par laser comprend les applications coupage, inscription et marquage au laser, ainsi que les microstructures, mais aussi soudage, brasage, lithographie et procédures additives. Les systèmes utilisés à cet effet sont pour l'essentiel des lasers solides et à diodes à rayonnement continu, à pulsion (μ s, ns) et à ultra-pulsion (ps, fs), ainsi que quelques lasers à gaz.

Le laser est le moyen de traitement idéal pour des pièces de précision et minuscules. Lancé par une application de l'industrie horlogère suisse, le traitement du matériel a atteint une position importante dans la technique suisse de fabrication et est soutenu par les derniers développements du laser (laser à diodes à grand rendement à pulsions ultra-courtes).

Actuellement, l'industrie suisse occupe, en tant que productrice de lasers et de systèmes pour le traitement de matériel au laser, une part de 13 % dans le marché européen et de 7 % dans le marché mondial! À partir de là, il est clair que toutes les ressources, compétences et expériences nécessaires sont présentes au

Optique de précision
pour des sources laser de
la prochaine génération



TRUMPF Schweiz AG

plan national pour pouvoir participer à un marché d'avenir en forte croissance et pour pouvoir réagir à des adaptations et à des changements.

4.1.3 Capteurs/technique de mesure

Dans ce segment, le chiffre d'affaires de la Suisse avec des produits de la photonique est estimé à quelques milliards de francs. Les capteurs 3D y jouent un rôle toujours plus important – que ce soit sous forme de capteurs lasers à balayage (lidar, Image-Ranging) ou en tant que capteurs d'images 2D photogrammétriques. C'est en particulier la tendance vers le temps réel dans le domaine de l'automatisation, de la surveillance et de la visualisation qui fait fortement avancer ces technologies. Les capteurs optiques ne sont pas seulement utilisés dans le domaine de la technique de mesure de précision submicroscopique, mais aussi dans tous les genres de tâches de commande et de surveillance telles que commande de machines, surveillance des flux de personnes et du trafic, contrôles d'accès, ainsi que dans l'industrie de divertissement. Des capteurs 3D optiques sans contact sont une condition pour toutes les sortes de véhicules autonomes.

Toujours plus importants sont les « Capteurs Intelligents », c'est-à-dire des capteurs en temps réel photoniques avec un traitement des images à bord, qui sont développés et fabriqués en Suisse avec succès. L'intelligence qui y est intégrée donne accès à de nouveaux champs d'application insoupçonnés remplaçant de façon disruptive les anciens systèmes.

4.1.4 Materials, Joinings et Functional Coatings

Les énormes progrès dans le revêtement de surface de différents matériaux avec précision dans le domaine sous-nanomètre permettent de nombreuses nouvelles liaisons et structures de couches. Des revêtements inorganiques donnent lieu à des applications innovatrices dans le domaine des lasers de puissance et pour des systèmes à filtre.

En combinaison avec des matériaux modernes, actifs optiquement et de structures de guide d'ondes spécifiques, on peut créer des interrupteurs, des capteurs, des modulateurs et des éléments de construction actifs optiquement intelligents ouvrant de nouvelles opportunités à la nanophotonique et permettant différentes nouvelles applications.

Par une structuration fine appropriée des surfaces d'éléments avec un laser on peut ré-

aliser des techniques de jointage innovatrices, qui influencent par exemple la conductibilité électrique ou thermique et les qualités tribologiques de l'ensemble de la pièce.

4.1.5 Sources de rayonnement et affichage

L'importance des lasers à pulsions ultra-courtes augmente continuellement dans le domaine de la technique médicale, dans le traitement de précision de matériaux spéciaux (par exemple céramique ou matériaux en verre), mais aussi dans la technique de mesure (par exemple mesure du temps ultraprécise). Dans ce domaine aussi, la Suisse a obtenu de remarquables succès.

Les écrans sont les appareils les plus efficaces pour présenter des informations, leur marché mondial (120 milliards de francs) croît chaque année de 7,5 %. L'industrie suisse de la photonique fournit ici des composants importants et des sous-systèmes pour des applications spéciales comme des projecteurs de cinéma ou pour la maison ou des Head-up-Displays pour automobiles.

4.2 INSTITUTS DE PHOTONIQUE

Les instituts de recherche photonique des hautes écoles suisses se sont presque tous affiliés au réseau thématique national (RTN) « Swissphotonics ». Outre les membres de l'industrie environ vingt hautes écoles ou instituts de recherche en font aussi partie.

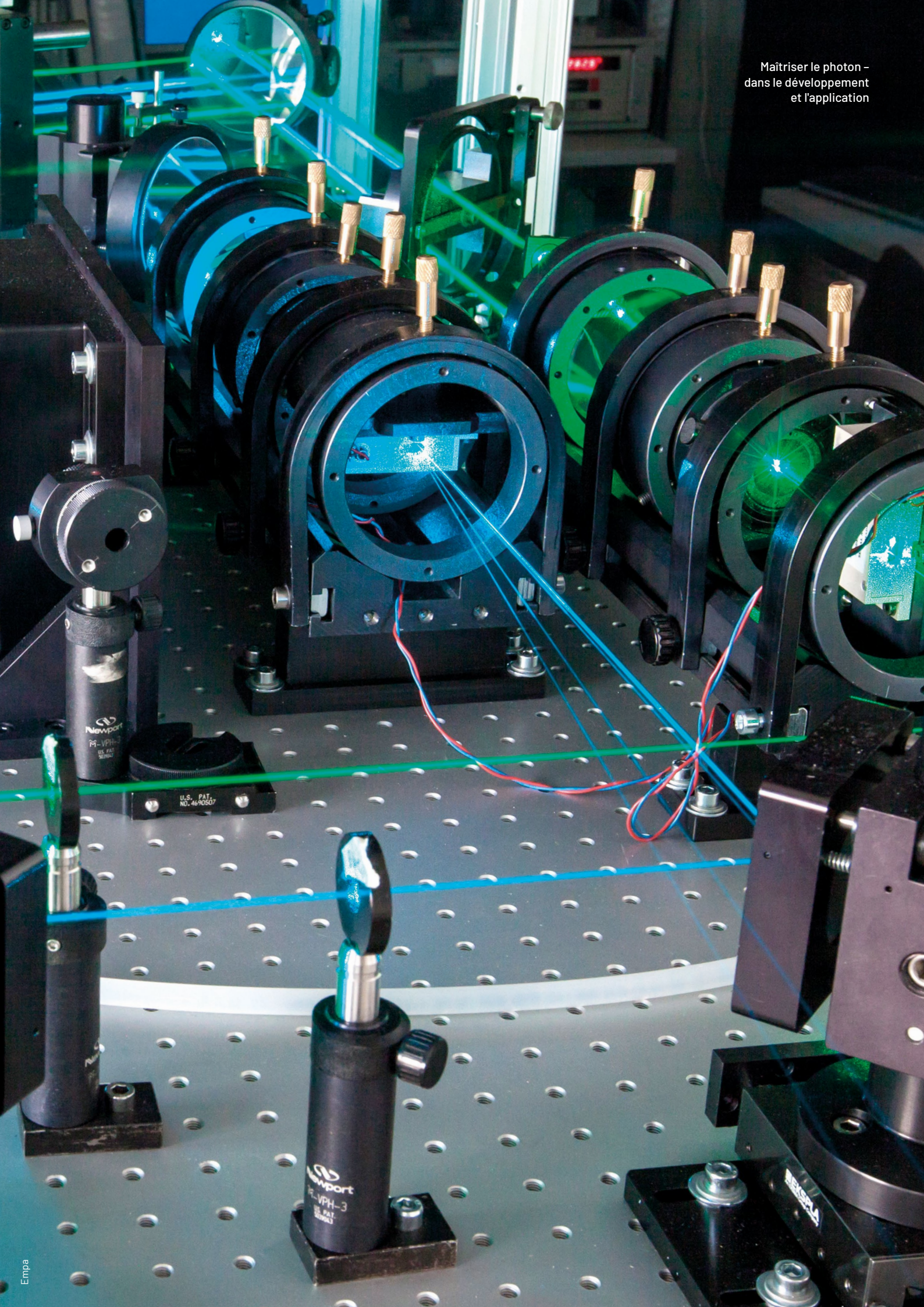
Ces instituts soutiennent leurs activités de recherche par une offre en formation de qualité élevée aux niveaux bachelor, master et doctorat.

4.3 CRÉATION DE VALEUR DURABLE

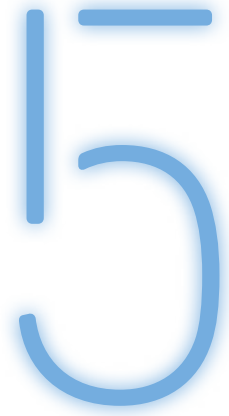
Les activités présentées ci-dessus montrent la grande capacité et les potentiels d'avenir de valeur de l'industrie suisse de la photonique et des instituts de recherche. Dans les vingt dernières années, des entreprises attrayantes croissent rapidement, par exemple notamment Optotune ou II-VI Laser Enterprise et NKT Photonics ont vu le jour. Il s'agit de maintenir cette tendance, voire de la renforcer, et d'apporter une contribution au développement et à l'application de la technologie la plus moderne, et par-là à une création de valeur durable en Suisse.

+ Informations détaillées dans l'annexe aux pages A6 – A9

Maîtriser le photon –
dans le développement
et l'application



NOUVEAUX AXES PRIORITAIRES DE LA PHOTONIQUE POUR L'INDUSTRIE SUISSE



5.1 ADVANCED MANUFACTURING

La photonique offre aujourd'hui une fiabilité élevée aux processus et augmente l'efficacité de chaque fabrication de précision. Un contrôle de la qualité individualisé à 100 %, l'analyse prévisionnelle et la traçabilité des données jusqu'à l'utilisation par les clients sont rendus possibles par les technologies de la photonique et deviennent la norme. La photonique est ainsi un « Key Enabler » pour l'industrie suisse de la fabrication.

La photonique de rester concurrentielle aussi avec un petit nombre de pièces jusqu'à un lot de production de 1 et de produire au niveau de qualité le plus élevé. D'un autre côté, cette tendance ne sera rendue possible que par les capteurs photoniques. L'industrie de la photonique devient ainsi elle-même un moteur de la numérisation.

5.3 CAPTEURS INTELLIGENTS, NUMÉRISATION ET TECHNIQUE DE MESURE

De nouveaux capteurs photoniques réunissent une fonctionnalité plus élevée dans chaque capteur individuel (pixel) avec en même temps un parallélisme croissant (Sensor Arrays).

De futures caméras hyperspectrales fourniront une densité d'informations sensiblement plus élevée que les capteurs individuels d'aujourd'hui ou les caméras et permettront ainsi des applications avantageuses entièrement nouvelles dans la médecine, la robotique, la sécurité, la technique environnementale, pour les biens de consommation, etc. En même temps, la mesure du temps photonique ultra précise ouvre de nouveaux marchés d'avenir dans l'industrie de la précision, la commande de machines, la navigation et la technologie de la communication.

L'exigence du traitement en temps réel demande des capteurs « intelligents ». Par là s'ouvre une position suisse unique « Smart Photonic Microsystems », qui prendra rapidement de l'importance en tant que « Fog Computing Sensors » ou « Edge Computing Sensors ».

Les technologies de mesure photoniques permettent une surveillance sans contact et « realtime in-process ». Ce sont des fonctions tout à fait essentielles pour assurer la meilleure



La photonique est un moteur essentiel de la numérisation dans notre société :

- La technologie de la communication optique permet de raccorder rapidement tous les éléments.
- Des puces semi-conducteurs modernes sont produites avec des technologies optiques.
- Des capteurs et systèmes photoniques surveillent notre environnement, améliorent notre santé, commandent des machines, analysent, avertissent de dangers et informent à la vitesse de la lumière.

Pour la fabrication de composants photoniques, les défis résident dans la miniaturisation et dans les facteurs d'échelle élevés ainsi possibles. Il faut veiller particulièrement à ce que le montage automatique soit effectué dans une marge économique judicieuse afin d'obtenir la précision nécessaire combinée avec une architecture du système adaptable. Ces développements n'en sont encore qu'au tout début et se basent sur les compétences centrales de la Suisse – une opportunité pour les entreprises suisses.

5.2 INDUSTRIE 4.0 ET IOT

La mise en réseau numérique de machines et de processus et l'Internet sont les éléments d'une gigantesque tendance offrant de nombreuses chances précisément pour la photonique : d'un côté, elle permet à l'industrie de la photo-

stabilité et flexibilité possible des processus de production, deux éléments décisifs d'Industrie 4.0 et d'IoT, ainsi que finalement du caractère économique de la production.

5.4 TRAITEMENT DES DONNÉES ET DES IMAGES, « RÉALITÉ VIRTUELLE ET AUGMENTÉE »

Les machines et actionneurs modernes nécessitent une saisie et un traitement des données pluridimensionnels. Des données en 3 dimensions en temps réel (6D) produisent des quantités de données extrêmement grandes qui doivent être traitées en temps réel avec des algorithmes intelligents (notamment traitement des images).

De plus, de nouvelles méthodes de représentation telles que « Réalité virtuelle » et « Réalité augmentée » offrent d'intéressantes possibilités pour l'industrie suisse de la photonique avec son savoir unique dans le monde entier dans la fabrication de composants et systèmes optiques miniaturisés. Sur ce marché, on compte avec des taux de croissance semblables à ceux de la pharmacie, de la médecine et de la numérisation.

5.5 TECHNIQUE MÉDICALE

La rapide évolution de la technique médicale dépend fortement des innovations photoniques. Des capteurs optiques avec des fonctionnalités à longueurs d'ondes spécifiques reconnaissent des réactions biochimiques individuelles. Des capteurs intégrés dans les tissus permettent la mesure continue et non invasive de différents paramètres dans le sang (comme concentration de lactate, oxygène, sucre, etc.), aussi bien pour la détection précoce de signes de déficits que pour le dosage précis de médicaments. En combinaison avec des marqueurs biochimiques spécifiques, la médecine personnalisée devient réalité.

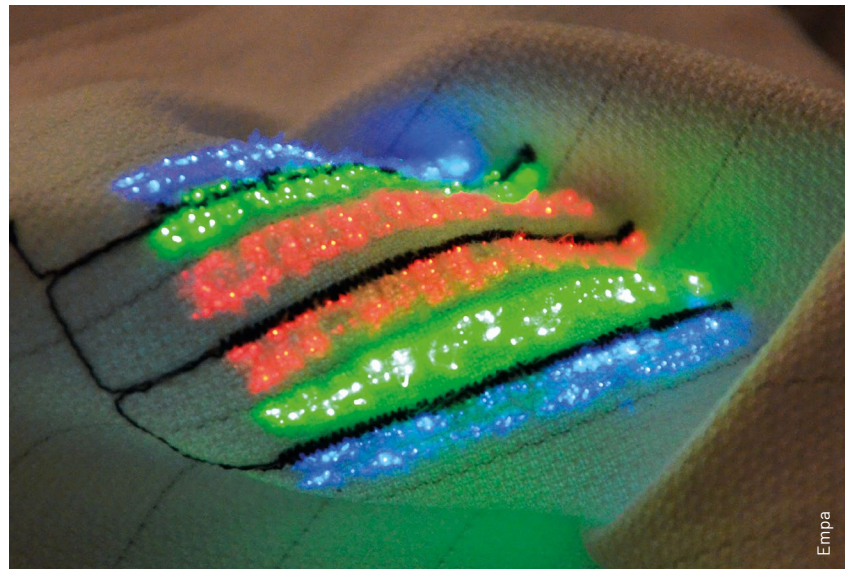
D'autres applications photoniques innovatrices sont des thérapies à photons contre le cancer ou des techniques opératoires peu invasives rendues possibles par la combinaison d'acteurs dirigés par des capteurs et des mini-robots – une spécialité suisse.

5.6 SYSTÈMES DE COMMUNICATION

Les quantités de données créées et traitées augmentent de façon exceptionnelle depuis des années. Des liaisons et réseaux optiques sont la clé de cette évolution. Ils offrent une gamme sensiblement plus large en consommant moins d'énergie que les systèmes classiques basés sur le cuivre. D'une importance croissante sont aussi des liaisons laser Free-Space, que ce soit entre la terre et des satellites ou entre satellites, pour transmettre en temps réel à des réseaux de câbles des images de la surface de la terre prises en orbite. À la place des satellites, ce sont de plus en plus des avions et des drones qui entrent en jeu pour observer la terre.

Plusieurs entreprises suisses font partie des moteurs de cette révolution dans la technologie de la communication. La pression permanente qu'exerce l'industrie suisse de la photonique sur le développement et la production de puces photoniques sur une base de silicium est un moteur important obtenir pour à l'avenir aussi des informations à grande vitesse et à faibles coûts.

+ Informations détaillées dans l'annexe aux pages A10 – A15



Les LED font briller les textiles – ils peuvent être utilisés comme capteurs pour la surveillance de fonctions corporelles.

RECOMMANDATIONS D'ACTIONS 1–5

POUR LA PROMOTION DES NOUVEAUX AXES PRIORITAIRES DE LA PHOTONIQUE

L'INDUSTRIE ET LA SCIENCE
RECOMMANDENT UN PÔLE DE
PROMOTION PHOTONIQUE
« TECHNOLOGIE-CLUSTER
PHOTONICS SWITZERLAND »
AU SEIN DE LA PROMOTION
GÉNÉRALE DE LA RECHERCHE

1

La photonique et ses technologies doivent être reconnues et encouragées au niveau national en tant que **Cluster technologique d'importance**.

Dans l'encouragement national à la recherche, ce dernier forme un des piliers principaux.

L'industrie s'engage à doubler les contributions à l'encouragement de la Confédération par ses propres prestations.

2

Cette promotion doit être utilisée pour des projets en faveur des six « **Nouvelles priorités de la photonique pour l'industrie suisse** » selon chiffre 5 « White Paper – Photonics Switzerland » :

1. *Advanced Manufacturing*
2. *Industrie 4.0 et IoT*
3. *Capteurs Intelligents, numérisation et technique de mesure*
4. *Traitement des données et des images, Réalité virtuelle et augmentée*
5. *Technique médicale*
6. *Systèmes de communication*

3

Les projets doivent avoir un **caractère préconcurrentiel** et générer et soutenir les **fonctions industrielles de l'entreprise** suivantes :

- ♦ *Développement de compétences en systèmes photoniques*
- ♦ *Mise à disposition de chaînes de processus photoniques*
- ♦ *Exploitation des marchés de croissance photoniques*
- ♦ *Extension de la base des technologies de la photonique en Suisse*

4

La **promotion du Technologie-Clusters Photonics Switzerland**, en ce qui concerne les priorités principales, doit essentiellement être lancée par le biais du **Programme d'impulsion d'Innosuisse 2019 – 2020** et poursuivie dans le nouveau message FRI 2021–2024.

Il faudra à cet effet utiliser le **Programme BRIDGE** et les moyens de domaines de recherche stratégiques tels que la **Plattform Advanced Manufacturing**.

5

Les représentants de l'industrie et de la science s'engagent à veiller, par leur propre coordination et planification du programme appropriée, à ce que les projets soient générés, approuvés et élaborés dans le volume recherché et selon les buts de ces recommandations d'actions.

Les moyens d'encouragement doivent en particulier être engagés pour des **projets ouvrant aussi des chances aux PME**.



Light: Science and Technology

From gamma rays to radio waves, the spectrum of light provides insights both far-ranging and near, from the origin of the Universe to technologies that have shaped our society. For instance, advanced research in areas such as nanophotonics, quantum optics, and ultrafast science are inspiring new fundamental discoveries and opening new scientific frontiers.

Photonics-enabled industries are major economic drivers, and the many applications of photonics have transformed society through improved medicine, communications, and energy production.

Photonics is ubiquitous in our daily lives: from technologies that improve vision and power the Smartphones in our hands, to state-of-the-art technologies that provide us with tools for space observation and fiber optics that help us communicate via the Internet.

Photonics is poised to become the key enabling technology of the future.

UNESCO, Intl. Day of Light, 16th May 2018

Capteurs optiques pour
la métrologie de précision

ANNEXE

→ AD 3. ÉTAT ACTUEL DE LA PHOTONIQUE EN SUISSE

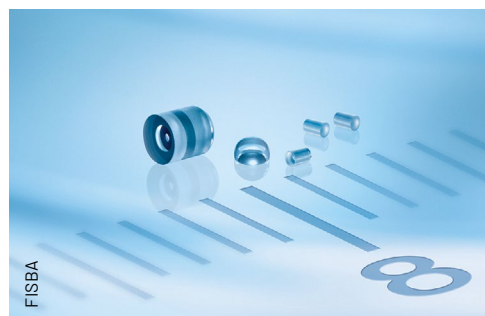
3.1 AVANTAGES DU SITE

3.1.1 SUCCÈS DES PROGRAMMES DE BASE DU CONSEIL DES EPF (FIN DES ANNÉES 90)

À la fin des années 90, il y eut les programmes de base couronnés de succès du Conseil des EPF OPTIQUE I/II pour la photonique, LESIT pour l'électronique moderne et TOPNANO21 pour la nanotechnologie. Le fait que d'importantes entreprises suisses avaient reconnu des déficits dans ces domaines d'avenir qu'elles ne pouvaient pas combler elles-mêmes, mais que, d'un autre côté, les hautes écoles disposaient de ces compétences, a été déterminant. Grâce à l'engagement du titulaire du Prix Nobel Heinrich Rohrer, du laboratoire de recherche d'IBM de Rüschlikon, et du prof. Hans-Joachim Güntherodt de l'Université de Bâle, qui tous deux ont reconnu le passage de la microtechnologie à la nanotechnologie comme étant la direction principale des futures techniques, il a rapidement été évident pour tous les participants que cette mutation aurait des effets immédiats sur les instruments électroniques et photoniques industriels. Il fallait cependant que les développements technologiques nécessaires se fassent sur un grand nombre de projets concertés entre instituts et hautes écoles dans le cadre de programmes top-down.

Dans le cas du programme optique (sous la direction du prof. M. Illegems /EPFL), il y eut les points thématiques principaux suivants, définis en commun par l'industrie et les hautes écoles : Quantum Optics, Advanced Light Sources, Telecommunication Photonics, Biophotonics et Optronic Systems. Plusieurs de ces projets ont été exécutés en tant que thèses suivies en commun par la haute école et par l'industrie.

Microlentilles de moins
de 1 mm pour nouveaux
appareils médicaux
(endoscope)



Optique II Programme du Conseil des EPF 1996 – 1999 :

Nombre de projets réalisés :	36
Nombre d'industries ayant participé :	32
Moyens publics (CHF en 4 ans) :	32 mio
Prestations propres de l'industrie (CHF) :	19 mio
Nombre de thèses de doctorat réalisées :	80
Nombre de publications scientifiques :	490
Nombre de brevets :	26
Nombre de start-up fondées :	7
toutes actives aujourd'hui avec succès sur le marché	

Du point de vue de l'industrie, les programmes ont eu beaucoup de succès, car l'engagement fut commun pendant toute la durée du projet ce qui a permis d'acquérir une compréhension profonde pour la technologie. Plus tard, l'industrie a ainsi reconnu dans la phase de mise en pratique du développement des produits, les autres possibilités d'extension, mais aussi les limites du faisable. Comme autres aspects positifs des programmes, il faut mentionner le fait que les doctorants impliqués, après la fin des travaux, ont eu les meilleures chances dans l'industrie, et que les hautes écoles ont appris dans Source direction le marché se développerait, de sorte qu'elles ont pu adapter en conséquence leur offre en formation.

La règle suivante s'applique : quand de nouvelles approches technologiques se développent rapidement et de façon disruptive, que par-là s'ouvrent des possibilités de produits entièrement nouveaux, et que simultanément d'autres domaines de la technique sont influencés, un programme national fondamental sur une large base, exécuté en commun, est alors nécessaire et utile.

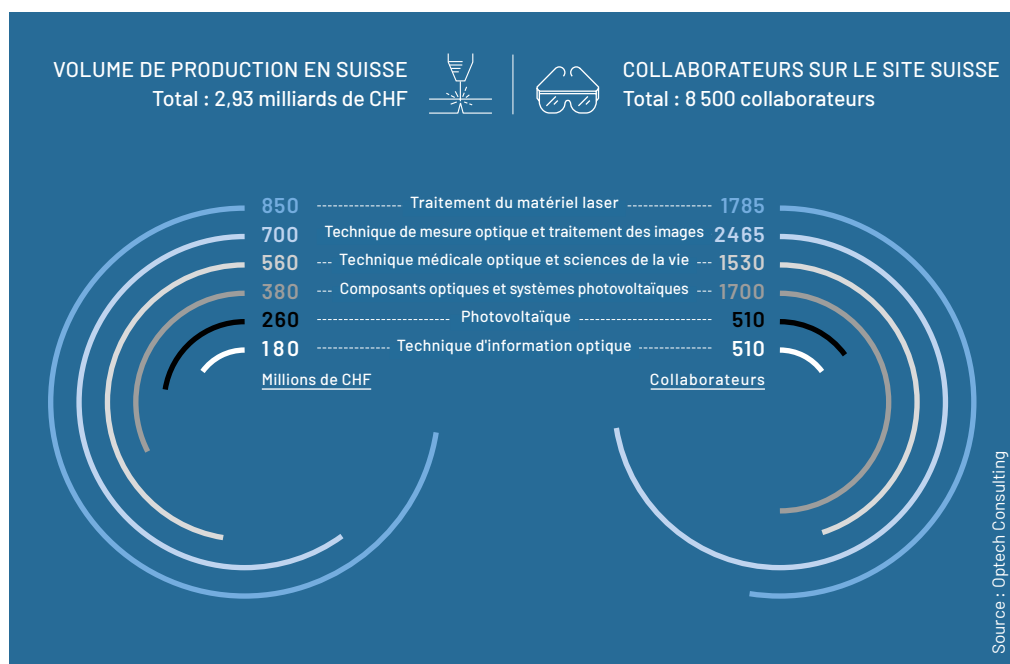
Cela est illustré de manière impressionnante dans le rapport d'expérience de la Société suisse de physique : [a]

Le certificat de prestations positif d'Optique II est une preuve et un exemple pour l'utilité, l'efficacité et la chance d'un encouragement renouvelé et ciblé des applications en forte croissance de la photonique et de ses technologies en Suisse.

3.1.2 FACTEUR ÉCONOMIQUE D'IMPORTANCE

À la fin 2015, 8 500 collaborateurs travaillaient dans l'industrie suisse de la photonique. La plupart de ces employés sont actifs dans le domaine de la technique de mesure optique et du traitement des images (29 %), suivi du traitement du matériel laser avec 21 %. D'autres domaines sont : la technique médicale et les sciences de la vie, la technique d'information optique, ainsi que la fabrication de composants optoélectroniques.

Par les nouvelles possibilités de l'Advanced Manufacturing et les mesures dans le domaine d'Industrie 4.0 et d'IoT, il y a une grande chance de garantir durablement des emplois de haute valeur en Suisse, aussi bien directement dans l'industrie de la photonique que dans les branches apparentées.



Remarque : Les indications relatives aux volumes du marché et aux collaborateurs de l'industrie de la photonique sont difficiles à isoler en raison de leur intégration variée dans les branches et marchés les plus divers. Contrairement aux dépenses mentionnées dans l'étude d'Optech Consulting (2,93 mia CHF) [a], l'indication de Swissmem (4 mia CHF) sous chiffre 3.1 (en page 10) se réfère à une définition de la photonique un peu plus large.

3.1.3 NIVEAU DE FORMATION ÉLEVÉ AUX HAUTES ÉCOLES

L'EPFZ et l'EPFL gèrent, en tant qu'universités internationales de pointe, des instituts ayant les standards de recherche les plus élevés, soutenus par des universités et des établissements de recherche renommés orientés vers l'application tels que l'EMPA et le PSI. Aux hautes écoles spécialisées suisses, ainsi qu'au CSEM et chez RhySearch, les résultats sont mis en œuvre en commun avec l'industrie dans une recherche orientée vers l'application, dans des produits commercialisables et des processus industriels. Les résultats passent, dans le cadre de programmes de doctorat, de master et de bachelor, dans la formation et la formation continue de jeunes scientifiques et ingénieurs et garantissent à l'avenir aussi le niveau de formation élevé de la photonique en Suisse.



Drone avec caméras – une des innombrables applications interdisciplinaires de la photonique

3.1.4 RÉSEAUTAGE DE LA BRANCHE PHOTONIQUE SUISSE

- ◆ **Groupe spécialisé Swissem Photonics** (association de branche au niveau management, contact étroit avec les associations économiques et le SECO)
- ◆ **Swissphotonics NTN** (dans la mise en pratique : ingénieurs, chefs de projets, professeurs, assistants, implication de PME, UAS (hautes écoles spécialisées), EPFZ/EPFL pour créer de la collaboration dans des projets d'Innosuisse et de l'UE ; contact étroit avec CTI/Innosuisse)
- ◆ Académie suisse des sciences techniques SATW (mise en réseau de la science et de l'industrie, ainsi qu'avec des industries non-photoniques, contact étroit avec le SEFRI)
- ◆ Liaisons institutionnalisées au niveau européen (Photonics21, EOS, EPIC)
- ◆ Liaisons institutionnalisées au niveau mondial (OSA, OIDA, SPIE, IOA)
- ◆ Contact et entente avec d'autres initiatives nationales (p. ex. NCCRs, NTN, Programm Advanced Manufacturing)
- ◆ Connaissance des initiatives internationales (SBIR, DARPA, BMBF, PETRA, AIM)

3.3 ACTIVITÉS COMPARABLES À L'ÉTRANGER

Il y a dans le monde entier d'immenses différences sur la façon dont l'évolution technologique est soutenue par l'État, mais dans toutes les nations industrielles importantes il y a des programmes ciblés pour promouvoir la recherche et le développement de la photonique.

Allemagne (CAGR Photonics env. 7%)

Depuis vingt ans, l'Allemagne connaît un encouragement à la recherche en photonique très fort, ciblé et extrêmement efficace en tant que partie de la politique industrielle nationale. Des programmes nationaux pluriannuels très bien conçus (Laser 2000, Optische Technologien 2010, Agenda Photonik 2020) et un fort soutien de plateformes européennes et de Public Private Partnerships (Photonics21) avec l'obligation que l'industrie investisse quatre fois plus dans la recherche que l'UE avec ses contributions à la promotion.

Impressionnante cohérence dans les stratégies nationales et les buts de la promotion de la photonique entre les trois principaux acteurs : 1. Industrie 2. Science et 3. Etat (BMBF, avec son propre ministère de référence, M. Frank Schlie), actuellement soutenus ensemble par l'État avec 100 mio EUR/année. Encouragement dans la grande industrie, mais avant tout encouragement de la photonique dans les PME pour créer des emplois.



Des investissements dans la recherche, le développement et la qualification garantissent à long terme des emplois et le niveau de vie en Allemagne. Les petites et moyennes entreprises (PME) ont ici une importance particulière. Elles sont un moteur d'innovation essentiel et représentent une interface importante pour le transfert des résultats de la recherche et de la science dans l'économie. Aussi bien dans des domaines établis de la photonique que dans la mise en œuvre de nouvelles technologies clé dans la pratique des entreprises, une nouvelle scène d'entreprises innovatrices s'est formée ces dernières années qu'il s'agit de renforcer. BMBF

Europe

Le soutien par les gouvernements d'États européens est estimé par l'OIDA à environ 1 mia EUR/année (100 mio EUR – P21 funding, 200 mio EUR – other EU funding, 100 mio EUR – German Photonik funding [cf. ci-dessus], 150 mio EUR – various UK funding, including military, 150 mio EUR – various French funding, including military, 150 mio EUR – other European national funding). À cela s'ajoute encore une partie indéterminée, mais non sans importance, en Russie.

USA (CAGR Photonics env. 6 – 8 %)

Aux USA a été lancée en 2013 la National Photonics Initiative NPI pour l'encouragement des technologies clé de la photonique.



US Congress makes the following findings:

- I. Optics and photonics is the science and application of light, serving as the backbone for modern national security applications, industrial controls, manufacturing, medicine and consumer and business products;
- II. Optics and photonics are fundamental, enabling technologies critical to our nation's leadership in nearly every industry sector including energy, telecommunications and information technology, defense and national security, health and medicine and manufacturing;
- III. Public companies focused on optics and photonics in the United States enable more than \$3 trillion in revenue annually and create more than 7 million public company jobs;
- IV. Optics and photonics are recognized globally as critical technologies and governments including Germany and China have aggressively directed funding to advance their optics and photonics industries which have resulted in a number of critical energy manufacturing jobs and companies moving from the United States to overseas markets; and

- V. Partnerships between US industry, academia and the federal government are needed to invest in vital optics and photonics research and development, enhance innovation in private and public sector laboratories and promote continued US competitiveness.

US Congress on NPI

Le but principal pour les USA, dans la photonique également, est d'atteindre et de défendre la domination technique et militaire ainsi que le leadership dans l'innovation en photonique. À cet effet sont à disposition différents programmes, par exemple SBIR, DARPA etc. L'AIM Photonics Institut a aussi été fondé en tant que partie de l'initiative NNMI (Advanced Manufacturing).

De plus, les USA ont lancé en 2017 la National Quantum Initiative (NQI), dont le but est notamment :
«... to guarantee the US leadership in the development and deployment of a new generation of quantum technology, which will usher in the next generation of enhanced measurement, communication and data processing.»

L'ensemble du soutien financier des développements dans la photonique par le gouvernement se monte à 610 mio USD pour l'AIM et à 500 mio USD pour la NQI.

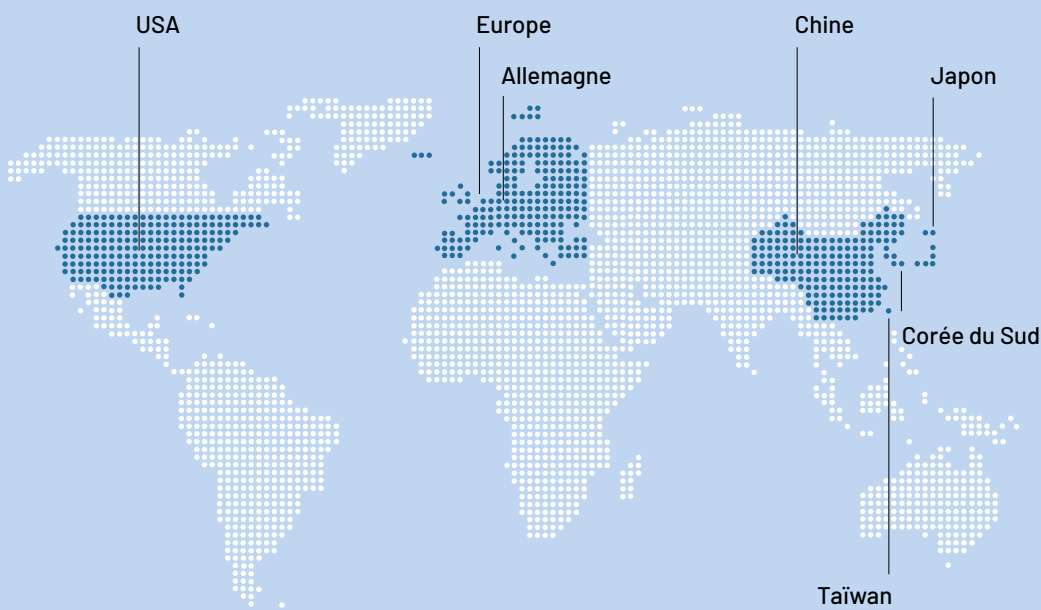
Chine, Taïwan, Corée du Sud

Dans ces pays, le but du soutien par l'État est l'acquisition de devises fortes, les produits de masse photoniques tels que les écrans, les portables, les cellules photovoltaïques et les puces LED étant fabriqués dans les devises locales et vendues ensuite à l'Occident contre des USD et des EUR. Ces pays sont conscients du fait que cela ne fonctionne que s'ils livrent la meilleure et la plus récente technologie, de sorte que le développement et la production sont soutenus chaque année par des milliards dans ces pays. La Chine utilise de plus la photonique pour mettre en réseau et diriger son grand empire par des transmissions de données optiques.

La Corée du Sud (CAGR env. 8 %) soutient la photonique par trois ministères (MOSIF, MOHW et MOTIE) avec des montants immenses (1660 mio EUR en 2014 et 2840 mio EUR en 2020).

Japon

Le Japon a projeté depuis longtemps déjà de compenser la croissance ralentie de l'électronique par la croissance de la photonique et encourage à cet effet les organisations établies MITI et OITDA pour soutenir des technologies de pointe (8K TV, communication Gb/s-, ordinateurs interconnectés optiquement, instruments, etc.). Dans ce domaine, l'État collabore très étroitement avec l'industrie.



→ AD 4. ACTIVITÉS PHOTONIQUES COURANTES EN SUISSE

4.1 INDUSTRIE DE LA PHOTONIQUE

4.1.1 COMPOSANTS OPTIQUES/SOUS-SYSTÈMES

Entreprises : Fisba, SwissOptic, IMT, Optotune, Mikrop, WZW notamment.

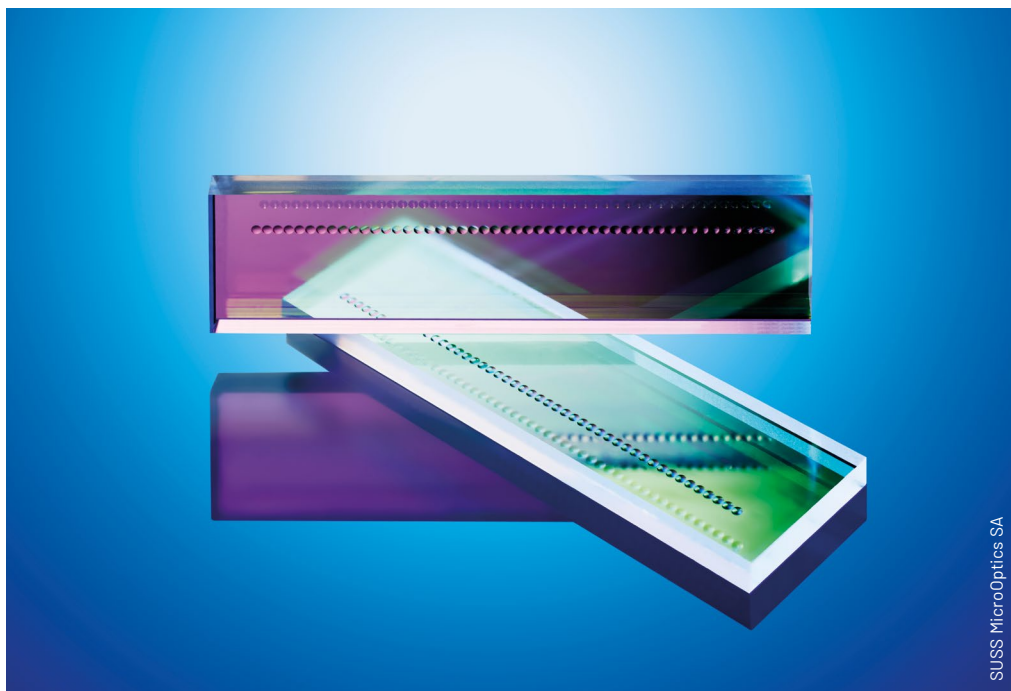
L'utilité des systèmes et composants optiques de précision repose depuis le début de la photonique sur la caractéristique sans contact inhérente à la lumière. De l'utilisation de télescopes optiques macroscopiques aux systèmes de mesure miniaturisés imagés, l'information saisie par la lumière est exploitée par des transformateurs de signaux sous forme de données propres à l'utilisation.

Dans l'utilisation et le développement, certaines forces essentielles de l'industrie suisse telles que la précision par la mesurabilité, la fiabilité par l'ingénierie des systèmes, la recherche proche de l'application, la compétence technologique par l'excellence en algorithmes et, « last but not least », la remarquable maîtrise de la miniaturisation, contribuent au succès global.

Dans les composants, les compétences d'optique ondulatoire en utilisation et en simulation dans les matériaux optiques transparents les plus divers, des liquides aux polymères en passant par le gaz et le cristal, combinées avec de solides prestations d'ingénierie de la technique de production, mènent à une position unique couronnée de succès sur le marché. Rompant avec la physique ou s'y superposant avec des ondes optiques, une grande partie des fonctions efficaces optiquement et spectralement se trouve à la surface des matériaux, l'industrie suisse occupant depuis des décennies une position de leader mondial dans les recouvrements optiques fins et dans les structures de surface.

Dans les systèmes figure au premier plan la réalisation d'instruments de précision optiques robustes et optimisés pour l'application. L'ingénierie des systèmes avec des technologies algorithmiques de construction et de liaison de haute valeur avec une électronique optimisée pour l'utilisation crée la base du succès de la commercialisation.

Composants micro-optiques recouverts avec des structures inframillimétriques : éléments de base pour la formation de rayons laser



4.1.2 USINAGE DES MATÉRIAUX

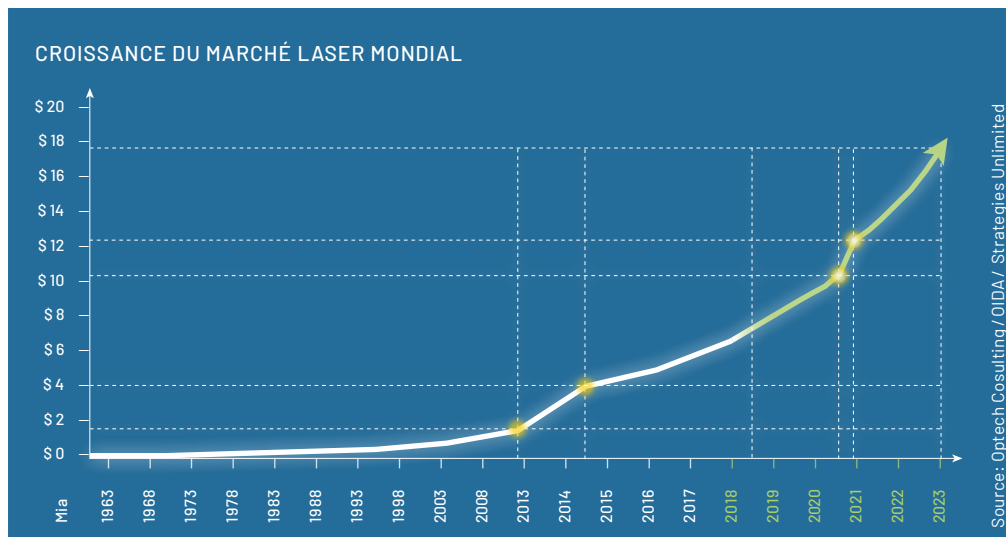
Entreprises : Trumpf, Bystronic Laser notamment.

La valeur du marché mondial de l'usinage de matière par laser se situait en 2015, suivant les études, entre 10 mia USD [1] et 12 mia USD [2] (sans la lithographie). Avec un taux de croissance annuel moyen du marché de 8,4 % (CAGR) dans la période 2016 – 2022, le volume atteindra environ 21 mia USD en 2022 [2]. L'Europe est en l'occurrence, avec 5,5 mia EUR, le plus grand producteur mondial de lasers et systèmes pour l'usinage de matière par laser, la Suisse représentant une part de 13 % [4]. Par rapport au marché mondial, la part de la Suisse dans l'usinage de matière par laser est de 7 % [3].

Le volume de production de l'ensemble de l'industrie de la photonique suisse s'est monté en 2012 à 3,3 mia CHF (350 mia EUR dans le monde entier en 2011), et a baissé en 2015 à 2,93 mia CHF. Le recul de la photovoltaïque et la forte surévaluation du franc suisse (de 54 % par rapport à l'euro et de 25 % par rapport au dollar américain de 2007 à 2015) ont sensiblement pénalisé cette branche fortement orientée vers l'exportation (env. 90 % de l'ensemble de la production photonique). Les pertes en chiffres d'affaires du passé récent sont aussi entre-temps devenues un motif pour la délocalisation de la production à l'étranger [3].

Le domaine de l'usinage de matière par laser représente, avec une part de 29 %, le plus grand volume de chiffre d'affaires de la photonique en Suisse (830 mio CHF en 2015).

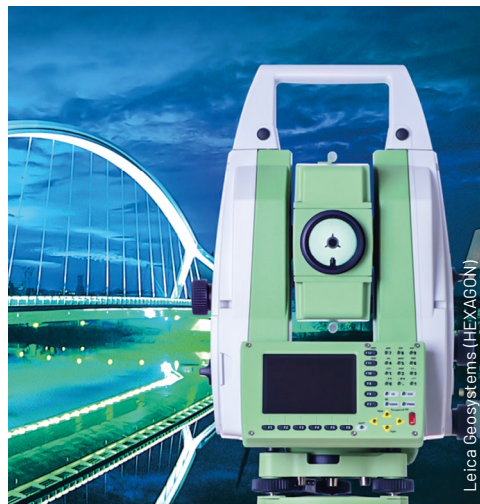
Indication des sources, cf. liste page A16.



4.1.3 CAPTEURS/TECHNIQUE DE MESURE

Entreprises : Leica Geosystems, Baumer, Cedes, Espros Photonics, Sensirion, Hilti, Heliotis notamment.

Dans le groupe de marchandises « Instruments de précision », la Suisse a exporté en 2016, selon Swissmem, un volume d'environ 15 mia CHF. La plupart des produits de ce groupe contiennent une part plus ou moins grande de photonique – d'une lecture d'échelle optique dans une balance à un système complet construit avec une quantité d'éléments ou de composants photoniques isolés. Citons ici à titre d'exemple une caméra aérienne numérique composée d'une optique à lentille classique, d'unités de filtres spectrales, d'un capteur d'images optoélectronique multicanaux et d'un prétraitement intégré des images.



Théodolite moderne – un système photonique complet : optique, mécanique, électronique, informatique intégrées

Le volume de production du domaine « Materials, Joinings and Functional Coatings » en Suisse se monte à environ 700 mio CHF. [b]

On peut déduire de ces chiffres que le chiffre d'affaires de l'industrie « capteurs/technique de mesure » avec des produits présentant une part importante de photonique se situe dans le domaine de quelques milliards de francs.

Les capteurs 3D jouent un rôle toujours plus important – que ce soit sous la forme de capteurs laser tactiles (Lidar, Image-Ranging) ou en tant que capteurs d'images photogrammétriques 2D. C'est en particulier la tendance à toujours plus de temps réel dans le domaine de l'automatisation, de la surveillance et de la visualisation qui pousse fortement ces technologies vers l'avant.

Les « Smart Sensors », c'est-à-dire les capteurs photoniques avec un traitement des images intégré, jouent un rôle toujours plus important.

4.1.4 MATERIALS, JOININGS UND FUNCTIONAL COATINGS

Entreprises : Empa, Evatec, Optics Balzers, CSEM, APM notamment. Description cf. 4.1.4, page 13.

4.1.5 SOURCES DE RAYONS ET AFFICHAGES

Entreprises : Exalos, Il-VI Laserenterprise notamment. Description cf. 4.1.5, page 13.

4.2 INSTITUTS DE PHOTONIQUE

Instituts avec points de recherche principaux et offres en enseignement photoniques (par ordre alphabétique)

BFH	Berner Fachhochschule, Bern
CSEM	Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA, Neuchâtel
Empa	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Dübendorf
EPFL	École polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich
FHNW	Fachhochschule Nordwestschweiz, Brugg-Windisch
HES-SO	Hautes écoles spécialisée de Suisse occidentale, Suisse romande
HTW	Hochschule für Technik und Wirtschaft, Chur
NTB	Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs
PSI	Paul Scherrer Institut, Villigen
RhySearch	Forschungs- und Innovationszentrum Rheintal, Buchs
SUPSI	Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana, Südschweiz
Université de Bâle	
Université de Berne	
Université de Fribourg	
Université de Genève	
Université de Neuchâtel	
ZHAW	Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Winterthur

Ces instituts disposent de différentes offres en recherche et en formation en photonique.
Une vue d'ensemble détaillée des activités et offres en recherche est disponible chez [Swissmem](#).

→ AD 5. NOUVEAUX AXES PRIORITAIRES DE LA PHOTONIQUE POUR L'INDUSTRIE SUISSE

5.1 ADVANCED MANUFACTURING

Pour la fabrication de composants photoniques tels que lentilles, prismes, miroirs, etc., mais aussi de systèmes optiques complets jusqu'aux lasers, il existe une quantité de nouvelles possibilités de fabrication qui sont souvent aussi liées à de nouveaux designs et fonctionnalités. En voici des exemples (non exhaustifs) :

- ◆ Procédures de traitement de matériel additives telles qu'impression 3D de différents matériaux. Les possibilités de la création libre de la forme permettent de nouveaux designs ; le défi est la maîtrise de la tolérance de forme exigée en optique dans le domaine sous-micrométrique et des qualités de surface élevées dans le domaine nanométrique.
- ◆ Traitement de matériel soustractif. De nouvelles technologies de fabrication ultraprécises permettent la fabrication mécanique de surfaces optiques avec un traitement du matériel par tournage et fraisage. Il en résulte des possibilités de design entièrement nouvelles.
- ◆ Traitement du verre par des lasers à pulsions ultra-courtes : ces très nouvelles possibilités de fabrication permettent d'influencer de façon ciblée des particularités optiques (indice de réfraction) de l'élément et, en combinaison avec des techniques correspondantes de gravure, la fabrication d'éléments optiques intégrés.
- ◆ Des procédures de fabrication en série pour optiques de qualité élevée telles que presses en verre exigent les qualités les plus hautes en design, forme et maîtrise des processus – des entreprises suisses de premier plan maîtrisent ces processus et peuvent ainsi conquérir de nouveaux marchés.
- ◆ Par le Plasma Processing, les qualités de surface des optiques sont influençables (p. ex. hydrophile – hydrophobe) ; également un nouveau marché exigeant pour les entreprises suisses.
- ◆ De nouvelles possibilités de fabrication des Waferbased Optics permettent la fabrication de systèmes optiques miniaturisés à faibles coûts. Dans le domaine de la fabrication de semi-conducteurs, on ne trouve pas de fabrique correspondante en Suisse. Dans le domaine des capteurs optiques de grande valeur s'offre un potentiel pour développer et garder ce marché lucratif.
- ◆ Intégration de procédés de fabrication classiques et microtechniques – c'est une USP suisse (Unique Selling Proposition) pour la construction d'installations et de machines.

Un deuxième thème est l'utilisation des possibilités de la numérisation et du traitement des données dans l'industrie de la photonique pour la fabrication automatisée de produits de valeur élevée en nombre de pièces petit et moyen, voir Industrie 4.0 et IoT.

Production moderne :
Additive Manufacturing
avec technologie laser
(revêtement de métal)



TRUMPF Schweiz AG

5.2 INDUSTRIE 4.0 ET IOT

Industrie 4.0 et IoT offrent un grand potentiel pour augmenter la productivité dans l'industrie. Cette évolution n'en est encore qu'à ses débuts, notamment dans les PME industrielles, et présente de très nombreux défis, aussi bien dans le domaine technologique – et ici surtout sous l'angle de la technique de l'information – qu'en ce qui concerne les aspects sociaux, comme la modification de l'image traditionnelle du collaborateur. Pour la Suisse, avec son expertise technique des établissements d'enseignement et de recherche, comme l'« Institut für Technologiemanagement » de l'Université de St-Gall et des entreprises innovatrices, comme la succursale de Trumpf aux Grisons, la transformation numérique est un moteur essentiel pour une augmentation de l'efficacité en vue d'endiguer la forte délocalisation d'entreprises de production suisses à l'étranger et garantir ainsi des emplois locaux. Il est en l'occurrence déterminant de faire avancer le réseautage numérique non seulement dans des domaines verticaux de production sous forme d'une Smart Factory, mais aussi de tenir compte numériquement en particulier de la chaîne de création de valeur horizontale « from order to cash ». [d]

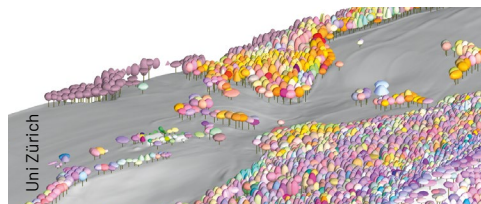


Industrie 4.0 et IoT –
Advanced Manufacturing, la
production réseautée grâce
à des technologies optiques

5.3 CAPTEURS INTELLIGENTS, NUMÉRISATION ET TECHNIQUE DE MESURE

Capteurs hyperspectraux

On trouve des domaines d'application intéressants pour des caméras hyperspectrales p. ex. dans la microchirurgie assistée par des robots, comme la reconnaissance de tendons, muscles, cartilages et vaisseaux sanguins, ainsi que d'organes entiers.



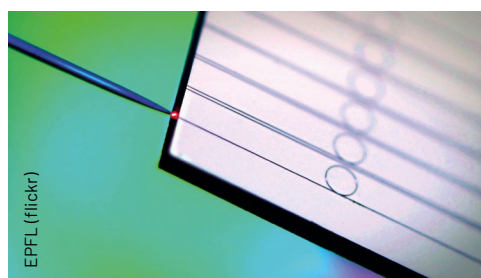
Interprétation d'une image
aérienne par le traitement
d'informations spectrales

Capteurs intelligents

Pour pouvoir utiliser en temps réel également la quantité de données toujours plus grande saisies en temps réel par des capteurs décentralisés (Industrie 4.0, IoT etc.), ceux-ci doivent devenir toujours plus intelligents, donc « smarter ». Cela signifie que de nouvelles puces réunissent des fonctionnalités optiques avec des fonctions de traitement des données. Les informations obtenues par la lumière peuvent être préparées directement à l'endroit de la saisie et il n'y a plus besoin d'aucun transport de données ou de multiples transformations analogue/numérique, etc. On peut ainsi atteindre des vitesses de traitement sensiblement plus élevées – la base d'une capacité en temps réel.

Technologie de peigne de fréquence optique

Une des plus spectaculaires réalisations de la photonique moderne est la technologie de peigne de fréquence optique, qui a obtenu en 2005 un Prix Nobel pour sa recherche de base. Elle repose sur des technologies photoniques très exigeantes et permet des applications inégalées jusqu'ici et d'avenir dans la mesure de précision, l'analyse de matériaux, la technologie de la communication notamment.



Peigne de fréquence
optique sur puce – référence
de temps d'une extrême
précision pour systèmes
modernes de localisation
et de communication

La technologie de peigne de fréquence optique fournit une suite de fréquences de temps exactement définies et stables qui peuvent être utilisées avantageusement pour de nouveaux concepts de montres (garde-temps atomiques optiques), pour la communication optique de données, mais aussi dans la spectroscopie.

Des applications possibles sont, outre la mesure de fréquences optiques et le développement de garde-temps optiques encore plus précis, la production de nombreuses fréquences définies exactement pour la télécommunication optique par fibres de verre. On est parvenu entre-temps à produire des peignes de fréquence avec de nombreux microrésonateurs de constructions différentes, par exemple avec des microrésonateurs à haute intégration en silicium-nitrite dans lesquels le guide à ondes et le résonateur sont intégrés sur un substrat. À l'EPFL, un taux de transmission de données de 1,44 Tb/s sur 300 km et de 55 Tb/s sur 75 km a été atteint avec un laser à peigne de fréquences intégré dans une puce nanophotonique.

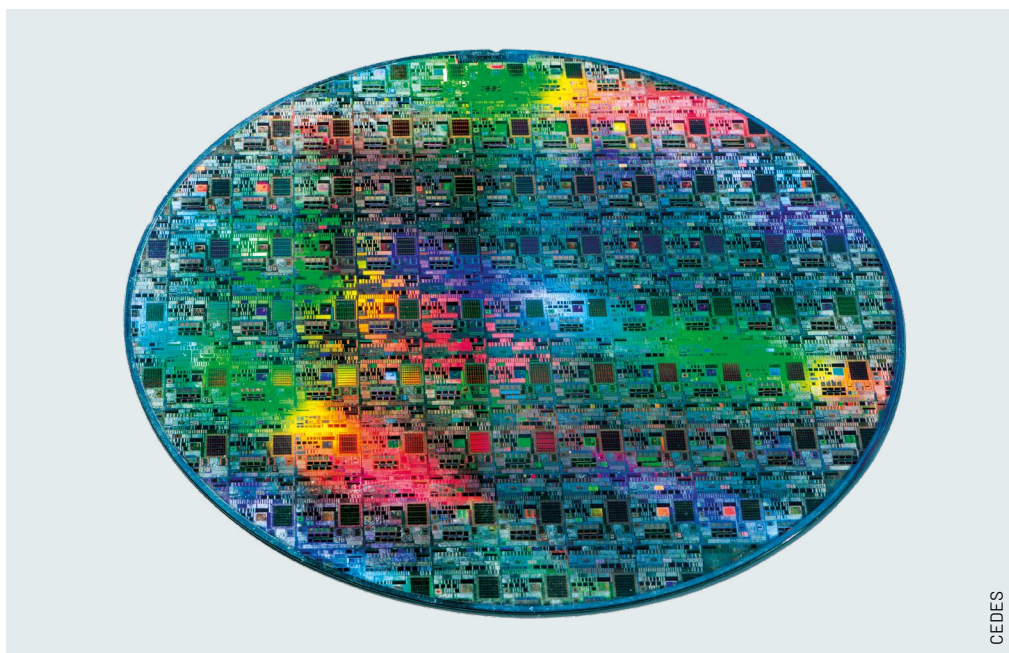
Si l'on superpose optiquement deux peignes de fréquences, l'une étant envoyée à travers un volume de gaz, on peut obtenir par le signal d'interférence le spectre d'absorption du gaz plus rapidement et plus exactement qu'avec des méthodes traditionnelles. Des possibilités d'application existent dans l'analyse de l'environnement, la médecine, l'astronomie.

5.4 TRAITEMENT DES DONNÉES ET DES IMAGES, « RÉALITÉ VIRTUELLE ET AUGMENTÉE »

Traitement des données

Pour pouvoir utiliser aussi en temps réel les volumes toujours plus grands de données saisies en temps réel par des capteurs décentralisés (Industrie 4.0, IoT, etc.), ces derniers doivent devenir toujours plus intelligents, c'est-à-dire que certains traitements de données se font directement sur la puce du capteur. Le transport des données arrive ainsi dans une unité de calcul centrale et on obtient des temps de réaction sensiblement plus courts.

Wafer-based Optics,
base d'une production bon
marché de capteurs
photoniques intelligents



CEDES

Traitement des images

Une technique de caméra moderne permet, en liaison avec le traitement rapide de grands volumes de données, de nouvelles applications pour l'utilisation d'images, que ce soit dans le domaine de la médecine, du trafic et des transports, des médias sociaux, de la technique de la sécurité, de l'agriculture ou d'autres. Il s'agit toujours d'analyser en surface ou même en trois dimensions des données saisies, d'en extraire des indices ou des caractéristiques et de les condenser en informations traitables. Par l'utilisation d'applications Big-Data dans le Cloud et d'algorithmes auto-apprenants, on peut aujourd'hui par exemple réaliser une reconnaissance de visage à presque 100 % et même dépasser en partie la capacité de reconnaissance humaine.

5.5 TECHNIQUE MÉDICALE

Ophthalmologie

La photonique a déjà pris pied depuis longtemps dans l'ophtalmologie, que ce soit dans le diagnostic (par mesure du fond de l'œil avec OCT), dans la correction de perturbations de la vision (p. ex. avec LASIK) et de la cataracte (remplacement du cristallin) avec des lasers à pulsions ultra-courtes, ou dans l'adaptation de lentilles de contact par une mesure automatique de la forme de l'œil avec des appareils de mesure scannant en 3D.



Correction par laser pour une vision nette grâce à la photonique

Cardiologie

Des optiques et des caméras miniatures permettent l'inspection optique non invasive d'organes avec une charge minime pour le patient.

Décélérer des réactions biochimiques

Des capteurs optiques avec des fonctionnalités de longueurs d'ondes spécifiques reconnaissent des réactions biochimiques individuelles. Des capteurs intégrés dans les tissus permettent la mesure permanente et non invasive de différents paramètres tels qu'emplacement de pression sur la peau, teneur en oxygène du sang ou taux de glycémie, et permettent ainsi une reconnaissance précoce de problèmes et un dosage précis de médicaments.

Médecine personnalisée

Si l'on combine encore cette sensorique optique avec des marqueurs biochimiques spécifiques s'ouvrent alors de nouvelles voies vers une médecine personnalisée.

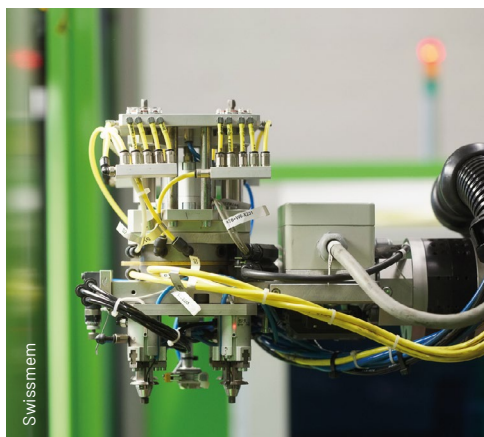
Applications photoniques

De nombreuses applications photoniques actives sont maintenant développées et utilisées, telles qu'une thérapie contre le cancer induite par des photons ou des stimuli produits par la lumière pour activer des fonctions corporelles.



Thérapie par la lumière : pansement intelligent pour soigner des plaies chroniques

Robots Pick- and Place :
les mouvements sont
surveillés et commandés
optiquement.



Robots-assistants

De nouvelles techniques opératoires, surtout très peu invasives, soutenues par des robots-assistants, qui vont aujourd'hui bien au-delà des corrections oculaires très connues, permettent une chirurgie plus précise et par-là également une réhabilitation plus rapide.

Mini-robots

La force particulière de la Suisse est la combinaison de sensorique et d'acteurs commandés par des mini-robots. Ce domaine présente un grand potentiel et représente une caractéristique de position unique pour l'industrie suisse.

5.6 SYSTÈMES DE COMMUNICATION

Communication optique Free-Space

Avec une numérisation croissante, la bande passante disponible des réseaux devient un facteur de limitation. C'est pourquoi des premiers systèmes utilisent la communication optique Free-Space pour générer des possibilités de transmission indépendantes à des coûts minimums (p. ex. dans des halles de fabriques, des installations sportives, etc.).

Reconnaissance à distance par des satellites

La saisie en images de la pollution des océans, d'incendies de forêts sur de grandes surfaces ainsi que d'attaques de pirates sur les océans se fait de nos jours par des satellites LEO à basse altitude. Les données mesurées doivent être transmises en temps réel depuis des satellites de mesure par un réseau de satellites géostationnaires à des stations terrestres, d'où elles sont injectées dans des réseaux de câbles. À l'avenir, on remplacera toujours plus la technique actuelle de transmission Free-Space à micro-ondes par des systèmes laser cohérents, car ils ont des bandes passantes plus grandes et fournissent davantage de données.

On utilise à cet effet des procédures dites hétérodynes, par lesquelles le signal laser faible arrivant au satellite de réception interfère avec l'onde lumineuse d'un laser local. On peut ainsi sensiblement surmonter le bruit de fond, comme pour une radio UKW, ce qui entraîne un taux de données nettement plus élevé avec le même taux d'erreurs de bits.

Communication de données
et observation de la terre
optiques par satellite





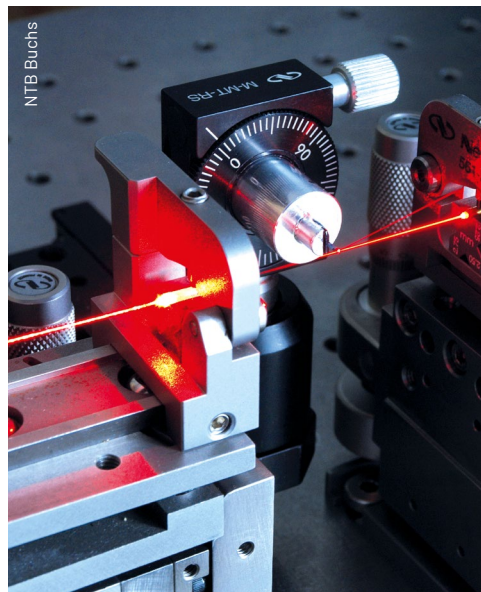
Structures en grilles optiques pour utilisation spatiale : recours à la fonction spectrale

Détection à distance avec des avions et des drones

La transmission optique de données Free-Space d'avions et de drones à des stations terrestres régionales devient également toujours plus importante. Elle est cependant complexe, car il règne autour des stations terrestres régionales des flux d'air agités. Des entreprises suisses telles que Synopta font partie des leaders mondiaux dans le domaine de la transmission optique de données et livrent des installations hétérodynes optiques aussi bien que des terminaux terrestres à des fournisseurs de systèmes internationaux dans l'espace. [c]

Des fibres optiques (y compris nouveaux systèmes de bus/interfaces entre CPU numériques) et de nouvelles procédures optiques cohérentes intégrées sont aussi utilisées pour la transmission de données par fibres optiques

Des chercheurs de l'EPFL travaillent à l'intégration de nouvelles sources laser sur la puce et à leur injection dans les fibres de verre. Ils font tourner des solitons optiques dans des micro-résonateurs en silicium-nitrite sur une puce et produisent ainsi des peignes de fréquences optiques avec une grande bande passante. Ils atteignent ainsi un taux de transmission de données de 55 terabits par seconde sur une distance de 75 kilomètres dans la bande C et dans la bande L de la télécommunication. Cela correspond à plus de cinq milliards de conversations téléphoniques ou à plus de deux millions de canaux HDTV.



Le rayon laser – ultra-rapide, sans perte, très stable : la base d'innombrables applications photoniques

INDICATION DES SOURCES

- [1] Strategies Unlimited, Allen Noguee: «The Worldwide Market for Lasers – Market Review and Forecast 2015»
- [2] MarketsAndMarkets: «Laser Processing Market – Global Forecast to 2022», Market Research Study 2016
- [3] Optech Consulting, Arnold Mayer: «Photonik in der Schweiz – Wirtschaftliche Bedeutung», Mai 2017
- [4] Photonics21: «Market Research Study Photonics 2017», Mai 2017
- [a] www.sps.ch/artikel/physik-und-gesellschaft/nationale-foerderinitiativen-zur-staerkung-des-wissenstransfers-zwischen-hochschule-und-industrie-10
- [b] www.swissphotonics.net/libraries.files/swiss_photonics_market_report_2017.pdf
- [c] www.sps.ch/artikel/physiker-in-der-industrie/optical-space-communication-information-transfer-from-point-to-point-reinhard-h-czichy-synopta-gmbh-st-gallen-2
- [d] Zukunftsinstitut: www.zukunftsinstitut.de/dossier/megatrends

LIENS

Photonics Forschung Deutschland (BMBF)

www.photonikforschung.de

National Photonics Initiative (USA)

www.lightourfuture.org

AIM Photonics (PPP, American Institute for Manufacturing Integrated Photonics)

www.aimphotonics.com

International Day of Light (UNESCO)

www.lightday.org

Groupe spécialisé Swissmem Photonics

www.swiss-photonics-industry.ch

Swissphotonics NTN

www.swissphotonics.net

Erfahrungs- resp. Schlussbericht OPTIQUE II

www.sps.ch/artikel/physik-und-gesellschaft/nationale-foerderinitiativen-zur-staerkung-des-wissenstransfers-zwischen-hochschule-und-industrie-10/

What is Photonics

www.youtube.com/watch?v=PljbV-wsxeg

ORGANISATIONS NATIONALES

Groupe spécialisé Swissmem Photonics

Association des industries suisses de l'optique et de la photonique

Swissphotonics NTN

Réseau thématique national pour la photonique

SATW Académie suisse des sciences techniques

SSOM Société Suisse pour l'Optique et la Microscopie

SEFRI Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation

Innosuisse Agence suisse pour l'encouragement de l'innovation

NCCR National Centres of Competence in Research (NCCRs) / Les Pôles de recherche nationaux (PRN)

ORGANISATIONS INTERNATIONALES

BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung (Deutschland)

EOS European Optical Society

EPIC European Photonics Industry Consortium

OSA The Optical Society of America (USA, globale Bedeutung)

OIDA OSA Industry Development Associates (USA, globale Bedeutung)

SPIE The International Society for Optics and Photonics (USA, globale Bedeutung)

IOA International Optoelectronics Association

NNMI National Network for Manufacturing Innovation (USA)

AIM American Institute for Manufacturing Integrated Photonics (USA)

NPI The National Photonics Initiative (USA)

NQI The National Quantum Initiative (USA)

SBIR Small Business Innovation Research (USA)

DARPA Defense Advanced Research Projects Agency (USA)

PETRA Photonics and Electronics convergence Technology Research Association (Japan)

MITI Ministry of International Trade and Industry (Japan)

APM Technica AG Heerbrugg / SG | Axetris AG Kägiswil / OW
| Berner Fachhochschule Burgdorf | Blösch AG Grenchen /
SO | Bystronic Laser AG Niederönz / BE | CEDES AG Land-
quart / GR | Class 4 Laser Professionals AG Lyss / BE |
CSEM SA Neuchâtel / NE | Empa Dübendorf / ZH | Escatec
Switzerland AG Heerbrugg / SG | ESPROS Photonics AG
Sargans / SG | EXALOS AG Schlieren / ZH | Fachhochschule
Nordwestschweiz Windisch / AG | Feinwerkoptik Zünd AG
Werdenberg / SG | FISBA AG St. Gallen / SG | flo-ir GmbH
Oberdorf / NW | GMP Renens / VD | greenTEG AG Zürich / ZH |
Hochschule für Technik und Wirtschaft Chur / GR | IMT
Masken und Teilungen AG Greifensee / ZH | Inspire AG
Zürich / ZH | Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs /
SG | Leister Technologies SA Kägiswil / OW | METAS Bern / BE |
Mikrop AG Wittenbach / SG | MPS Micro Precision Systems
AG Biel/Bienne / BE | NCCR MUST ETH Zürich / ZH | Optics
Balzers AG Balzers, Liechtenstein | Optotune AG Dietikon /
ZH | Rheinmetall Air Defence AG Zürich / ZH | RhySearch
Buchs / SG | ROFIN-LASAG AG Belp / BE | Safran Vectronix
AG Heerbrugg / SG | SCHOTT Suisse SA Yverdon / VD |
Spectros AG Ettingen / BL | SUSS MicroOptics SA Hauterive /
NE | SwissOptic AG Heerbrugg / SG | Swissphotonics NTN
Wollerau / SZ | Synova S.A. Duillier / VD | TRUMPF Schweiz AG
Grüsch / GR | Unitechnologies SA Gals / BE | WZW OPTIC AG
Balgach / SG | Xenlux AG Buochs / NW | Zünd Precision Optics
Ltd. Diepoldsau / SG | Zürcher Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Winterthur / ZH