

Les technologies de la lumière



UN ATOUT
ÉCONOMIQUE STRATÉGIQUE

MERCI À NOS PARTENAIRES

Cette initiative est rendue possible grâce à l'appui financier de Développement économique Canada pour les régions du Québec.



Développement
économique Canada
pour les régions du Québec

Canada Economic
Development
for Quebec Regions



CMRC-MRC

SPIE.



uOttawa



Honeywell



cenovus
ENERGY



La mission du Consortium photonique de l'industrie canadienne (CPIC)

La mission du CPIC, aussi appelé Photons Canada, est de soutenir les entreprises canadiennes afin d'optimiser leurs opérations et améliorer leurs profits en facilitant et accélérant l'application des technologies photoniques qui améliorent la qualité, la productivité et la rentabilité. Pour plus d'information : <http://photonscanada.ca/>

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE EXÉCUTIF	1
LA PHOTONIQUE - UN ATOUT ÉCONOMIQUE STRATÉGIQUE.....	1
Recommandations	3
1 INTRODUCTION	5
LA LUMIÈRE À L'OEUVRE.....	5
Amélioration des soins de santé.....	7
Énergie et transport.....	7
Sécurité	7
Fabrication de pointe	8
2 LA PHOTONIQUE TRANSFORME VOTRE MONDE.....	9
2.1 SECTEUR AÉROSPATIAL	9
2.1.1 Tendances.....	10
2.1.2 Analyse FFPM.....	10
2.2 SECTEUR DE L'AUTOMOBILE.....	12
2.2.1 Tendances.....	12
2.2.2 Analyse FFPM.....	12
2.3 SECTEUR DES COMMUNICATIONS ET DE LA MICROÉLECTRONIQUE.....	14
2.3.1 Tendances.....	14
2.3.2 Analyse FFPM.....	14
2.4 SECTEUR DE LA SÉCURITÉ-DÉFENSE	16
2.4.1 Tendances.....	16
2.4.2 Analyse FFPM.....	16
2.5 SECTEUR DE L'ÉNERGIE	18
2.5.1 Tendances.....	18
2.5.2 Analyse FFPM.....	18
2.6 SECTEUR DE LA SANTÉ ET DE LA MÉDECINE	20
2.6.1 Tendances.....	20
2.6.2 Analyse FFPM.....	20
2.7 SECTEUR DES RESSOURCES NATURELLES.....	22
2.7.1 Tendances.....	22
2.7.2 Analyse FFPM.....	22
2.8 SECTEUR PHARMACEUTIQUE.....	24
2.8.1 Tendances.....	24
2.8.2 Analyse FFPM.....	24

3	INITIATIVES EN PHOTONIQUE À TRAVERS LE MONDE.....	27
3.1	INVESTISSEMENTS ÉTRANGERS STRATÉGIQUES.....	27
	National Photonics Initiative aux États-Unis	27
	Éducation et formation aux États-Unis	28
	Association of Laser Users (AILU) au Royaume-Uni	28
	Photonics21 en Europe	28
	Asie	28
3.2	ASSOCIATIONS INTERNATIONALES EN PHOTONIQUE.....	29
	European Photonic Industry Association (EPIC)	29
	International Optoelectronic Association (IOA).....	29
	OSA Industry Development Associates (OIDA).....	29
	SPIE	29
3.3	LA PHOTONIQUE AU CANADA.....	29
3.3.1	Les associations de la photonique au Canada	30
3.3.2	Programmes de soutien gouvernemental à l'industrie.....	32
3.3.3	Recherche et développement	32
3.3.4	Centres de R-D canadiens.....	33
	Laboratoire de sources femtoseconde (ALLS - Advanced Laser Light Source)	33
	C2MI.....	33
	Réseau CANARIE (Réseau canadien pour l'avancement de la recherche, de l'industrie et de l'enseignement)	33
	Centre canadien de rayonnement synchrotron	34
	CMC Microsystems	34
	Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC).....	34
	INO.....	34
	Conseil national de recherches du Canada (CNRC)	35
	Centre canadien de fabrication de dispositifs photoniques.....	37
	Optech-CCTT	37
	Solutions Novika.....	37
3.4	CONCLUSION	38
4	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	39
	RECOMMANDATIONS	41
	ANNEXE 1 - LA PHOTONIQUE AU CANADA.....	42
	L'INDUSTRIE PHOTONIQUE CANADIENNE.....	42
	LA R-D CANADIENNE EN PHOTONIQUE	44
	ANNEXE 2 - LA PHOTONIQUE AILLEURS DANS LE MONDE.....	45



SOMMAIRE EXÉCUTIF

La photonique est la science de la lumière – comment la produire, la détecter, la manipuler et l’analyser. Les photons (particules de lumière) ont des propriétés comme la couleur, la polarisation et la directionnalité qui en multiplient leur efficacité d’un ordre de grandeur par comparaison aux électrons et aux circuits microélectroniques. En fait, les photons fournissent notre lien le plus précis avec la matière qui nous entoure et nous offrent une occasion formidable de sonder les matériaux et de leur donner de l’énergie avec une finesse extraordinaire.

Le monde de la haute technologie commence à peine à en exploiter la complexité.

“Making Light Work for Canada”, 2008

LA PHOTONIQUE - UN ATOUT ÉCONOMIQUE STRATÉGIQUE

Depuis environ 20 ans, le Consortium photonique de l’industrie canadienne (CPIC) et ses prédécesseurs se sont consacrés au développement du secteur de la photonique au pays dans le but d’en faire un moteur de la croissance économique propulsé par la haute technologie. Durant cette période, ces organismes ont mobilisé des spécialistes parmi les plus chevronnés et expérimentés qui, à titre bénévole, se sont investis dans cette quête, atteignant des résultats impressionnants. Dans l’exécution de leur mandat, ils ont réalisé une série d’études d’experts impartiales sur le développement du secteur de la photonique qui ont servi à guider les investissements technologiques des secteurs public et privé. Les informations contenues dans ces rapports ont été très utiles à l’industrie photonique émergente. Grâce aux efforts de ces organismes, le Canada a pu maintenir son positionnement parmi les principaux acteurs de ce secteur industriel de plus en plus important.

La photonique est une industrie mondiale de 650 milliards de dollars CDN qui touche tous les secteurs de l’économie et le quotidien de chaque Canadien. Cependant, les technologies de la lumière demeurent méconnues de nos dirigeants et décideurs.



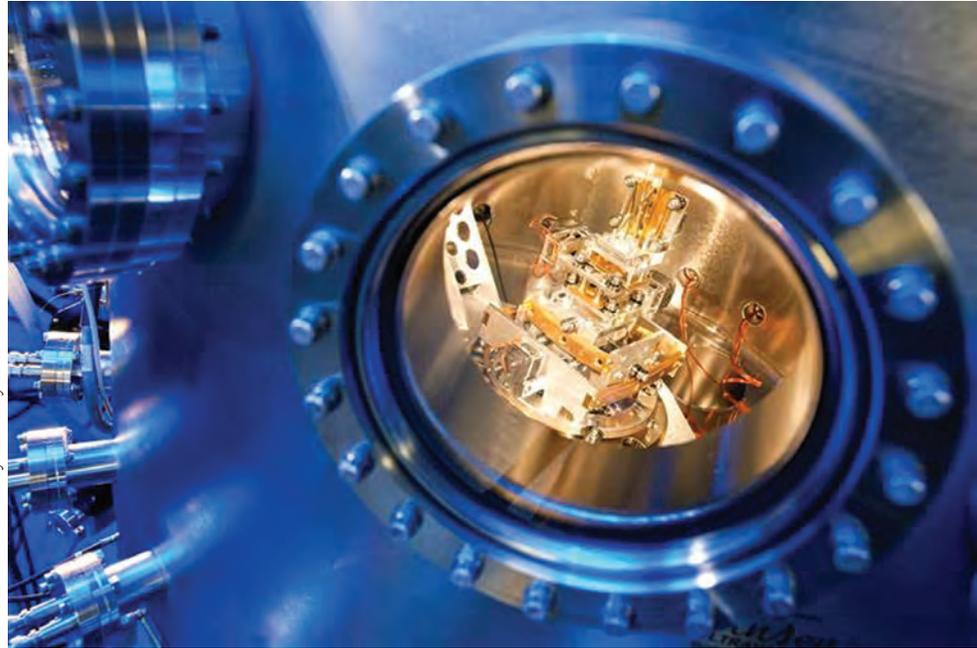
Le Canada compte environ 400 entreprises photoniques qui emploient plus de 25 000 personnes et génèrent un chiffre d'affaires de près de 4,6 milliards de dollars annuellement. Ce chiffre croît en moyenne de 10% par année. Aussi, 65% des revenus proviennent de l'exportation. La plupart de ces compagnies sont des intégrateurs de composants photoniques pour des systèmes et sous-systèmes. Par ailleurs, les importations de produits photoniques ont atteint 6,4 milliards de dollars CDN en 2015, un signe du potentiel accru que présente l'industrie photonique canadienne.

La production en photonique au Canada est profondément ancrée dans les petites et moyennes entreprises (PME) et les entreprises en démarrage dont les revenus se situent entre 1 et 10 millions de dollars et les effectifs ne dépassent pas la cinquantaine d'employés (bien qu'il existe quelques compagnies ou divisions plus importantes). Ces compagnies vont des concepteurs et fabricants de composants (par exemple, des lasers, des fibres optiques) jusqu'aux producteurs d'instruments complets (lasers à fibre, capteurs, caméras, projecteurs, microscopes à balayage, etc.).

Les États-Unis et l'Europe ont défini leur propre stratégie en photonique axée sur leur économie. Il y a urgence pour le Canada d'en faire autant afin d'assurer la croissance de son industrie photonique et de promouvoir l'utilisation de la photonique auprès des entreprises actives dans d'autres secteurs industriels d'importance à l'économie du pays.

Le Canada investit environ 150 millions de dollars CDN dans des centres de R-D et des universités qui mènent des travaux en photonique, ce qui permet d'employer 1000 chercheurs spécialisés dans cette discipline. Cependant, la recherche n'est souvent pas ciblée et la transition de ses résultats vers des débouchés commerciaux lucratifs doit être améliorée.

Photo : Centre canadien de rayonnement synchrotron



Alors que le Canada forme des physiciens de classe mondiale au niveau du doctorat, une pénurie de techniciens et d'ingénieurs d'application entrave la croissance de l'industrie. La plupart des ingénieurs diplômés des universités canadiennes n'ont que très peu été exposés à la photonique, ce qui nuit à la capacité de plusieurs secteurs industriels d'adopter des solutions photoniques.

La photonique détient l'immense potentiel de devenir un important moteur économique pour l'ensemble du pays. En la faisant mieux connaître du grand public et de l'industrie et en misant sur certains domaines d'application potentiels clés, comme l'aérospatiale, l'automobile, les communications et la microélectronique, la sécurité-défense, l'énergie, la santé et la médecine, les ressources naturelles et le pharmaceutique, qui pourraient tous profiter grandement des solutions photoniques, le Canada serait mieux positionné pour tirer parti de l'expertise en place afin d'offrir aux divers secteurs économiques des solutions et de créer des compagnies susceptibles de prendre d'assaut les marchés internationaux.

Notre secteur photonique est arrivé aujourd'hui à un stade critique de son développement. Il y a 20 ans, la photonique était difficile à définir. Aujourd'hui, elle a envahi tous les aspects de notre société. Le Canada peut et doit jouer un rôle important à l'échelle internationale dans le développement de la photonique et la fabrication des produits basés sur ses technologies. Pour ce faire, le pays doit se doter d'une

vision plus stratégique du domaine. En raison de son expertise et de son impartialité, aucun autre organisme que le CPIC n'est mieux positionné pour contribuer à cette mission. Durant une certaine période, le Canada était une véritable puissance dans le secteur spécifique de la photonique pour les télécommunications. Or, si nous voulons profiter pleinement des bénéfices de la croissance soutenue des multiples débouchés internationaux de la photonique, nous devons aborder le secteur avec une approche plus équilibrée de manière à y exercer une plus grande influence.

Recommandations

1. Sensibiliser et améliorer la visibilité

Le niveau des connaissances en photonique et la visibilité de cette discipline au Canada ne sont pas suffisants pour en assurer son adoption par les usagers potentiels et répondre à leurs besoins. La photonique devrait faire partie de tous les programmes de premier cycle en science et en génie. De plus, on devrait accroître l'offre de programmes collégiaux destinés à former des techniciens. Les enseignants et les communicateurs devraient s'engager dans la vulgarisation de la photonique à l'intention du grand public.

2. Impliquer la communauté des usagers

Comme l'ont démontré les ateliers tenus sur les différents secteurs d'application, la communauté de la photonique devrait se rapprocher de la communauté des usagers afin de développer des solutions qui seraient en mesure d'assurer le leadership du Canada dans certains secteurs clés et favoriser de nouvelles possibilités d'exportation. Le programme européen Horizon 2020 a fait valoir la valeur du partenariat entre les différents secteurs économiques. Le Canada devrait encourager les multinationales à se rapprocher de la communauté de la photonique au pays. Ainsi, elles pourraient s'enrichir des capacités de la photonique, offrir de nouvelles possibilités aux intégrateurs de systèmes locaux et appliquer plus efficacement les connaissances canadiennes en matière de procédés.

3. Accroître la commercialisation de la technologie canadienne

En dépit des investissements destinés à favoriser le partenariat dans le secteur de la R-D photonique, la transition et le transfert des technologies du milieu universitaire vers celui des affaires demeurent inadéquats. Nous recommandons l'établissement de programmes qui encouragent une plus grande participation des partenaires industriels et universitaires. Un modèle qui a fait ses preuves est celui qui a été utilisé pour le programme Horizon 2020 dans l'Union européenne. Mentionnons aussi la création récente de l'Institut pour la fabrication intégrée en photonique (American Institute for Manufacturing Photonics) aux États-Unis.

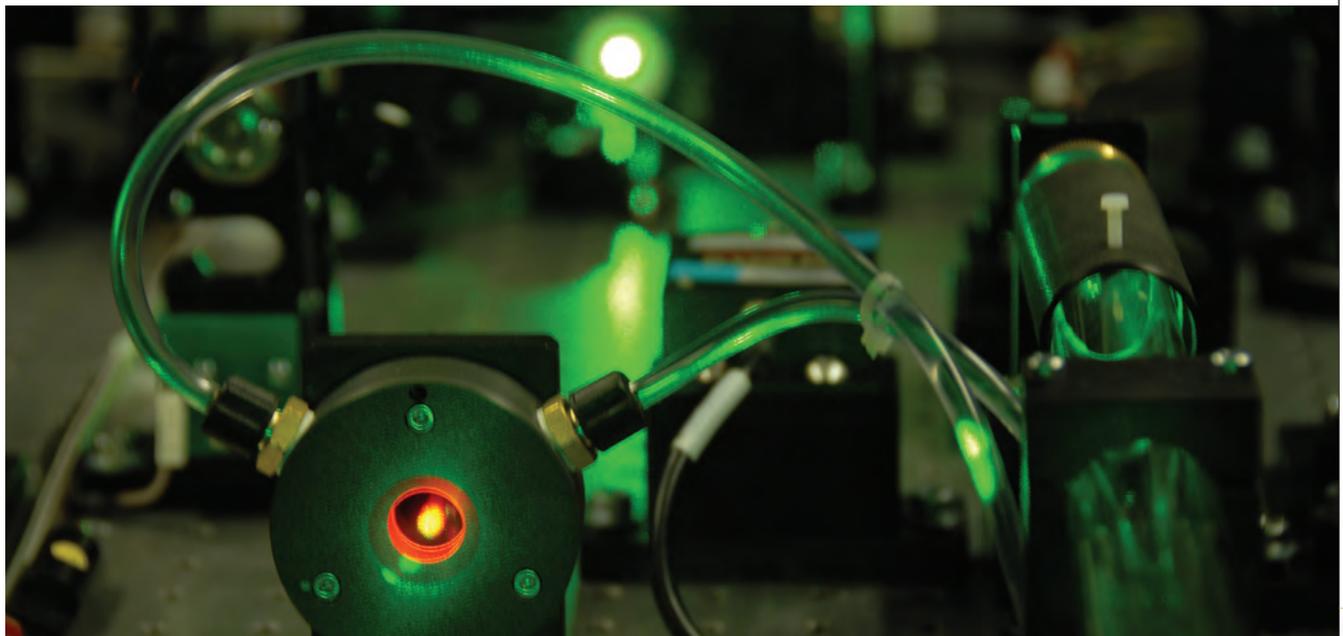


Photo : Recherche et développement pour la défense Canada



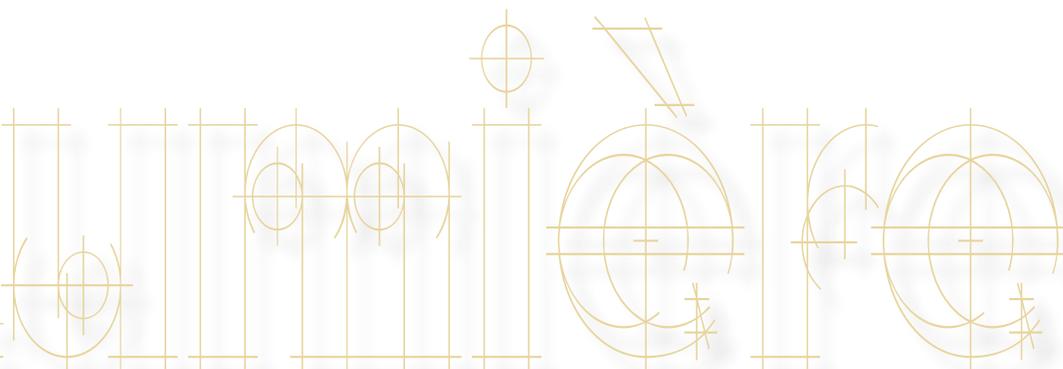


4. Mettre l'accent sur les technologies habilitantes stratégiques pour mieux s'attaquer à des secteurs commerciaux clés actuels et futurs

Il existe de nombreux exemples d'investissements ciblés dans des domaines clés de la photonique dans d'autres pays : l'Institut pour la fabrication intégrée en photonique aux États-Unis, les écrans plats en Corée, l'usinage laser haute puissance en Allemagne, la convergence des technologies de la photonique et de l'électronique au Japon et l'Association des usagers de lasers industriels au Royaume Uni. L'investissement du Canada en photonique est approximatif et peu ciblé. Nous recommandons l'établissement d'un groupe composé de représentants des milieux industriels et universitaires pour veiller à la stratégie en photonique. Son rôle serait de diriger les investissements vers quelques secteurs clés jugés d'importance à l'échelle mondiale au cours de la prochaine décennie et dans lesquels le Canada dispose des compétences nécessaires pour changer les choses.

5. Élargir le modèle du regroupement

En raison de la taille du pays, deux niveaux de regroupement sont importants pour le Canada : un regroupement régional qui organise localement des activités et des occasions de réseautage et un regroupement national qui développe des partenariats entre les groupes régionaux et organise des activités nationales et internationales. La tenue d'activités stimulantes au sein des regroupements encourage l'incubation et le développement d'une distribution équilibrée d'entreprises photoniques. Le regroupement québécois est très dynamique tandis que les groupes similaires en Ontario et dans les provinces de l'Ouest auraient besoin de renforcement.



INTRODUCTION

Le 20 décembre 2013, lors de sa 68^e session, l'Assemblée générale des Nations Unies proclamait 2015 l'Année internationale de la lumière et des technologies fondées sur la lumière. En proclamant une année internationale mettant l'accent sur le thème de la lumière et de ses applications, les Nations Unies ont reconnu l'importance de la sensibilisation mondiale sur la façon dont la lumière et les technologies qui y sont fondées peuvent promouvoir le développement durable et apporter des solutions aux défis mondiaux que sont l'énergie, l'éducation, l'agriculture et la santé. La lumière joue un rôle essentiel dans notre vie quotidienne et est une discipline transversale cruciale de la science au 21^e siècle. Elle a révolutionné la médecine, a ouvert la communication internationale via Internet, et continue d'être un vecteur important qui lie à la fois les aspects culturels, économiques et politiques de la société mondiale. (Réf. : <http://fr.unesco.org/events/lancement-annee-internationale-lumiere-2015>)

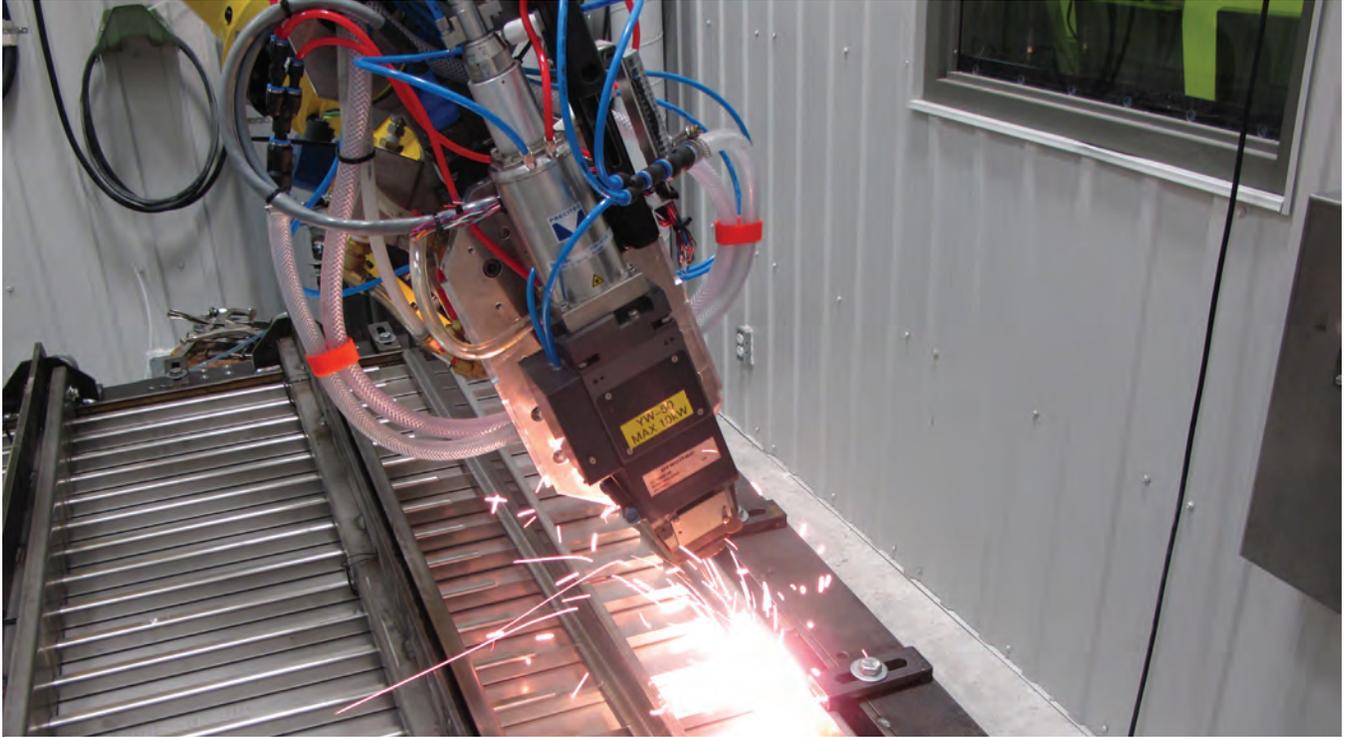
LA LUMIÈRE À L'OEUVRE



Depuis leur découverte, les lasers ont lancé des domaines scientifiques entièrement nouveaux (par exemple, la fabrication de pointe par laser, la fabrication additive, le micro-usinage, l'optique non linéaire, la photochimie et la biophotonique). Le milieu de la haute technologie s'en est trouvé métamorphosé et les applications ont vite fait leur apparition, comme les codes à barre, les systèmes pour la défense et les technologies du milieu du divertissement. Il ne fait aucun doute que la photonique aura bientôt un effet tout aussi important sur les soins de santé, les procédés de fabrication, les sources d'énergie et l'environnement.

La photonique nous permet de générer, de transmettre et d'utiliser la lumière pour une multitude d'applications qui ont déjà amélioré notre quotidien. Alors que la fin du 20^e siècle était l'ère de l'électronique, le début du 21^e siècle appartiendra à la photonique.

Le Canada a toujours joué un rôle de premier plan au sein de la communauté internationale de la photonique. Nous avons investi substantiellement en recherche, avons fait d'importantes contributions technologiques et abritons maintenant plusieurs regroupements de compagnies et de centres de recherche actifs en photonique à travers le pays.



Quels sont les facteurs qui accroîtront l'impact de la photonique sur l'économie canadienne ? Le présent rapport tentera de répondre à cette question.

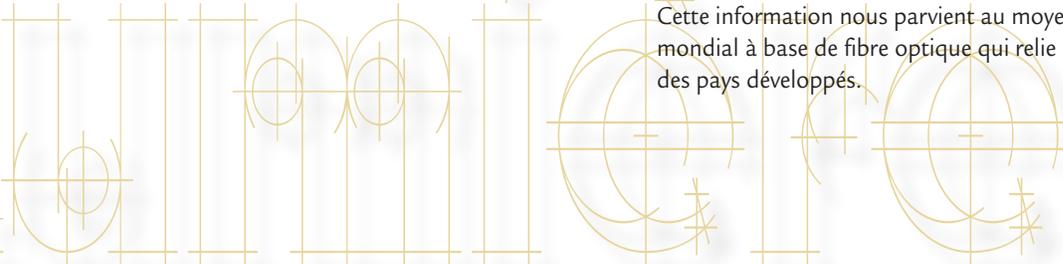
- Nous examinerons la situation de la photonique au Canada, à partir de ses fondements en science jusqu'à ses retombées actuelles en production.
- Nous considérerons l'étendue de ses applications dans les secteurs principaux de l'économie.
- Nous évaluerons l'impact de la formation et de l'éducation sur la création d'une main-d'œuvre hautement qualifiée.
- Nous ferons des recommandations sur les moyens que le Canada peut prendre pour améliorer son positionnement international en photonique.

Bien qu'omniprésente dans une vaste gamme de produits de consommation qu'elle a révolutionnés, la photonique demeure méconnue des consommateurs qui l'ont rapidement accepté dans leur quotidien. Le marché des biens de consommation au Canada profite, comme nul autre, des outils issus des technologies photoniques qui ont transformé les industries du divertissement et de l'informatique. Nous n'avons qu'à penser aux volumineux écrans cathodiques d'ordinateur

et de télévision tombés en désuétude avec une rapidité déconcertante et remplacés par des écrans plats élégants et compacts à cristaux liquides ou à DEL et par des tablettes qui abondent sur les étagères des magasins d'électronique du Canada invitant les consommateurs à en faire l'acquisition.

Grâce aux lasers semiconducteurs peu coûteux et aux techniques de génie optique de haute précision, les CD et DVD demeurent la norme en matière de stockage de données polyvalent pour utilisation permanente et temporaire. La photonique contribue aussi à réduire le nombre de composants microélectroniques tout en augmentant la capacité des ordinateurs et des modules mémoires. Par ailleurs, les écrans à DEL et à cristaux liquides à faible coût révolutionnent les appareils portables comme les cellulaires et les assistants numériques personnels et rendent possibles l'intégration de caméras et d'afficheurs couleur pour la vidéo haute définition. Même la caméra numérique est le résultat d'immenses progrès du côté des capteurs d'image à état solide.

L'internet et la technologie sans fil nous procurent un accès gratuit et instantané aux sources d'information et de divertissement – quel que soit l'endroit où nous nous trouvons : à domicile, au bureau ou durant nos déplacements. Cette information nous parvient au moyen d'un réseau mondial à base de fibre optique qui relie la plupart des villes des pays développés.



En même temps qu'ils assurent la transmission des données par l'entremise de réseaux optiques, les fournisseurs de services câblés et sans fil se pressent pour satisfaire notre demande insatiable de bande passante en ciblant la technologie de la fibre jusqu'au domicile. Cette situation n'existerait pas sans les avancées technologiques considérables qui ont rendu disponibles des composants photoniques à haut rendement.

Amélioration des soins de santé

La lumière est un outil efficace et non invasif pour le diagnostic et le traitement médical. Les systèmes laser sont utilisés communément en chirurgie pour les interventions à l'intérieur comme à l'extérieur du corps. Les lasers permettent d'intervenir de façon plus sélective que les techniques conventionnelles et causent moins de saignement, ce qui accélère le rétablissement.

Les traitements photoniques sont de plus en plus en demande pour des interventions comme la correction visuelle, la correction d'anomalies cutanées et pigmentaires et l'épilation.

La thérapie photodynamique – l'utilisation de médicaments activés par la lumière lesquels ciblent sélectivement les cellules malignes – est plus rapide et précise et laisse moins de séquelles que les traitements conventionnels dans le cas de plusieurs cancers.

En médecine dentaire, des résines traitées optiquement ont remplacé les amalgames pour sceller les obturations. Aussi, les dentistes remplacent leur fraise à haute vitesse par des dispositifs laser et utilisent l'imagerie 3D pour réaliser des implants de haute précision.

Les biopsies font désormais partie des nombreux champs d'application de la photonique grâce à des instruments d'analyse de tissu qui tirent avantage de cette technologie. De plus, des appareils d'analyse photoniques compacts permettent aux médecins de poser des diagnostics dans leur cabinet plutôt qu'à l'hôpital. La photonique nous permettra de surveiller notre santé à domicile et de communiquer les données recueillies directement à notre médecin.

En dentisterie, les résines durcies optiquement remplacent les remplissages d'amalgame. De plus, non seulement les dentistes remplacent les perceuses à haute vitesse par des systèmes laser, ils utilisent aussi l'imagerie 3D pour produire des implants de haute précision.

Énergie et transport

Aux prises avec la nécessité de réduire la consommation d'énergie et les émissions de dioxyde de carbone, les gouvernements nous encouragent à remplacer les ampoules incandescentes par des ampoules à faible énergie. Il s'agit cependant que d'une solution temporaire. Les diodes électroluminescentes (DEL) à forte intensité sont devenues une source de choix pour tous les systèmes d'éclairage. La technologie est utilisée de façon répandue pour l'affichage et des applications en architecture et en sécurité. Les DEL – dont l'utilisation est courante pour la signalisation routière en Amérique du Nord – servent également à éclairer les tableaux de bords des véhicules et sont la source lumineuse des phares arrière et avant. De plus, elles sont couramment utilisées dans les cabines de trains et d'avions.

Les progrès en photonique ont rendu les cellules solaires plus efficaces et contribuent à la transition des combustibles fossiles vers des sources d'énergie renouvelables. Grâce à son Programme de tarifs de rachat garantis, l'Ontario est le chef de file canadien de la mise en service d'usines solaires. L'Alberta envisage aussi sérieusement de mettre en service des usines photovoltaïques.

Les véhicules ont maintenant incorporé des dispositifs laser comme des lidars et des appareils d'imagerie dans leur système anticollision et de vision arrière. Enfin, pour les systèmes de divertissement et de surveillance à la fois dans les véhicules terrestres et dans les avions, les fibres optiques de plastique remplacent de plus en plus les fils de cuivre, ce qui entraîne une réduction importante d'espace et de poids.

Sécurité

Puisqu'ils sont compacts et à l'abri d'interférences électromagnétiques, les capteurs photoniques conviennent parfaitement à des applications dans les sites difficiles d'accès. C'est pourquoi leur utilisation se répand pour surveiller des points névralgiques des câbles de transmission électrique et pour mesurer la température à l'intérieur des puits de pétrole.

Les capteurs photoniques jouent un rôle important pour assurer la sécurité. Intégrés à l'intérieur de structures comme les ponts, ils peuvent transmettre des alertes avancées de défaillance potentielle. Un autre exemple d'application dans le domaine de la sécurité qui présente un fort potentiel commercial est le déploiement d'une seule fibre optique autour d'un périmètre de plusieurs kilomètres permettant ainsi de détecter une intrusion à quelques mètres près. De tels systèmes font d'excellents appareils de sécurité hautement sensibles et facilement déployables.



Le secteur de la défense investit abondamment en photonique pour des équipements de détection de pointe comme des systèmes infrarouges de vision de nuit et des systèmes de guidage et d'armement fondés sur le laser. En effet, les bus de données à base de fibre optique et une panoplie de capteurs optiques sont devenus la norme à l'intérieur des avions militaires évolués. Équipés de gyroscopes fibrés plus compacts, précis et moins énergivores que les dispositifs conventionnels, ces plus récents systèmes optiques sont utilisés de façon répandue par les militaires dans leurs avions et leur armement. Le concept "fly-by-light" devient une réalité.

Les gouvernements investissent des centaines de millions de dollars annuellement en technologies optiques de pointe pour la détection. La liste d'acquisition inclut des spectromètres laser portables capables de détecter et de mesurer des gaz et autres agents aériens à des centaines de mètres.

Fabrication de pointe

Les progrès réalisés dans l'industrie des semi-conducteurs ont permis jusqu'à récemment des améliorations en lithographie optique par laser ultraviolet qui ont réduit la taille des dispositifs. La prochaine génération de systèmes de lithographie devrait faire appel à des sources laser de rayons X mous. La réparation de puces ou d'écrans plats par laser constitue un moyen d'atteindre des rendements et des prix attractifs pour le marché. L'utilisation de lasers ultrarapides pour la microfabrication et l'introduction de la photonique à l'échelle de la puce augmentera le rendement des systèmes électroniques et réduira du coup leur empreinte et consommation énergétique.

L'utilisation des lasers pour la découpe précise de formes dans des matériaux aussi divers que le métal et le textile constitue une innovation importante. La soudure et le positionnement par laser sont devenus des technologies courantes sur des chaînes de production automobile moderne. L'usinage additif par laser et l'impression 3D sont des technologies qui s'appliquent à des matériaux légers et résistants à la corrosion qui accélèrent la production tout en réduisant la quantité requise. L'industrie du bois d'œuvre utilise les lasers comme outil de mesure pour maximiser le rendement de chaque bille de bois. En effet, les systèmes de vision de pointe s'installent couramment sur les chaînes de production pour contrôler les procédés de production et la qualité. Comme nous le savons bien, la plupart des produits que nous achetons sont marqués par laser, ce qui permet de les identifier et d'en assurer le suivi par le balayage de code à barres.



LA PHOTONIQUE TRANSFORME VOTRE MONDE

En 2015, le Consortium photonique de l'industrie canadienne a organisé des ateliers sur la photonique destinés aux secteurs d'application qui sont importants à l'économie du Canada. Ces ateliers avaient pour but d'encourager des discussions de groupe entre représentants de l'industrie, des universités et des centres de R-D. Les ateliers ont permis des échanges sur les marchés actuels et potentiels et sur les tendances technologiques dans chacun des secteurs ainsi que dans le domaine de la photonique. Ils ont aussi donné lieu à une analyse FFPM (forces, faiblesses, possibilités et menaces) de la photonique pour chacun de ces secteurs d'application critiques à l'économie.

2.1 SECTEUR AÉROSPATIAL

Composé de plus de 700 compagnies employant quelque 180 000 personnes et enregistrant des revenus de 28 milliards de dollars, le secteur aérospatial est d'une importance capitale pour l'économie canadienne. Selon l'Association des industries aérospatiales du Canada, 73% de l'activité du secteur est centrée sur la production. De plus, l'organisme prévoit que la production d'aéronefs civils connaîtra un bond de 22% de 2014 à 2021.

La photonique améliore la qualité, la productivité et la rentabilité dans de nombreux secteurs, y compris dans le secteur aérospatial. En effet, la gamme de technologies pertinente au secteur est vaste et comprend les fibres optiques utilisées comme guides d'ondes ou comme composants pour les systèmes de communications et de détection; les lasers pour éclairer et pour usiner les matériaux; les systèmes d'imagerie 2D et 3D; les systèmes d'affichage tête haute; les systèmes de projection sur grand écran; les diodes électroluminescentes et les capteurs d'énergie solaire. La photonique deviendra, plus qu'elle ne l'est aujourd'hui, un élément stratégique et une technologie habilitante critique pour les procédés de fabrication de l'avenir pour le secteur de l'aérospatial. Grâce à des outils propulsés par la lumière, comme les lasers haute puissance, les procédés sont pris en charge de façon automatique et polyvalente pour la fabrication de produits d'une qualité exceptionnelle. En raison de la tendance vers des produits sur mesure et de l'importance grandissante de la conception industrielle, des méthodes innovantes seront nécessaires pour permettre la fabrication de produits aux formes nouvelles. De nouveaux procédés de fabrication de pointe qui ouvriront la voie à des produits sur mesure, à la fabrication rapide et à la production sans faille seront d'une grande importance. Les lasers à fibre haute-puissance, qui ont remplacé les sources à large empreinte, pour des applications d'usinage et de fabrication avancée sont à l'origine de la plus récente tendance dans ce domaine. Devenus des produits

Optiwave Systems Inc. est un chef de file dédié au développement de logiciels pour la conception, la simulation et l'optimisation des composants, liens, systèmes et réseaux pour application à la photonique, aux nanotechnologies, à l'optoélectronique et aux communications optiques. Depuis sa création en 1994, Optiwave fabrique des logiciels qui sont exploités sous licence dans plus de 1000 entreprises et universités de premier plan et distribués dans plus de 70 pays. Aujourd'hui, par ses logiciels d'automatisation avancés pour la conception photonique et ses services de conception technique sur mesure, Optiwave procure un véritable avantage concurrentiel à ses clients en leur permettant d'accéder au marché plus rapidement et en améliorant la qualité de leurs produits ainsi que leur productivité et leur rentabilité.



Parmi ses produits, mentionnons des logiciels de conception de composants optiques qui tiennent compte de la méthode des différences finies dans le domaine temporel ainsi que de la propagation du faisceau. Il y a aussi des logiciels qui permettent l'échantillonnage par blocs dans le domaine temps/fréquence et la réalisation de simulateurs analogiques à l'échelle du circuit pour des systèmes et sous-systèmes photoniques.

L'équipe de scientifiques, d'ingénieurs et de concepteurs de logiciels d'Optiwave est basée au siège social de l'entreprise à Ottawa (Ontario). Son réseau de distribution couvre les Amériques, l'Europe et l'Asie. Optiwave demeure à la base une compagnie de R-D dont la force est sa capacité d'entretenir des liens privilégiés avec la communauté de la recherche institutionnelle et universitaire. Ainsi, Optiwave est en mesure de maintenir son positionnement international en tant que référence en matière de conception de systèmes photoniques.

de consommation courante, les diodes électroluminescentes (DEL) de même que les lasers couvrent tout le spectre du visible et sont maintenant utilisés pour l'affichage et l'éclairage. La résolution des systèmes électro-optiques et d'imagerie multispectrale continue de s'améliorer au moyen du traitement d'images. De nouvelles applications se développent grâce aux progrès enregistrés au chapitre de l'affichage 3D et du traitement de l'information. Des travaux sont en cours pour mettre au point des technologies innovantes dont les capteurs à fibre légers, les systèmes d'imagerie hyperspectrale, la photonique sur silicium et les panneaux solaires qui profiteront à l'aérospatiale. Bien que l'industrie canadienne de la photonique soit composée principalement de PME, celles-ci couvrent néanmoins la plupart de ces technologies.

2.1.1 Tendances

Réduire le poids et la consommation énergétique des aéronefs est primordial pour économiser le carburant. La surveillance en temps réel des systèmes aéroportés pour l'optimisation des paramètres de vol nécessite des capteurs sophistiqués. Les cockpits avancés nécessitent des systèmes d'affichage de haute résolution et un éclairage efficace. Les techniques photoniques de fabrication de pointe devraient réduire les coûts liés à la production. Aussi, les technologies photoniques pour l'inspection et l'entretien sont appelées à jouer un rôle de premier plan pour améliorer la fiabilité et la sécurité. Par ailleurs, en raison des menaces terroristes, les contremesures mises en œuvre pour assurer la sécurité suscitent un intérêt grandissant. La robotique fait déjà partie des technologies en application et verra son rôle s'accroître sous l'impulsion des améliorations futures. L'utilisation des lasers pour la découpe, la soudure et l'usinage de surface continuera à progresser. Il en

va de même pour la fabrication additive. Il est aussi prévu que des outils immersifs, comme des systèmes électro-optiques de simulation et des afficheurs pour l'entretien et la fabrication virtuels, serviront aux exercices de simulation et à la formation. L'introduction de matériaux composites et le remplacement du câblage électrique par des fibres optiques auront un impact majeur sur la réduction du poids. Des nouvelles technologies comme les fenêtres assombrissantes et des commandes de vols optiques commencent à faire leur apparition.

2.1.2 Analyse FFPM

L'écosystème aérospatial canadien est très bien intégré verticalement. Le secteur a développé un réseau très efficace d'universités qui forment du personnel hautement qualifié et de centres de R-D qui valorisent la technologie. S'ajoutent des PME et des organismes gouvernementaux qui tous ensemble assurent le transfert efficace des connaissances vers les secteurs d'application.

Les grandes compagnies du secteur aérospatial nécessitent une prestation de services à grande échelle et à un niveau de maturité technologique (NMT) élevé. Cependant, les compagnies canadiennes du domaine de la photonique sont principalement des PME et des fabricants de produits sur mesure. Le Canada ne dispose pas d'organismes comme DARPA aux États-Unis qui soutient le développement de nouvelles technologies. De plus, les règlements ITAR présentent des défis de taille aux compagnies canadiennes. Heureusement, il existe des programmes qui appuient la mise en œuvre de solutions pour l'industrie aérospatiale et il appartient aux compagnies photoniques d'en prendre avantage.

Bien que la faiblesse des PME soit leur taille, elles offrent au secteur de l'aérospatiale des solutions permettant de réduire le poids et les besoins énergétiques. Le milieu de la photonique doit profiter de toutes les occasions pour se faire connaître des associations d'usagers finaux et des compagnies. Les entreprises en photonique doivent aussi augmenter leur NMT dans le but de mieux répondre aux besoins des compagnies du secteur aérospatial.

La concurrence au niveau mondial pour des produits à faible coût et à valeur ajoutée menace l'industrie canadienne de la photonique. Les compagnies canadiennes du domaine seraient bien avisées de développer des niches pour répondre aux besoins précis de l'aérospatiale. Pour ce faire, elles doivent développer des connaissances et de l'expertise tout au long de la chaîne d'approvisionnement de l'aérospatiale.

TABLEAU 2.1 *La photonique pour le secteur aérospatial*

Tendances du milieu des affaires	
Fabrication avancée	
Réduction du poids et de la consommation énergétique	
Optimisation des paramètres de vol	
Inspection et entretien	
Éclairage plus efficace	
Afficheurs haute résolution	
Expérience passager (divertissement, connectivité, etc.)	

Tendances technologiques	Tendances des technologies photoniques
Utilisation accrue de matériaux composites	Résolution accrue des systèmes électro-optiques tels les imageurs, capteurs à fibre et lidars
Utilisation répandue des technologies robotiques	Fabrication additive au laser
Utilisation des lasers pour la soudure, la découpe, l'usinage de surface, etc.	Les DEL et les lasers pour l'affichage et l'éclairage
Fabrication additive au laser et impression 3D	Amélioration des afficheurs 3D
Simulation par systèmes électro-optiques	Utilisation accrue de lasers à fibre

ANALYSE FFPM	
Forces canadiennes	Faiblesses canadiennes
Les deux secteurs ont développé de solides compétences dans divers marchés.	Alors que le programme RS&DE soutient le développement de nouvelles technologies, il n'y a aucun soutien à la commercialisation.
De nombreuses années cumulées en expertise et en développement technologique dans les domaines de l'aérospatiale et de la photonique.	Le Canada ne reconnaît pas la photonique comme un atout industriel stratégique contrairement à l'Europe et aux États-Unis.
L'écosystème aérospatial est très bien structuré et efficace au chapitre de la formation de PHQ et du transfert de nouvelles technologies aux entreprises.	Manque de liens de communication entre les secteurs aérospatial et photonique
Réseautage efficace dans le secteur aérospatial entre les universités, les centres de R-D, le secteur privé et le gouvernement	Les technologies clés requises proviennent de l'Allemagne pour la fabrication et de l'Asie pour les afficheurs.

Possibilités pour le Canada	Menaces pour le Canada
Plusieurs technologies photoniques actuelles peuvent déjà répondre aux besoins du secteur aérospatial.	Si les solutions photoniques ne sont pas disponibles au Canada, les compagnies aérospatiales les trouveront ailleurs.
Les compétences en photonique devraient être mises en évidence auprès des associations d'usagers finaux et des compagnies.	Une forte concurrence mondiale pour des produits peu coûteux et à valeur ajoutée.
La photonique offre d'excellentes technologies pour réduire le poids et la consommation énergétique.	Si l'importance de la photonique n'est pas reconnue, le Canada ne pourra pas se positionner dans le marché international et le PHQ s'installera aux États-Unis ou en Europe.
Le développement accéléré des véhicules aériens sans pilote offre la possibilité de faire l'essai de technologies favorisant la réduction du poids et la faible consommation d'énergie.	

2.2 SECTEUR DE L'AUTOMOBILE

Le secteur de la construction automobile aussi est critique à l'économie du Canada. Selon des statistiques sur l'industrie canadienne, la construction automobile emploie environ 37 000 personnes et sa production totale s'élève à 53 milliards de dollars. S'ajoutent à cela environ 64 000 emplois dans le domaine de la fabrication des pièces pour une production de 24 milliards de dollars. La productivité y est très élevée. Les matériaux et les fournitures représentent entre 64% et 83% de la production (source : Statistiques de l'industrie canadienne, www.ic.gc.ca). Basée sur une tendance observée du côté des véhicules autonomes comme l'ont démontré Apple et Google, la voiture de l'avenir sera équipée de capteurs variés, de radars, de caméras et de lidars. Il s'agit de technologies issues du secteur de la photonique qui présentent des occasions d'affaires futures fort intéressantes pour son industrie.

Plusieurs domaines de la photonique sont pertinents au secteur de l'automobile : les technologies de l'information et des communications (TIC), la fabrication de pointe, l'imagerie, la détection, le contrôle, l'affichage et l'éclairage. Bien que la plupart des entreprises en photonique soient des PME, elles ont tout de même développé leur niche et produisent des composants, de l'équipement, des logiciels et des circuits intégrés photoniques pour les communications optiques qui pourraient être utilisés dans la construction automobile. Les lasers à fibre haute puissance se sont avérés une des plus importantes innovations des récentes années pour le secteur automobile. En effet, ils sont utilisés pour la découpe, la soudure, la fabrication additive et d'autres procédés de fabrication avancée. De nouveaux procédés de fabrication de qualité exceptionnelle permettront la fabrication sur mesure à grande échelle et la production rapide et sans faille. Ces procédés prendront toute leur importance à l'avenir avec l'introduction de nouveaux matériaux composites légers pour améliorer la consommation énergétique. Les procédés laser innovants conféreront un avantage concurrentiel indéniable à l'industrie automobile. Les capteurs à fibre optique et les capteurs distribués complètent l'offre canadienne. Des compagnies travaillent à l'amélioration des procédés et à la surveillance de l'environnement tandis que d'autres offrent des solutions d'affichage et d'éclairage à base de DEL. L'industrie photonique canadienne présente d'excellentes possibilités au secteur automobile.

2.2.1 Tendances

En plus d'utiliser la robotique pour la fabrication avancée et les lasers pour la découpe, la soudure et l'usinage des surfaces, la tendance vers la fabrication sur mesure et l'importance grandissante de la conception industrielle feront intervenir des méthodes innovantes qui rendront possibles des produits aux formes nouvelles. De nouveaux procédés de fabrication de qualité exceptionnelle qui permettront la fabrication sur mesure à grande échelle et la production rapide et sans faille deviendront encore plus importants. L'industrie automobile sera aussi à la recherche de technologies pour améliorer la sécurité des voitures et protéger l'environnement. L'aide à la conduite, l'éclairage amélioré, la protection des piétons et le

régulateur de vitesse adaptatif aideront au développement de véhicules plus sécuritaires. Pour la connectivité de voiture à voiture ou de voiture à infrastructure, il faudra mettre au point des liens sans fil, de l'interface homme-machine et du traitement de données de navigation. Enfin, dans le but de protéger l'environnement, il faudra travailler du côté de la réduction des émissions, des sources d'énergie alternatives et de la réduction du poids.

Il sera important d'améliorer l'éclairage et de le rendre plus efficace. La voiture de l'avenir devra être construite de matériaux innovants et être équipée d'éléments optiques de pointe. De nouveaux outils seront nécessaires pour en assurer la construction. En raison de l'énorme quantité de données générées par les nombreux capteurs, la collecte de données et la conscience de la situation seront critiques et feront appel à des systèmes de vision intelligents et à des composants microélectroniques avancés. Enfin, il faudra de nouvelles technologies pour le stockage de l'énergie.

En raison de leur grande puissance et de leur efficacité électrique de 35%, les lasers s'avèrent des outils de choix pour la fabrication dans le secteur de l'automobile. Par ses capacités de découpe en 2 et 3 dimensions, le laser devient plus pratique que l'estampage pour les métaux minces. La soudure par point à distance est 9 fois plus rapide que la méthode usuelle. Pour les véhicules lourds qui requièrent la soudure de matériaux épais, une méthode hybride par laser est 4 fois plus rapide que le procédé usuel. Les lasers servent aussi au brasage, au revêtement, à l'usinage thermique, au perçage et au marquage. Les microlentilles et les insertions holographiques sont des technologies qui conviennent à la production de masse et qui apportent un complément à l'éclairage DEL. Les capteurs à fibre améliorés, les systèmes d'imagerie et les panneaux d'affichage de pointe sont d'autres technologies photoniques applicables au secteur automobile.

2.2.2 Analyse FFPM

Le Canada dispose de quelques centres pour l'usinage par laser. Novika, INO et quelques universités disposent des capacités et de l'expertise pour développer des procédés laser haute puissance. Le soutien gouvernemental à l'industrie est efficace grâce aux centres de R-D gouvernementaux et aux programmes PARI du CNRC, RS&DE et Construire au Canada. Avec un grand nombre d'universités actives en photonique, une main-d'œuvre hautement qualifiée est offerte à l'industrie.

Les fabricants du domaine de l'automobile et des pièces automobiles qui désirent adopter les procédés laser doivent évaluer la valeur ajoutée de modifier leurs procédés de fabrication et obtenir du soutien pour introduire ces nouveaux procédés. Les programmes gouvernementaux représentent toujours des coûts indirects substantiels pour les PME. Aussi, bien que la formation des étudiants soit adéquate au chapitre des procédés de fabrication et du génie mécanique, leurs connaissances de la photonique est limitée, voire inexistante. Il n'y a pas de liens entre les regroupements de l'automobile et de la photonique. Les universités et les entreprises doivent travailler plus étroitement ensemble comme cela est le cas dans d'autres pays.

Il sera très important de sensibiliser le secteur automobile aux avantages d'adopter la photonique et l'usinage laser. Les entreprises photoniques devraient développer des solutions à faible coût pour en favoriser l'utilisation par le secteur automobile. Puisque la voiture de l'avenir aura besoin d'un grand nombre de capteurs et de systèmes d'imagerie, la communauté photonique se voit offrir une occasion en or d'appuyer ce secteur et de développer des liens serrés avec lui. En travaillant en étroite collaboration avec l'industrie, les chercheurs universitaires développeront une approche plus

axée sur les besoins de ce secteur et les gens de l'industrie seront en mesure de mieux comprendre le milieu de la recherche.

Puisque les compagnies en démarrage trouvent plus facilement des capitaux d'investissement aux États-Unis, les étudiants canadiens de talent seront peut-être tentés d'y aller pour démarrer leur compagnie. Nous avons besoin de plus d'étudiants en photonique pour assurer la future croissance. La concurrence mondiale pour la main-d'œuvre et les technologies est très forte. Par conséquent, le Canada doit développer des solutions rapidement afin de conserver son positionnement à l'international.

TABLEAU 2.2 *La photonique pour le secteur automobile*

Tendances du milieu des affaires	
La fabrication de pointe de matériaux composites légers	
Équiper les véhicules pour la navigation sécuritaire	
Communication visuelle directe de véhicule à véhicule	
Éclairage au moyen de nouvelles sources efficaces.	
La soudure au laser améliorera l'efficacité et la rapidité de la production.	
Les technologies vertes aideront à l'économie d'énergie et à la réduction du poids.	

Tendances technologiques	Tendances des technologies photoniques
Surveillance de l'environnement en temps réel	Capteurs d'image et systèmes de vision améliorés
Usinage à très haut débit	Précision accrue des systèmes de fabrication au moyen de technologies photoniques
Systèmes de vision intelligents	Équipement de fabrication à 5 axes pour guider l'usinage laser
Éclairage dynamique grâce à la nano/micro-technologie, aux matériaux innovants et aux éléments optiques	Fabrication de pointe avec un facteur de qualité amélioré
Technologie de fabrication plus efficace pour les composants automobiles	Lasers haute puissance, haute fréquence et à impulsions brèves

ANALYSE FFPM	
Forces canadiennes	Faiblesses canadiennes
L'usinage laser pour améliorer la productivité des grandes compagnies	Manque de communications efficaces entre l'industrie et les universités. Le Fraunhofer-Gesellschaft d'Allemagne serait un bon modèle pour le Canada.
Novika est une bonne ressource pour les PME qui souhaitent utiliser des lasers pour l'usinage.	Manque d'occasions de créer des partenariats entre la communauté de la photonique et les usagers finaux
Main-d'œuvre hautement compétente parmi les étudiants des cycles supérieurs en photonique	Aucune formation en photonique pour les étudiants de 1 ^{er} cycle et les étudiants dans les programmes techniques
Infrastructure de recherche bien équipée	Le transfert se fait lentement entre la recherche, la valorisation et l'innovation.
Aide gouvernementale à l'industrie grâce aux programmes PARI et RS&DE	Les programmes gouvernementaux entraînent des coûts indirects qui ne sont pas abordables pour les PME.

Possibilités pour le Canada	Menaces pour le Canada
L'utilisation de lasers ultrarapides pour l'usinage de matériaux composites légers	Des ententes de partenariats internationaux pourraient accélérer le départ de personnel compétent.
Développer des regroupements régionaux pour rapprocher le milieu de la photonique des usagers finaux locaux	La concurrence mondiale est intense. Risque de perdre nos compagnies et nos gens compétents.
Développer une démarche de résolution de problèmes entre les associations d'usagers finaux et la communauté de la photonique	Le bassin de talents rapetisse. Moins d'étudiants sont intéressés à entreprendre une carrière en photonique.
Développer une approche axée sur l'industrie dans les universités.	Si le Canada n'est pas en mesure d'attirer de l'investissement, cela pourrait provoquer un exode de talent et de propriété intellectuelle.
Enseigner les principes de base de la photonique aux étudiants de 1 ^{er} cycle et aux étudiants de programmes techniques	Technologies concurrentes et technologies photoniques perçues comme étant inabordables
Améliorer la collaboration industrie-université au moyen du modèle allemand Fraunhofer-Gesellschaft.	

2.3 SECTEUR DES COMMUNICATIONS ET DE LA MICROÉLECTRONIQUE

Le Canada compte de nombreuses compagnies dans le domaine des communications. Plusieurs chefs de file mondiaux ont des installations techniques d'envergure au pays comme Ciena, Alcatel-Lucent, Huawei, Cisco, Ericsson. De plus, plusieurs autres compagnies offrent des produits et des composants à ces géants ou occupent des marchés niches complémentaires grâce à des produits et services basés sur l'optique. Ces compagnies sont Viavi Solutions (anciennement JDS Uniphase) et Lumentum (qui provient d'une ancienne division de JDS Uniphase), EXFO et TeraXion, pour ne nommer que celles-ci.

Selon Statistique Canada, la composante manufacturière du secteur des technologies de l'information et des communications (TIC) exporte 81% de sa production, pour un total de plus de 10 milliards de dollars en 2013. Cela représente néanmoins une diminution de 39% par rapport à 2007. Notre industrie des communications doit affronter la marchandisation des dispositifs de télécommunications, une tendance qui prend de l'ampleur en raison de l'actuelle poussée vertigineuse des centres de données. Néanmoins, plusieurs compagnies basées au Canada ont réussi à prendre appui sur leur expertise interne et leurs capacités d'innovation pour développer, breveter et commercialiser des composants et des sous-systèmes à forte valeur ajoutée qui, du moins pour le moment, sont moins susceptibles de faire l'objet d'une marchandisation par un fabricant étranger. Pourtant, la viabilité à long terme de ces compagnies serait grandement assurée si le Canada développait des stratégies technologiques pertinentes en lien avec la photonique qui s'attaqueraient à deux fronts. Premièrement, il importe de stimuler la croissance de notre industrie des télécommunications. Deuxièmement, nous devons accélérer l'adoption de la photonique par nos entreprises canadiennes dans plusieurs secteurs industriels d'importance à notre économie.

2.3.1 Tendances

Bien que les activités de R-D et d'innovation se déroulent en Amérique du Nord, la tendance à déplacer vers l'Asie les services et la fabrication persiste. Les Américains ont connu par contre certains succès à rapatrier une partie des activités de fabrication. La croissance de la bande passante et les exigences pressantes en matière de sécurité résultent de plusieurs facteurs : les réseaux de transmission de données, l'utilisation répandue de l'infonuagique et des centres de calcul, le téléchargement accru de vidéos HD et l'Internet des objets.

Ces tendances du marché ont des conséquences sur le développement technologique. L'augmentation du nombre de centres de données nécessite des interconnexions à courte portée. Les fournisseurs de contenu cependant exercent une forte pression pour que le coût par bit soit réduit, pour que la forte préoccupation engendrée par le coût de déploiement du dernier kilomètre soit prise en considération et pour que la diminution constante du cycle de vie du produit (laquelle ajoute une pression supplémentaire) soit ralentie. Avec les réseaux à 100 Gbps (par canal optique étroit) déjà déployés

et ceux à 400 Gbps à l'horizon, on assiste à une pression toujours croissante d'utiliser à leur pleine capacité les fenêtres spectrales à faible atténuation des fibres optiques.

Une tendance technologique observée est la reconfiguration rapide des réseaux au moyen de la programmabilité, par exemple, avec les réseaux SDN (software-defined networks) et la virtualisation des fonctions réseau. Or, de nouvelles possibilités découleront de la modulation avancée des porteuses optiques permettant de transmettre plus d'information par canal que les schémas bien répandus de commutation marche/arrêt. Mentionnons aussi les schémas de routage et de commutation (basés sur la microélectronique et sur l'optique) et des sources laser avec contrôleur programmable. Des exemples de modulation avancée sont les formats de signaux multiniveaux comme la modulation d'impulsions en amplitude (PAM-N) qui rend possible la mise en œuvre de réseaux 400G. Cependant, avec la révolution causée par le remplacement du non-retour à zéro (NRZ) par la technologie PAM-4, plusieurs défis font leur apparition, sur le plan de la conception, de la mesure et des tests. L'utilisation de techniques de modulation avancées servira de point d'appui au développement de la prochaine génération de réseaux de transmission à porteuse unique de bande passante de l'ordre de 400 Gbps et même de 1 Tbps. De plus le WDM (multiplexage par répartition en longueur d'onde) avec un espacement entre porteuses plus serré sera mis au point. Enfin, les technologies de photonique sur silicium et de phosphore d'indium permettront l'intégration à grande échelle.

2.3.2 Analyse FFPM

Au Canada, l'appui gouvernemental contribue à dynamiser notre capacité en recherche grâce à des agences subventionnaires (comme la FCI et le CRSNG), au Programme de la recherche scientifique et du développement expérimental (RS & DE) et aux incitatifs à l'embauche de personnel hautement qualifié (PHQ).

De plus, il est possible pour l'industrie d'avoir accès à de la main-d'œuvre compétente ainsi qu'à un vaste bassin de talents. Un modèle intéressant est le programme Silicon Electronic-Photonic Integrated Circuits (SIEPIC) qui forme les étudiants en conception et en modélisation de circuits photoniques sur silicium. Aussi, nous jouissons de liens productifs entre l'industrie, l'université et les centres de R-D, ce qui favorise un écosystème photonique dynamique.

L'industrie canadienne est fragmentée. Il n'existe actuellement aucun plan, ni stratégie pour le développement d'une masse critique dans des secteurs de haute valeur. Le Canada étant un acteur mineur en proie à une forte concurrence internationale, nous devons identifier nos niches. L'industrie doit prendre les devants en vue d'attirer davantage d'étudiants vers la science, la technologie, le génie et les mathématiques. Aussi, nous devons prendre appui sur notre main-d'œuvre multiculturelle diversifiée pour aider les PME à atteindre plus de marchés internationaux et émergents. Les technologies avancées recèlent de nombreuses possibilités. Le secteur industriel devrait aussi se tourner davantage vers l'éventail de compétences et le bassin de talents déjà disponibles en photonique.

OPTEL VISION

Optel Vision est un des principaux fournisseurs à l'échelle mondiale de solutions de traçabilité des produits pharmaceutiques, plus précisément au niveau des solutions optiques-électroniques-informatiques intégrées sur les chaînes de production.

Employant près de 400 employés hautement qualifiés, dont 300 à Québec, Optel Vision est un acteur important de création de richesse pour le Québec et le Canada. Avec plus de 90% de son revenu provenant de l'exportation, une profitabilité exceptionnelle et un réseau de fournisseurs locaux, Optel Vision contribue grandement au développement économique du Canada.

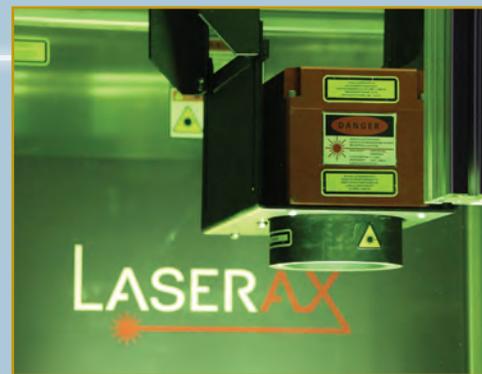


TABLEAU 2.3 *Secteurs des communications et de la microélectronique*

Tendances du milieu des affaires	
Forte pression pour réduire la puissance et les coûts à tous les niveaux (joules/bit et \$/bit)	
Hausse vertigineuse de la demande de bande passante en raison des centres de données, des vidéos HD et de l'Internet des objets	
Interconnexions à courte portée pour les centres de données	
La sécurité est un facteur critique pour la communication des données	
Tendances technologiques	Tendances des technologies de la photonique
L'encapsulation des dispositifs afin de réduire les coûts et d'augmenter le rendement en vue du déploiement	Photonique intégrée grâce aux technologies de la photonique sur silicium et de phosphore d'indium
Intégration au niveau de la puce	Technologies nanophotoniques plus accessibles
Programmabilité des réseaux grâce aux réseaux SDN et à la virtualisation des fonctions réseau	Lasers et amplificateurs à base de points quantiques
Schémas de modulation avancée et multiplexage en mode spatial	Lasers haute puissance à impulsion brève pour la microfabrication
	Progression vers les fenêtres spectrales dans l'infrarouge moyen et le TéraHertz
ANALYSE FFPM	
Forces canadiennes	Faiblesses canadiennes
Main-d'œuvre compétente et talentueuse	Masse critique insuffisante dans certains domaines; ressources dispersées; aucune stratégie de commercialisation
Forts liens et bonnes collaborations entre les secteurs industriel et universitaire	Peu de compagnies multinationales basées au Canada
Appui gouvernemental à la recherche et aux infrastructures dans les universités	Difficulté à retenir le talent
Écosystème bien développé	Capacité limitée à s'attaquer au marché international
Possibilités pour le Canada	Menaces pour le Canada
Plusieurs nouveaux marchés en émergence qui doivent être explorés	Forte concurrence internationale en provenance de pays aux faibles barrières à l'entrée et qui fabriquent à l'étranger
Nous devrions promouvoir la marque canadienne	Perte graduelle de compétences en ingénierie de fabrication
Prendre appui sur notre main-d'œuvre multiculturelle	Diminution de ressources talentueuses et bien formées
Attirer les entreprises multinationales par nos faibles coûts de R-D et notre faible empreinte carbone	Vol de propriété intellectuelle

Fondée en 2010, LASERAX est un équipementier qui fournit des solutions laser « innovantes, robustes et sécuritaires » pour les applications industrielles les plus exigeantes. Appuyée par une équipe d'experts en technologies laser, la compagnie offre une gamme complète de produits et services pour les applications de découpe, de marquage et de soudure de matériaux variés.

Au cours des 5 dernières années, elle a fourni des solutions à divers secteurs industriels, notamment ceux de l'hygiène personnelle, de l'agriculture, de l'automobile et de la transformation de l'aluminium. Que ce soit en doublant la vitesse d'une chaîne de production, en améliorant dramatiquement la qualité d'un procédé de fabrication ou en permettant la fabrication de nouveaux produits à l'aide d'un procédé laser innovant, Laserax se veut un créateur de richesse manufacturière. Repoussant continuellement les limites du laser, ses solutions génèrent de la valeur ajoutée et améliorent la compétitivité de ses clients industriels.



2.4 SECTEUR DE LA SÉCURITÉ-DÉFENSE

Le secteur de la sécurité-défense est important pour le Canada, autant pour les questions de sécurité que pour l'économie. Le gouvernement fédéral a mis sur pied un ambitieux programme d'acquisition pour le militaire. Environ 109 000 personnes travaillent dans le secteur de la sécurité-défense. Il s'agit d'emplois en fabrication ainsi qu'en entretien et en réparation. Cinquante pour cent des ventes annuelles estimées à 13 milliards de dollars sont destinées à l'exportation (www.defenceandsecurity.ca). Les principales associations industrielles de ce secteur sont l'Association des industries canadiennes de défense et de sécurité (CADSI), l'Association canadienne de la sécurité (CANASA) et l'Association des industries aérospatiales du Canada (AIAC). La recherche en photonique au sein de Recherche et développement pour la défense Canada s'effectue à Valcartier, près de Québec.

Il y a plusieurs domaines de la photonique applicables au secteur de la sécurité-défense : les technologies de l'information et des communications (TIC), la fabrication, l'imagerie, la détection, la surveillance, l'affichage et l'éclairage. Les présentations faites durant l'atelier ont démontré que les compagnies du secteur de la photonique au Canada sont principalement des PME qui ont développé leur propre niche et produisent des composants, de l'équipement, des logiciels, des circuits intégrés photoniques et des composants basés sur la technologie du phosphore d'indium ou de la photonique sur silicium. Les technologies quantiques pour assurer la sécurité des liens de communication présentent quant à elles un potentiel intéressant en détection. Nous disposons de plusieurs compagnies qui offrent des solutions tels des imageurs spectraux et des lasers accordables pour la spectroscopie destinée à détecter les gaz dans un contexte de guerre chimique. D'autres commercialisent des lasers à fibre pour la découpe, la soudure, la fabrication additive et autres procédés de fabrication de pointe. Les capteurs à fibre optique et capteurs distribués complètent l'offre canadienne. Quelques compagnies sont impliquées dans le domaine des procédés et de la surveillance de l'environnement. Certaines offrent des solutions en matière d'affichage et d'éclairage à base de DEL et l'industrie photonique canadienne présente donc d'excellentes possibilités pour le secteur de la sécurité-défense.

2.4.1 Tendances

Les clients du secteur de la sécurité-défense sont à la recherche de solutions à grande portée et résistantes aux situations les plus extrêmes. Ces solutions s'avèrent intéressantes aux entreprises à la recherche de solutions applicables à plusieurs situations. L'intégration de données en provenance de différents capteurs présente un défi indéniable, de même que la gestion d'une grande quantité de données afin de constituer un système complet de surveillance de la situation.

Des technologies en mesure de fournir la capacité de s'adapter à des situations et l'information sur le contexte et les menaces potentielles seraient très importantes à ce secteur. Des systèmes de détection intelligents autonomes s'imposent. Des technologies destinées à la sécurité des individus et aux suivis médicaux sont également critiques.

Les technologies photoniques conviennent très bien à la détection et à l'identification de l'environnement et des menaces. Les systèmes de spectroscopie et d'imagerie, et les capteurs à fibre ont des applications à grande portée pour ce secteur. La combinaison d'une variété de capteurs (visible, infrarouge, THz, hyperspectral et multispectral) pourrait fournir de l'information encore plus précise. La photonique sur silicium s'avère une approche intéressante à la miniaturisation de systèmes. Aussi, la détection quantique reçoit de plus en plus d'attention. Enfin, des progrès enregistrés au chapitre des composants photovoltaïques pourraient s'appliquer à des sites éloignés puisque le captage d'énergie demeure un sujet d'importance pour le militaire.

2.4.2 Analyse FFPM

La communauté de la photonique est variée et dispersée à travers le pays. Nous disposons de plus de 36 universités qui forment une main-d'œuvre hautement qualifiée en photonique. Nous avons aussi des centres de R-D qui font évoluer la technologie à travers les niveaux de maturité technologique (NMT) de 3 à 6. Nous avons un corridor photonique dynamique qui relie Québec, Montréal, Ottawa et Toronto. Les compagnies canadiennes ont également développé de l'équipement et des systèmes qui ne sont pas touchés par les règles américainesITAR. Enfin, le programme Construire au Canada s'avère une excellente approche pour commercialiser les technologies.

Le gouvernement appuie la R-D industrielle au moyen du programme de R-D scientifique. Cependant, ce programme a subi des coupures substantielles en dépit des besoins.

Le marché de la défense au Canada n'est pas fort et les compagnies doivent se fier aux exportations. Il n'existe pas de compagnie multinationale canadienne en mesure d'intégrer les technologies photoniques. La plupart sinon la totalité de ces multinationales présentes au Canada appartiennent à des étrangers et n'ont aucun siège social au Canada. Certaines compagnies signalent des difficultés à transiger avec le système d'approvisionnement gouvernemental. De plus, la photonique n'est pas reconnue par le gouvernement comme une technologie importante pour le Canada, ce qui limite la mise en œuvre d'une stratégie photonique canadienne.

Étant donné que des compagnies canadiennes ont réussi à développer de l'équipement et des systèmes qui ne sont pas touchés par les règles américaines ITAR, elles sont bien placées pour commercialiser leurs produits en Europe et en Asie en conformité avec les règles canadiennes. De plus, la nécessité

de surveiller nos frontières constitue une excellente occasion d'affaires pour l'industrie photonique. La photonique fournit des solutions qui complètent la capacité de l'être humain à détecter rapidement des menaces potentielles en milieu urbain. Enfin, le Programme des retombées industrielles et régionales a été modifié pour en faire un Programme de retombées industrielles et technologiques, ce qui devrait fournir de nouvelles possibilités aux entreprises photoniques.

Le statut quo serait une menace importante à l'industrie photonique canadienne. Il faut intensifier la R-D industrielle et maintenir la capacité canadienne en fabrication. Plusieurs entreprises canadiennes de la défense appartiennent à des intérêts étrangers, ce qui a un impact sur les décisions d'affaires critiques. Afin de favoriser la croissance future de l'industrie, l'intérêt du grand public et des étudiants pour la technologie doit être amplifié.

TABLEAU 2.4 *Le secteur de la sécurité-défense*

Tendances du milieu des affaires	
Ce secteur a besoin de technologies à large portée comme celles de la photonique.	
La cyber-sécurité est d'une importance grandissante.	
La surdose d'information et l'intégration de données deviennent problématiques.	
Des alliances sont nécessaires car la sécurité est une préoccupation mondiale.	
Le secteur requiert de l'équipement plus rapide, compact et abordable.	

Tendances technologiques	Tendances des technologies photoniques
Surveillance de la situation	Augmentation rapide de la capacité photovoltaïque
Énergies renouvelables	Capacités offertes par de multiples capteurs
Suivi de la santé des soldats	Détection spectroscopique d'agents chimiques
Intégration intelligente des capteurs	Capteurs hyperspectraux, multispectraux, à polarisation et quantiques
Miniaturisation de l'équipement et intégration intelligente des capteurs	Lasers à fibre à très haute puissance et à longueurs d'onde diverses

ANALYSE FFPM	
Forces canadiennes	Faiblesses canadiennes
Main-d'oeuvre hautement compétente	Manque de fonds pour élever un produit de NMT 4 à NMT 10
Regroupement photonique dynamique à Québec grâce à l'Université Laval et à l'INO qui sont à proximité de RDDC	Marché canadien très limité par sa taille
Maturité accrue de compagnies photoniques canadiennes	Trop peu d'entreprises multinationales canadiennes en mesure d'intégrer les innovations des PME
Possibilité d'offrir des systèmes qui échappent aux règles ITAR	Soutien gouvernemental faible destiné à l'industrie (par ex. : réduction des crédits à la recherche scientifique et au développement expérimental)
Corridor photonique dynamique reliant Québec, Montréal, Ottawa et Toronto	Aucune stratégie photonique gouvernementale

Possibilités pour le Canada	Menaces pour le Canada
La surveillance des frontières est un bon secteur d'application pour la photonique.	Les investissements limités en R-D photonique pourraient creuser un écart technologique au Canada.
Le marché de produits exemptés des règles ITAR est ouvert aux compagnies canadiennes.	D'autres pays investissent massivement en technologie.
Le Programme de retombées industrielles et technologiques représente une belle occasion d'affaires pour la communauté photonique.	Dans certains cas, l'acquisition de compagnies canadiennes par des intérêts étrangers pourrait entraîner la perte d'emplois au Canada.
La détection et la surveillance à distance conviennent bien aux dispositifs photoniques.	Les règles ITAR limitent la commercialisation dans d'autres pays.
Technologies capables d'augmenter les capacités humaines	Faible intérêt de la part des étudiants et du grand public pour les technologies photoniques

2.5 SECTEUR DE L'ÉNERGIE

Le secteur de l'énergie comprend les industries du pétrole et des gaz, du solaire, de l'éolien et de l'hydroélectricité. Il s'agit d'une source de revenus substantiels pour le Canada. Le pétrole brut représente environ la moitié des revenus en ressources naturelles au pays et est notre produit d'exportation le plus important. Cependant depuis 2011, la croissance de la production du pétrole et des gaz a ralenti de façon considérable au Canada en comparaison avec la situation aux États-Unis et ailleurs dans le monde. Par ailleurs, la diminution du coût des modules photovoltaïques entraîne une croissance soutenue des installations solaires, la plupart en Ontario, grâce au programme de tarifs de rachat garantis, mais aussi en Alberta et dans d'autres provinces. De plus, le gouvernement du Canada soutient le développement de technologies vertes efficaces qui visent à réduire l'impact environnemental des activités industrielles.

Bon nombre de technologies photoniques trouvent des applications dans le secteur de l'énergie, comme les caméras, les capteurs, les systèmes d'usinage laser, les dispositifs de contrôle, l'éclairage et l'affichage. Bien que l'industrie de la photonique au Canada soit composée principalement de PME, elles couvrent la plupart des besoins technologiques. Par exemple, les lasers à fibre peuvent être utilisés pour la détection acoustique de fuites ainsi que comme outils pour la découpe, la soudure et la fabrication de nouvelles pièces. Les communications optiques facilitent la fusion et l'intégration de capteurs. Aussi, il est maintenant possible de concevoir des dispositifs photoniques intégrés en raison des progrès des technologies MEMS, de la photonique sur silicium et des nanotechnologies. L'éclairage par diodes électroluminescentes augmente l'efficacité énergétique tandis que le coût des systèmes photovoltaïques devient très compétitif.

2.5.1 Tendances

Puisque le Canada s'est engagé auprès du G7 à éliminer les carburants fossiles d'ici 2100, il y a lieu de développer de façon écoresponsable de nouvelles technologies qui font intervenir des sources d'énergie propres comme le solaire ou l'éolien. Réduire notre empreinte carbone est critique. Nous devons donc envisager d'optimiser nos procédés et d'extraire les ressources de façon plus efficace. L'industrie souhaite détecter les émissions gazeuses et accéder à de nouvelles technologies pour réduire de telles émissions. Au Canada, le nombre cumulatif de systèmes photovoltaïques déjà installés enregistre une hausse annuelle de plus de 30%, ce qui est substantiel. L'Internet des objets et les mégadonnées prennent de l'importance puisque le contrôle en temps réel, l'analyse intelligente et la gestion de l'information sont nécessaires à l'optimisation des procédés.

2.5.2 Analyse FFPM

Les solutions photoniques apportent de nombreux avantages comme la souplesse, le faible encombrement et le prototypage rapide. De plus, un système photonique donné est en mesure de répondre aux besoins de plus d'un domaine d'application. Par ailleurs, le développement de nouveaux produits photoniques ne nécessite pas d'équipement à coût élevé. Le Canada possède des compagnies de classe mondiale dans le domaine de l'énergie ainsi qu'une expertise de pointe dans le domaine du pétrole et des gaz. Compte tenu de la souplesse de la photonique, les compagnies canadiennes peuvent répondre aux besoins de ce secteur.

Les grandes entreprises du domaine de l'énergie ont besoin de recevoir des services à grande échelle alors que le domaine de la photonique est composé de PME qui sont des fabricants

OZ OPTICS

Sous la direction d'Ömür Sezerman, son fondateur, président et chef de la direction, OZ Optics est devenu un concepteur et fabricant de premier plan de composants, équipements de test et capteurs à base de fibre optique. En affaires depuis 1985, l'entreprise a une équipe de vente répartie dans plus de 30 pays et dessert plus de 10 000 clients à travers le monde. Elle dispose d'usines de fabrication au Canada, en Turquie et en Chine et compte près de 400 employés. Plus de 200 employés travaillent au siège social d'Oz Optics à Ottawa où se trouvent aussi les installations de R-D.

OZ Optics travaille en étroite collaboration avec les universités et établissements de recherche locaux dans le but de transformer les idées conçues dans les laboratoires en produits commercialisables. Une grande partie de ce travail a contribué à enrichir l'imposant portefeuille de brevets de la compagnie. Pionnier des composants à maintien de polarisation depuis ses débuts, OZ Optics a toujours su adopter tôt les nouvelles technologies. Elle fait partie d'un petit nombre de compagnies dans le monde à utiliser les lasers femtoseconde et à exploiter avec succès la technologie de détection Brillouin. L'entreprise dispose d'un atelier de mécanique, de systèmes de revêtements optiques, de salles blanches et d'effectifs hautement qualifiés dont l'expertise couvre tous les domaines pertinents. Elle est donc bien positionnée pour poursuivre son expansion vers de nouveaux objectifs prometteurs dans le domaine des fibres optiques.



de produits spécialisés à petit volume. Le gouffre entre le développement technologique et le système opérationnel demeure immense.

Les innovations au chapitre des technologies de l'information et des communications, de la microélectronique, de l'éclairage, des lasers et de la détection pourraient apporter des applications de grande valeur pour le domaine de l'énergie. On s'attend à ce que de nouvelles règles gouvernementales en matière d'environnement favoriseront l'utilisation de capteurs photoniques pour améliorer les contrôles environnementaux, l'efficacité des procédés et la productivité.

La diminution du prix du pétrole et des gaz limite les investissements au chapitre du développement de nouvelles technologies. Par conséquent, des solutions à faible coût deviennent plus attrayantes. Au Canada, il y a bien peu de compagnies multinationales en photonique dotées d'une vision à long terme qui soient en mesure de valoriser les technologies depuis la preuve de concept jusqu'à la production. Ainsi, le développement de liens efficaces entre les secteurs de l'énergie et de la photonique s'avérera mutuellement bénéfique.

TABLEAU 2.5 *Le secteur de l'énergie*

Tendances du milieu des affaires	
L'industrie est en quête d'améliorer son efficacité.	
L'industrie de l'énergie (pétrole et gaz ainsi que solaire) nécessite de meilleures capacités de contrôle à tous les niveaux.	
Il y a une tendance vers le développement durable et les ressources renouvelables.	
L'appui à l'énergie solaire se déplace du palier provincial vers le palier municipal.	
Tendances technologiques	Tendances des technologies de la photonique
Changement de mentalité – l'industrie est plus ouverte aux nouvelles technologies.	Amélioration de la fiabilité
L'Internet des objets et l'utilisation des mégadonnées	Encapsulation photonique pour environnement hostile
Demande accrue pour le traitement et l'analyse des données	La réduction des coûts améliore la disponibilité de solutions photoniques.
Intégration technologique	Utilisation accrue du spectre.
Utilisation des données de sources multiples pour améliorer la prise de décisions	Utilisation accrue de lasers haute puissance avec des fabricants locaux de lasers.
ANALYSE FFPM	
Forces canadiennes	Faiblesses canadiennes
Personnel très compétent et masse critique en photonique	La photonique est perçue comme une technologie habilitante, non pas comme un secteur.
Technologies photoniques souples et évolutives	L'industrie de la photonique ne reçoit pas un appui comparable à ce qu'on observe en Europe ou même aux États-Unis.
La photonique a cette capacité unique de répondre aux besoins de l'industrie du pétrole et des gaz.	Manque de liens de collaboration entre les regroupements
Capacité canadienne en micro-fabrication photonique	Cultures différentes entre les développeurs technologiques et les producteurs industriels
Expertise solide en pétrole et gaz	L'industrie photonique canadienne est limitée en matière d'applications et dispersée géographiquement.
Possibilités pour le Canada	Menaces pour le Canada
Le secteur de l'énergie est fortement motivé à améliorer son efficacité et sa productivité.	Difficulté à financer le développement de nouveaux concepts en raison du climat actuel de l'investissement
Les règles gouvernementales en matière d'environnement pour le secteur de l'énergie représentent de grandes possibilités pour les entreprises photoniques.	La diminution du prix du pétrole et des gaz pourrait limiter l'introduction de nouvelles technologies.
Les entreprises photoniques doivent profiter de l'expertise de classe mondiale du secteur de l'énergie.	Concurrence des producteurs étrangers
Regrouper les secteurs du pétrole et des gaz et celui de la photonique pourrait rapprocher les solutions des besoins.	Manque de vision pour soutenir l'industrie de la photonique
	Les coûts plus bas des technologies établies freinent l'investissement dans de nouvelles technologies.

2.6 SECTEUR DE LA SANTÉ ET DE LA MÉDECINE

Comme c'est le cas dans tous les pays, le secteur de la santé et de la médecine est très important pour le Canada et représente une dépense de 219 milliards de dollars pour tous les paliers de gouvernement, soit 11% du PIB. En moyenne, 38% du budget annuel de chaque province est consacré à ce secteur (source : Institut canadien d'information sur la santé, Tendances nationales des dépenses en santé, 1975-2015). Environ 35 000 personnes travaillent en production et distribution de dispositifs médicaux au Canada dont les ventes se chiffrent à 7 milliards de dollars (source : www.medec.org). L'industrie est concentrée à 80% dans deux provinces, l'Ontario et le Québec. La grande région de Toronto à elle seule compte 1200 compagnies (source : www.greatertoronto.org). Les dispositifs médicaux sont destinés, entre autres, au diagnostic, à l'aide aux patients, à l'orthopédie et à la médecine dentaire. Les principales associations de l'industrie médicale au Canada sont MEDEC (Sociétés canadiennes des technologies médicales) et l'ACFTM (Association canadienne des fabricants de technologies médicales).

Selon l'Association de développement industriel de l'OSA, les dépenses globales en santé sont évaluées à plus de 8 mille milliards de dollars US. Ce chiffre tient compte des dépenses au chapitre des dispositifs médicaux qui se chiffrent à 600 milliards de dollars US dont 54 milliards relèvent de la biophotonique. On constate donc que la biophotonique joue un rôle immense dans le secteur de la santé et de la médecine. Les microcapteurs aident à étudier les cellules et les tissus ; la cytométrie caractérise les cellules; la bio-analytique et la biofluidique servent à développer des dispositifs sur puce et des analyses in-vivo; le diagnostic et le traitement clinique servent à la mise au point d'équipements divers. Tous sont des applications de la photonique.

Par conséquent, plusieurs domaines de la photonique sont applicables au secteur de la santé et de la médecine : les technologies de l'information et des communications (TIC), la fabrication, l'imagerie, la détection, la surveillance, les lasers, l'éclairage, la spectroscopie, la fluorescence, etc. Bien que la plupart des compagnies canadiennes en photonique soient des PME, elles ont développé leur niche et produisent des composants, de l'équipement, des logiciels et des circuits intégrés photoniques pour diverses applications. D'autres commercialisent des lasers à fibre utilisés pour la découpe, et le traitement. Les capteurs à fibre optique et les capteurs distribués complètent l'offre canadienne. Nous avons aussi des compagnies qui proposent des solutions basées sur la technologie des DEL. De plus, l'industrie s'est taillée une place enviable à l'international dans le marché niche des composants photoniques tout en se distinguant en développement de systèmes photoniques. L'industrie de la photonique au Canada offre donc d'excellentes possibilités au secteur de la santé et de la médecine.

2.6.1 Tendances

Étant donné que de nombreux nouveaux équipements de pointe aient été introduits dans des laboratoires et des cabinets de médecin, la quantité de données générées par plusieurs sources est immense. Le stockage et l'analyse de ces données deviennent donc un défi de taille. La population vieillissante ajoute un stress au secteur des soins de santé. Devant cette situation, le besoin d'équipement à haut rendement et à faible coût s'impose pour distribution dans l'ensemble de la communauté. Les progrès technologiques rendent possibles la médecine personnalisée, ce qui est très apprécié.

Le secteur médical utilise autant que possible les innovations auparavant développées pour d'autres secteurs. Par exemple, la mise au point de dispositifs microélectroniques avancés pour les communications a facilité la miniaturisation des biocapteurs. Les progrès du domaine médical font surgir le besoin de technologies plus précises et sécuritaires pour remplacer les technologies désuètes.

La photonique et plus précisément la biophotonique jouent un rôle de premier plan pour l'amélioration du système des soins de santé. Les capteurs intelligents, compacts et distribués fabriqués à partir de fibres optiques, les lasers configurés pour traiter plus efficacement le matériel biologique et les imageurs spectraux et 3D sont autant de nouveaux outils déjà à la disposition du personnel médical.

2.6.2 Analyse FFPM

Au Canada, nous avons une base solide de chercheurs universitaires qui sont des chefs de file mondiaux. Ils sont situés à Toronto ainsi que dans d'autres universités et centres de recherche. Vu la proximité aux États-Unis, notre industrie a accès à un vaste marché qui vient compléter le marché canadien. Le lien université-industrie en biophotonique est fort et facilite la formation de personnel hautement qualifié.

Santé Canada et le personnel médical ont de la difficulté à accepter de nouvelles modalités qui optimisent l'utilisation de nouvelles technologies. De plus, le pays ne compte aucune entreprise multinationale dans le domaine des dispositifs médicaux dont le siège social est au Canada. Par conséquent, les décisions d'affaires sont prises à l'extérieur du pays. Nous avons besoin de plus d'étudiants entrepreneurs pour créer des entreprises à partir de nouvelles technologies. Bien que l'industrie ait accès au programme fédéral d'innovation Construire au Canada qui appuie financièrement des projets au dernier niveau de valorisation, le Canada doit se doter d'un programme similaire au SBIR américain (Small Business Innovation Research) qui soutient aussi le développement de technologies à des niveaux inférieurs de maturité.

L'industrie canadienne devrait profiter de la facilité d'accéder au marché mondial de la biophotonique. Puisque nous avons des experts en biophotonique reconnus mondialement, la création de nouvelles compagnies basées sur des technologies récemment développées devraient se faire sans difficulté. La

photonique est méconnue du milieu des capitaux de risque et nous devrions tenter de sensibiliser ce milieu au potentiel immense que présentent les technologies photoniques pour le marché médical. Nous devrions aussi profiter du fait que quelques hôpitaux et médecins canadiens manifestent une ouverture envers les nouvelles technologies pour accélérer le développement de dispositifs innovateurs.

Puisque le marché mondial est accessible à tous les pays, le Canada doit être compétitif afin d'imposer sa présence et maintenir ses parts de marché. Les entreprises en démarrage en biophotonique ont un urgent besoin de plus de soutien

financier pour être en mesure de livrer une concurrence à l'échelle internationale. La recherche en biophotonique portant sur les dispositifs médicaux est financée par le Conseil de recherches en science naturelle et en génie (CRSNG). La recherche qui vise les améliorations en santé et les essais cliniques relève des Instituts de recherche en santé du Canada. Ces sources de financement doivent être maintenues pour assurer la nécessaire poursuite de la recherche en biophotonique qui pourrait se traduire en innovations médicales. De plus, il y a lieu d'appuyer des moyens efficaces de faire évoluer les inventions vers les innovations.

TABLEAU 2.6 *Le secteur de la santé et de la médecine*

Tendances du milieu des affaires	
Le phénomène des mégadonnées en émergence stimule de nouveaux modèles d'affaires qui tiennent compte d'Internet, de l'infonuagique, de l'interprétation des données, etc.	
En raison de la population vieillissante, plus de services médicaux sont requis.	
Utilisation accrue de vêtements intelligents et de la télémédecine	
Prestation distribuée des soins de santé	
Besoin d'équipement plus efficace (plus abordable et au rendement amélioré)	

Tendances technologiques	Tendances des technologies photoniques
Miniaturisation et dispositifs portatifs	Réduire les coûts par watt optique et les coûts de puissance par bit. Et accroître l'utilisation de la bande passante.
Technologie favorisant une approche moins invasive	Miniaturisation des dispositifs
Outils plus précis	Optique quantique pour les sources et les capteurs
Médecine régénérative	Imagerie 3D
Technologie d'imagerie sécuritaire pour remplacer les rayons X	Lasers à fibre adaptés à des applications diverses

ANALYSE FFPM	
Forces canadiennes	Faiblesses canadiennes
Facile d'exporter du Canada. Bonne réputation du pays.	Faible financement gouvernemental pour la recherche industrielle
Base solide de chercheurs universitaires qui sont des chefs de file mondiaux	Aucun équivalent au programme américain SBIR qui soutient le développement de nouveaux produits
Bonne formation de la prochaine génération de main-d'œuvre qualifiée	Chaque université a sa façon propre de traiter la propriété intellectuelle.
Connaissance approfondie de l'électronique grâce au secteur des télécommunications	La photonique n'est pas reconnue comme une technologie importante au Canada.
Développement d'un écosystème efficace	Manque de capitaux non gouvernementaux pour assurer la croissance

Possibilités pour le Canada	Menaces pour le Canada
Renseigner le milieu des capitaux de risque, les anges investisseurs et les politiciens sur la photonique	Le marché mondial est ouvert à tous les pays. Le Canada se doit d'être compétitif.
Accès simplifié aux marchés internationaux	Le peu de compréhension de l'importance de la photonique à travers les divers paliers gouvernementaux pourrait causer un sous-financement et une perte de compétitivité.
La proximité aux États-Unis devrait faciliter la commercialisation.	Le manque de capitaux d'investissement pour exploiter de nouvelles technologies provoque l'exode des compétences et de propriétés intellectuelles.
Certains hôpitaux sont ouverts à la démonstration de nouvelles technologies.	En ne soutenant pas le développement de notre expertise, nous perdrons notre capacité concurrentielle.
Le personnel biomédical devrait être renseigné davantage sur la photonique.	Les pratiques de recherche restrictives limitent la recherche translationnelle.

PHOTON CONTROL

Photon Control Inc. conçoit et fabrique une large gamme de capteurs et d'instruments optiques pour mesurer la température, la pression, la position et le flux. Ces produits sont utilisés par des fabricants d'équipement d'origine ainsi que par des utilisateurs finaux dans les industries des semi-conducteurs, du pétrole et des gaz, de l'électricité, des sciences de la vie et de la fabrication, partout dans le monde.

Les produits de Photon Control sont connus pour leur grande précision et leur fiabilité dans des conditions rigoureuses. Ils sont appuyés par une équipe d'experts offrant l'installation sur place, la formation et le soutien technique. L'entreprise offre des services d'ingénierie pour des systèmes optiques de mesure adaptés au client. Basée dans une usine de fabrication située à Burnaby (Colombie-Britannique) certifiée ISO 9001 :2008, l'entreprise est cotée à la Bourse de croissance TSX sous le symbole PHO.



2.7 SECTEUR DES RESSOURCES NATURELLES

Le secteur des ressources naturelles au Canada contribue environ 20% du PIB nominal. Son impact sur l'économie est donc immense. L'énergie, y compris le pétrole et les gaz; le solaire; l'éolien et l'hydroélectricité; les métaux et les mines; et la foresterie, en est le vecteur principal. Les ressources naturelles, comme le pétrole brut, constituent environ la moitié des produits de base du pays et représentent nos exportations les plus importantes. Les produits du secteur de l'énergie comptent pour 28% des exportations canadiennes tandis que les autres produits du secteur des ressources naturelles (si on exclut l'agriculture) en comptent pour 24%. Ce secteur emploie un total de 1,8 million de personnes dans autant d'emplois directs et indirects.

Il existe plusieurs technologies photoniques développées pour d'autres secteurs qui sont applicables au secteur des ressources naturelles, comme les technologies de l'information et des communications (TIC), la fabrication, la détection, la surveillance, l'affichage et l'éclairage. Bien que l'industrie de la photonique au Canada ne soit composée principalement que de PME, plusieurs d'entre elles excellent dans le développement, la production et la commercialisation de produits niches à haute valeur ajoutée, comme des composants, de l'équipement, des logiciels et des circuits intégrés photoniques. De plus, certaines compagnies canadiennes se sont taillées une réputation enviable en technologie des lasers à fibre. Celles-ci commercialisent des lasers à fibre qui sont utilisés pour la découpe, la soudure, la fabrication additive et d'autres procédés de fabrication de pointe. Les capteurs à fibre optique et les capteurs distribués complètent l'offre canadienne en matière de systèmes d'imagerie. Un petit nombre de compagnies sont impliquées dans le contrôle des procédés et la surveillance de l'environnement tandis que d'autres offrent des solutions

d'affichage et d'éclairage à base de DEL. L'industrie canadienne de la photonique regorge d'excellentes possibilités pour le secteur des ressources naturelles.

2.7.1 Tendances

Le Canada migre d'une économie basée de façon disproportionnée sur les ressources naturelles vers une économie plus diversifiée. Le secteur des ressources naturelles est la cible de pressions économiques en faveur d'une réduction des coûts et de pressions sociales en faveur du développement de procédés moins polluants. Les nouvelles technologies recèlent peut-être des solutions qui présentent de grandes possibilités pour l'industrie de la photonique. L'utilisation accrue de capteurs pourrait très bien donner lieu à un problème de mégadonnées à court terme et à la nécessité de savoir intégrer cette information dans un procédé utilisable. La télédétection et les systèmes autonomes et intégrés constitueront la clé de l'amélioration des procédés et de la réduction des coûts.

Les technologies photoniques qui pourraient avoir un impact sont la spectroscopie et les capteurs quantiques pour distinguer les matériaux et découvrir des gisements potentiels de minerais, et les communications à bande multispectrale pour améliorer la cueillette des données. La photonique facilite aussi l'intégration des systèmes en raison de ses composants très peu volumineux, de leurs coûts peu élevés et de la robustesse des équipements.

2.7.2 Analyse FFPM

Le secteur des ressources naturelles trouverait des solutions à ses besoins auprès des entreprises canadiennes en photonique. En raison des écosystèmes performants dans le secteur photonique tout comme dans celui des ressources naturelles, la collaboration accrue entre ces deux univers aurait un impact assuré sur l'économie. Cependant, l'industrie de la photonique au Canada est constituée principalement de PME qui couvrent de nombreux marchés, mais qui n'ont pas de masse critique pour ainsi dire dans le secteur des ressources naturelles.

TABLEAU 2.7 *Le secteur des ressources naturelles*

Tendances du milieu des affaires
Le secteur minier est la cible de fortes pressions au chapitre des prix.
Fortes pressions sociales sur les questions environnementales
Puisque le niveau de la technologie n'est pas élevé dans ce secteur, investir dans de nouvelles technologies n'est pas facile.
Le manque de compétences technologiques limite l'introduction de nouvelles technologies.
Réduire les coûts au moyen de la technologie

Tendances technologiques	Tendances des technologies photoniques
Les mégadonnées provenant des capteurs devront être intégrées.	Capteurs automatisés mis en service
Recherche de systèmes autonomes pour prélever des échantillons	Intégration et mise en oeuvre de logiciels, systèmes robustes, automatisation et équipement à faible coût
L'utilisation de l'imagerie par satellite ou par drone augmente. La connectivité à distance devient importante.	Les communications multibandes améliorent l'intégration.
Le secteur accuse du retard à adopter de nouvelles technologies	Déploiement de systèmes spectroscopiques La détection quantique fait son apparition en tant que technologie utile à la différenciation des matériaux.

ANALYSE FFPM	
Forces canadiennes	Faiblesses canadiennes
Industrie et infrastructure de recherche en photonique bien nantie	Culture conservatrice au Canada
Écosystème en photonique bien établi	Manque de fonds de démarrage pour les entreprises essayées
L'écosystème de ressources naturelles dynamique est à la recherche de nouvelles technologies.	Manque de vision claire et d'une cartographie technologique pour la communauté des investisseurs
R-D à faible coût lorsqu'effectuée au Canada	Aucune ou faible influence mutuelle entre la photonique et les ressources naturelles au niveau national
	Difficulté à trouver des fonds pour les technologies ciblant l'environnement

Possibilités pour le Canada	Menaces pour le Canada
Le secteur des ressources naturelles n'est pas au courant des capacités en photonique.	En raison du climat économique actuel, il n'y a pas de nouvelle R-D dans le secteur des ressources naturelles.
Renseigner le gouvernement et les investisseurs sur la photonique.	Même si la solution existe au Canada, l'industrie aura tendance à chercher des solutions à l'étranger.
Simplifier l'accès aux technologies de pointe pour l'industrie des ressources naturelles.	La concurrence provient des autres technologies qui sont à coût moindre et ont déjà été éprouvées.
Impliquer la communauté à tous les niveaux à partir des écoles jusqu'au public.	L'industrie des ressources naturelles ne serait pas portée à investir en R-D en photonique et est à la recherche de solutions prêtes à utiliser, robustes et à coût raisonnable.

Par conséquent, l'industrie des ressources naturelles a tendance à rechercher ses solutions à l'extérieur du pays. En améliorant les liens entre les secteurs de la photonique et des ressources naturelles, les deux secteurs s'en trouveraient renforcer.

La communauté de la photonique doit se rapprocher de la communauté des ressources naturelles pour être en mesure de lui faire découvrir son potentiel et même de l'amener à adopter ses technologies conçues pour améliorer les procédés et l'efficacité. En fait, il importe que le gouvernement, le public et les usagers finaux industriels soient mis au courant des capacités de la photonique.

Bien que le secteur doive améliorer son efficacité en adoptant de nouvelles technologies, la situation économique actuelle freine les investissements de R-D. L'industrie des ressources naturelles a besoin de solutions éprouvées et à faible coût. Jusqu'à maintenant, les solutions auxquelles elle a recours ne sont pas basées sur la photonique. Il appartient donc à l'industrie de la photonique de développer des solutions efficaces qui pourraient concurrencer ces technologies.

2.8 SECTEUR PHARMACEUTIQUE

Tout comme indiqué au chapitre 2.6, le secteur de la santé et de la médecine revêt une grande importance pour le Canada. Les dépenses dans ce secteur s'élèvent à 219 milliards de dollars pour tous les paliers gouvernementaux. La population vieillissante est un sujet de préoccupation car 45% des dépenses en santé sont allouées aux personnes de 65 ans et plus, une tranche qui constitue 15% de la population. Les dépenses de médicaments représentent 16% du total des dépenses en santé et le gouvernement effectue 42% de ces dépenses. Les médicaments brevetés comptent pour 62% des ventes totales à ce chapitre, mais totalisent seulement 30% des médicaments sous ordonnance au Canada. Le secteur pharmaceutique emploie 26 300 personnes et enregistre des ventes de 22 milliards de dollars dont 7,7 milliards sont des produits fabriqués au Canada. Dix importantes compagnies pharmaceutiques se partagent environ la moitié du marché canadien (source : Institut canadien d'information sur la santé, octobre 20/5, Tendances nationales des dépenses en santé, 1975-2015).

La photonique propose plusieurs applications au secteur pharmaceutique comme la fabrication de pointe, l'imagerie spectrale, les capteurs, la surveillance, les lasers, la spectroscopie, la fluorescence, etc. Bien que les compagnies canadiennes en photonique soient principalement des PME, elles ont développé leur niche et produisent des composants, des équipements, des logiciels et des circuits intégrés photoniques pour diverses applications. D'autres commercialisent des lasers à fibre qui sont utilisés pour l'échantillonnage et les procédés avancés d'usinage. La nanophotonique, l'optogénétique, les capteurs à fibre optique et les capteurs distribués complètent l'offre canadienne. Nous disposons aussi de compagnies qui offrent des systèmes spécialisés basés sur la technologie des DEL. L'industrie photonique canadienne présente donc d'excellentes possibilités pour le secteur pharmaceutique.

2.8.1 Tendances

Les technologies qui favorisent la prestation de soins médicaux spécifiques et personnalisés joueront un rôle important à l'avenir. Il importe aussi de préciser que les dépenses en R-D effectuées par les compagnies pharmaceutiques canadiennes sont passées de 8% à 4,5% des ventes de 2008 à 2013. La tendance est de recourir aux petites entreprises et aux universités pour exécuter les travaux de R-D. La capacité de poser des diagnostics directement aux points de service se démarque comme une tendance claire.

Pour améliorer les soins de santé et en réduire les coûts, les technologies permettant de poser des diagnostics rapides s'imposent. On assiste au développement de nouveaux procédés tels les produits biologiques fabriqués dans des systèmes vivants, comme des microorganismes, des plantes et des animaux. Aussi, la méthode CRISPR (*Clustered regularly interspaced short palindromic repeats* ou en français : Courtes répétitions palindromiques groupées et régulièrement espacées) associe des éléments génétiques étrangers à l'ADN tandis que la théranostique combine les techniques diagnostiques aux techniques thérapeutiques pour mettre au point des traitements individualisés. L'imagerie hyperspectrale, multispectrale et multimodale facilite le diagnostic et le traitement rapide qui sont critiques au développement des médicaments. Des sources multispectrales et à large bande, y compris des DEL et des lasers, peuvent être développées pour applications spécifiques. Des technologies mises au point pour d'autres applications, comme des lasers ultrarapides et intenses, sont applicables au secteur pharmaceutique pour la fabrication de pointe et pour d'autres techniques comme la spectroscopie sur plasma induit par laser.

2.8.2 Analyse FFPM

La recherche conjointe entre l'industrie et l'université s'avère de plus en plus fructueuse. De fait, le Canada a développé une infrastructure de R-D dynamique en vue de la soutenir. L'industrie de la photonique a mis au point des techniques pour le traitement non destructif et sans contact ainsi que des technologies d'imagerie de pointe. La proximité aux États-Unis et des liens serrés établis avec l'Europe favorisent l'exportation. Les compagnies photoniques sont situées à proximité des deux regroupements principaux en pharmaceutique et biotechnologie, à Montréal et à Toronto. Les entreprises photoniques canadiennes ont fait preuve de grande créativité dans le développement de leur marché niche.

Nous ne disposons pas d'une stratégie nationale pour la photonique qui nous permettrait d'identifier les domaines à renforcer et les activités de recherche à privilégier. Les PME en photonique se trouvent partout au Canada, mais sont concentrées principalement au Québec, en Ontario, en Alberta et en Colombie-Britannique et couvrent la plupart des volets de la photonique. L'investissement industriel en recherche est limité et nous ne disposons pas d'écosystème favorisant la transition de la science vers l'industrie. La facilité de transférer la technologie de l'université à l'industrie varie d'un établissement à l'autre.

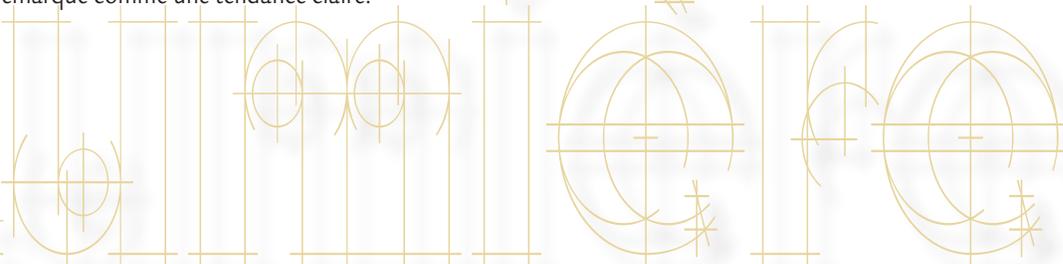


TABLEAU 2.8 *Le secteur pharmaceutique*

Tendances du milieu des affaires
Mondialisation de l'industrie pharmaceutique
Utilisation accrue de médicaments génériques
Sous-traitance de la R-D aux PME et aux universités
Médecine de haute précision avec pathologie et génomique personnalisées
Diagnostic aux points de service

Tendances technologiques	Tendances des technologies photoniques
Mégadonnées et corrélation croisée d'informations de plusieurs sources	Imagerie multimodale combinant plusieurs technologies
Les médicaments basés sur des produits biologiques, l'optogénétique et l'administration ciblée de médicaments	Amélioration des sources à base de DEL, de la bande passante, des lasers dans le proche et le lointain infrarouge
La théranostique combinant le thérapeutique et le diagnostic	Utilisation accrue de l'optique intégrée
Cellules souches pour la médecine régénérative	Imagerie spectrale avec résolution spatiale et spectrale accrue et imagerie en champ proche
Diagnostic rapide au point de service	Utilisation de lasers ultrarapides et intenses

ANALYSE FFPM	
Forces canadiennes	Faiblesses canadiennes
Présence de regroupements photoniques pour favoriser le réseautage	Aucun appui financier à la commercialisation
Recherche conjointe entre l'industrie et l'université	Les compagnies sont petites, ce qui rend difficile les négociations avec les multinationales.
Capacités améliorées en imagerie disponibles dans l'industrie	Les compagnies photoniques ciblent les grandes compagnies pharmaceutiques tandis qu'elles devraient s'adresser aux fournisseurs de Niveaux 1 et 2
L'écosystème comprend une variété de compétences et d'organisations	Il n'y a pas d'écosystème favorisant l'esprit entrepreneurial en mesure de faire évoluer les technologies vers la commercialisation.
Importante infrastructure de R-D	En fixant des priorités pour le financement de la recherche, on diminue les possibilités de découvrir des technologies révolutionnaires.

Possibilités pour le Canada	Menaces pour le Canada
Nous devrions développer des liens plus serrés entre les usagers et la communauté de la photonique.	Le manque de capitaux encourage l'exode des compagnies, des compétences et de la propriété intellectuelle.
Les compagnies photoniques doivent se renseigner au sujet de la chaîne d'approvisionnement de l'industrie pharmaceutique.	Aucun effort n'est consenti pour développer une masse critique dans certains domaines de la photonique pour contrer le fait que l'industrie est dispersée.
Les compagnies photoniques devraient mettre en évidence leurs produits à l'intention des usagers finaux.	Déséquilibre entre les technologies en émergence et les projets de recherche au potentiel de commercialisation
Les technologies émergentes devraient faire l'objet de projets de recherche.	Les pratiques restrictives en recherche menacent la capacité du Canada à maintenir un positionnement compétitif.
	Les ententes internationales risquent d'avoir un impact négatif sur la propriété intellectuelle.



Les compagnies photoniques devraient tenter de mieux comprendre les besoins des grandes compagnies biotechnologiques et considérer les fournisseurs de niveau 1 et 2 comme des points d'entrée sur le marché. Les compagnies pharmaceutiques auraient beaucoup d'intérêt pour une technologie photonique qui jouerait un rôle essentiel dans leurs procédés de fabrication et s'avèrerait un atout à la protection de leur propriété intellectuelle. La communauté photonique canadienne devrait sensibiliser le gouvernement à la photonique et en faire la promotion. Les compagnies photoniques devraient s'engager davantage dans le commerce international pour protéger leurs parts de marché. Compte tenu du grand nombre de PME dans cette industrie, des partenariats internationaux ou locaux plus éloignés pourraient être envisagés. La communauté photonique devrait développer des moyens de retenir les étudiants étrangers de talent au terme de leurs études. Le traitement par laser ultrarapide devrait aussi intéresser les compagnies pharmaceutiques.

Le marché international est en croissance et d'autres pays ont élaboré leur stratégie en photonique pour assurer leur croissance économique. Le peu d'intérêt à l'égard de la photonique manifesté par les étudiants et les capitaux d'investissement limités auront un effet délétère sur la croissance future de cette communauté. L'appui continu à la recherche et aux nouveaux développements sera essentiel au maintien d'un avantage compétitif pour le Canada.

UNIVERSITÉ D'OTTAWA-CENTRE DE RECHERCHE EN PHOTONIQUE

Malgré l'omniprésence des technologies photoniques, plusieurs problèmes persistent. Certains de ces problèmes existent au niveau de l'application de la photonique, où des améliorations sont continuellement apportées aux technologies de communications optiques, aux cellules solaires et aux biocapteurs optiques. D'autres problèmes existent au niveau fondamental de la photonique où l'on tente de mieux comprendre le lien entre l'interaction de la lumière avec la matière. Afin de répondre à ces défis, l'Université d'Ottawa a créé le Centre de recherche en photonique (CRPuO) qui regroupe les facultés de génie et de sciences.



Complexe de recherche avancée de l'Université d'Ottawa

Tout comme la lumière, le CRPuO ne reconnaît pas de frontières disciplinaires, mais accueille plutôt tout chercheur qui identifie l'optique et la photonique comme domaine de recherche principal. Ses membres incluent des ingénieurs électriques, chimiques, mécaniques et biomédicaux, ainsi que des physiciens, des chimistes et des biochimistes. De ses 20 professeurs, 15 sont titulaires de chaires de recherche prestigieuses. Plusieurs professeurs sont membres de sociétés optiques reconnues et plusieurs ont remportés des prix de recherche prestigieux. Le CRPuO attire également des étudiants et stagiaires postdoctoraux brillants pour travailler auprès des plus grands spécialistes dans le domaine. Actuellement, 200 étudiants et stagiaires aident à faire progresser la photonique au CRPuO. Côté collaboratif, les chercheurs du CRPuO maintiennent des liens étroits avec des chercheurs de plusieurs pays à travers le monde et ce, en participant à l'échange de connaissances, de personnel et de matériel, et en travaillant conjointement sur des projets communs.

En plus de ce capital humain, le CRPuO dispose d'infrastructures de recherche de pointe présentes dans le nouveau Complexe de recherche avancée. Ce bâtiment a été conçu et construit spécifiquement pour la recherche en photonique. En plus de contenir une douzaine de laboratoires de recherche individuels, le centre regroupe des installations et des plateformes technologiques accessibles à la communauté : le Sunlab et le Nanofab.

Plusieurs entreprises bien connues, ainsi que des petites et moyennes entreprises ont des partenariats avec les chercheurs, et certains professeurs ont aussi créé leur propre entreprise. Ceci illustre la genèse d'une large gamme de nouvelles applications provenant des activités de recherche en photonique menées au sein du CRPuO afin de se maintenir à l'avant-garde dans le domaine.

INITIATIVES EN PHOTONIQUE À TRAVERS LE MONDE

3.1 INVESTISSEMENTS ÉTRANGERS STRATÉGIQUES

Il existe de bons exemples de pays ou de régions qui ont ciblé la photonique ou ses sous-secteurs aux fins d'investissements stratégiques.

National Photonics Initiative aux États-Unis

À la suite du rapport de 2012 adressé au Président des États-Unis et portant sur les moyens à mettre en œuvre pour obtenir un avantage concurrentiel en fabrication avancée, le *US National Network for Manufacturing Innovation (NNMI)* a été établi dans le but de fournir une infrastructure de recherche dans le secteur de la fabrication qui permettrait aux secteurs industriels et universitaires américains de collaborer pour résoudre des problèmes propres à l'industrie. Le NNMI est un réseau d'instituts pour l'innovation en fabrication. Chaque institut cible une problématique particulière, mais partage avec les autres le but de créer, de faire valoir et de déployer des capacités nouvelles et des procédés de fabrications novateurs.

Avec l'appui énergique du SPIE et de l'OSA, le *US National Research Council* a lancé l'initiative nationale en photonique (*National Photonics Initiative – NPI*) avec l'objectif de déterminer et de faire progresser des domaines critiques au maintien de la compétitivité et de la sécurité nationale. Un rapport sur les technologies optiques-photoniques essentielles aux États-Unis a identifié cinq domaines cibles :

- l'énergie,
- le secteur biomédical et des soins de santé,
- les technologies de l'information et des télécommunications,
- la fabrication avancée, et
- la défense nationale et la sécurité intérieure.

Grâce au travail soutenu de la NPI, un nouvel NNMI est établi, celui-ci en photonique. En effet, en 2015, le gouvernement américain annonçait un investissement de 110 millions de dollars pour la création du *American Institute for Manufacturing Integrated Photonics (AIM Photonics)*. À cette somme, s'ajoute un soutien de plus de 500 millions de dollars en provenance de l'industrie, de divers établissements et d'autres organismes gouvernementaux.

Éducation et formation aux États-Unis

De nos jours, il est essentiel que la photonique soit enseignée à tous les niveaux et que les étudiants perçoivent cette discipline comme pertinente et intéressante. La diminution du nombre d'étudiants en sciences, en technologies, en génie, en mathématiques et surtout en photonique est préoccupante. La formation de techniciens est également essentielle à la mise en œuvre de récents développements.

La *Society of Photo-Optical Instruments Engineers (SPIE)* et la *Optical Society of America (OSA)* – les deux principaux organismes professionnels aux États-Unis qui font la promotion de la photonique et de ses applications – offrent des ressources éducatives, maintiennent un répertoire des cours en optique-photonique et appuient une conférence internationale biannuelle sur l'éducation et la formation dans cette discipline (Education and Training in Optics and Photonics, ETOP). Tous les pays sont invités à s'associer à cette initiative.

Association of Laser Users (AILU) au Royaume-Uni

L'Association AILU dessert la communauté des usagers du laser au Royaume-Uni. Elle regroupe des membres sur cinq continents qui utilisent le laser en industrie et dans les universités. Elle rejoint aussi des fabricants et des fournisseurs de lasers et d'équipements en lien avec le laser ainsi que des firmes qui offrent des services faisant appel aux technologies laser. Parmi ses membres, mentionnons les principaux acteurs du domaine de l'usinage des matériaux par laser au Royaume-Uni. Fondée en 1995 comme un organisme sans but lucratif, l'Association jouit d'une reconnaissance mondiale en raison des avis pratiques qu'elle offre sur les questions techniques et d'affaires relatives aux applications du laser en fabrication. Elle joue un rôle prépondérant au sein de la communauté du laser en stimulant les collaborations, en favorisant les meilleures pratiques d'utilisation du laser industriel pour l'usinage des matériaux et autres technologies associées et en appuyant le maintien et l'amélioration des normes de rendement et de sécurité laser. (<http://www.ailu.org.uk/>)

Photonics21 en Europe

En 2012, Photonics 21, la plateforme technologique européenne représentant la communauté européenne de la photonique depuis 2005, a été invité à former un partenariat public-privé dans le domaine de la photonique. En novembre 2013, l'Association Photonics 21 est devenue le partenaire

privé d'une entente de partenariat public-privé avec la Communauté européenne dans le cadre du programme Horizon 2020, le 8^e programme cadre pour la recherche et l'innovation. Considérée comme une des six principales technologies habilitantes en Europe, la photonique joue un rôle important pour la croissance économique et la création d'emplois en Europe. Elle contribue aussi à résoudre des défis sociétaux majeurs comme le vieillissement de la société, l'efficacité énergétique et la mise en œuvre de technologies intelligentes pour le mieux-vivre. (www.photonics21.org)

Photonics 21 est à l'origine du document *Towards 2020-Photonics Driving Economic Growth in Europe* qui a démontré l'importance de la photonique pour stimuler la croissance économique en Europe. Les recommandations ont donné lieu à la création du programme Horizon 2020. Il s'agit du programme ayant reçu le financement le plus substantiel jamais octroyé avec près de 80 milliards d'euros sur 7 ans (de 2014 à 2020). À cette somme s'ajoutera l'appui d'organismes privés. En faisant évoluer vers le marché les idées issues des laboratoires, le programme promet de réaliser de nombreuses percées, découvertes et premières mondiales.

Asie

Selon son plan quinquennal pour le développement scientifique et technologique, la Chine compte devenir une nation innovante basée sur le savoir en renforçant sa capacité d'innovation, en augmentant sa compétitivité internationale dans des secteurs de haute technologie et en réalisant des percées dans des domaines scientifiques et techniques prioritaires comme les lasers haute puissance, l'efficacité énergétique, l'éclairage DEL, les réseaux de communications optiques, les écrans plats, les dispositifs optoélectroniques, les capteurs et les applications.

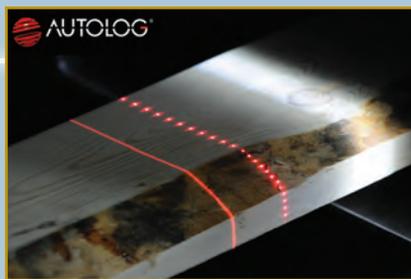
De son côté, le Japon investit massivement en recherche et développement dans le but d'atteindre rapidement la convergence de la photonique et de l'électronique. Le pays compte réduire de façon importante la taille et la consommation énergétique des puces électroniques par l'intégration de la photonique. Taiwan est un producteur majeur d'écrans plats. Cependant, son association pour le développement industriel et technologique de la photonique a indiqué qu'une diversification était souhaitée et qu'elle passerait par l'augmentation de la production de DEL et de composants photovoltaïques. La Corée du Sud produit des écrans plats et des sources pour ce type d'écran. Le pays effectue maintenant une transition vers des systèmes d'éclairage intelligents qui permettrait d'illuminer des édifices entiers. En 2014, l'Université technologique Nanyang à Singapour a créé un institut de photonique qui regroupe cinq centres clés du domaine qui s'intéressent aux fibres optiques, aux lasers et aux technologies perturbatrices. Tous ces pays sont donc très actifs en photonique.

AUTOLOG

Basée à Blainville (Québec), Autolog est un chef de file international du domaine de l'optimisation et des systèmes de contrôle pour l'industrie de la transformation du bois. Depuis 1987, Autolog a réalisé plus de 700 projets en collaboration avec la plupart des principaux exploitants de scierie et manufacturiers nord-américains et européens. Les scieries partout dans le monde utilisent les systèmes d'Autolog afin d'accroître leur productivité et d'ajouter de la valeur à leurs produits finis tout en réduisant le coût de leurs matières premières et de leur main-d'œuvre. En moyenne, le délai de récupération du coût d'acquisition de systèmes Autolog est moins d'un an.

Grâce à une équipe de plus de 90 professionnels composée de spécialistes chevronnés dont l'expertise se situe à la fine pointe de leur champ de compétences, Autolog se définit avec fierté en fonction de trois principes stratégiques auxquels la compagnie adhère : la qualité, la technologie et l'expérience client. Ses chercheurs, ingénieurs, spécialistes des procédés du bois et techniciens ont démontré à plusieurs reprises leur savoir-faire dans l'utilisation et l'intégration de la photonique dans des solutions informatisées qu'ils mettent en œuvre pour atteindre un rendement optimal des procédés. L'expertise d'Autolog englobe l'optimisation, la vision artificielle, l'intelligence artificielle et la physique optique.

Autolog est une entreprise technologique qui se distingue par les produits qu'elle fabrique. Elle adapte des solutions types selon les besoins précis de sa clientèle.



3.2 ASSOCIATIONS INTERNATIONALES EN PHOTONIQUE

European Photonic Industry Association (EPIC)

L'Association européenne de l'industrie photonique (EPIC) fait la promotion du développement continu des organisations travaillant dans l'industrie de la photonique en Europe. EPIC encourage un écosystème dynamique en supportant un réseau actif et en agissant comme vecteur des poussées technologiques et commerciales. EPIC est l'association industrielle qui possède le réseau le plus vaste et maintient la base de données européennes en photonique.

International Optoelectronic Association (IOA)

L'Association internationale de l'optoélectronique est une coalition sans caractère officiel d'associations internationales en optoélectronique et en photonique. Elle représente les intérêts de l'industrie auprès des différents gouvernements, recueille de l'information sur les marchés optoélectroniques et produit des tableaux de bord technologiques. Les pays membres se rencontrent à chaque année pour discuter du marché et des tendances de l'optoélectronique.

OSA Industry Development Associates (OIDA)

L'OIDA (l'Association pour le développement industriel de l'OSA), anciennement l'Association pour le développement de l'industrie optoélectronique, a d'abord été établi aux États-Unis, en partie par DARPA (l'Agence pour les projets de recherche avancés en défense) à la suite d'un rapport publié

en 1988 sur la photonique et le maintien de la compétitivité à l'ère de l'information. En 2014, l'OIDA s'est fusionné à l'Optical Society of America. Parlant au nom de l'industrie, l'OIDA joue un rôle primordial en effectuant de l'analyse de marché, en réalisant des tableaux de bord et en faisant du lobbying auprès du gouvernement. La mission de l'OSA est de promouvoir la génération, l'application et l'archivage des connaissances en optique et en photonique et de diffuser ces connaissances dans le monde entier.

SPIE

Le SPIE est une société internationale qui met de l'avant une approche interdisciplinaire à la science et à l'application de la lumière. Cet organisme sans but lucratif soutient les technologies en émergence à travers un échange d'information interdisciplinaire, la formation continue, les publications, les précédents en matière de brevet et les initiatives favorisant l'avancement de la carrière et la croissance professionnelle. Le SPIE organise de nombreuses conférences, des cours et des ateliers portant sur toutes les applications de l'optique-photonique.

3.3 LA PHOTONIQUE AU CANADA

Lorsque le marché des télécoms a atteint son sommet en 2001, deux géants de l'industrie des télécommunications étaient basés au Canada : Nortel (qui, à l'époque, récoltait 50% des revenus mondiaux pour l'équipement des réseaux optiques) et JDS Uniphase (qui dominait le marché mondial des composants optiques). Ensemble ces compagnies employaient 10 000 personnes à Ottawa seulement. En raison

de leur succès et de l'effervescence qui entourait ces multinationales, un bon nombre d'entreprises bien financées ont vu le jour, puis ont cessé leurs opérations lorsque le marché des télécoms s'est dégonflé au début des années 2000. Malgré tout, le Canada abrite aujourd'hui une communauté photonique forte et dynamique qui est active dans tous les secteurs de l'économie.

3.3.1 Les associations de la photonique au Canada

Le Consortium photonique de l'industrie canadienne

Le 1^{er} avril 2012, l'ICIP (l'Institut canadien pour les innovations en photonique) et le CPC (le Consortium photonique du Canada) se sont fusionnés pour créer le Consortium photonique de l'industrie canadienne (CPIC) connu également sous le nom de Photons Canada. L'ICIP a été établi en 1999 dans le cadre du programme des Réseaux de centres d'excellence (RCE), la pierre angulaire de la stratégie d'innovation du gouvernement du Canada. L'ICIP a contribué

de façon substantielle à la croissance de la photonique au Canada. Il a favorisé des projets de collaboration entre divers groupes et organismes et a ouvert la voie aux interactions entre l'industrie et les chercheurs universitaires. L'ICIP a connu d'immenses succès. Propulsé par le soutien financier du programme des Réseaux de centres d'excellence et de ses partenaires industriels, l'ICIP a soutenu des projets de recherche appliquée ciblés sur les besoins des usagers finaux, la formation du personnel hautement qualifié et le transfert de nouvelles technologies et connaissances. Plusieurs nouveaux produits et procédés sont issus de ces interactions et sont désormais disponibles sur le marché. De plus, on s'attend à ce que les interactions encouragées par l'ICIP donnent lieu à d'autres développements.

UNIVERSITÉ LAVAL - CENTRE D'OPTIQUE PHOTONIQUE ET LASER

Au Centre d'optique, photonique et laser (COPL), chercheurs, technologues et étudiants diplômés travaillent en synergie, des confins de l'infiniment petit à ceux de l'infiniment rapide, afin de faire bénéficier l'ensemble de la société des découvertes en photonique.



Photos : Louise Leblanc, Université Laval

Le COPL réunit aujourd'hui à l'Université Laval 23 équipes de recherche et environ 150 étudiants des cycles supérieurs qui poursuivent des travaux en matériaux photoniques, en communications optiques, en laser, en fibre optique, en biophotonique, en instrumentation et en conception optique. Avec la mise en service en 2006 de son pavillon entièrement consacré à la recherche et à la formation en optique-photonique, la seule infrastructure du genre au Canada, le COPL consolide son rôle de chef de file dans cette discipline.

Formés dans un environnement exceptionnel, une trentaine de jeunes scientifiques terminent à chaque année leur programme d'études supérieures et enrichissent de leurs connaissances et de leur savoir-faire les entreprises et autres centres de recherche du domaine. C'est là la plus grande réalisation du COPL. Par ailleurs, le centre contribue à la chaîne de l'innovation par les technologies qu'il développe souvent en collaboration avec ses partenaires industriels. De plus, de ses laboratoires ont émergé, depuis 2005, huit nouvelles entreprises.

Les systèmes d'imagerie destinés aux sciences de la vie, les composants et systèmes à base de fibres optiques intégrés aux réseaux de communication à haut débit et à des plateformes de télédétection, les solutions en matière d'affichage et d'éclairage faisant appel aux diodes électroluminescentes, les lasers pour application en médecine comme en industrie, les fibres optiques de nouvelle génération fabriquées à partir de compositions chimiques innovantes sont autant d'exemples de résultats de la recherche en cours au COPL.

SPIE

SPIE appuie une approche interdisciplinaire à la science et aux applications de la lumière. Fondée en 1955 en tant qu'organisme charitable pour l'éducation par les ingénieurs qui comprenaient bien la valeur des rencontres face-à-face et de l'échange d'information, SPIE est devenu un chef-de-file pour la défense de l'avancement de la technologie optique et photonique. Cette société inclut près de 264,000 membres distribués dans 166 pays.

SPIE appuie la réussite scientifique, le génie innovateur, la commercialisation de la technologie, le développement de carrière, l'apprentissage en continu et la croissance de l'industrie par le biais de programmes éducatifs, des conférences techniques de haut niveau et des événements pour l'industrie, par exemple Photonics West et la bibliothèque numérique SPIE – la plus grande collection de recherche en optique et photonique dans le monde entier. SPIE a fourni plus de 5,2 millions \$ à l'appui de programmes d'éducation et de sensibilisation et est un partenaire fondateur de l'Année internationale de la Lumière et des technologies à base de lumière en 2015.



S'appuyant sur la réussite de l'ICIP, le CPIC a été créé dans le but d'aider les compagnies canadiennes à optimiser leurs opérations et à accroître leurs profits en facilitant et accélérant l'application des technologies photoniques qui améliorent la qualité, la productivité et la rentabilité. Le CPIC se finance par l'organisation d'activités nationales ainsi que par les cotisations de ses membres.

Réseau photonique du Québec (RPQ)

Le RPQ est un organisme dynamique qui organise des événements locaux et internationaux. Il reçoit du financement du gouvernement du Québec, de Développement économique Canada et des frais d'adhésion de ses membres et ainsi peut employer une équipe administrative. Cependant, il compte toujours en grande partie sur du soutien bénévole.

Regroupements de l'Ontario : Ottawa Photonics Cluster (OPC) et Ontario Photonics Technology Industry Cluster (OPTIC)

Les regroupements ontariens OPC et OPTIC sont des organismes bénévoles dont les activités étaient limitées à des événements de réseautage. Durant quelques années, le gouvernement provincial ontarien a fourni du financement à un réseau régional appelé *Ontario Photonics Industry Network (OPIN)*. Cependant, cet appui a cessé voilà quelques années. OPTIC est maintenant le seul regroupement photonique actif en Ontario qui organise des visites industrielles et des événements dans la région de Toronto. Lors des ateliers organisés en Ontario aux fins du présent rapport, les participants ont exprimé le désir de voir l'établissement d'un regroupement régional pour tisser des liens entre les usagers finaux et la communauté de la photonique.

Regroupements en photonique dans d'autres provinces

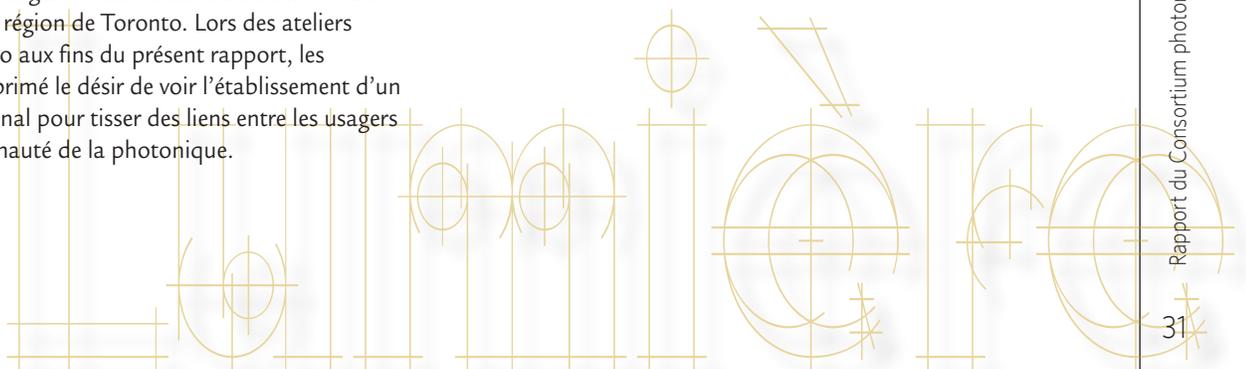
Il n'y a aucun regroupement, ni aucune activité de réseautage dans les autres provinces. (Le regroupement de la Colombie-Britannique a cessé ses activités voilà plusieurs années.) Cela dit, la présente étude a mis au jour l'intérêt en faveur de l'établissement de regroupements en Colombie-Britannique et en Alberta.

Autres associations nationales

Deux associations nationales, CATA (Alliance canadienne des technologies de pointe) et MEC (Manufacturiers et Exportateurs du Canada), ont des programmes qui sont en lien très étroit avec la communauté de la photonique.

CATA (www.cata.ca) a le mandat de stimuler l'innovation et la compétitivité de l'industrie canadienne et de militer en faveur d'un meilleur soutien à l'industrie en améliorant les règles du financement et la stratégie d'approvisionnement, deux éléments d'importance pour l'industrie de la photonique.

MEC (www.cme-mec.ca) a créé un groupe appelé *Canada Makes* (www.canadamakes.ca) qui s'intéresse à la fabrication de pointe impliquant les technologies de la photonique.



3.3.2 Programmes de soutien gouvernemental à l'industrie

L'industrie de la photonique a accès à quelques programmes pour appuyer la recherche et la commercialisation. Le Programme d'encouragements fiscaux à la recherche scientifique et au développement expérimental s'adresse à la R et D industrielle. Il vient compléter le Programme d'aide à la recherche industrielle du CNRC qui offre des services de consultation ainsi que du financement à la recherche.

Le gouvernement fédéral a récemment créé le programme d'innovation Construire au Canada pour aider les compagnies à l'étape de la pré-commercialisation en leur permettant de réaliser, au sein du gouvernement du Canada, des essais de leurs produits et services avant de les lancer sur le marché. Ce programme offre la possibilité aux compagnies de recevoir des commentaires utiles au sujet des produits ou services ayant fait l'objet d'essais. Les compagnies sont donc mieux outillées pour accéder au marché. La photonique fait partie des nombreux domaines prioritaires identifiés dans le cadre de ce programme.

3.3.3 Recherche et développement

Les gouvernements du Canada et les gouvernements provinciaux investissent environ 150 millions de dollars annuellement en recherche sur l'optique-photonique et les lasers. Ces fonds sont dirigés aux universités, aux laboratoires gouvernementaux et quelques centres de R&D.

TABLEAU 3.3.3-1

Chaires d'excellence et industrielles en photonique financées par le CRSNG

a) Chaires d'excellence en recherche du Canada
L'optique non linéaire quantique
L'innovation en photonique
La neurophotonique
b) Chaires de recherche industrielle du CRSNG
Nouvelles méthodes et techniques analytiques
Conception optique
Essilor sur la perception visuelle et la presbytie
Coractive-TeraXion-Laserax-TLCL sur les dispositifs et composants photoniques photo-inscrits au laser femtoseconde
Chrysler Canada sur la physique de l'état solide et la caractérisation des matériaux
Chaire de recherche industrielle dans les collèges en procédés et instrumentation optiques

TABLEAU 3.3.3-2

Programmes FONCER du CRSNG en photonique

médecine quantitative
nanoscience et en nanotechnologie
photonique extrême
biophotonique
neuroscience cognitive de l'audition
les réseaux optiques de prochaine génération
les circuits électroniques photoniques sur silicium (Si-EPIC)
ASPIRE - Science appliquée en photonique et recherche innovante en génie
NanoMat - Science et technologie des nanomatériaux

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Le Canada est reconnu à travers le monde pour la qualité de sa recherche universitaire en photonique qui est réalisée principalement dans plus de 36 universités comprenant différents centres et groupes. Au niveau fédéral, la plupart du financement provient du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et des Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC) et de la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI).

Les subventions de recherche du CRSNG en optique et photonique se sont chiffrées à environ 81 millions de dollars en 2014-2015 et ont connu une croissance annuelle de 5,6% depuis 2008. Cette somme inclut 4,7 millions de dollars versés aux 43 chaires de recherche en photonique et 2,3 millions de dollars versés aux programmes FONCER en appui aux étudiants. Le CRSNG investit 17 millions en innovation en photonique à travers des programmes de partenariat avec l'industrie qui connaissent une croissance de 10% par année. Les IRSC ont contribué environ 2 millions de dollars durant cette même période.

Réseaux de centres d'excellence (RCE)

Les Réseaux de centres d'excellence (RCE) ont été créés pour établir une gamme de programmes qui mobilisent la meilleure expertise disponible au Canada en recherche, développement et entrepreneurship afin de la diriger sur des questions précises et des domaines stratégiques. À chaque année, un financement de 130 millions de dollars est réparti dans quatre grands programmes nationaux qui rassemblent une savante combinaison de gens et d'organismes autour de questions importantes pour les Canadiens :

- les Réseaux de centres d'excellence,
- les Centres d'excellence en commercialisation et en recherche,
- les Réseaux de centres d'excellence dirigés par les entreprises et
- les stages en recherche et développement industrielle

Bien qu'ils ne soient pas centrés sur le développement technologique de la photonique comme l'Institut canadien pour les innovations en photonique, plusieurs réseaux actuels utilisent tout de même les technologies photoniques.

3.3.4 CENTRES DE R-D CANADIENS

Laboratoire de sources femtoseconde (ALLS – Advanced Laser Light Source)

Ce laboratoire est une infrastructure unique de calibre international situé à Varennes sur le campus de l'INRS-EMT. Il offre aux usagers une variété de sources laser ultrarapides et intenses. Cet important laboratoire pour la science du laser a été mis sur pied grâce au programme de Fonds de collaboration internationale de la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) qui a investi 21 millions de dollars. Les puissants lasers du laboratoire ALLS ont permis le développement de nouvelles sources lumineuses pour des applications révolutionnaires.

Le laboratoire a mis au point une vaste gamme de sources laser allant du THz (longueur d'onde de 300 microns) jusqu'au rayons X durs (longueur d'onde du Angstrom – 0,1 nm) atteignant des impulsions de durée ultrabrève. Puisque des impulsions lumineuses de différentes longueurs d'onde peuvent être synchronisées dans l'espace et dans le temps, il est désormais possible d'explorer le potentiel de l'imagerie dynamique des atomes, des molécules et de la matière condensée. Cette technologie fournit des outils uniques pour aborder des questions fondamentales en physique et en chimie et repousser les frontières des connaissances scientifiques tout en ouvrant la voie à des applications pratiques. Parmi celles-ci, mentionnons des systèmes d'imagerie haute résolution pour la mammographie, des systèmes d'accélération de particules pour la future protonthérapie, des systèmes de micro-usinage des matériaux ainsi que d'autres applications en sécurité et défense et en télécommunications.

C2MI

C2MI est le plus important centre de recherche et d'innovation canadien en microélectronique. Il possède des équipements de pointe dédiés à l'encapsulation avancée et au développement de MEMS innovateurs. Le centre emploie 250 scientifiques. C2MI vise à stimuler la croissance de ses membres dans un environnement respectueux de la propriété intellectuelle en mettant à leur disposition son infrastructure de pointe de 221 millions de dollars dont les capacités dépassent même les normes industrielles. Le centre dispose de chaînes sophistiquées pour l'encapsulation sur 300 mm et pour l'encapsulation des MEMS sur des plaquettes de 200 mm. En raison des collaborations dynamiques et fluides qui ont été établies et de la synergie évidente parmi ses membres, le Centre est en mesure d'accélérer la commercialisation de prototypes de prochaine génération axés sur le marché pour des applications dans des domaines aussi variés que les TIC, l'automobile, l'aérospatiale, l'environnement, l'énergie, la santé, les sciences de la vie et le transport.

L'écosystème de C2MI comprend plus de 100 membres canadiens et étrangers, du secteur industriel comme du secteur universitaire, procurant ainsi une chaîne d'approvisionnement intégrée pour la commercialisation rapide de produits axés sur le marché. Le centre met à la disposition de ses membres ses développements technologiques et ses solutions à coûts compétitifs. La collaboration se fait à partir des sites partenaires au Canada comme à l'étranger. Le soutien technique peut prendre la forme d'une gamme complète de services offerts par le personnel du centre, d'une approche collaborative spécifique au partenaire et de conseils prodigués sur l'utilisation de l'infrastructure.

Réseau CANARIE (Réseau canadien pour l'avancement de la recherche, de l'industrie et de l'enseignement)

Le réseau CANARIE est un organisme sans but lucratif financé par le gouvernement qui conçoit et fournit une infrastructure numérique et travaille à son adoption par les communautés de la recherche, de l'éducation et de l'innovation au Canada. Le réseau maintient le Canada à l'avant-garde de la recherche et de l'innovation dans le secteur du numérique, si essentiel à une économie numérique dynamique. CANARIE continue à faire évoluer le réseau national à haut débit qui permet de mener de la recherche scientifique de pointe à grand volume de données à travers le Canada et partout dans le monde. Un million de chercheurs, de scientifiques et d'étudiants travaillant dans près de 2000 établissements canadiens, y compris des universités, des collèges, des centres de recherche, des hôpitaux et des laboratoires gouvernementaux ont accès au réseau CANARIE.

Centre canadien de rayonnement synchrotron

Le synchrotron de ce centre produit la lumière la plus intense au Canada – des millions de fois plus intense que le soleil. Il est utilisé par des scientifiques qui souhaitent obtenir de l'information ultra-détaillée sur les propriétés structurales et chimiques des matériaux, à leur niveau moléculaire. Les travaux varient de l'assainissement des résidus miniers, à la recherche sur le cancer, en passant par le développement de matériaux à la fine pointe.

Depuis ses débuts en 2005, le Centre a accueilli plus de 2500 chercheurs en provenance d'établissements universitaires, du gouvernement et de l'industrie, des 10 provinces et de 2 territoires canadiens. Il a de plus réalisé plus de 40 000 expériences, reçu 10 000 visites d'usagers et fourni des services scientifiques rapportés dans plus de 1500 publications. Le Centre emploie plus de 200 personnes à temps plein.



Photo : CMC Microsystems

CMC Microsystems

CMC Microsystems (www.cmc.ca) est un organisme sans but lucratif qui gère et exploite les installations du Réseau national de conception du Canada®. Des chercheurs de plus de 500 établissements post-secondaires et de l'industrie ont accès aux meilleurs outils au monde, aux technologies de fabrication, aux instruments de mesure, à de la formation et à du soutien technique pour la conception, la fabrication et la commercialisation d'innovations en microsystèmes et en nanotechnologies. Au cours des 5 dernières années, le réseau de conception a reçu du soutien dont la valeur s'élève à 150 millions de dollars. Ce financement provient d'investissements du fédéral et des provinces ainsi que des contributions en nature de l'industrie consentis à CMC.

Réseau national de conception®

Le réseau de conception est un chef de file canadien et mondial de l'innovation en photonique. Dans le but d'aider à la commercialisation des technologies photoniques, une somme de plus de un million de dollars est allouée annuellement et des collaborations importantes avec les partenaires sont mises à contribution. Plus de 450 projets en photonique menés par les universités et l'industrie se sont concrétisés grâce à CMC qui a su coordonner l'expertise canadienne et internationale en technologie des procédés et en encapsulation.

Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC)

Recherche et développement pour la défense Canada est l'organisme qui met en œuvre les investissements en science et technologie pour le ministère de la Défense nationale. RDDC regroupe huit centres de recherche à travers le Canada. Chacun travaille dans un champ de compétences qui lui est propre et exploite des installations particulières qui lui permet de mener de la recherche scientifique et technologique de classe mondiale. L'optronique fait partie des domaines ciblés.

Au sein de RDDC, le centre de recherche de Valcartier a développé, au fil des ans, une expertise poussée sur les moyens de comprendre, de recueillir et d'exploiter les données spectrales; sur l'application et l'utilisation tactique de capteurs actifs et passifs et de systèmes électro-optiques; et sur la plateforme de protection contre les menaces en provenance d'engins guidés par la technologie électro-optique. Les activités de recherche réalisées à RDDC ont donné lieu au développement de technologies et de percées scientifiques des plus prometteuses pour la défense et la sécurité du Canada et en particulier, pour les Forces armées canadiennes et les premiers répondants des services de la sécurité publique.

RDDC est au centre d'une communauté d'innovateurs qui fournissent des idées, de la technologie et du savoir-faire pour appuyer l'atteinte d'objectifs en matière de sécurité-défense. En collaboration avec le milieu universitaire et l'industrie de la sécurité-défense, RDDC a dirigé la réalisation de nombreux projets innovants. Ce faisant, RDDC rend possible le transfert et l'application de connaissances scientifiques vers les usagers finaux engagés à tous les niveaux de la science et de la technologie en sécurité-défense.

INO

INO est un organisme privé sans but lucratif qui a acquis la réputation de chef de file de la mise en œuvre de solutions en optique-photonique pour l'industrie. Il développe des biens et services de haute technologie sur mesure pour les entreprises canadiennes afin qu'elles puissent améliorer leur compétitivité internationale. INO offre une gamme de services allant de la conception, au prototypage, en passant par la production de

QUANTUM CANADA : VERS LA PROCHAINE GÉNÉRATION DE TECHNOLOGIES PHOTONIQUES

Le Canada est un des principaux acteurs internationaux en photonique depuis plus de 50 ans, un rôle qu'il a su maintenir malgré un contexte technologique en constante évolution. Alors que les technologies photoniques bien connues atteignent la limite de leur rendement, la prochaine génération de solutions basées sur la quantique est en émergence et gagne rapidement du terrain.

La plateforme de technologie photonique quantique se veut le prolongement en deux directions des technologies linéaires actuelles : la première, à faible intensité, lorsque la nature quantique de la lumière devient un outil; la deuxième, à intensité élevée, lorsque la lumière contrôle la réponse de tout système quantique. Dans les deux cas, les effets quantiques, qui ne sont pas observés en photonique conventionnelle, font leur apparition.

Les nouvelles technologies quantiques exigent une combinaison complexe de composants physiques, comme de nouvelles sources, des lasers de quelques cycles, des impulsions stables pour la modulation de l'enveloppe de la porteuse, des sources de photon sur demande, des amplificateurs quantiques, des convertisseurs de fréquence optique, des mémoires photoniques et des générateurs et détecteurs sensibles pour les clés de cryptographie quantique. Ces composants seront intégrés dans des systèmes de communication ultra-sécurisés, dans des capteurs ultra-précis et dans des dispositifs de mesure du temps, de la distance, de la contrainte, de la température et de la concentration chimique.

La compétitivité future de l'industrie de la photonique au Canada dépendra de la R-D coordonnée à l'échelle nationale en technologie quantique et des efforts ciblés de commercialisation entrepris aujourd'hui. L'investissement nécessaire pour demeurer à l'avant-garde dépasse souvent les moyens financiers des compagnies. Cependant, grâce à l'appui conjugué des gouvernements fédéral et provinciaux et des universités et centres de recherche chefs de file internationaux, le risque à l'industrie est minimisé, d'une part, et la productivité et les délais de commercialisation sont accélérés, d'autre part. Au Canada, on estime à 500 millions de dollars sur 10 ans l'investissement en recherche dans le domaine des technologies quantiques. Des centres sont formés dans le but de développer et de faire avancer le niveau de maturité technologique de composants quantiques critiques. Ces activités permettront à l'industrie de la photonique au Canada de se classer à la tête des marchés internationaux en technologies photoniques basées sur le quantique.



courtes séries. Basées sur la lumière, les innovations d'INO profitent aux compagnies engagées dans divers secteurs, comme le biomédical, les MEMS, l'énergie et l'automobile.

Les activités de recherche d'INO sont déterminées en fonction des besoins de l'industrie, ce qui en fait un moteur économique d'importance. Au cours de la seule année 2014, l'impact direct, indirect et secondaire des activités d'INO a contribué au PIB du Canada à hauteur de 344 millions de dollars et à la création ou au maintien de 4 013 emplois. Au cours de la même année, les gouvernements fédéral et provincial ont pu percevoir 78 millions de dollars en taxes grâce à INO. Depuis 1988, le centre a lancé une trentaine d'entreprises, dont TeraXion, Optel Vision, Pavemetrics, OpSens, LeddarTech, Obzerv, handyem et Optosécurité, pour ne nommer que celles-ci. INO est à l'origine de 60 transferts technologiques et détient plus de 200 brevets.

Reconnu comme un catalyseur de la croissance, INO a développé un modèle d'affaires qui a été adopté ailleurs, par exemple le Centre de Technologie Optique et Lasers ALPHANOV de Bordeaux en France et le Korea Photonics Technology Institute de Séoul, en Corée du Sud. Les activités d'INO sont rendues

possibles grâce à Développement économique Canada pour les régions du Québec et au ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations du Québec.

Conseil national de recherches du Canada (CNRC)

Le CNRC entame son centenaire à titre du plus important organisme de recherche et de technologie du Canada. Le CNRC possède des infrastructures de qualité exceptionnelle et de l'expertise de calibre international. Son budget de fonctionnement avoisine les 895 millions de dollars et ses effectifs se chiffrent à quelque 4000 employés. Ses activités de recherche et développement sont réparties en 12 portefeuilles axés sur des secteurs clés de l'industrie. L'échange d'expertises et d'idées entre ses portefeuilles permet au CNRC d'offrir rapidement des solutions technologiques rentables dans des domaines en émergence et de contribuer à la croissance et au soutien de l'industrie canadienne de la photonique.



Photo : Conseil national de recherches du Canada

• Technologies de l'information et des communications (TIC)

Le portefeuille des TIC du CNRC soutient la demande mondiale et exponentielle pour des services de télécommunications par le biais de son programme de composants photoniques de pointe. Lancé en 2012, le programme vise à soutenir le développement de composants photoniques et à minimiser les risques associés aux nouvelles technologies de communication afin de les rendre attrayantes à l'industrie des télécommunications. Les activités de R-D incluent l'intégration photonique, les lasers, les photodétecteurs ainsi que le développement de procédés de fabrication et d'encapsulation.

Le portefeuille des TIC du CNRC a aussi fait avancer les capacités de l'électronique à base de nitrure de gallium (GaN) en prenant appui sur le savoir-faire considérable du CNRC en matière de fabrication et en exploitant son avantage concurrentiel à titre de seule source canadienne de composants électroniques à base de GaN.

• Technologies de sécurité et de rupture

Le portefeuille des technologies de sécurité et de rupture du CNRC collabore avec l'industrie, le gouvernement et les universités pour développer la plateforme de technologie photonique quantique tout en mettant au point et en réalisant des applications à moyen terme pour la cybersécurité quantique et la détection photonique au moyen de son programme de photonique quantique appliqué à la détection et à la sécurité. L'équipe de classe mondiale qui y travaille explore les impulsions femto- et attoseconde et leurs interactions avec la matière.

Le service de prototypage de réseaux de Bragg du CNRC s'appuie sur une expertise à l'avant-garde de l'industrie, des laboratoires tout équipés et des systèmes laser à la fine pointe. Ce service classe le CNRC parmi les chefs de file mondiaux dans ce domaine technique.

• Dispositifs médicaux

Les domaines d'expertise du CNRC dans ce portefeuille rassemblent des technologies diverses de la recherche et du développement technologique comme les biocapteurs et les biopuces, les composants microfluidiques, les marqueurs moléculaires, les architectures de matériaux innovantes, la biophotonique, les dispositifs à radiofréquence, les antennes et l'électronique à radiofréquence et à micro-onde, la simulation informatique et les technologies d'haptique.

• L'Institut national de nanotechnologie

La concrétisation d'un partenariat entre le CNRC, l'Université de l'Alberta et le gouvernement de l'Alberta, l'Institut élabore depuis 2001 des solutions nanométriques habilitantes qui répondent aux contraintes de développement des produits au niveau de la mise à l'échelle, de l'intégration, de la fabricabilité, de la protection de l'environnement et de la sécurité.

• Science des mesures et étalons

Le portefeuille de la science des mesures et étalons comprend un groupe en inspection et en métrologie optique qui mène de la recherche de pointe en ultrason laser.

Le CNRC administre aussi le Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) qui permet aux PME canadiennes (définies comme employant moins de 50 personnes) de profiter de conseils techniques et d'affaires, ainsi que du financement et d'autres services de développement de produits, dans le but de soutenir leur capacité d'innovation et de les aider à commercialiser leurs produits sur le marché international. Les compagnies qui font preuve à la fois de la motivation et du potentiel de croître grâce à l'innovation peuvent obtenir des services de ce programme afin d'élaborer un plan de développement qui correspond précisément à leurs besoins. Au moyen du PARI, le CNRC appuie l'industrie de

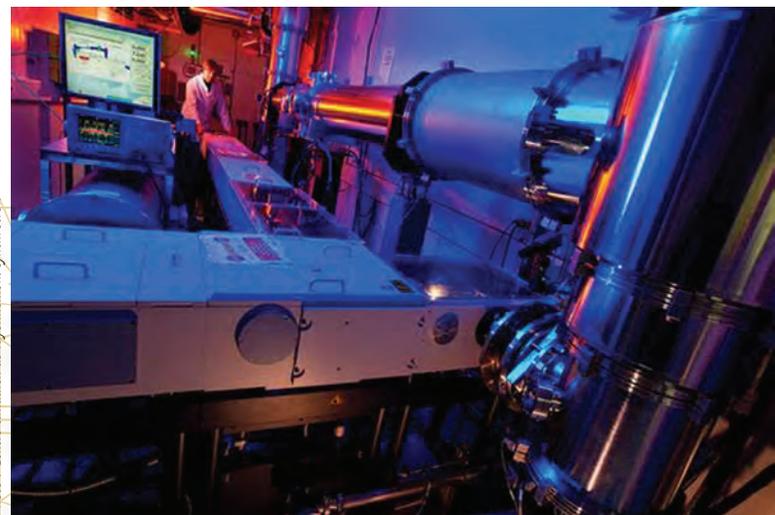


Photo : Centre canadien de rayonnement synchrotron

la photonique en offrant de l'aide et de l'expertise pour la réalisation de projets de recherche et de développement technologique captivants.

Centre canadien de fabrication de dispositifs photoniques

Le CNRC est le point d'attache du Centre canadien de fabrication de dispositifs photoniques, le seul laboratoire en Amérique du Nord à fabriquer des puces photoniques complexes de semiconducteur III-V de haute performance.

Le Centre canadien de fabrication de dispositifs photoniques offre un guichet unique de services d'ingénierie et de fabrication de tout premier ordre, des services de prototypage de classe commerciale et des installations pour les essais de production. Le Centre possède des installations de 150 millions de dollars d'une superficie de 40 000 pi car dont 11 000 sont des salles blanches de classe 1000 et 100. Le Centre propose une gamme complète de procédés clés et mène des activités de soutien auxiliaires. Disposant d'outils répondant aux normes industrielles et du personnel cumulant de nombreuses années d'expérience commerciale, le Centre vend des services de fonderie opto-électronique, comme la conception et la modélisation, l'épitaixie, la fabrication, les essais et la caractérisation. Le laboratoire peut répondre à tous les besoins allant du prototypage à la fabrication de dispositifs et de circuits intégrés en petite quantité.

Optech-CCTT

Optech est un centre de recherche appliqué en optique qui fournit des services aux entrepreneurs, aux scientifiques et aux étudiants. La mission est d'augmenter la compétitivité de l'industrie et d'appuyer la formation d'étudiants talentueux en développant des technologies brevetées en optique-photonique.

Pour atteindre ce but, l'équipe met au point des activités qui multiplient l'impact et le potentiel habilitant des technologies optiques clés tout en réunissant autour du thème de l'innovation les décideurs, les représentants de l'industrie de même que les chercheurs universitaires. Optech implique aussi les étudiants et les enseignants collégiaux et universitaires dans ses activités quotidiennes et contribue au développement de la prochaine génération d'ingénieurs, de techniciens et de chercheurs. Ses 27 employés couvrent plusieurs secteurs industriels, comme la fabrication, l'aéronautique, l'environnement, l'énergie, la santé, les arts et les technologies de l'information et des communications.

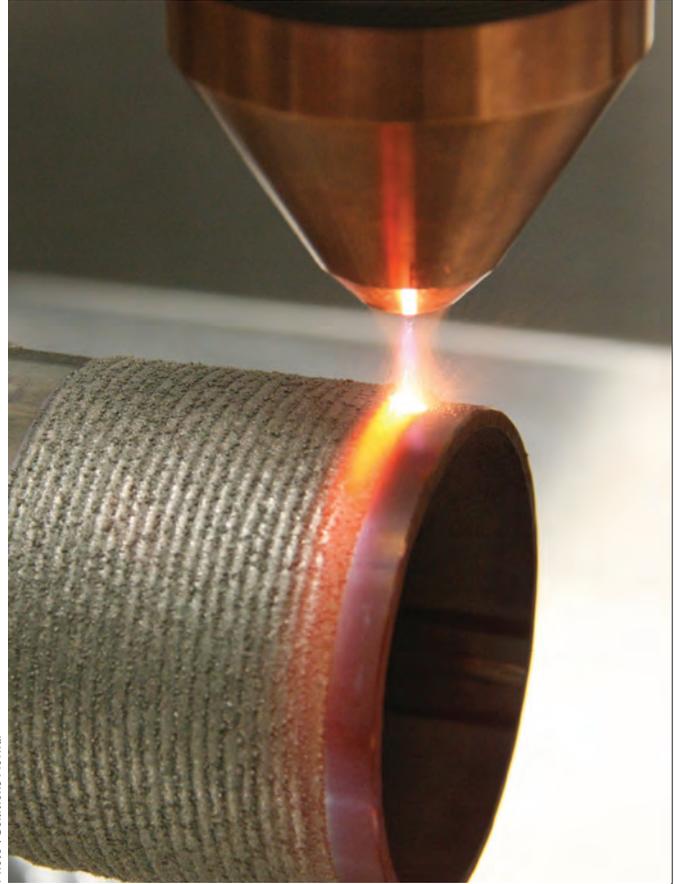
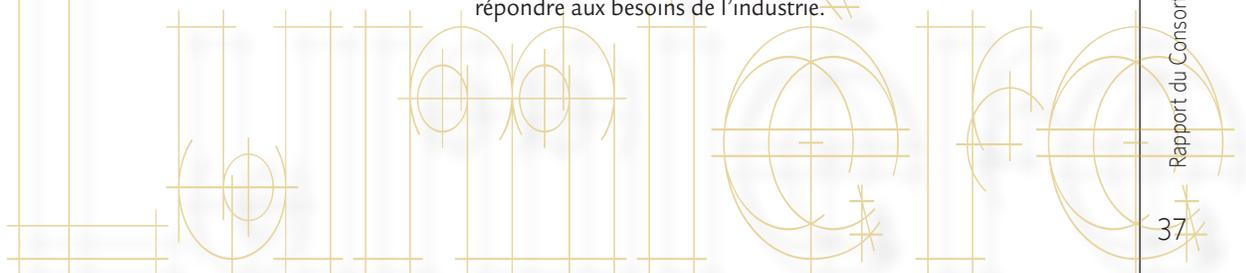


Photo : Solutions Novika

Solutions Novika

Fondé en 1983 sous le nom « Centre spécialisé de technologie physique », Solutions Novika est un organisme à but non lucratif reconnu comme centre collégial de transfert de technologie. Grâce à son équipe multidisciplinaire et à son infrastructure de recherche constamment actualisée, il complète efficacement les expertises de ses partenaires industriels, travaillant avec ceux-ci à l'amélioration de leur compétitivité. Novika réalise des mandats de recherche appliquée, de développement et de transfert dans les domaines suivants : la conception, le développement de logiciels et les procédés de pointe tels les procédés par laser comme la soudure, le traitement des surfaces et des micro-textures ainsi que le trempage, le nettoyage et le décapage. Équipé de laboratoires dotés des plus récentes technologies, Novika investit sans cesse dans le développement des connaissances et des compétences de son équipe afin de lui permettre de demeurer à la fine pointe de l'innovation et de répondre aux besoins de l'industrie.





3.4 CONCLUSION

Le Canada investit substantiellement en R-D photonique et plusieurs de ses chercheurs et établissements ont acquis une reconnaissance internationale. Il compte de plus un bon nombre d'installations de recherche gouvernementales et privées qui sont à la fine pointe de la technologie et qui possèdent un dossier enviable de transferts technologiques et de démarrage d'entreprises. Quoiqu'il en soit, la coordination de la recherche étant presque inexistante, le pays n'arrive pas à concentrer ses efforts sur les secteurs d'importance stratégique.

Malgré des investissements considérables en recherche universitaire et quelques réussites bien documentées, nos entretiens et ateliers ont mis au jour des préoccupations répandues concernant les liens entre la recherche universitaire et industrielle. Bien que les partenariats de recherche se multiplient, il semblerait que ni l'industrie, ni l'économie ne profitent autant qu'elles le devraient de ces investissements. Ces discordances pourraient être causées par les mécanismes de financement de la recherche qui dirigent les fonds directement aux universités sans permettre aux compagnies d'exercer toute l'influence qu'elles voudraient sur la recherche.

Le Canada ne réussit pas à sensibiliser assez de scientifiques et d'ingénieurs sur le potentiel de la photonique. Bien que plusieurs chercheurs de grand talent soient formés au niveau du doctorat, il n'existe au pays que trop peu de programmes au niveau du baccalauréat et aux autres niveaux de diplomation qui portent sur la science et l'application de la photonique. De plus, ce qui préoccupe davantage, c'est le fait que la plupart des cours de génie n'ont peu ou pas de photonique dans leur contenu. La pénurie d'ingénieurs et de techniciens formés en photonique a été signalée par les compagnies et limitera l'adoption des technologies issues de cette discipline. De plus, il importe d'informer la plupart des secteurs industriels au sujet des capacités en photonique disponibles au Canada et du puissant potentiel qu'elle renferme pour l'amélioration des procédés et de la qualité.

Il existe des exemples probants de pays étrangers qui développent leurs propres stratégies photoniques et dont pourrait s'inspirer le Canada afin de bâtir son expertise et ses capacités en photonique, de stimuler l'application de la photonique par le secteur industriel canadien et de soutenir la croissance de l'industrie de la photonique.



CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le rapport a démontré que la photonique offre une gamme de technologies en rapide émergence qui touchent tous les aspects de la société et influencent tous les secteurs industriels principaux du Canada.

Le Canada a établi une communauté de la photonique dynamique qui contribue à l'ensemble du domaine à l'échelle internationale et fournit de plus en plus de produits et services à valeur ajoutée en intégrant des technologies disponibles mondialement dans des systèmes et des applications utilisateurs. Le secteur possède de nombreuses forces lui permettant de livrer une concurrence énergique sur les marchés internationaux. En misant sur des possibilités clés, il accroîtra son rôle au sein de l'économie canadienne et augmentera son impact sur l'économie du pays.

Le secteur canadien de la production en photonique est principalement peuplé de PME et d'entreprises en démarrage dont les revenus se situent entre 1 et 10 millions de dollars et les effectifs dépassent à peine la cinquantaine d'employés. Ces petites entreprises sont souvent sous-financées et se trouvent fréquemment désavantagées face à leurs concurrents américains qui ont accès au programme SBIR (Small Business Innovation & Research/*Recherche et innovation pour les petites entreprises*). Le Programme d'innovation Construire au Canada constitue un excellent outil pour accélérer le développement de nouveaux produits. Cependant, ce programme devrait être élargi pour inclure les niveaux de maturité technologique de 4 à 6 en ajoutant du soutien financier à la R-D industrielle.

En Ontario et au Québec où les regroupements régionaux ont reçu du soutien, la distribution de l'activité économique de ce noyau de PME démontre un équilibre qui suggère un potentiel de croissance vigoureux. Dans d'autres parties du pays qui n'ont pas de regroupements, la distribution de l'activité économique est plus diffuse et l'ampleur de

l'activité comparative en lien avec la photonique s'en trouve de beaucoup diminuée. Lors des ateliers qui ont été organisés dans les quatre provinces les plus actives en photonique, il est clairement ressorti d'établir en priorité des regroupements photoniques régionaux pour favoriser des liens avec l'industrie locale des usagers finaux.

La photonique au Canada est déjà un secteur évalué à plusieurs milliards de dollars qui contribue grandement aux exportations. Cependant, puisque les importations canadiennes en photonique sont plus du double des exportations, il existe des possibilités pour les entreprises photoniques canadiennes de mieux répondre au marché intérieur canadien. Dans certains secteurs, par exemple l'aérospatiale, la défense et sécurité, l'énergie, la médecine et les ressources naturelles, des possibilités uniques pourraient être saisies en comblant des besoins nationaux pressants par la mise en œuvre de solutions qui pourraient mener à la création d'entreprises à fort potentiel à l'international.

Le Canada excelle au niveau de la R-D en photonique. Par contre, les succès à convertir pleinement cette force en activité économique ont été mitigés, ce qui révèle de possibles faiblesses dans l'infrastructure d'affaires canadienne.

Alors que le Canada forme de bons physiciens en photonique au niveau doctoral, nous ne développons pas assez de techniciens et d'ingénieurs d'application dans ce domaine. L'ingénieur type qui obtient son diplôme d'une université canadienne n'a eu que très peu de sensibilisation à la photonique. Cette situation constitue une barrière pour les compagnies qui souhaiteraient intégrer des composants photoniques dans des systèmes et sous-systèmes.

La photonique a le potentiel de devenir très certainement un moteur important pour la croissance économique du pays. Cependant, sur le plan stratégique, elle n'est toujours pas véritablement reconnue comme un secteur industriel, ce qui en limite la visibilité aux niveaux les plus élevés des affaires et du gouvernement. Pourtant, la photonique est fermement

FFPM pour la photonique au Canada

Forces	Faiblesses
Capacités de recherche en photonique et infrastructures établies dans des centres de R-D (CNRC, INO, Centre canadien de rayonnement synchrotron, CMC, etc.) et dans des universités et collèges	Aucune stratégie nationale en photonique
Base de connaissances et infrastructures de recherche	Petit nombre d'importants bénéficiaires de la technologie
Installations nationales spécialisées en transfert de la technologie photonique	Peu de possibilités de formation en photonique pour ingénieurs et techniciens
Capteurs d'image et systèmes de vision	Les compagnies d'importance sont souvent des filiales de multinationales étrangères.
Lasers à fibre ultrarapides et intenses	Difficulté à mobiliser des capitaux destinés aux entreprises en démarrage
Fibres spéciales, télédétection, imagerie spectrale, etc.	Pénurie de fournisseurs canadiens de composants photoniques clés comme des lasers et systèmes laser haute puissance
Possibilités	Menaces
Marchés de l'énergie et de l'environnement en expansion	Concurrence mondiale
Besoins à combler en aérospatiale, défense et sécurité, énergie, médecine, ressources naturelles	Soutien gouvernemental mal ciblé pour la R-D en photonique
Technologies vertes et solaires	Pas assez d'étudiants dans les domaines technologiques
Les liens se multiplient entre les producteurs de produits et services photoniques et les communautés d'usagers.	Les autres industries (comme celle des ressources) demeurent plus attrayantes aux investisseurs.
Développement de regroupements photoniques régionaux	Concurrence provenant d'autres technologies
Le marché exempt des règles ITAR et le recours au Programme des retombées industrielles et technologiques	

établie sur la scène internationale. Afin de connaître le succès, la communauté photonique canadienne doit adopter une perspective globale, en étant plus présente à l'international et en favorisant un environnement national caractérisé par une ouverture à utiliser les technologies photoniques et à profiter des avantages qu'elles procurent.

RECOMMANDATIONS

1. Sensibiliser et améliorer la visibilité

Le niveau des connaissances en photonique et la visibilité de cette discipline au Canada ne sont pas suffisants pour en assurer son adoption par les usagers potentiels et répondre à leurs besoins. La photonique devrait faire partie de tous les programmes de premier cycle en science et en génie. De plus, on devrait accroître l'offre de programmes collégiaux destinés à former des techniciens. Les enseignants et les communicateurs devraient s'engager dans la vulgarisation de la photonique à l'intention du grand public.

2. Impliquer la communauté des usagers

Comme l'ont démontré les ateliers tenus sur les différents secteurs d'application, la communauté de la photonique devrait se rapprocher de la communauté des usagers afin de développer des solutions qui seraient en mesure d'assurer le leadership du Canada dans certains secteurs clés et favoriser de nouvelles possibilités d'exportation. Le programme européen Horizon 2020 a fait valoir la valeur du partenariat entre les différents secteurs économiques. Le Canada devrait encourager les multinationales à se rapprocher de la communauté de la photonique au pays. Ainsi, elles pourraient s'enrichir des capacités de la photonique, offrir de nouvelles possibilités aux intégrateurs de systèmes locaux et appliquer plus efficacement les connaissances canadiennes en matière de procédés.

3. Accroître la commercialisation de la technologie canadienne

En dépit des investissements destinés à favoriser le partenariat dans le secteur de la R-D photonique, la transition et le transfert des technologies du milieu universitaire vers celui des affaires demeurent inadéquats. Nous recommandons l'établissement de programmes qui encouragent une plus grande participation des partenaires industriels et universitaires. Un modèle qui a fait ses preuves est celui qui a été utilisé pour le programme Horizon 2020 dans l'Union européenne. Mentionnons aussi la création récente de l'Institut pour la fabrication intégrée en photonique (American Institute for Manufacturing Photonics) aux États-Unis.

4. Mettre l'accent sur les technologies habilitantes stratégiques pour mieux s'attaquer à des secteurs commerciaux clés actuels et futurs

Il existe de nombreux exemples d'investissements ciblés dans des domaines clés de la photonique dans d'autres pays : l'Institut pour la fabrication intégrée en photonique aux États-Unis, les écrans plats en Corée, l'usinage laser haute puissance en Allemagne, la convergence des technologies de la photonique et de l'électronique au Japon et l'Association des usagers de lasers industriels au Royaume Uni. L'investissement du Canada en photonique est approximatif et peu ciblé. Nous recommandons l'établissement d'un groupe composé de représentants des milieux industriels et universitaires pour veiller à la stratégie en photonique. Son rôle serait de diriger les investissements vers quelques secteurs clés jugés d'importance à l'échelle mondiale au cours de la prochaine décennie et dans lesquels le Canada dispose des compétences nécessaires pour changer les choses.

5. Élargir le modèle du regroupement

En raison de la taille du pays, deux niveaux de regroupement sont importants pour le Canada : un regroupement régional qui organise localement des activités et des occasions de réseautage et un regroupement national qui développe des partenariats entre les groupes régionaux et organise des activités nationales et internationales. La tenue d'activités stimulantes au sein des regroupements encourage l'incubation et le développement d'une distribution équilibrée d'entreprises photoniques. Le regroupement québécois est très dynamique tandis que les groupes similaires en Ontario et dans les provinces de l'Ouest auraient besoin de renforcement.



ANNEXE 1 - LA PHOTONIQUE AU CANADA

L'INDUSTRIE PHOTONIQUE CANADIENNE

Le Canada compte environ 400 compagnies dont les produits reposent principalement sur la photonique. On les trouve surtout au Québec et en Ontario dans une proportion de 77% tandis que la Colombie-Britannique suit avec 13%, les provinces des Prairies, 7% et la région de l'Atlantique, 3%. À l'échelle du pays, l'industrie de la photonique emploie plus de 25 000 personnes. Ce nombre ne tient pas compte des compagnies qui utilisent la photonique d'une façon ou d'une autre pour réaliser un produit ou un service primaire sans rapport.

En 2014, les revenus des entreprises photoniques atteignaient 4,6 milliards de dollars. Ces entreprises prévoient une hausse annuelle de 10% au cours des prochaines années. Comme le montre la Figure A1.1, environ 65% de ces revenus proviennent d'exportations soit 34% aux États-Unis, 17% en Europe et 12% en Asie.

FIGURE A1.1

Distribution des ventes

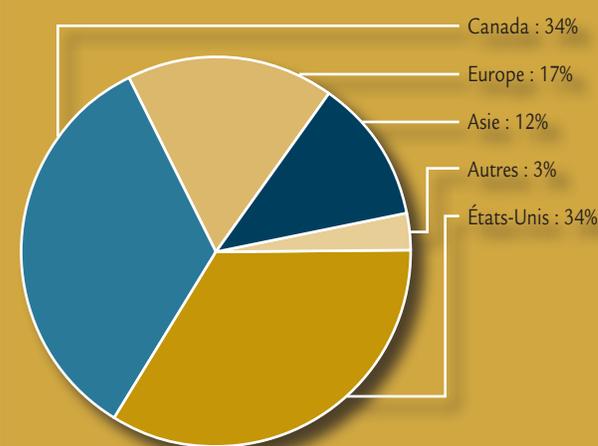


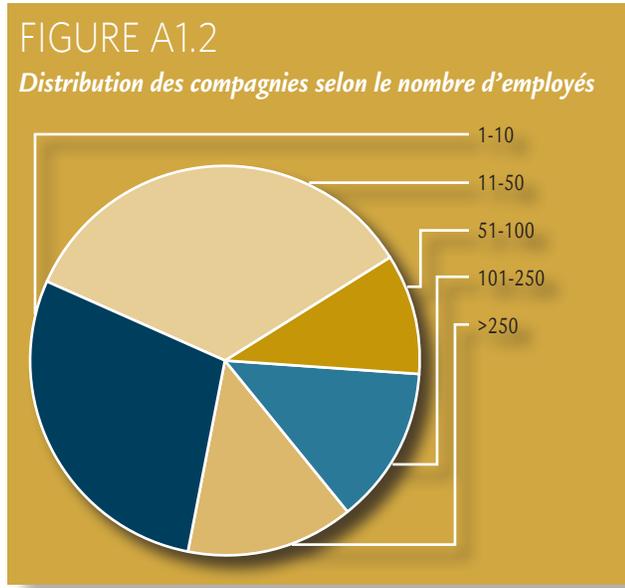
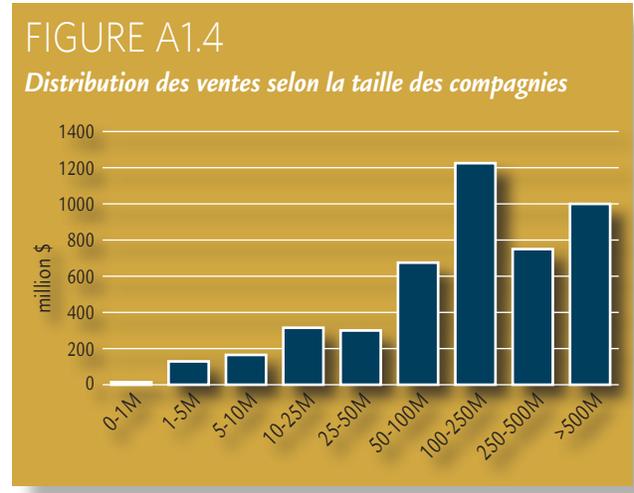
TABLEAU A1.1

Universités et collèges avec équipe de recherche en photonique

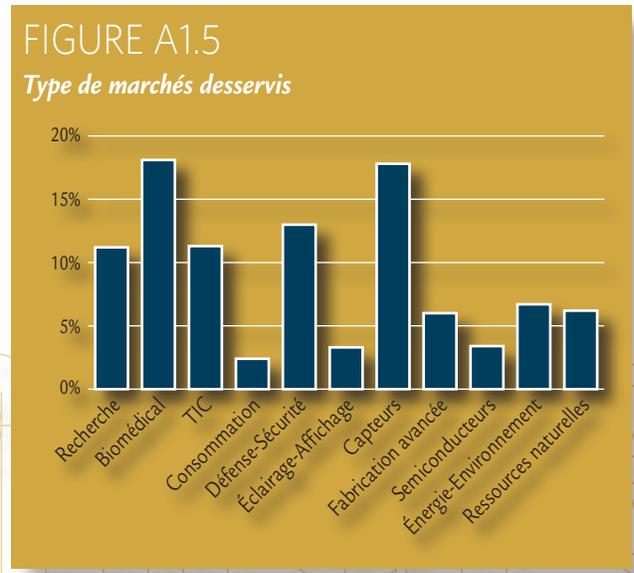
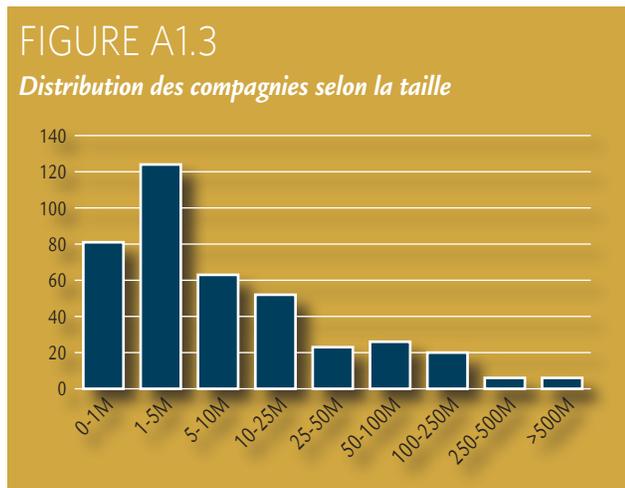
	Province		Province
Algonquin College	ON	Simon Fraser University	CB
Carleton University	ON	Université de Moncton	NB
Cégep André-Laurendeau	QC	Université de Montréal	QC
Cégep Edouard-Montpetit	QC	Université de Sherbrooke	QC
Cégep La Pocatière	QC	Université du Québec à Gatineau	QC
College of New Caledonia	CB	Université Laval	QC
Université Concordia	QC	University Health Network	ON
Dalhousie University	NÉ	University of Alberta	AB
École de technologie supérieure	QC	University of British Columbia	CB
École Polytechnique de Montréal	QC	University of Calgary	AB
George Brown College	ON	Université d'Ottawa	ON
Université McGill	QC	University of Prince Edward Island	IPE
McMaster University	ON	University of Toronto	ON
Mohawk College	ON	University of Victoria	CB
Northern Alberta Institute of Technology	AB	University of Waterloo	ON
OCAD University	ON	University of Western Ontario	ON
Queen's University	ON	University of Windsor	ON
Ryerson University	ON	Wilfrid Laurier University	ON

Comme dans plusieurs pays, l'industrie photonique canadienne est peuplée de petites entreprises (Figure A1.2). Près du trois quarts des 400 compagnies comptent moins de 100 employés tandis que 30% ont moins de 10 employés. La Figure A1.3 montre que 50% des compagnies ont des revenus inférieurs à 10 millions et 20%, inférieurs à 1 million (ou n'ont pas encore de revenus). En comparant ces données à la distribution des ventes en fonction de la taille des compagnies (Figure A1.4), nous pouvons conclure que 86% des ventes canadiennes en photonique sont faites par 20% des compagnies.

Depuis la dégringolade du marché des télécoms, l'industrie photonique canadienne a connu une nette diversification (Figure A1.5). Le secteur biomédical et celui des capteurs



sont les principaux responsables des ventes de produits photoniques. Moins de 11% des ventes proviennent aujourd'hui du secteur des communications tandis que 13% relèvent du secteur de la défense et sécurité. Historiquement, ces secteurs étaient les piliers de la communauté photonique au Canada. On prévoit une hausse substantielle des ventes dans les secteurs de l'énergie et de l'environnement en raison d'une tendance vers l'énergie verte qui ouvre la voie à de nombreuses possibilités pour les compagnies photoniques canadiennes de devenir des chefs de file mondiaux dans un domaine qui est au coeur de l'économie du pays. Par ailleurs, les marchés lucratifs de l'éclairage, des semiconducteurs et des produits de consommation sont faibles au Canada puisque l'Asie les domine à meilleur coût. Les compagnies photoniques canadiennes desservent la plupart des usagers finaux et certaines en desservent plus d'un à la fois. Par exemple, les compagnies fondées pour fabriquer des dispositifs de télécommunications sont maintenant en mesure d'offrir des produits basés sur les mêmes technologies au secteur des sciences de la vie et au secteur industriel.

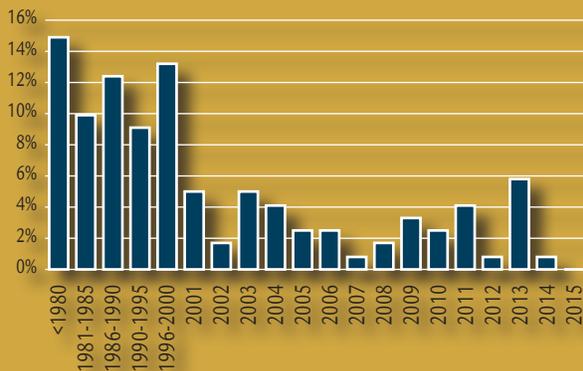


Les compagnies photoniques canadiennes ont progressé dans la chaîne de valorisation. Seulement 24% de ces compagnies développent et vendent des composants. Celles-ci occupent surtout des niches dans le marché de dispositifs spéciaux, comme les fibres et les filtres. La majorité des entreprises canadiennes en photonique (63%) fournissent des sous-systèmes et des instruments qui, pour plusieurs, renferment des composants optiques importés auxquels sont ajoutés des éléments électroniques, des microprogrammes informatiques et des logiciels afin de convenir à une application donnée.

Soixante pour cent des compagnies photoniques canadiennes ont été créées avant 2000, comme le montre la Figure A1.6. L'étude conclut qu'il n'y a pas de corrélation importante entre l'âge de la compagnie et son chiffre d'affaires.

FIGURE A1.6

Année de création des compagnies

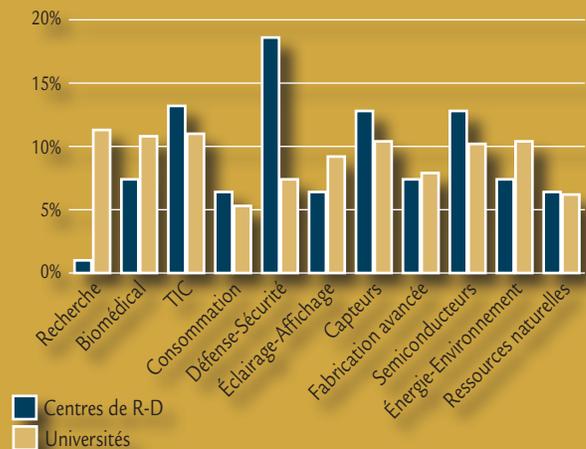


LA R-D CANADIENNE EN PHOTONIQUE

Une étude de l'OCDE réalisée en 2015 révèle que le secteur industriel est responsable de la moitié des dépenses intérieures brutes en R-D. De plus, l'industrie a accès aux capacités canadiennes en R-D dans les universités et les centres de R-D. Les gouvernements du Canada et des provinces financent la recherche-développement en optique, photonique et lasers, à hauteur d'environ 150 millions de dollars par année. Les 1000 chercheurs en photonique sont répartis dans les nombreux collèges et universités actifs dans cette discipline (Tableau A1.1) et dans les centres de R-D présentés dans le chapitre 3 du présent rapport. La Figure A1.7, qui présente les marchés desservis par la communauté de la R-D, révèle que les centres de R-D mènent des activités surtout dans les domaines de la défense et sécurité, des communications, des capteurs et des semiconducteurs tandis que les universités travaillent dans plusieurs domaines répartis de façon plus uniforme.

FIGURE A1.7

Marchés desservis par la communauté de R-D canadienne

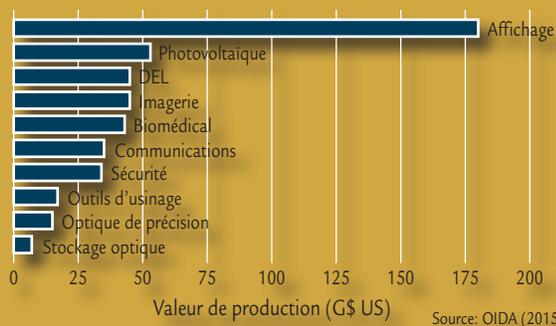


ANNEXE 2 - LA PHOTONIQUE AILLEURS DANS LE MONDE

En 2010, l'American Physical Society, l'IEEE Photonics, l'Optical Society of America et le SPIE ont avancé que l'impact économique des lasers était immense. Selon ces organismes, les lasers à diode et à fibre dont les ventes s'élevaient à 3,2 milliards de dollars ont influencé le secteur des TIC estimé à 4000 milliards. Aussi, les lasers à état solide et à excimère dont les ventes s'élevaient à 400 millions de dollars ont influencé le secteur de la santé et du biomédical évalué à 2 500 milliards. Enfin, les lasers CO₂ et à fibre dont les ventes se situaient à 1,3 milliards de dollars ont influencé le secteur des transports estimé à 1000 milliards. En raison de son caractère habilitant, la photonique a un puissant impact indirect sur tous les secteurs de l'économie évalués par l'OSA Industry Development Associates (OIDA) à 78 000 milliards de dollars.

FIGURE A2.1

Production photonique mondiale



Le SPIE et l'OIDA estiment que le marché mondial de la photonique atteindra 500 milliards de dollars US en 2015, une augmentation d'environ 6% par rapport à l'année précédente. Comme illustré à la Figure A2.1, l'affichage occupe une proportion importante du marché international, suivi par les composants photovoltaïques, les DEL, l'imagerie, le secteur biomédical, les TIC et la sécurité.

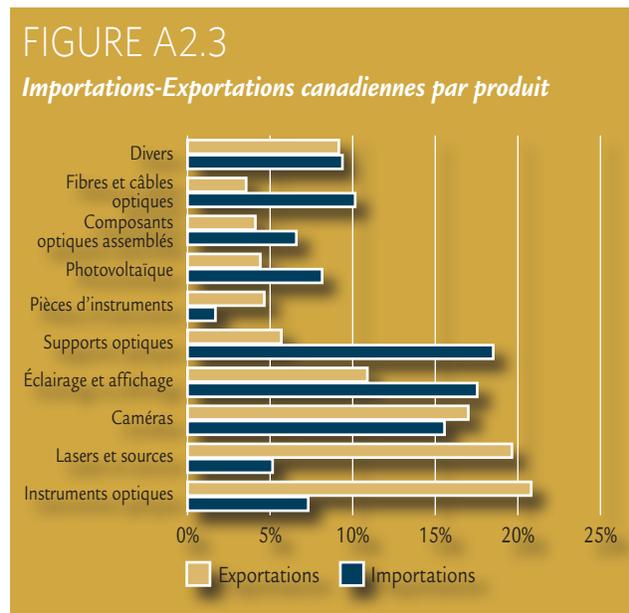
La Figure A2.2 montre que les importations canadiennes de produits photoniques s'élèvent à 6,7 milliards de dollars tandis que les exportations canadiennes dans ce secteur représentent 65% de sa production chiffrée à 4,6 milliards.

FIGURE A2.2

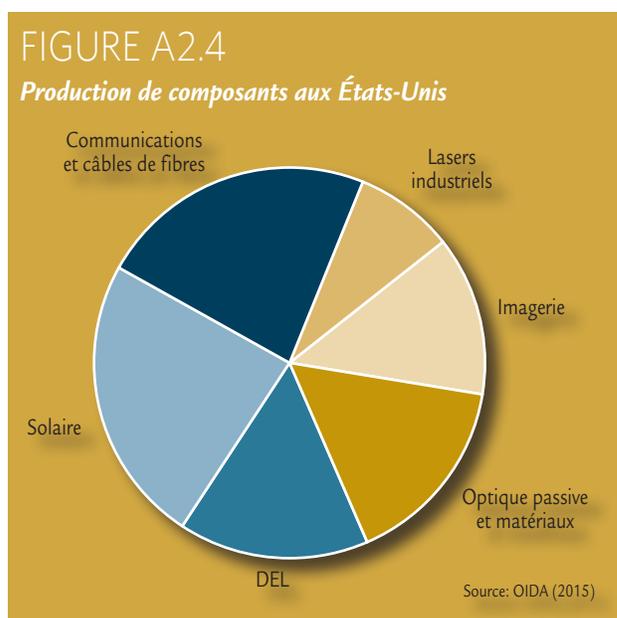
Importations et exportations canadiennes en photonique



La distribution des produits selon leur type est présentée à la Figure A2.3. Plus de 60% des importations canadiennes sont constituées de supports optiques, d'équipement et de composants d'éclairage et d'affichage, de caméras et de câbles de fibre optique tandis que les instruments optiques, les lasers et sources, les caméras, les produits d'éclairage et d'affichage correspondent à presque 70% des exportations.

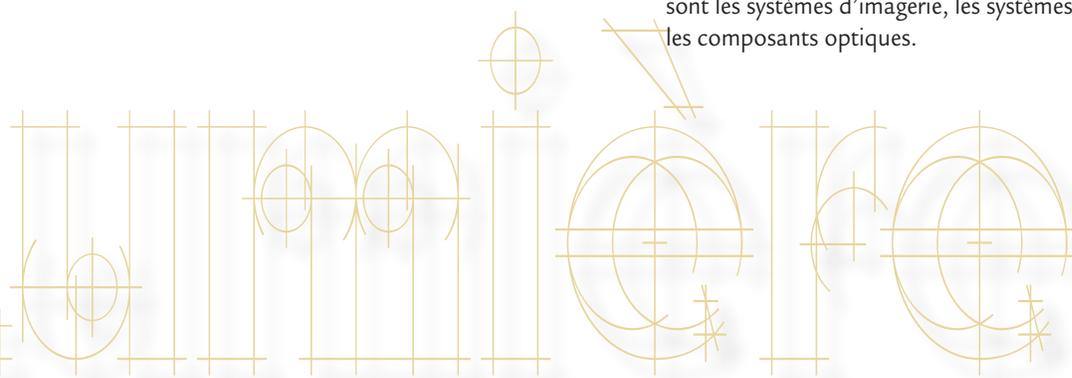


Les produits américains occupent environ 18% du marché mondial de la photonique (OIDA 2015). La production américaine de composants est répartie uniformément entre l'imagerie, les composants passifs, les DEL, les composants solaires, les produits destinés aux communications, les fibres optiques et les lasers industriels, comme le montre la Figure A2.4 de l'OIDA. Les États-Unis fournissent 40% du total des produits importés par le Canada en photonique. Plus précisément, ils fournissent 60% des produits importés au Canada pour l'éclairage et l'affichage, 46% des importations de câbles à fibre optique et 45% des importations d'instruments optiques.



Le marché européen en photonique occupe aussi une part de 18% (OIDA 2015). Les produits européens se situent surtout dans le marché des capteurs, de l'imagerie, des DEL et des systèmes laser. L'Allemagne, la France et le Royaume-Uni sont les producteurs principaux, mais d'autres pays ont trouvé leurs marchés niches. L'industrie européenne fournit au Canada 11% du total de ses importations de produits photoniques. Plus précisément, 24% des composants et instruments optiques importés proviennent de la France et de l'Allemagne

L'Asie domine 62% du marché mondial de la photonique (OIDA 2015) en raison de sa suprématie dans le domaine des produits d'affichage. Le Japon représente 19% de cette part grâce à l'affichage, aux DEL, aux composants photovoltaïques et aux systèmes d'entrée-sortie. Ce pays fournit aussi des caméras et des composants optiques. La Corée du Sud suit avec 18% de cette part de marché en raison des supports à l'enregistrement, de l'affichage, des sources lumineuses et des cellules solaires. La part de Taiwan se chiffre à 16% et porte principalement sur la production d'écrans plats. La Chine représente 12% grâce aux systèmes photovoltaïques et aux écrans à cristaux liquides. Environ 19% des importations canadiennes proviennent de la Chine, 8% du Japon et 4% de Taiwan. Les produits principaux en provenance de la Chine sont les systèmes d'imagerie, les systèmes photovoltaïques et les composants optiques.





La mission du Consortium photonique de l'industrie canadienne (CPIC)

La mission du CPIC, aussi appelé Photons Canada, est de soutenir les entreprises canadiennes afin d'optimiser leurs opérations et améliorer leurs profits en facilitant et accélérant l'application des technologies photoniques qui améliorent la qualité, la productivité et la rentabilité. Pour plus d'information : <http://photonscanada.ca/>

