



101

L E S

MOTS DE LA PHOTONIQUE

GLOSSAIRE FRANÇAIS-ANGLAIS
des termes essentiels de la photonique et de l'optique



Notre expertise en photonique a un grand impact

Les expertises interdisciplinaires issues de la photonique permettent des avancées importantes dans des domaines variés, tels que les télécommunications, l'information quantique, les sciences de la vie ou la surveillance de l'environnement et des infrastructures.

L'Université Laval, en soutenant l'innovation en sciences de la photonique, crée ainsi des perspectives prometteuses pour l'avenir de nos sociétés.



© 2024 DataFranca.org
Tous droits réservés

ISBN 978-2-9821133-2-9
Dépôt légal : second trimestre 2024
Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Première édition
Mai 2024

101

LES

MOTS DE LA PHOTONIQUE

GLOSSAIRE FRANÇAIS-ANGLAIS

des termes essentiels de la photonique
et de l'optique

À la fois science et technologie de la lumière, la photonique se décline en un très vaste éventail d'applications. D'abord axée sur l'optique, elle a connu au fil des siècles un développement jalonné de découvertes fascinantes qui sont bien ancrées dans nos vies. Chaque jour, sans même y porter attention, nous utilisons la photonique en naviguant sur Internet et son réseau de fibre optique, en écrivant un texto sur l'écran tactile de notre téléphone intelligent ou en scannant le code-barres d'un article à l'épicerie. Bref, cette science est partout – ou presque! – et offre des solutions innovantes dans une multitude de domaines.

Que ce soit pour optimiser nos communications, révolutionner la médecine, promouvoir l'utilisation de l'énergie renouvelable ou stimuler l'innovation industrielle, la photonique développe des savoir-faire qui ont pour objectif d'améliorer notre quotidien et de façonner notre avenir. Selon les plus récentes données du ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie, cette science contribue de façon significative au PIB du Québec, soit à hauteur de 3 milliards de dollars, en plus de regrouper plus de 220 entreprises et 22 000 emplois.

Je me dois d'ailleurs de souligner l'excellence du Québec en quantique, Toutefois, comme dans bien d'autres domaines de recherche de pointe, les termes et concepts liés aux technologies de la photonique sont généralement en anglais. À titre de scientifique en chef du Québec et premier dirigeant des Fonds de recherche du Québec, il m'apparaît important de promouvoir et de soutenir la science et la recherche en français au Québec, et ce, dans toutes ses dimensions. Offrir un outil en français à nos entreprises et organismes publics, de même qu'à notre communauté scientifique et au corps professoral universitaire et collégial qui évoluent dans ce champ du savoir et de la technologie constitue un pas de plus pour rayonner encore plus fort au sein de la francophonie.

Je salue donc avec enthousiasme l'initiative des universités McGill et Laval pour cette collaboration fructueuse dans la réalisation d'un lexique français-anglais en photonique et en optique. Tous les milieux de travail et de l'enseignement de ce domaine scientifique auront enfin un outil précieux pour le faire en français.

Car plus que jamais, il faut promouvoir la science en français et augmenter la littérature scientifique et numérique au Québec pour qu'elles profitent au plus grand nombre. C'est une exigence pour une société du savoir comme la nôtre, une richesse pour la science qui se fait, qui s'enseigne et qui se diffuse partout dans la Francophonie. De ce fait, la création d'une terminologie en français s'applique à tous les domaines de la science et de la recherche, et la photonique n'y fait bien sûr pas exception.

Enfin, je suis convaincu que ce livre, tout comme celui qui l'a précédé; « Les 101 mots de l'intelligence artificielle », saura faire œuvre utile auprès de la communauté de la recherche francophone engagée à faire avancer ce champ d'expertise en français. J'espère d'ailleurs que d'autres titres s'ajouteront à cette série d'ouvrages, afin de couvrir le plus grand nombre possible de domaines du savoir.



Rémi Quirion, OC, CQ, PhD, MSRC
Scientifique en chef du Québec



La photonique, bien qu'elle représente une fraction des sciences optiques, s'attarde à la manipulation de la lumière, se rapprochant ainsi de l'électronique. Ce lexique offre au lecteur l'opportunité d'explorer divers aspects de ce domaine, tout en apprenant l'équivalent anglais des termes permettant une meilleure appréciation des publications dans ce secteur.

Ce lexique vise à piquer la curiosité de tous, jeunes et moins jeunes, qui pourront certainement en découvrir plus par eux-mêmes. De plus, il permet aussi de souligner l'importance de l'industrie en photonique au Québec, un secteur clé de la recherche et du développement qui s'est distingué par son dynamisme et ses contributions significatives, aussi bien sur la scène industrielle que le domaine de la recherche, depuis des décennies.

C'est donc avec honneur que j'ai accepté de prendre part à la rédaction de cette première édition, en collaboration étroite avec de nombreux partenaires. Je tiens à exprimer ma gratitude à mes deux étudiants au doctorat, Mohammad Reza Safaee et Leonid Pascar, pour s'être prêtés au jeu. Ensemble, nous avons sélectionné les termes et élaboré des définitions qui nous paraissaient précises et justes. Le défi de restreindre le nombre de mots était grand, et il est possible que certains lecteurs regrettent l'absence de certains termes. Si cela suscite des discussions, c'est tant mieux. Ce sera une belle opportunité de travailler tous ensemble vers une prochaine édition plus riche et complète.

J'espère que ce lexique sera feuilleté avec curiosité et émerveillement.



Odile Liboiron-Ladouceur, PhD, Ing.
Département de Génie Électrique et Informatique
Université McGill

Le COPL salue cette initiative visant à traduire de l'anglais vers le français les termes les plus généralement utilisés dans les milieux de recherche et d'innovation en photonique. Elle est bien alignée sur les engagements du COPL en matière de démocratisation des connaissances et de rayonnement du secteur auprès de la relève et de la société dans son ensemble.

Force est de reconnaître que la photonique est essentielle au maintien de la compétitivité de nombreuses industries de hautes technologies et d'une grande vitalité pour le Québec avec près de 200 entreprises s'identifiant à ce secteur, générant 22 000 emplois et un produit intérieur brut de plus de 3 milliards \$ (2019).

Les sciences de la photonique ont pris de l'importance dans les milieux de recherche universitaires quasi au même rythme qu'elles se sont immiscées dans notre quotidien par le déploiement de nombreuses applications qui ont façonné les industries. Ainsi, les sciences de la lumière ont révolutionné des industries entières comme les télécommunications, la fabrication avancée, les transports, l'agriculture, l'environnement et la médecine.

C'est donc un domaine du savoir d'importance pour l'avenir socioéconomique de notre société et le COPL agit comme pilier de l'écosystème d'innovation qui fait le succès de l'optique photonique au Québec.

Merci aux instigatrices et instigateurs de ce projet de lexique. En espérant que cet ouvrage allumera l'étincelle des sciences photoniques chez les lectrices et lecteurs.



Sophie LaRochelle
Directrice du COPL

OPTONIQUE

La photonique est aujourd'hui au cœur d'un nombre incalculable de technologies qui transforment notre quotidien et notre économie. Cette discipline, qui exploite les différentes propriétés de la lumière à des fins scientifiques et technologiques, est une véritable force économique dans la province. En effet, le Québec abrite plus de 200 entreprises spécialisées dans ce domaine, contribuant près de 3 milliards de dollars au PIB et employant plus de 20 000 personnes. L'industrie photonique est en pleine expansion à l'échelle mondiale et joue un rôle critique dans le développement de technologies stratégiques et habilitantes pour la transition énergétique, l'automatisation avancée, la conduite autonome, ou les technologies quantiques.

Optonique souhaite donc supporter cette initiative permettant de parler de photonique en français plus facilement au sein de nos institutions de recherche et de nos entreprises. En permettant également de mieux vulgariser certains concepts du domaine, cet ouvrage aidera aussi à introduire une partie du grand public aux merveilles de la photonique qui méritent d'être davantage connues.

En vous souhaitant une lecture utile et éclairante.



Madison Rilling, PhD
Directrice Générale, Optonique



L'idée de ce projet est née lors d'une conférence qui portait sur l'intelligence artificielle à laquelle participaient Mme Odile Liboiron-Ladouceur, professeure à l'université McGill et le Scientifique en chef du Québec, M. Rémi Quirion. Ayant échangé à propos de « Les 101 mots de l'intelligence artificielle », il est clairement apparu que les professionnels de la photonique et de l'optique avaient aussi besoin d'un ouvrage de référence semblable.

Et nous avons maintenant en mains « Les 101 mots de l'optique et de la photonique » grâce à la collaboration inestimable de Mme Sophie Larochelle, professeure à l'Université Laval et directrice du Centre optique, photonique et Laser (COPL).

Leurs contributions respectives offrent une richesse d'informations qui enrichiront la pratique de tous les professionnels, en entreprise comme dans l'enseignement, au Québec et ailleurs dans la francophonie.

Je tiens à remercier chaleureusement tous les collaborateurs pour leur engagement et leur expertise, ainsi que les relecteurs qui ont contribué à la réalisation de ce projet. DataFranca poursuit ainsi sa mission de développer des lexiques français dans les domaines scientifiques.

Gérard Pelletier,
Directeur général, DataFranca
éditeur

Collaborateurs / Collaboratrices :

Sophie Larochelle, PhD
Professeure, université Laval

Odile Liboiron-Ladouceur, PhD
Professeure, université McGill

Azim Mandjee, Lic. Informatique
Administrateur, DataFranca.org

Robert Meloche
Graphisme et mise en page

Imane Meziani, Traductrice agréée,
Cheffe d'équipe, DataFranca.org

Leonid Pascar,
Doctorant, université McGill

Matthew Posner, PhD
Consultant, technologie et formation en photonique

Mohammad Reza Safaee,
Doctorant, université McGill

Gérard Pelletier, MBA
Directeur général, DataFranca.org
Éditeur



COPL

Centre d'optique,
photonique et lasers

Le regroupement stratégique COPL est un environnement de recherche collaborative et de formation inclusive rassemblant des expertises dans plusieurs disciplines. Son leadership scientifique propulse la recherche québécoise en optique photonique au niveau international et contribue à l'essor économique des technologies de l'optique et de la photonique au Québec.

Le COPL exploite toutes les possibilités de la science et des technologies de l'optique et de la photonique par la mobilisation et le renforcement de la communauté de la recherche au Québec.

Sept axes guident nos travaux de recherche : la biophotonique, les fibres optiques et dispositifs, les lasers et interactions avec la matière, les matériaux photoniques, la photonique quantique, les télécommunications optiques ainsi que les systèmes et microsystèmes photoniques.



Pour en savoir davantage sur
le Centre d'optique, photonique
et lasers, consultez notre site :

www.COPLweb.ca

L'IEEE* est le siège professionnel
d'un réseau mondial d'ingénieurs
et de scientifiques représentant
la communauté des lasers,
de l'optoélectronique
et de la photonique.

La société offre à ses membres
et à ses bénévoles des possibilités
de développement professionnel
et un appui financier, publie des
revues et des normes techniques,
organise des conférences
et soutient les activités des étudiants
et des sections à l'échelle mondiale.

The IEEE* Photonics Society is
the professional home for a global
network of engineers and scien-
tists who represent the lasers,
optoelectronics, and photonics
community-at-large.

The Society provides its members
and volunteers with: professional
growth opportunities and awards;
publishes journals and technical
standards; organizes
conferences; supports student
and chapter activities globally.



IEEE
Photonics
Society

ieeephotonics.org/

 **IEEE 140**
*Advancing Technology
for Humanity* 1884-2024

* Institute of Electrical
and Electronics Engineers

Enseigner la photonique

avec Ansys

Améliorez votre programme d'enseignement avec Ansys Lumerical — une suite complète de logiciels de simulation photonique permettant aux utilisateurs de visualiser des phénomènes optiques complexes. De la propagation des ondes à l'interférence, la diffraction et la diffusion, Ansys Lumerical fournit une plateforme d'exploration et de compréhension du comportement de la lumière.

Les logiciels Ansys Lumerical incluent :

- Ansys Lumerical FDTD
- Ansys Lumerical MODE
- Ansys Lumerical Multiphysics
- Ansys Lumerical INTERCONNECT
- Ansys Lumerical CML Compiler

Les cours « Ansys Innovation Courses » proposent plus de 50 leçons gratuites en photonique, couvrant un large éventail de concepts et de logiciels Ansys Lumerical.

Les cours comprennent des vidéos, des documents, des quizz, des conseils de simulation, et bien plus encore.

The Ansys logo consists of a stylized yellow and white 'A' followed by the word 'nsys' in white. The background of the entire page features a dark, hexagonal grid pattern, and a 3D rendering of a transparent cube with light rays passing through it is positioned on the right side.

Ansys

Visitez le site: ansys.com/courses

Le vocabulaire de l'intelligence artificielle nécessaire à la transformation numérique

Avec plus de 8 000 termes,
**le Grand lexique français
de l'intelligence artificielle**
est le premier outil de référence
exhaustif de langue française
en science des données
et en intelligence artificielle
pour la fonction publique,
les entreprises,
la recherche
et l'enseignement.

GRAND
LEXIQUE
FRANÇAIS
DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

[datafranca]

www.datafranca.org

L'Office québécois de la langue française
et les Fonds de recherche du Québec
sont fiers d'appuyer cette initiative.

Québec 

INDEX DES TERMES FRANÇAIS

Absorption de photons	8
Accélérateur photonique.	8
Amplificateur à fibre.	9
Amplificateur à fibre dopée à l'erbium	9
Amplificateur optique	10
Analyseur de spectre optique	10
Atténuation optique.	11
Bande C	12
Bande interdite photonique	12
Bande O	12
Bruit	13
Capteur à fibre optique	14
Centre de données.	14
Champ électrique	15
Circuit intégré photonique	15
Cohérence	16
Communication optique	
en espace libre	16
Communication quantique	17
Commutateur optique.	17

Conception inversée	18
Couplage fibre-puce	19
Coupleur	19
Coupleur à réseau	20
Déphaseur électro-optique	21
Diaphonie	22
Diélectrique.....	22
Diffraction	23
Dispersion chromatique	24
Distribution quantique de clés.....	24
Effet Faraday	24
Effet de dispersion du plasma	25
Effet thermo-optique.....	25
Émetteur-récepteur optique.....	26
Émission spontanée.....	27
Émission stimulée.....	27
Énergie du photon	28
Équations de Maxwell	28
Erreurs de fabrication	29
Fibre optique.....	30

Fichier GDS	31
Filtre optique.....	31
Fibres optiques	31
Fréquence	32
Germanium	33
Guide d'onde optique	33
Holographie	34
Indice de réfraction	35
Interférence.....	35
Interféromètre de Mach-Zehnder	36
Interféromètre multimode	37
Intrication quantique.....	37
Inversion de population	37
Isolateur optique	38
Jonction PN.....	38
Largeur de bande optique	39
Laser.....	40
Lentille	40
Lidar	41
Ligne à retard optique.....	42
Longueur d'onde	42
Matériaux à changement de phase.....	43

Modes	44
Modulateur optique.....	44
Modulateurs électroabsorbant.....	45
Multimode.....	46
Multiplexage en longueur d'onde.....	46
Multiplexage optique.....	47
Multiplexeur optique	47
Métamatériaux photoniques	47
Nanoantennes optiques	48
Nanophotonique	48
Nombre d'onde.....	49
Ondes électromagnétiques.....	49
Optique des rayons	50
Optique non-linéaire	50
Optique ondulatoire	51
Optique quantique.....	51
Optoélectronique.....	52
Ordinateur quantique	53
Ordinateur optique.....	53
Photodétecteur.....	54
Photon	54
Photonique	55

Photonique pour les	
signaux radiofréquence	55
Photonique sur silicium	56
Photonique térahertz	57
Polarisation de la lumière	57
Porte logique optique	58
Porteurs de charges libres	58
Puissance optique	59
Rapport de transfert de puissance	59
Rapport signal sur bruit optique	60
Réflexion	61
Réseau de Bragg	62
Réseau optique à commande de phase	62
Réseau de communication optique	63
Réseaux neuronaux optiques	64
Résonateur à nanofaisceau	64
Résonateur optique	65
Semi-conducteur	65
Séparateur de faisceau	66
Silice	66
Silicium	67

Simulations FDTD	68
Superposition quantique	68
Systèmes microélectromécaniques	
optiques	68
Taux d'erreur sur les bits	69
Technique de multiplexage	
par répartition en modes	70
Vitesse de groupe	70
Vitesse de phase	71
Wattmètre optique	71

Absorption de photons

L'absorption de photons, ou simplement l'absorption, est le processus par lequel l'énergie lumineuse est absorbée par un matériau, la transformant en énergie interne (par exemple, en énergie thermique) excitant des électrons à des niveaux d'énergie supérieure, ou générant des porteurs de charges libres dans le cas des semi-conducteurs. L'absorption entraîne l'atténuation de la lumière incidente.

Photon absorption

Photon absorption or simply absorption is the process by which light energy is taken by a material, transforming it to an internal energy of the media (e.g., thermal energy) or even generating electrons as in the case of semiconductor property. Absorption results in the attenuation of the incident light.

Accélérateur photonique

Un accélérateur photonique est un élément de base de l'ordinateur optique. En général, le rôle d'un accélérateur est de réduire la charge de l'unité centrale de traitement en prenant en charge certaines tâches de traitement spécifiques, comme le rôle d'une unité de traitement graphique ou d'un accélérateur d'intelligence artificielle. Les opérations rapides de multiplication et d'accumulation sont considérées comme les tâches de traitement fondamentales des accélérateurs photoniques récents. Ils sont potentiellement capables de permettre un calcul optique (photonique) rapide et économe en énergie.

Photonic accelerator

A photonic accelerator is a core-enabling building block of optical computing. In general, the duty of an accelerator is to reduce the load of the central processor unit (CPU) by taking care of some specific processing tasks such as the role of a graphical processing unit (GPU) or any artificial intelligence (AI) accelerator. Performing fast multiply-and-accumulate (MAC) operations are considered as the fundamental processing tasks of recent photonic accelerators.

They are potentially capable of enabling power-efficient and fast optical (photonic) computing.

Amplificateur à fibre

L'amplificateur à fibre est un type d'amplificateur optique, qui est principalement utilisé dans les réseaux de communication optique. Ces dernières années, il a été largement utilisé dans le domaine des lasers à haute puissance pour le traitement des matériaux et la défense. Dans ce type d'amplificateur, l'amplification se produit à l'intérieur d'une fibre dont le cœur est dopé avec des ions de terres rares tels que l'erbium, l'ytterbium, le néodyme ou le thulium, en fonction de la longueur d'onde recherchée.

L'émission stimulée est obtenue en utilisant un autre signal optique, à une longueur d'onde différente, appelé « signal de pompe », qui fournit l'énergie nécessaire à l'amplification optique par les ions présents dans la fibre.

Fiber amplifier

Fiber Amplifier is a type of optical amplifier, which is dominantly used in optical communication network. In recent years, it has been widely used in the field of high-power lasers used in material processing and defense. In this type of amplifier, the amplification occurs inside a fiber, where the core is doped with rare earth ions such as erbium, ytterbium, neodymium, or thulium according to the wavelength of interest.

The stimulated emission state is achieved by using another optical signal, at a different wavelength, called the 'Pump signal' which generates the electrons contributing to optical amplification.

Amplificateur à fibre dopée à l'erbium

L'amplificateur à fibre dopée à l'erbium est un type d'amplificateur à fibre (dopée avec un matériau appelé erbium) utilisé pour amplifier le signal lumineux dans la bande C (1530-1570 nm) en utilisant un signal de pompe à la longueur d'onde de 980 nm.

Cet amplificateur à fibre est principalement utilisé dans les réseaux de communication optique, où les signaux optiques perdent une grande quantité d'énergie après avoir parcouru de longues distances dans les fibres optiques.

Erbium doped fiber amplifler

Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA) is a type of fiber amplifier (doped with a material called erbium) used to amplify light signal in the C-band (1530-1570 nm) using a pump signal at the wavelength of 980 nm.

This fiber amplifier is the dominantly used in optical communication networks, where the optical signals lose a large amount of energy after travelling long distances in the optical fibers.

Amplificateur optique

L'amplificateur optique est un dispositif qui amplifie le niveau de puissance optique d'un signal optique entrant sur la base d'un principe physique appelé émission stimulée. Les amplificateurs optiques sont largement utilisés dans les communications optiques pour amplifier les signaux, dans les nœuds du réseau, où les signaux ayant perdu de l'énergie (après avoir parcouru une longue distance) doivent être amplifiés afin de continuer jusqu'au nœud suivant.

Il existe plusieurs catégories d'amplificateurs optiques, dont les amplificateurs à semi-conducteurs et les amplificateurs à fibres.

Optical amplifler

Optical Amplifier is a device that amplifies the optical power level of an incoming optical signal based on a physical principle called stimulated emission. Optical amplifiers are widely used in optical communication to amplify signals, in network nodes, where signals that lose energy (after travelling a long distance) need to be amplified in order to continue to the next node. There are several classes of optical amplifiers: Semi-conductor, fiber amplifier, and waveguide-based amplifiers.

Analyseur de spectre optique

Les analyseurs de spectre optique sont des instruments qui mesurent le contenu spectral d'un signal lumineux. La mesure porte sur la réponse en transmission d'un dispositif en fonction des composantes spectrales (c'est-à-dire de la longueur d'onde).

Il s'agit d'une caractérisation importante d'un dispositif largement utilisé en recherche ou dans l'industrie, car la dépendance vis-à-vis de la longueur d'onde est cruciale dans de nombreux systèmes photoniques.

Optical spectrum analyzer

Optical Spectrum Analyzers (OSA) is an instrument that measures the power transmission response of a device under test, versus the spectral components (i.e., wavelength).

This is an important characterization of device widely used in R&D (research and development) and industry as wavelength dependency is crucial in many photonic systems.

Atténuation optique

L'atténuation optique est un terme qui désigne la perte d'énergie de la lumière lors de sa propagation dans un milieu. Cela peut se produire en raison de l'absorption dans le matériau (transitions de bandes d'énergie ou génération de chaleur). L'atténuation varie d'un matériau à l'autre et dépend de la longueur d'onde. Par exemple, le silicium présente une forte atténuation (en raison de l'absorption élevée dans cette gamme spectrale) pour les longueurs d'onde inférieures à 1100 nm et une très faible atténuation au-dessus de 1100 nm.

C'est pourquoi ce matériau est largement utilisé pour guider la lumière dans les circuits intégrés photoniques dans les gammes de longueurs d'onde autour de 1310 nm (bande O) et 1550 nm (bande C).

Optical Attenuation

Optical Attenuation is a term that relates to the loss of photonic energy while propagating through a medium. This could happen because of absorption in the material (photons converted to current because of energy band transitions).

The amount of attenuation in each material is different and depends on the wavelength. For instance, silicon has high attenuation (because of high absorption in this spectral range) for wavelength below 1100 nm while very low attenuation above 1100 nm.

Therefore, this material is widely used for guiding light in photonic integrated circuits in wavelength ranges around 1310 nm (O-band) and 1550 nm (C-band).

Bande C

La bande C désigne les ondes électromagnétiques dont la longueur d'onde se situe entre 1530 et 1570 nanomètres. Les fibres optiques ont la plus faible perte de propagation pour ces longueurs d'onde. C'est pourquoi les ondes électromagnétiques de la bande C sont utilisées pour la transmission de la lumière sur de longues distances (> 10 km).

C-band

C-band refers to the electromagnetic waves whose wavelength is in the range from 1530 nanometers to 1570 nanometers.

Optical fibers have the smallest energy loss for those wavelengths. Therefore, the C-band electromagnetic waves are employed for long distance transmission of light (> 10 km).

Bande interdite photonique

Une bande interdite photonique est une gamme de longueurs d'onde pour laquelle certains matériaux bloquent la propagation de la lumière. Pour ce faire, on utilise généralement un matériau nanostructuré dont la constante diélectrique périodique (par exemple, des cristaux photoniques, des réseaux de Bragg) est spécialement conçue pour déterminer les longueurs d'onde de la bande interdite.

Photonic bandgap

A photonic bandgap is a range of wavelengths where certain materials can block the propagation of light providing a stop band with optical signal within that wavelength range are not going through and reflected instead. This is typically realized by having periodic dielectric constant (e.g., photonic crystals, Bragg gratings) specifically engineered to alter the bandgap wavelengths of interest.

Bande O

La bande O désigne les ondes électromagnétiques dont la longueur d'onde se situe entre 1270 nanomètres et 1330 nanomètres.

La bande O est largement utilisée dans les réseaux de communications des grandes installations informatiques appelées centres de données, qui comptent des milliers de serveurs interconnectés.

À ces longueurs d'onde, les fibres optiques présentent la plus faible dispersion chromatique.

O-band

O-band refers to electromagnetic waves whose wavelength is in the range from 1270 nanometers to 1330 nanometers. The O-band is widely used in large computing facilities called datacenters with thousands of interconnect servers. At these wavelengths, the optical fibers exhibit the smallest amount of chromatic dispersion

Bruit

En général, le bruit est une fluctuation aléatoire non désirée d'un signal souhaité, qui dégrade le signal et donc perturbe la transmission de l'information en augmentant le taux d'erreur sur les bits.

Dans le contexte de l'optique et de la photonique, il existe différents types de bruit qui peuvent affecter l'intégrité du signal. Par exemple, un amplificateur optique peut ajouter un excès de bruit au signal (par exemple, un bruit d'émission spontanée amplifiée), qui est évalué par une métrique connue sous le nom de facteur de bruit.

Les différents types de bruit, tels que le bruit thermique, le bruit de grenaille et le bruit quantique, ont des origines et des caractéristiques différentes. L'intensité du signal par rapport au niveau de bruit est mesurée par le rapport signal sur bruit.

Noise

In general, noise is unwanted random variations in any desired signal that can degrade the signal and hence disrupt the transmission of information by increasing the bit error rate (BER).

In the context of optics and photonics, there are various types of noise that can affect the signal integrity. For instance, an optical amplifier can contribute to adding excess noise to the signal (e.g., amplified spontaneous emission (ASE) noise), which is evaluated by a metric known as noise figure.

Different types of noise such as thermal noise, shot noise, and quantum noise have different origins and characteristics. The strength of the signal to the noise level is measured by signal-to-noise ratio (SNR).

Capteur à fibre optique

Les capteurs à fibre optique se rapportent à une catégorie de dispositifs qui utilisent une fibre optique pour mesurer (ou détecter) les changements associés à des propriétés d'intérêt qui peuvent être physiques, biologiques, chimiques ou autres. Par exemple, ils peuvent être utilisés pour mesurer la température. Dans ce cas, une impulsion lumineuse est transmise à la fibre et le signal réfléchi est mesuré. Ce signal varie en fonction de la température détectée par la fibre optique.

Optical fiber sensor

Optical fiber sensor relates to a class of devices that uses an optical fiber to measure (or sense) changes associated with properties of interest which could be physical, biological, chemical or other. For instance, it can be used to sense temperature. In this case, a light pulse is transmitted to the fiber and the reflected signal is measured. This signal will change according to the temperature sensed by the optical fiber.

Centre de données

Un centre de données est une installation qui abrite des systèmes informatiques et des équipements pour le stockage et le traitement des données, les services infonuagiques et les communications. Les centres de données sont équipés de réseaux optiques qui les relient les uns aux autres ainsi qu'à l'utilisateur final pour réaliser une communication de données à haut débit.

Les applications émergentes d'intelligence artificielle (IA) ont augmenté les demandes de traitement exigeant une grande intensité de ressources, ce qui se traduit par une consommation d'énergie en constante augmentation, nécessitant une dissipation efficace de la chaleur et des systèmes de refroidissement sophistiqués.

Data center

A data center is a facility that houses computer systems and equipment for data storage, processing, cloud services and communication. Data centers are enabled with optical networks connecting them to each other and also to the end-user for realizing high data rate data communication. Emerging artificial intelligence (AI) applications increased the resource-intensive processing demands resulting in ever-increasing power consumption, which needs efficient heat dissipation and sophisticated cooling systems.

Champ électrique

Le champ électrique est créé par un objet chargé électriquement et génère une force sur d'autres objets chargés placés à proximité. Un champ magnétique variable dans le temps peut induire un champ électrique variable dans le temps, un principe fondamental de la propagation des ondes électromagnétiques défini par les équations de Maxwell.

Dans le contexte de la photonique intégrée, le contrôle du champ électrique dans une jonction PN entraîne une modification de la concentration de porteurs de charges libres. Cela permet de modifier l'indice de réfraction effectif d'un guide d'ondes optiques grâce à l'effet de dispersion du plasma.

Electric field

The electric field is a region around an electrically charged object where other charged objects experience a force. A time-varying magnetic field can induce a time-varying electric field, a fundamental principle of electromagnetic wave propagation defined by Maxwell's equations.

In the context of integrated photonics, controlling the electric field in a PN junction leads to a change in the free charge carrier concentration. This enables a change in the effective refractive index of an optical waveguide through the plasma dispersion effect.

Circuit intégré photonique

Le circuit intégré photonique (PIC, de l'anglais « *photonics integrated circuits* ») est un dispositif qui regroupe plusieurs composants photoniques (et dans certains cas électroniques) dans une seule puce. Il s'agit d'une extension des circuits intégrés conventionnels, qui ne contiennent que des dispositifs électroniques. Les PIC sont utilisés dans une grande variété d'applications.

Par exemple, dans les émetteurs-récepteurs des centres de données pour transmettre/recevoir des signaux vers/depuis des fibres optiques avec une grande capacité de transfert de données.

Photonic integrated Circuit (PIC)

Photonic Integrated Circuit (PIC) is a device that integrates multiple photonic (and in some cases electronic) components into a single chip.

This is an extension of the conventional Integration Circuits (IC), which only contains electronic devices on a single chip. PICs are used in a variety of applications. For instance, in data center transceivers for transmitting/receiving signals to/from optical fibers with large data transfer capability.

Cohérence

La cohérence est un terme qui reflète le niveau de coordination des différentes composantes de l'onde lumineuse. Elle va de la lumière incohérente, où chacune des composantes sont indépendantes, comme une ampoule électrique qui rayonne dans toutes les directions, jusqu'à la lumière cohérente, où la lumière se déplace comme un « groupe organisé » — un faisceau laser en est un exemple.

Coherence

Coherence is a term that relates to the level of coordination of different parts of the light wave. It ranges from incoherent light, where each part of the wave is unrelated to the other, like a light bulb that radiated in every direction, to coherent light where light travels as an 'an organized group'- a laser beam is an example.

Communication optique en espace libre

La communication optique en espace libre est une technologie en plein essor qui repose sur la transmission d'informations optiques dans l'espace libre au lieu d'utiliser des fibres optiques. Cela peut se faire à partir de points au sol où, en raison de problèmes de terrain, il n'est pas possible de poser des fibres optiques. Cela peut contribuer à apporter l'internet aux communautés qui vivent dans des zones isolées.

La communication sol-satellite peut également être très avantageuse, car l'optique offre une largeur de bande beaucoup plus importante que la technologie actuelle des radiofréquences. Les systèmes de communication en espace libre sont principalement basés sur des antennes réseau à commande de phase dans le domaine optique, car ils offrent des capacités de pointage et de compensation des turbulences atmosphériques.

Free space optical communication

Free-Space Optical (FSO) communication is a growing technology which is based on transmitting optical information in the free-space instead of using optical fibers. This could be from points on the ground, where due to the terrain problems it is infeasible to lay optical fibers. This can help bring the internet to communities that live in isolated areas. Ground to satellite communication can also benefit a lot as the optics provides a bandwidth which is much larger than current Radio Frequency technology. FSO are primarily based on optical phased arrays as they can provide pointing capabilities and compensation for atmospheric turbulence.

Communication quantique

La communication quantique est une technologie qui utilise les principes de la physique quantique, tels que la superposition (combinaison d'états quantiques qui définissent les états possibles des systèmes) et l'intrication (interdépendance de deux particules distantes dans l'état quantique de l'autre) pour créer un protocole de communication sécurisé, entre autres par la distribution de clés quantiques.

Optical quantum communication

Quantum communication is a technology that utilizes principles of Quantum physics, such as superposition (combination of Quantum states that define the possible systems states) and entanglement (interdependence, of two distant particles, in the Quantum state of each other) to create a secure and advanced communication protocol. There are a few subsets that are currently being explored such as Quantum Key Distribution.

Commutateur optique

Le commutateur optique est une classe de dispositifs qui dirigent un signal optique d'un port d'entrée vers un certain port de sortie. La commutation peut être appliquée à tout le signal optique ou à certaines composantes de celui-ci. Par exemple, dans un commutateur sélectif en longueur d'onde, certaines bandes spectrales du faisceau d'entrée sont acheminées vers différents ports de sortie.

Optical switch

Optical switch is a class of components that switch an optical signal from an input port to a certain output port (which is part of an array in the size of two or more).

The switching can be applied to all the beam's components or to a more specific one. For instance, in a Wavelength Selective Switch (WSS), the spectral elements of the input beam are routed to different output ports.

Conception inversée

La conception inversée est une méthode de conception pilotée par l'IA qui part des propriétés souhaitées d'un dispositif et travaille à rebours pour déterminer sa structure appropriée.

Cette méthode diffère des méthodes traditionnelles de conception technique qui partent de la structure et étudient ensuite ses propriétés.

La méthode de conception inverse est nécessaire lorsque la théorie décrite par des équations et l'intuition humaine issue de l'expérience ne suffisent pas à construire la structure complexe du dispositif présentant les propriétés souhaitées.

En photonique, elle est principalement utilisée pour parvenir à une meilleure miniaturisation des composants sans sacrifier les performances.

Inverse design

Inverse Design is an AI-driven design method which starts with the desired properties of a device and works backward to determine its appropriate structure. This is in contrast to traditional engineering design methods which start with the structure and then study its properties.

The Inverse Design method is necessary when the theory defined through equations and human intuition from experience are insufficient to build the complex device structure that can exhibit the desired properties.

In photonics it is primarily used to achieve better miniaturization of components without sacrificing the performance..

Couplage fibre-puce

Le couplage fibre-puce est un processus de transmission de la lumière d'une fibre optique à un guide d'ondes sur un circuit intégré photonique. Par exemple, dans les centres de données, ce processus est crucial, car la lumière (qui transporte les informations de l'internet) des guides d'ondes sur les puces photoniques doit être transmise à la fibre optique qui l'achemine vers les utilisateurs finaux (les utilisateurs de l'internet à la maison).

La mise à l'échelle de ce processus de couplage est l'un des défis de l'industrie photonique en raison de la différence de taille et du contraste d'indice de réfraction entre les fibres et les guides d'ondes, qui entraînent la perte de photons.

Fiber-to-chip coupler

Fiber to chip coupling is a process of transmitting light from an optical fiber to a waveguide on a photonic integrated circuit. For instance, in datacenters, this process is crucial as light (that carried the information of the internet) from waveguides on photonic chips is transmitted to optical fiber that delivers it to the end users (the internet users at home).

Scaling this coupling process is one of the challenges of photonic industry because of the large size and refractive index contrast between the fibers and waveguides which cause important reflection leading to loss of photons..

Coupler

Un coupleur optique est un dispositif utilisé pour combiner plusieurs faisceaux lumineux en un seul. Il peut également être utilisé dans le sens inverse, lorsqu'un faisceau unique est séparé en plusieurs faisceaux.

Ce dispositif peut être mis en œuvre à la fois en espace libre ou dans des guides d'ondes. Il est largement utilisé dans différentes applications telles que les antennes réseau à commande de phase, où une source lumineuse unique est séparée en plusieurs faisceaux modulés par des phases différentes.

Coupler

An optical coupler is a device that is used to combine multiple light beams into a single one. It can also be used in reversed operation, where a single beam is separated into multiple ones. This device can be implemented both in free-space and in waveguides. It is widely used in different applications such as phased arrays, where a single light source is separated to multiple beams that are modulated by different phases.

Coupleur à réseau

Un coupleur à réseau est un dispositif qui permet de coupler efficacement un faisceau lumineux provenant d'une fibre optique à un guide d'onde (ou vice versa) dans un circuit intégré photonique.

La structure d'un coupleur à réseau est basée sur les propriétés d'un réseau de diffraction.

Un coupleur à réseau peut être conçu pour rediriger la lumière verticalement, c'est-à-dire perpendiculairement à la surface de la puce. Ces coupleurs à réseaux verticaux sont sensibles à la polarisation et présentent des performances différentes en fonction de la longueur d'onde, de sorte qu'ils sont principalement utilisés à des fins de recherche.

Contrairement aux coupleurs à réseau, les coupleurs de bord ne sont pas sensibles à la polarisation de la lumière et à la longueur d'onde, ce qui permet d'obtenir une meilleure efficacité de couplage et des interfaces fibre-puce plus simples.

Grating coupler

A grating coupler is a device that enables efficient coupling of a light beam originating from an optical fiber onto an integrated optical waveguide (or vice versa) in a photonic integrated circuit.

The structure of a grating coupler is based on a diffraction grating properties. A grating coupler can be designed to redirect light vertically, i.e., perpendicular to the chip surface.

These vertical surface grating couplers are polarization sensitive and exhibit different performance based on wavelength such that they are mainly used for research purposes. In contrast to grating couplers, edge couplers are no sensitive to the light polarization and wavelength leading to better coupling efficiency and more straightforward fiber-to-chip interfaces.

Déphaseur électro-optique

Un déphaseur électro-optique utilise généralement un signal de commande électronique pour modifier l'indice de réfraction d'un matériau et donc la phase de l'onde lumineuse. Leur principe de fonctionnement est basé sur l'effet électro-optique appelé effet Pockels, dans lequel l'indice de réfraction peut être modifié par un champ électrique appliqué dans un cristal spécifique qui présente cette propriété (par exemple, le niobate de lithium ou les cellules à cristaux liquides).

Un effet similaire, où l'indice de réfraction peut être modifié de manière contrôlée, se produit également dans les semi-conducteurs dopés (par exemple, une jonction PN) en modifiant la concentration de porteurs. Dans ce cas, nous appelons cette propriété l'effet de dispersion du plasma.

Si le changement de température induit ce changement d'indice de réfraction, le dispositif est appelé un déphaseur thermo-optique, qui est un élément de base des circuits intégrés photoniques. Ces derniers sont utiles à une grande variété d'applications telles que la modulation, le traitement des signaux et l'interférométrie.

Electro-optic phase shifter

An electro-optic phase shifter typically leverages an electronic control signal to change the refractive index of a material and hence alter the phase of the light wave. Their principle of operation is based on the electro-optic effect referred as the Pockels effect in which the refractive index can be changes with an applied electric field in a specific crystal that exhibits such property (e.g., lithium niobate, or liquid crystal cells).

A similar effect where the refractive index can be altered in a controlled matter also happens in doped semiconductors (e.g., a PN junction) through changing the carrier concentration. In such scenario, we refer this property as the plasma dispersion effect.

In case the temperature change induces this refractive index change, the device is called a thermo-optic phase shifter which are basic enabling building blocks of photonic integrated circuits with a wide variety of applications such as modulation, signal processing, and interferometry.

Diaphonie

La diaphonie est généralement connue comme un signal d'interférence non désiré provenant d'un canal (c'est-à-dire un support ou une voie utilisée pour envoyer et recevoir des informations entre un émetteur et un récepteur) qui affecte d'autres signaux dans d'autres canaux. Dans le contexte de la photonique, il s'agit d'une mesure importante pour mesurer la qualité des dispositifs commerciaux de commutation sélective en longueur d'onde. En outre, il s'agit d'un facteur limitant dans les techniques de multiplexage par répartition en longueur d'onde et de multiplexage par répartition en mode, pour lesquels la diaphonie intercanaux ou intermodale peut détériorer le rapport signal sur bruit du signal.

Crosstalk

Crosstalk is generally known as unwanted interfering signal from a channel (i.e., a medium or pathway being used for sending and receiving information between a sender and a receiver) affecting other signals in another channels. In the context of photonics, it is an important measure in commercial wavelength selective switches (WSS) devices. Furthermore, it is a limiting factor in wavelength-division-multiplexing (WDM) and mode-division-multiplexing (MDM) techniques, where inter-channel or inter-modal crosstalk can deteriorate the signal to noise ratio (SNR) of the signal.

Diélectrique

Un diélectrique est un isolant, c'est-à-dire un matériau qui n'a pas la capacité de conduire le courant électrique (contrairement aux métaux). Cependant, les diélectriques permettent la transmission d'un champ électrique.

Dans un guide d'ondes, les ondes optiques se propagent dans une structure constituée de deux matériaux diélectriques par réflexion interne totale.

Dielectric

A dielectric is an insulator, a material that do not have the capability of conducting current such as metal; however, it supports formation of an electric field. In a waveguide, optical waves propagate through dielectric subject to total internal reflection.

Diffraction

La diffraction est la déviation des ondes lumineuses (ou d'autres ondes telles que le son ou les vagues océaniques) lorsqu'elles rencontrent un obstacle ou une petite ouverture dont les dimensions sont de l'ordre de la longueur d'onde. La diffraction crée des motifs de zones claires et sombres en raison de l'interférence constructive et destructive de la lumière. Un réseau de diffraction est une plaque de métal ou de verre striée qui est utilisée pour séparer les composantes spectrales de la lumière par diffraction et interférence, deux phénomènes étroitement liés qui s'expliquent par la nature ondulatoire de la lumière.

L'expérience de Thomas Young en 1801, qui fait l'interférence d'ondes transmises par deux fentes, a joué un rôle important dans le soutien de la théorie ondulatoire de la lumière. Avant ces expériences, la nature ondulatoire de la lumière faisait l'objet d'un débat et n'était pas clairement prouvée ni comprise. Par exemple, Isaac Newton, au XVIII^e siècle, a élaboré la théorie corpusculaire de la lumière décrivant la lumière comme émise par un corps lumineux sous la forme de minuscules particules.

Diffraction

Diffraction is the bending of light waves (or other waves such as sound and ocean waves) when they encounter an obstacle or a small opening dimensions in the order of the wavelength, creating patterns of light and dark regions due to constructive and destructive interference of light. A diffraction grating is a metal or glass plate that can produce a spectrum by diffraction and interference of light.

Thomas Young's experiment in 1801 referred as the Young's interference experiment explained interference of the waves emanating from two different slits and played an important role in supporting wave theory of light. Before such experiments, the wave-like nature of light was under debate not clearly proven thus understood.

For instance, Isaac Newton, in the 18th century, developed his own theory based on describing light as emitting from a luminous body in the form of tiny particles (known as the corpuscular theory of light) rather than supporting the wave theory of light.

Dispersion chromatique

La dispersion chromatique est l'étalement des différentes couleurs (c'est-à-dire des longueurs d'onde) de la lumière lorsqu'elles traversent un matériau, ce qui provoque un effet d'arc-en-ciel.

Plus précisément, il s'agit du phénomène selon lequel la phase et la vitesse de groupe de la lumière se propageant dans un milieu dépendent de la longueur d'onde. Un matériau présentant cette propriété est connu sous le nom de milieu dispersif.

Chromatic Dispersion

Chromatic dispersion is the spreading of different colors (i.e., wave-lengths) of light as they travel through a material, causing a rainbow effect. More specifically, it is the phenomenon where the phase and group velocity of light propagating in a transparent medium is wave-length dependent. A material with this property is known as a dispersive medium.

Distribution quantique de clés

La distribution quantique des clés est une méthode de communication sécurisée, basée sur les propriétés de la mécanique quantique des photons. Chaque fois qu'il y a une tentative d'intercepter la clé, l'état du photon change et les utilisateurs peuvent le savoir immédiatement.

Optical quantum key distribution

Quantum key distribution (QKD) is a secure communication method, based on Quantum Mechanics properties of the photons. Each time that there is breaching attempt, the state of the photon changes and the users could know immediately.

Effet Faraday

L'effet Faraday fait référence à la rotation de l'état de polarisation d'un faisceau de lumière entrant, en appliquant un champ magnétique sur le milieu. L'état de polarisation final dépend de l'intensité du champ magnétique, de la sensibilité magnétique du matériau (appelée constante de Verdet) et de la longueur du milieu.

Faraday effect

The Faraday effect relates to rotation of the state of polarization, of an incoming light beam, by applying magnetic field on the medium. The final polarization state depends on the strength of the magnetic field, the magnetic responsivity of the material (known as the Verdet constant), and the length of the medium.

Effet de dispersion du plasma

En physique, le plasma est connu comme un état de la matière où les électrons sont séparés de leurs atomes parents, par exemple, les porteurs de charge libres dans les semi-conducteurs. L'effet de dispersion du plasma est un changement de l'indice de réfraction d'un matériau dû à la présence de porteurs de charge libres.

Plus précisément, les électrons libres sont soumis à une accélération en présence de l'onde lumineuse incidente. Une jonction PN est utilisée pour contrôler la quantité de porteurs de charge libres en appliquant une tension de polarisation externe. L'effet de dispersion du plasma est le principe de fonctionnement des modulateurs électro-optiques et des déphaseurs dans les circuits intégrés photoniques.

Plasma dispersion effect

In physics, plasma is known as a state of matter where electrons are separated from their parent atoms like the existence of free charge carriers in semiconductors. Plasma dispersion effect is a change of material refractive index due to the presence of free charge carriers.

More specifically, free electrons become subject to acceleration in the presence of the incident light wave. A PN junction is used to control the amount of free charge carriers by applying external bias voltage. Plasma dispersion effect is the working principle of electro-optic modulator and phase shifters in photonic integrated circuits.

Effet thermo-optique

L'effet thermo-optique en photonique fait référence aux changements de l'indice de réfraction d'un matériau causé par des variations de température.

Par conséquent, l'intégration d'un dispositif de chauffage thermique dans un guide d'ondes optiques peut permettre une manipulation directe de la phase de la lumière, ce qui constitue le principe de fonctionnement fondamental des déphaseurs thermo-optiques.

Cet effet peut également jouer un rôle préjudiciable en modifiant les conditions de fonctionnement des dispositifs photoniques, d'où la nécessité d'un système de contrôle de la température (par exemple, verrouillage de la longueur d'onde de résonance dans les résonateurs à microanneau).

Thermo-optic effect

Thermo-optic effect in photonics refers to changes in a material's refractive index due to temperature variations. Hence, integrating a thermal heater with an optical waveguide can enable direct manipulation of the light phase being the fundamental working principle of thermo-optic phase shifters. This effect can also play a detrimental role in changing the working conditions of photonic devices resulting in a demand for a temperature control system (e.g., locking the resonance wavelength in micro-ring resonators).

Émetteur-récepteur optique

Un émetteur-récepteur optique, également connu sous le nom de module optique/transpondeur, est un dispositif qui combine un émetteur et un récepteur et qui est utilisé pour émettre et recevoir des signaux optiques dans les systèmes de communication de données. L'émetteur se compose d'un modulateur optique qui convertit le signal d'entrée électrique en un signal optique correspondant, tandis que le récepteur intègre un photodétecteur qui reconvertit le signal optique entrant dans le domaine électrique.

Optical transceiver

An optical transceiver also known as optical module/transponder is a device that combines a transmitter and a receiver, used to both send and receive optical signals in data communication systems. The transmitter consists of an optical modulator to convert the electrical input signal its corresponding optical signal, while the receiver incorporates a photodetector converting the incoming optical signal back to the electrical domain.

Émission spontanée

L'émission spontanée est liée à la transition des électrons vers un niveau d'énergie inférieur et s'accompagne de l'émission de photons en l'absence de stimuli externes.

Il s'agit d'un processus aléatoire avec des photons émis dans n'importe quelle direction et avec une phase quelconque. Ces photons sont considérés comme incohérents. L'émission spontanée est le principe utilisé dans les diodes électroluminescentes (DEL).

Spontaneous emission

Spontaneous emission relates to transition of electrons to a lower energy level, and it accompanied emitted photon in the absence of external stimuli. This is a random process with photons emitted any direction and phase.

These photons are considered incoherent. Spontaneous emission is the principle used in light emitting diode (LED).

Émission stimulée

L'émission stimulée est un processus d'émission de photons par les atomes qui peut être décrit par les lois de la mécanique quantique. Elle se produit lorsqu'un atome excité dans un état d'énergie supérieur interagit avec un photon incident ayant une énergie correspondant à une transition possible pour que l'atome retourne à un niveau d'énergie inférieur (l'énergie du photon est égale à la différence d'énergie de l'atome entre les deux états). Cette interaction fait que l'atome excité émet un photon identique, un clone de lui-même, avec la même énergie de photon et la même phase et la même direction de propagation que le photon entrant. On dit alors que les deux photons sont cohérents. Lorsque plus d'électrons sont à un niveau d'énergie (appelé « niveau excité ») supérieur à des photons de niveau d'énergie inférieur, cette condition est appelée inversion de population.

La génération de photons cohérents peut alors devenir importante. L'émission stimulée est le principe fondamental utilisé dans les LASERS et les amplificateurs optiques.

Stimulated emission

Spontaneous emission relates to transiStimulated emission is a process occurring at the atomic level that can be described through the laws of quantum mechanics. It occurs when an excited atom in an energy state

interacts with an incoming photon with the same photon energy. This interaction causes the excited atom to emit an identical photon, a clone of itself, with the same photon energy and propagating direction and phase as the incoming photon. We say that the two photons are therefore coherent. A pre-condition to stimulated emission is having more electrons at an energy level (called 'excited level') greater than at a lower energy level. This requirement is referred to population inversion and is possible by exciting electrons to the excited level through different mechanisms. Stimulated emission is the fundamental principle used in LASERs and optical amplifiers.

Énergie du photon

Le photon est le quanta d'énergie associée aux ondes électromagnétiques, c'est-à-dire la plus petite quantité d'énergie de lumière pouvant être détectée. Les photons transportent une énergie proportionnelle à la fréquence, et donc inversement proportionnelle à leur longueur d'onde. Dans le contexte des semi-conducteurs, l'interaction entre les électrons et les photons se produit lorsque l'énergie du photon est égale ou supérieure à l'énergie de la bande interdite du matériau. Lors de la photodétection, dans le cas idéal, chaque photon incident sera absorbé et excitera un électron dans la bande de conduction. La détection de quanta de lumière, ou de photons, par l'effet photoélectrique, valut à Einstein le prix Nobel de Physique en 1921.

Photon energy

Photon carry energy inversely proportional to their wavelength with energy units of joule (J) but also converted into electronvolt (eV). In the context of semiconductors, interaction between electrons and photon occur when the photon energy is equal or larger than the bandgap energy of the material otherwise, the material is transparent, and light propagates.

Équations de Maxwell

L'électromagnétisme est une des grandes théories de la physique moderne dont les équations de Maxwell font partie. Elles décrivent comment les champs électriques et magnétiques interagissent. Elles offrent le formalisme permettant de modéliser la propagation des ondes électromagnétiques de toutes fréquences, des

radio-fréquences jusqu'aux rayons X. Les méthodes de calcul numérique, telles que la méthode de calculs de différences finies dans le domaine temporel (DFDT), permettent de résoudre cet ensemble d'équations en tenant compte de la géométrie, des propriétés des matériaux et des conditions aux limites.

Maxwell's equations

A set of fundamental equations describing how electric and magnetic fields interact and create electromagnetic waves of any frequencies, i.e., from very low frequencies such as audible sound (20 Hz to 20,000 Hz) to very high frequencies such as in X rays (3×10^{16} Hz to 3×10^{19} Hz). These set of partial differential equations form the foundation of wave optics providing the classical limit of a more precise theory known as "Quantum Electrodynamics". Numerical calculation methods such as Finite-Difference Time-Domain (FDTD) attempt to solve these set of equations with respect to the geometry, material properties, and boundary conditions.

Erreurs de fabrication

Les erreurs de fabrication sont les différences constatées entre le dispositif cible conçu (fichier GDS) et le dispositif fabriqué. La prise en compte de ces erreurs possibles lors de la conception est une partie importante du travail des concepteurs de circuits photoniques, car elle affecte les performances des dispositifs. Ces erreurs peuvent être constantes, auquel cas l'approche d'ingénierie inversée peut être appliquée, ou aléatoires, ce qui génère des variations de performance entre différents dispositifs. Les erreurs de fabrication peuvent nuire aux performances des circuits photoniques intégrés (PIC).

Fabrication errors

Fabrication errors are the variations between the target designed device (GDS file) to the fabricated one. Addressing these errors by a fabrication process variation-aware design is an important part of the work of photonic designers as it affects the performance of the device.

These errors can be constant, in this case the reversed engineering approach can be applied, or random, which affects the performance variations between different devices.

Fabrication errors can be detrimental to the performance of PICs.

Fibres optiques

La fibre optique est la science et la technologie qui utilise les fibres optiques pour transmettre des informations sous forme d'impulsions lumineuses. Les caractéristiques de propagation de la lumière dans le cœur peuvent être modifiées en déployant différents types de fibres tels que les fibres à maintien de polarisation, les fibres à cœur creux et les fibres multi-cœurs.

Optical fibers

Fiber optics is the science and technology that uses optical fibers to transmit information as pulses of light. The propagation characteristics of the light in the core can be altered by deploying different types of fiber such as polarization-maintaining, hollow-core, and multi-core fibers.

Fibres optiques

Les fibres optiques sont un type de guides d'ondes optiques flexibles de forme cylindrique, généralement fabriqués en verre (silice), et largement utilisés dans les télécommunications pour permettre une capacité de transfert de données bien supérieure à celle des fils électriques.

La fibre optique a typiquement la dimension d'un cheveu.

La lumière se propage et reste dans le cœur de la fibre, fait d'un verre légèrement différent, grâce au phénomène de réflexion interne totale. Selon la grosseur du cœur, les fibres seront qualifiées de monomodes (transmission ultra-rapide) ou multimodes (transmissions à plus bas débit). Ces fibres ne constituent pas seulement l'épine dorsale des réseaux modernes de communication à longue distance (par exemple, la connectivité internet), elles sont également très utilisées dans diverses autres applications telles que les technologies de surveillance ou d'auscultation (par exemple, les capteurs de structure des bâtiments) et les dispositifs médicaux (par exemple, les sondes endoscopiques).

Optical fibers

Optical fibers are a type of microscale flexible optical waveguides of cylindrical shape, typically made of glass (silica), and widely used in telecommunications enabling much greater data transfer capability than electrical wires. Light propagates and stays in the core based on the total internal reflection phenomenon. Fibers can support both single-mode data transmission in a single-mode fiber (SMF) and multimode data transmission in a multimode fiber (MMF). These types of fiber are not only at the backbone of modern long-distance communication networks

(e.g., internet connectivity), they are also very much used in various other applications such as sensing technologies (e.g., building structural sensors) and medical devices (e.g., endoscopic probes).

Fichier GDS

Un fichier GDS (de l'aanglais Graphic Data System) , est un format de fichier standard utilisé dans l'industrie des semi-conducteurs et de la conception de circuits intégrés. Il est principalement utilisé pour représenter la disposition physique (dessins) des circuits intégrés et autres dispositifs microélectroniques. Il contient différents nombres de couches et les couches peuvent être de différents types (métal, silicium non dopé, silicium dopé n ou p). La fabrication des circuits intégrés photoniques s'effectue via la plateforme standard des semi-conducteurs. Les fichiers GDS sont utilisés comme représentation graphique des circuits à fabriquer.

GDS file

A GDS file, stands for «Graphic Data System» and is a standard file format used in the semiconductor and integrated circuit (IC) design industry. It is primarily used to represent the physical layout (drawings) of integrated circuits and other microelectronic devices.

It contains different number of layers and layers can be of different types (metal, undoped silicon, n-doped or p-doped silicon). Fabrication of photonic integrated circuits are performed via the standard semiconductor's platform. The GDS files are used as drawing representation of circuits to be fabricated.

Filtre optique

Le filtre optique est un dispositif qui permet de transmettre ou de bloquer la lumière en fonction de sa longueur d'onde. Des filtres optiques permettent de sélectionner des bandes spectrales très étroites ou très larges. Les filtres servent à améliorer la performance des systèmes en s'assurant que seul le signal désiré est vu par le détecteur. Par exemple, dans les communications optiques en espace libre, le signal d'information transmis se situe dans la bande C. C'est pourquoi des filtres sont utilisés devant le détecteur pour empêcher la détection de signaux optiques indésirables en dehors de la longueur d'onde à détecter. Dans la vie de tous les jours, la crème solaire est un exemple de filtre que l'on utilise pour bloquer spécifiquement les dangereux rayons UV.

Optical filter

Optical filter is a device which allows transmission and blockage of light according to a specific wavelength range. This is widely used in applications that the performance is wavelength dependent. For instance, in free-space optical communication the transmitted information signal is in the C-band range.

Therefore, filters are employed in front of the detector to prevent detection of undesired background optical signals outside the wavelength of interest to be detected. In everyone's life, sunscreen is an example of a filter that people use to specifically block the dangerous UV radiation.

Fréquence

L'optique ondulatoire est définie dans l'espace par la longueur d'onde (λ) et dans le temps par la fréquence (f). La fréquence est le nombre de périodes (T) par unité de temps ou le nombre de cycles. Son unité est l'inverse du temps (seconde⁻¹), désignée sous le nom de Hertz (Hz). La multiplication de la longueur d'onde de l'onde en mètre par sa fréquence (s⁻¹ ou Hz) correspond à la vitesse de la lumière (m/s). Dans l'espace (vide), la vitesse de la lumière est $c = 299\,792\,458$ m/s. Ainsi, on peut toujours déduire la fréquence d'une onde optique à partir de sa longueur d'onde, et inversement.

Frequency

Wave optics are defined in space by the wavelength (λ) and in time by the frequency (f). The frequency is the number of time period (T) or cycle and its unit is the inverse of time (second⁻¹) referred as units of Hertz (Hz). The multiplication of the wave wavelength in meters by its frequency (s⁻¹ or Hz) is always constant corresponding to the speed of light (m/s). In space (vacuum), the speed of light is $c=299,792,458$ m/s. As such, one can always infer the frequency of an optical wave from its wavelength, and vice-versa.

Germanium

Le germanium (Ge) est un élément chimique principalement utilisé dans l'industrie des semi-conducteurs. En raison de ses propriétés optiques intéressantes, en particulier dans la partie infrarouge du spectre des ondes électromagnétiques, il est utilisé pour construire des photodétecteurs et des sources infrarouges moyennes. Il est également intégré au silicium pour assurer la détection de la lumière sur la puce dans la bande C et la bande O.

Germanium

Germanium (Ge) is a chemical element which is dominantly used in semiconductor industry. Due to its interesting optical properties, especially in the infrared part of the electromagnetic wave spectrum, it is used for building photodetectors and mid-infrared sources. It is also integrated with silicon to provide on-chip light detection in the C-band and O-band.

Guide d'onde optique

Un guide d'onde optique est une structure qui confine et guide la lumière, telle qu'une fibre optique, en veillant à ce que les photons se déplacent dans une direction spécifique.

Il s'agit d'un élément de base important des circuits intégrés photoniques, classés en fonction de leur géométrie (bande, nervure, cylindrique) et prenant en charge un mode optique (monomode) ou plusieurs modes optiques (multimode). L'indice de réfraction plus élevé de la région du cœur (centrale) et l'indice de réfraction plus faible de la gaine (périphérique, entourant le cœur) jouent un rôle important dans le confinement de l'onde lumineuse.

Dans le contexte de la photonique du silicium, le silicium et la silice sont respectivement les matériaux du cœur et de la gaine, ce qui permet d'obtenir des guides d'ondes optiques sur puce avec une faible empreinte (c'est-à-dire avec des dimensions de l'ordre de centaines de nanomètres, soit environ un ordre de grandeur plus petit que les fibres optiques).

Optical Waveguide

An optical waveguide is a structure that confines and guides light, such as an optical fiber, ensuring that the photons travel towards a specific direction. It is an important enabling building block of photonic integrated circuits classified based on their geometry (strip, rib, cylindrical), and supporting one optical mode (single-mode) or a plurality of optical modes (multi-mode). The higher refractive indices of the core region (central) and the lower refractive index of the cladding (peripheral, surrounding the core) plays an important role in confining the light wave. In the context of silicon photonics, silicon and silica are the core and cladding materials, respectively, enabling on-chip optical waveguides with a small footprint (i.e., with hundreds of nanometers approximately an order of magnitude smaller than optical fibers).

Holographie

L'holographie est une technique qui permet de capturer et d'afficher des images tridimensionnelles, appelées hologrammes, en utilisant des schémas d'interférence de la lumière. Le principe de fonctionnement de l'holographie repose sur la capture de l'amplitude et de la phase des ondes lumineuses incidentes afin de pouvoir reconstruire une représentation tridimensionnelle de l'image, connue sous le nom d'affichage ou de projection holographique. La photonique intégrée permet de façonner les émissions en espace libre nécessaires à la projection holographique.

Holography

Holography is a technique that captures and displays three-dimensional images, known as holograms, using interference patterns of light. The working principle of holography relies on capturing both intensity and phase of incident light waves to be able to reconstruct a three-dimensional representation of the image, known as holographic display or projection. Integrated photonics have the potential to shape free-space emissions needed for the holographic projection. approximately an order of magnitude smaller than optical fibers).

Indice de réfraction

L'indice de réfraction est une propriété déterminante des matériaux permettant de quantifier le ralentissement de la lumière lorsqu'elle traverse un matériau diélectrique par rapport à la vitesse de phase de la lumière dans le vide (ou l'espace libre). Son symbole est la lettre « n ». Dans l'espace (vide), l'indice de réfraction est de 1.

Si la fréquence d'une onde optique ne change pas dans un milieu, sa longueur d'onde est diminuée par le n (λ/n). Le changement d'indice de réfraction entraîne une perte de puissance et la modification du trajet de la lumière lorsqu'elle pénètre dans un nouveau milieu (par exemple, la lumière passant de l'air à l'eau).

Refractive index

Refractive index is a defining property of materials allowing to quantify how much light slows down when it passes through a dielectric material compared to the phase velocity of light in vacuum (or free-space).

Its symbol is the letter 'n'. In space (vacuum), the refractive index (or index of refraction) is 1. While the frequency of an optical wave does not change in a medium, its wavelength is reduced by the n (λ/n).

It is responsible for the power loss and how light path changes when it enters a new medium (e.g., light passing from air into water).

Interférence

L'interférence est un phénomène qui se produit lorsque deux ou plusieurs ondes se rencontrent et se combinent de telle sorte que leurs amplitudes (la hauteur ou la force de leurs oscillations) s'additionnent (interférence constructive) ou s'annulent (interférence destructive) en raison de la différence relative de leur phase. Deux signaux optiques ayant la même phase interfèrent de manière constructive, tandis que deux signaux optiques ayant une différence de phase relative de 180° interfèrent de manière destructive.

Interference

Interference is a phenomenon that occurs when two or more waves meet and combine in such a way that their amplitudes (the heights or strengths of their oscillations) add (constructive interference) together or cancel out (destructive interference) due to their relative difference in their phase. Two optical signals with the same phase constructively interfere while two optical signals with a relative phase difference of 180° will destructively interfere.

Interféromètre de Mach-Zehnder

L'interféromètre de Mach-Zehnder est une configuration de parcours optiques dans lequel le faisceau d'une source de lumière cohérente est divisé en deux chemins distincts, puis recombinaison. La puissance de sortie dépend de l'interférence produite par la différence de chemin optique des deux signaux optiques. Si les deux chemins ont la même longueur et le même indice de réfraction, la puissance de sortie est la plus élevée, car il n'y a pas de différence de phase entre les deux signaux optiques, ce qui conduit à une interférence constructive, sinon le signal résultant aura une intensité allant de l'absence de lumière à une lumière partielle. Cette configuration est utilisée dans de nombreuses applications telles que le modulateur numérique optique (niveau de puissance élevé pour un «1» logique et niveau de puissance faible pour un «0» logique), où l'indice de réfraction est modifié dans un bras pour induire une différence de chemin optique. Cet interféromètre peut être utilisé comme dispositif analogique dans les processeurs photoniques ou comme porte quantique optique.

Mach-Zehnder interferometer

Mach-Zehnder interferometer is a configuration where a coherent light source is split into two separate paths and then recombined again. The output power is dependent on the interference of the optical path difference between the two optical signals.

If both paths have the same length and refractive index, then the output power is the highest as there is no phase difference between the two optical signals leading to constructive interference, otherwise the resulting signal will have intensity range from no light to partial light intensity.

This setup is used in many applications such as optical digital modulator (high power level for a logical '1' and low power level for logical '0')- where the refractive index is changed in one arm to induce an optical path difference. This interferometer can be used as analog device in photonic processors or as an optical quantum gate.

Interféromètre multimode

Un interféromètre multimode est un dispositif basé sur un guide d'ondes qui peut diviser, combiner ou gérer des signaux optiques dans des circuits photoniques intégrés. Les interféromètres multimodes sont couramment utilisés pour diverses applications, notamment le multiplexage par répartition en longueur d'onde, le traitement des signaux optiques et la détection cohérente.

Multimode interferometer (MMI)

A Multimode Interferometer (MMI) is a waveguide-based device that can split, combine, or manage optical signals in integrated photonics circuits. MMIs are commonly used for various applications, including wavelength division multiplexing (WDM), optical signal processing, and coherent detection.

Intrication quantique

L'intrication quantique est un phénomène décrivant la dépendance de l'état d'une particule par rapport à l'état d'une autre particule, indépendamment de la distance qui les sépare.

Ce principe est notamment utilisé dans les technologies émergentes de cryptage des télécommunications.

Quantum entanglement

Quantum entanglement refers to unique phenomenon in Quantum mechanics which describes the dependence of a state of one particle in the state of another. Even though, they are far from each other.

This principle is used in Quantum encryption

Inversion de population

Une inversion de population fait référence à l'état d'un groupe d'atomes ou de molécules dans lequel il y a davantage d'individus dans un niveau d'énergie supérieur que dans un niveau inférieur. Cet état est généralement obtenu par l'application d'une source d'énergie externe permettant le passage à un niveau d'énergie supérieur.

L'inversion de population est une condition préalable à l'émission stimulée, qui est le phénomène de base utilisé dans les lasers et les amplificateurs optiques.

Population Inversion

Population inversion relates to an atomic state, where more electrons are present in a higher energy level than in a lower one.

This state is achieved by applying an external field that provides the electrons the energy to go a higher energy level. Population inversion is a pre-condition to stimulated emission, which is the basic phenomena employed in lasers and optical amplifiers.

Isolateur optique

Un isolateur optique est un dispositif utilisé pour empêcher les réflexions arrière. L'isolateur permet à la lumière de se propager dans une seule direction, soit du port d'entrée vers le port de sortie, en bloquant toute lumière provenant du port de sortie en sens inverse. Ce dispositif est essentiel dans les systèmes laser, car les réflexions arrière peuvent causer des dommages irréversibles à certains composants.

Optical isolator

An optical isolator is device that is used for preventing back-reflections. The isolator permits light to propagate in only one direction from the input port to the output port (forward light) by blocking any light coming from the output port (backward light).

This device is essential in laser systems as back reflections can cause irreversible damage. The realization is based on the Faraday effect and polarization. The backward light is discriminated from the forward light by reversing the polarization state.

Jonction PN

Une jonction PN est un composant fondamental de nombreux dispositifs optoélectroniques tels que les photodétecteurs et les cellules solaires. Plus précisément, il s'agit de la limite entre deux types de matériaux semi-conducteurs, de type p et de type n. Les semi-conducteurs de type p sont des semi-conducteurs intrinsèques dopés au bore ou à l'indium, de sorte que la majorité des porteurs de charge libres sont des trous (c'est-à-dire l'absence d'électrons) qui peuvent se comporter comme une charge positive. En revanche, les semi-conducteurs de type n sont des semi-conducteurs intrinsèques dopés au phosphore, à l'arsenic ou à l'antimoine, de sorte que la majorité des porteurs de charges libres sont des électrons.

La création d'une jonction PN entraîne un champ électrique intrinsèque dans la jonction appelée région de déplétion, où la région est appauvrie en porteurs de charge libres. L'application d'une tension externe à la jonction PN peut réduire (tension positive) ou augmenter (tension négative) la taille de la région de déplétion définie.

Dans le contexte de la photonique, la jonction PN fonctionne comme un détecteur de photons par absorption. En outre, la modification de la tension externe d'une jonction PN d'un guide d'ondes optiques modifie l'indice de réfraction et donc la phase de la lumière par l'effet de dispersion du plasma.

PN junction

A PN junction is a fundamental component of many optoelectronic devices such as photodetectors and solar cells. More specifically, it is the boundary between two types of semiconductor materials, p-type and n-type. The p-type semiconductors are doped intrinsic semiconductor with Boron or Indium so that the majority of free charge carriers are holes (i.e., absence of electrons) that can behave like a positive charge.

On the other hand, n-type semiconductors are doped intrinsic semiconductor with Phosphorous, Arsenic, or Antimony so that the majority of free charge carriers are electrons. Creating a PN junction results in an intrinsic electric field in the junction named the depletion region, where the region is depleted from free charge carriers.

Applying an external voltage on the PN junction can shrink (positive voltage) or increase (negative voltage) the size of the defined depletion region. In the context of photonics, the PN junction works as a photon detector through absorption. Furthermore, changing the external voltage of a PN junction of an optical waveguide alters the refractive index and hence the phase of the light through plasma dispersion effect.

Largeur de bande optique

La largeur de bande optique est la gamme de longueurs d'onde ou de fréquences qu'un système optique peut traiter, ce qui détermine sa capacité de transport de données. Une largeur de bande plus élevée permet de transmettre davantage de données dans un laps de temps donné, ce qui est un facteur essentiel pour déterminer les taux de transmission de données. La largeur de bande optique est limitée par les propriétés des composants optiques du système.

Optical Bandwidth

Optical bandwidth is the range of wavelengths or frequencies that an optical system can handle, determining its data-carrying capacity.

A higher bandwidth enables more data transmission in a given time frame, a critical factor in determining data transmission rates. Optical bandwidth is limited by the properties of optical components in the system.

LASER

Le mot LASER provient de l'acronyme anglais *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, et est un dispositif physique qui produit un faisceau de lumière cohérent. Une source laser combine un amplificateur optique à une cavité optique (ou résonateur) généralement constituée de deux miroirs, dont au moins un est partiellement réfléchissant, c'est-à-dire qu'une partie de la lumière sort de la cavité et l'autre partie est réinjectée vers l'intérieur de la cavité.

Depuis sa première démonstration expérimentale en 1960, le laser a trouvé des applications dans un nombre incalculable de technologies.

LASER

Light Amplification by Stimulated Emission Radiation (LASER) is a physical device that produces a coherent beam of light (unlike a bulb that radiates in all directions). The principle of operation relies on two physical phenomena called stimulated emission and cavity interference. The cavity leads to a resonating effect that further enhance stimulated emission leading to precise optical signal beam generation. LASERs are widely used in different industrial applications such as communication (as a carrier of information signals), material processing, and defense (intercepting rockets).

Lentille

La lentille est un élément optique basé sur la réfraction qui courbe les rayons lumineux. Une lentille image des rayons parallèles entrants en un seul point de rencontre appelé point focal. La distance entre la lentille et le point focal est appelée distance focale.

La lentille est un élément constitutif de nombreux dispositifs optiques tels que les appareils photo, les télescopes, les lunettes et l'œil humain (où elle focalise la lumière entrante sur la rétine, ce qui permet à l'homme de voir).

Lens

Lens is an optical element, based on refraction, that bends rays of light to form an image. A lens images parallel incoming rays to single meeting point called the focal point. The distance between the lens and the focal point is called the focal distance.

Lens is a building block in many optical devices such as cameras, telescopes, glasses and in the human eye (where it focuses the incoming light on the retina, which enables human vision).

From the diffraction point of view, lens has powerful capabilities in computing as it can process the complex mathematical Fourier transform operation in the speed of light.

LIDAR

La télédétection par laser est une technique de mesure des distances basée sur le temps de propagation de la lumière (par exemple, le temps entre l'émission et la réception du signal). Les LIDARs (light detection and ranging) ont une multitude d'applications, dont l'acquisition d'images en trois dimensions (3D), que ce soit pour la création de cartes détaillées en 3D, la détection d'obstacles et la navigation de voitures autonomes.

Les circuits intégrés photoniques permettent la fabrication de versions miniatures de lidars cohérents monolithiques pouvant grandement diminuer les coûts de fabrication et améliorer la facilité d'intégration.

LIDAR

Lidar is an acronym for light detection and ranging. It is a technique for measuring distances, based on time of flight (e.g., time between transmitting and receiving the signal) using laser pulses with multitude of applications in acquiring three-dimensional (3D) images, detailed 3D maps, obstacle detection and navigation of autonomous cars.

Photonic integrated circuits enable a miniature and scalable integration of monolithic coherent lidars in commercial silicon photonics foundries enabled with on-chip optical phased arrays or focal point arrays to selectively steer the optical beam.

Ligne à retard optique

La ligne à délai optique est un dispositif utilisé pour induire un délai temporel, qui peut être fixe ou réglable, à un certain signal par rapport à un signal de référence. Le retard induit peut informer sur différentes propriétés du signal en utilisant des systèmes de mesure interférométriques.

Optical Delay line

Optical delay line is device used to induce time delay, which can be fixed or adjustable, of a certain signal compared to a reference signal.

The delay can be a source to gain information of different properties by using interferometric measurement systems.

Longueur d'onde

Les ondes électromagnétiques se propagent en oscillant dans l'espace et le temps. La longueur d'onde est la longueur d'un seul cycle et est représentée par la lettre grecque lambda (λ). Ce paramètre a un effet sur l'interaction des ondes électromagnétiques avec différents types de matériaux.

La couleur est un exemple de propriété visuelle déterminée par la longueur d'onde. Par exemple, l'œil humain peut percevoir les longueurs d'onde entre 400 (violet) et 700 (rouge) nanomètres (nm). Un nanomètre correspond à un milliardième de mètre (0,000 000 001 mètre).

À titre de comparaison, le diamètre d'un globule rouge mesure environ 7 000 nm ($\times 10$), tandis que celui d'un cheveu est autour de 70 000 nm ($\times 100$).

Wavelength

Electromagnetic waves have a pattern of propagation in space and time. Wavelength is the length of a single cycle and is represented by the Greek small letter lambda (λ). This measure has an effect in the interaction of electromagnetic waves with different sorts of materials. Color is an example of a visual property determined by the wavelength. For example, the visible color blue has a wavelength of 450 nanometers (nm). One nanometer is one billionth of a meter (0.000000001 meter). A high-density lipoprotein cell (HDL) in our blood (the so-known good cholesterol) is less than 10 nm in diameter.

Matériaux à changement de phase

Les matériaux à changement de phase (MCP) sont des matériaux qui peuvent changer de phase physique (solide, liquide et gazeuse) en réponse à des changements de champ électrique, de température, de pression, etc. En optique, le changement de phase peut être utilisé pour modifier l'indice de réfraction, transmettre ou bloquer la lumière.

Phase-change material

Phase-Change Materials (PCMs) are materials that can change their physical phase (solid, liquid and gas) in response to changes in electric field temperature, pressure, and more. In optics, the phase change can be utilized towards refractive index change, transmission, or blocking.

Métamatériaux photoniques

Les métamatériaux photoniques sont des matériaux optiques artificiels dotés de propriétés fondamentales que l'on ne trouve pas dans la nature. Par exemple, certains métamatériaux peuvent avoir une permittivité relative négative ou une perméabilité relative négative, ce qui permet de manipuler la lumière de manière unique, comme pour créer des capes d'invisibilité (c'est-à-dire une cape qui empêche son porteur d'être vu). Ils sont généralement périodiques et constitués de deux matériaux différents (par exemple, des métaux et des diélectriques), la période étant petite par rapport à la longueur d'onde incidente. Contrairement à certains cristaux photoniques, leurs caractéristiques ne découlent pas de l'existence d'une bande interdite photonique, mais plutôt de l'exploitation d'une interaction d'atomes ou d'ions.

Metamaterials

Photonic metamaterials are engineered optical materials with fundamental properties not found in nature.

For instance, some metamaterials can have a negative relative permittivity or negative relative permeability which enables manipulating light in unique ways like creating invisibility cloaks (i.e., a cloak that prevents the wearer from being seen).

They are typically periodic and made two different materials (e.g., involving both metals and dielectrics), while the period being small compared to the incident wavelength. Compared to some of the photonic crystals, their features don't arise from having a photonic bandgap but rather exploiting an interaction of atoms or ions.

Méthode de l'indice effectif

La méthode de l'indice effectif est une méthode d'étude de la lumière dans les guides d'ondes permettant de rendre les calculs plus simples en les traitant comme s'ils avaient un seul indice de réfraction, pour chaque mode et chaque polarisation, c'est-à-dire l'indice de réfraction effectif.

Effective index method

In a simplified manner, this is a way to simplify the study of light in waveguides and make calculations more manageable by treating them as if they have a single refractive index, for each mode and polarization, aka effective refractive index.

Modes

Les modes sont les différentes formes d'ondes de la lumière voyageant à travers un système optique. Plus précisément, ils sont des solutions de l'équation de Maxwell et sont appelés modes transverses fondamentaux et d'ordre supérieur. De manière simplifiée, nous pouvons considérer les modes comme les différents chemins que la lumière peut emprunter lorsqu'elle se propage dans un milieu qui la guide.

Modes

Modes are different wave patterns of light traveling through an optical system. Specifically, they are solutions of Maxwell's equation and are referred as fundamental and higher-order transverse modes. In a simplified manner, we can think of modes as the different paths light can take when propagating through a medium that guide light.

Modulateur optique

Un modulateur optique est un dispositif capable d'alterner l'intensité ou la phase des signaux lumineux en fonction d'un signal externe (généralement un signal électrique). En d'autres termes, la modulation est le processus d'encodage de données sur un signal porteur optique en faisant varier une ou plusieurs de ses caractéristiques (c'est-à-dire l'amplitude ou la phase de l'onde optique électromagnétique). Les différents types de modulateurs optiques comprennent les modulateurs électro-optiques exploitant l'effet électro-optique et les modulateurs d'électro-absorption exploitant l'effet Franz-Keldysh.

Optical modulator

An optical modulator is a device that can alternate the intensity, or phase of light signals according to an external signal (typically electrical signal). In other words, modulation is the process of encoding data to an optical carrier signal by varying one or more of its characteristics (i.e., amplitude or phase of the electromagnetic optical wave). Different types of optical modulators include electro-optic modulators exploiting the electro-optic effect, and electro-absorption modulators exploiting Franz–Keldysh effect.

Modulateurs électroabsorbant

Les modulateurs électroabsorbant sont un type de modulateur optique qui peut moduler l'intensité lumineuse sur la base de l'effet Franz-Keldysh. Cet effet représente le changement des caractéristiques d'absorption (par exemple, le spectre d'absorption) d'un matériau en raison de l'application d'un champ électrique externe.

Plus précisément, le champ électrique appliqué peut modifier l'énergie de la bande interdite, ce qui entraîne une modification de l'énergie des photons à absorber.

Ainsi, le matériau peut devenir plus transparent à certains photons (c'est-à-dire ceux dont l'énergie est inférieure à la bande interdite).

Electro-absorption modulator (EAM)

Electroabsorption modulators are a type of optical modulator that can modulate the light intensity based on the Franz-Keldysh effect. This effect represents the change in the absorption characteristics (e.g., absorption spectrum) of a material due to an applied external electric field.

More specifically, the applied electric field can change the bandgap energy resulting in an alteration of the photon energy to be absorbed. Hence, the material can become more transparent to certain photons (i.e., the ones which has an energy below the bandgap).

Multimode

Le terme multimode désigne la situation dans laquelle plusieurs modes de lumière distincts (ou voies) peuvent coexister dans un système optique. Pour simplifier, on peut considérer qu'ils disposent de plusieurs voies pour le passage de la lumière. Un guide d'ondes optiques peut transporter un seul mode optique (monomode) ou plusieurs modes optiques (multimode) en fonction du matériau et des dimensions du guide d'ondes optiques conçu..

Multimode

Multimode refers to the situation where numerous distinct modes of light (or pathways) can coexist within an optical system. In a simplified manner, we can think of them as having multiple lanes for light to travel. An optical waveguide can either carry one optical mode (single-mode) or multiple optical modes (multimode) depending on the material and dimensions of the designed optical waveguide.

Multiplexage en longueur d'onde

Le multiplexage en longueur d'onde est une technologie qui permet de multiplexer plusieurs signaux optiques (canaux) sur un seul faisceau optique dans une fibre optique en utilisant différentes longueurs d'onde. Ces systèmes augmentent la capacité de la liaison de communication de données en codant les informations sur les signaux optiques avec différentes longueurs d'onde, en les combinant avec un multiplexeur optique, en les transmettant ensemble sur une seule fibre, et enfin en récupérant les informations codées du côté du récepteur en les séparant à nouveau. La sélection d'un espacement grossier ou dense des longueurs d'onde donne lieu à deux types différents de technologie de multiplexage par répartition en longueur d'onde.

Wavelength division multiplexing (WDM)

WDM is a technology that multiplexes multiple optical signals (channels) onto a single optical beam in one optical fiber by using different wavelengths. These systems increase the data communication link capacity through encoding information on the optical signals with different wavelength, combining them with an optical multiplexer, transmitting it together on a single fiber, and finally retrieving the encoded information at the receiver side by separating them again. Selecting coarse (CWDM) or dense (DWDM) wavelength spacing results in two different types of wavelength division multiplexing technology.

Multiplexage optique

Le multiplexage optique est une technique permettant de transmettre simultanément plusieurs signaux optiques sur une seule fibre optique. Il permet une utilisation efficace de la bande passante disponible. Pour simplifier, les signaux optiquement multiplexés sont comme plusieurs voitures qui partagent la même voie sur une autoroute très fréquentée sans s'écraser l'une l'autre.

Les différents types de multiplexage optique comprennent : le multiplexage par répartition spatiale, le multiplexage par répartition en longueur d'onde, le multiplexage par répartition en polarisation et le multiplexage par répartition en mode.

Optical Multiplexing

Optical multiplexing is a technique to transmit multiple optical signals over a single optical fiber simultaneously. It enables an efficient use of available bandwidth. In a simplified manner, optically multiplexed signals are like multiple cars sharing the same lane of a busy highway without crashing each other. Different types of optical multiplexing include: spatial division multiplexing (SDM), wavelength division multiplexing (WDM), polarization division multiplexing (PDM), and mode division multiplexing (MDM).

Multiplexeur optique

Un multiplexeur optique est un dispositif qui combine dans l'espace des faisceaux lumineux séparés de différentes longueurs d'onde en un seul faisceau se déplaçant dans l'espace. L'opération inverse est possible dans un démultiplexeur optique, où un faisceau unique est séparé dans l'espace en plusieurs faisceaux en fonction de la longueur d'onde. Ces dispositifs sont d'une grande importance dans les communications optiques, où les informations peuvent être assignées par longueur d'onde (comme dans les systèmes de multiplexage par répartition en longueur d'onde) et transmises sous la forme d'un faisceau unique sur une fibre optique.

Dans le fonctionnement inversé d'un démultiplexeur qui peut être situé à la destination de la liaison de transmission, le faisceau unique est divisé dans l'espace en plusieurs faisceaux de différentes longueurs d'onde pour détecter l'information binaire qui a été codée sur chaque longueur d'onde du système WDM.

Optical multiplexers

An optical multiplexer is a device that spatially combines separated light beams with different wavelengths into a single beam traveling in space. The opposite operation is achievable in an optical demultiplexer where a single beam is spatially separated into multiple beams according to wavelength. These devices are of great importance in optical communication, where information can be assigned per wavelength (such as in wavelength-division-multiplexing systems) and transmitted as a single beam onto an optical fiber. In the reversed operation of a demultiplexer which can be located at transmission link destination, the single beam is spatially split into multiple beams of different wavelengths to detect the binary information that was encoded on each wavelength of the WDM system.

Nanoantennes optiques

Les nanoantennes optiques sont de minuscules structures plus petites que la longueur d'onde de la lumière qui peuvent manipuler et augmenter un signal lumineux à l'échelle nanométrique pour diverses applications telles que la détection, l'imagerie, l'amélioration de l'émission de lumière et la collecte d'énergie. La photonique intégrée permet l'intégration monolithique de l'émetteur-récepteur optique avec la nanoantenne. Le perfectionnement de ces dispositifs fait toujours l'objet d'une recherche dynamique et active.

Optical nanoantennas

Optical nanoantennas are tiny subwavelength structures that can enhance and manipulate light at the nanoscale for various applications such as sensing, imaging, light emission enhancement, and energy harvesting. Integrated photonics enable monolithic integration of the optical transceiver with the nanoantenna. Further advancement of such devices remains under dynamic and active research.

Nanophotonique

La nanophotonique consiste à travailler avec de très petites structures à l'échelle nanométrique (plus petite que la longueur d'onde) pour manipuler la lumière de manière unique. La nanophotonique permet de créer de nouveaux dispositifs et matériaux optiques tels que des nanoantennes, des nanorésonateurs, des guides d'ondes à l'échelle nanométrique et des nanostructures plasmoniques.

Par exemple, dans le domaine de la plasmonique, il est possible de presser la lumière au-delà de la limite de diffraction en excitant des plasmons de surface et des plasmons de surface localisés autour de nanostructures métalliques.

Nanophotonics

Nanophotonics involves working with very small structures at the nanoscale (smaller than the wavelength) to manipulate light in unique ways. Novel optical devices and materials such as nanoantennas, nanoresonators, nanoscale waveguides, and plasmonic nanostructures are enabled by nanophotonics. For instance, in plasmonics, squeezing light beyond the diffraction limit is enabled by exciting surface plasmons, and localized surface plasmons around metallic nanostructures.

Nombre d'onde

Le nombre d'onde est une mesure du nombre de cycles d'ondes par unité de distance ($1/\lambda$). Il est également défini comme le nombre de radians par unité de distance ($2\pi/\lambda$, appelé nombre d'ondes angulaires). Il décrit la fréquence spatiale d'une onde.

Wavenumber

Wavenumber is a measure of how many wave cycles occur per unit of distance ($1/\lambda$). It is also defined as number of radians per unit distance ($2\pi/\lambda$, referred as angular wavenumber). It describes the spatial frequency of a wave.

Ondes électromagnétiques

Les ondes électromagnétiques représentent la propagation oscillatoire dans le temps et l'espace d'un phénomène naturel comprenant des champs électriques et magnétiques. Elles sont largement utilisées pour transporter des informations. Les ondes radio, les micro-ondes et la lumière visible en sont de bons exemples.

Electromagnetic waves

Electromagnetic waves represent the oscillatory propagation in time and space of a natural phenomenon that include electric and magnetic fields. Electromagnetic waves are widely used to carry information. For instance, Radio Frequency (RF) and optical waves.

Optique des rayons

L'optique des rayons (ou optique géométrique) est une technique de conception et d'analyse qui ignore les effets de la diffraction et de l'interférence liés à la nature ondulatoire de la lumière. La lumière qui se propage est représentée comme un rayon (d'où le nom d'optique des rayons) qui ne réagit qu'à la réfraction et à la réflexion.

Cette approche est souvent utile dans la conception et l'analyse optique, car elle est moins coûteuse en termes de calcul que les techniques basées sur l'optique ondulatoire.

Ray optics

Ray optics is a design and analysis technique that ignores the effects of diffraction and interference that relate to the wave nature of light. The propagating light is depicted as a ray (hence the name ray optics) which reacts only to refraction and reflection.

This approach often is helpful in optical design and analysis as it is computationally less expensive compared to techniques based on wave optics.

Optique non-linéaire

Dans le contexte de l'optique linéaire, les propriétés des matériaux ne changent pas en fonction de l'intensité de la lumière incidente. En revanche, l'optique non-linéaire traite de la dépendance des propriétés des matériaux par rapport à l'intensité de l'onde lumineuse.

En d'autres termes, l'optique non-linéaire décrit les interactions entre la lumière et la matière, où le comportement atomique n'est plus proportionnel à l'intensité de la lumière incidente, comme c'est le cas dans l'optique linéaire.

Le comportement non-linéaire de certains matériaux n'est généralement observé qu'à des intensités lumineuses très élevées. L'un des premiers effets non-linéaires observés en 1961 est la génération de seconde harmonique où une lumière de haute intensité de fréquence f traverse le quartz, un matériau aux caractéristiques non-linéaires, générant ainsi des composantes de fréquence deux fois supérieures à la fréquence d'entrée ($2f$).

Nonlinear optics

In the context of linear optics, the material properties do not change based on the incident light intensity. In contrast, nonlinear optics deals with the material properties dependence on the light wave intensity. In other words, nonlinear optics describes light and matter interactions where atomic behavior are no longer proportional to the intensity of the incident light as it is in linear optics.

Nonlinearity behavior of certain material is typically observed only at very high light intensities. One of the first nonlinear effect observed in 1961 is the second harmonic generation where a high intensity light of frequency f passed through quartz, a material with nonlinear characteristics which generated frequency components at twice the incoming frequency ($2f$).

Optique ondulatoire

L'optique ondulatoire est une méthode d'analyse dans laquelle la lumière est considérée comme une onde électromagnétique (propagation oscillatoire de champs électriques et magnétiques dans le temps et l'espace). Dans cette approche, les effets de la diffraction (qui sont ignorés dans l'analyse de l'optique des rayons) et de l'interférence sont les plus importants.

Wave optics

Wave optics refers to an analysis method where the light is considered as an electromagnetic wave (oscillatory propagation of electric and magnetic fields in time and space). In this approach, the effects of diffraction (which are ignored in ray optics analysis) and interference are the dominant ones.

Optique quantique

L'optique quantique explore la manière dont la lumière (photons) et la matière interagissent au niveau atomique (c'est-à-dire quantique), ce qui comprend également l'étude des propriétés des photons qui s'apparentent à des particules et certains concepts de la mécanique quantique tels que l'intrication et la téléportation. Les applications vont de la technologie de l'information quantique à la cryptographie et à l'informatique quantique.

Quantum optics

Quantum optics explores how light (photons) and matter interact at the atomic (i.e., quantum) level, which also includes the study of the particle-like properties of photons and some of the concepts of quantum mechanics such as entanglement and teleportation. The applications range from quantum information technology to quantum cryptography and computing.

Optoélectronique

L'optoélectronique est la technologie et l'étude des dispositifs électroniques qui interagissent avec la lumière en convertissant les signaux électriques en lumière (par exemple, les photodétecteurs) ou en manipulant la lumière par des signaux électriques (par exemple, les modulateurs électro-optiques).

Parmi les dispositifs optoélectroniques, on peut citer les diodes laser, les diodes électroluminescentes (DEL), les photodétecteurs et les imageurs. Ils sont principalement basés sur des matériaux semi-conducteurs présentant les propriétés d'absorption et d'émission souhaitées dans lesquelles l'énergie de la bande interdite du matériau est alignée sur les longueurs d'onde ciblées pour les applications données, par exemple la bande O et la bande C dans les télécommunications optiques. Le terme optoélectronique est une version abrégée de l'optique et de l'électronique.

Optoelectronics

Optoelectronics is the technology and study of electronic devices interacting with light converting electrical signals into light (e.g., photodetectors) or manipulate the light by electric signals (e.g., electro-optic modulators). A few examples of optoelectronic devices include laser diodes, light emitting diodes (LEDs), photodetectors, and image sensors.

They are dominantly based on semiconductor materials exhibiting the desired absorption and emission properties in which the material's band gap energy is align with the targeted wavelengths for the given applications, e.g., the O- and C-band in optical telecommunications.

Ordinateur quantique

L'ordinateur quantique exploite les principes de la mécanique quantique pour effectuer des calculs complexes. Un ordinateur quantique évolutif permet d'effectuer certains calculs à une vitesse exponentielle par rapport aux ordinateurs classiques.

Contrairement aux ordinateurs classiques qui utilisent des bits pour représenter l'information, les ordinateurs quantiques utilisent des bits quantiques (ou qubits), qui existent simultanément dans de multiples états. La photonique représente une plateforme prometteuse pour l'informatique quantique, principalement en raison de la nature sans bruit et sans décohérence des photons uniques.

Dans ce cas, les qubits optiques sont générés en encodant des photons uniques dans un degré de liberté donné, comme la polarisation, le chemin ou la longueur d'onde. La mise en œuvre efficace de tels ordinateurs reste un domaine de recherche actif.

Optical quantum computing

Quantum computing is a type of computing that leverages the principles of quantum mechanics to perform complex calculations. A scalable quantum computer offers performing some calculations exponentially faster than classical computers. Unlike classical computers that use bits to represent information, quantum computers utilize quantum bits (or qubits), which simultaneously exists in multiples states.

Photonics represent a promising platform for quantum computing primarily due to the noise-free and decoherence-free nature of single photons. In this case, optical qubits are generated by encoding single photons in a given degree of freedom, such as polarization, path, or wavelength. Efficient implementation of such computers remains an active area of research.

Ordinateur optique

La technologie à la base de l'ordinateur optique consiste à utiliser la lumière pour effectuer des calculs. Les calculs effectués avec la lumière sont plus rapides et plus économes en énergie que leurs équivalents électroniques.

Optical computing

Optical Computing is a technological approach of using light to perform computations. Light based- calculation are faster and more energy efficient compared to their electronic counterparts.

Photodétecteur

Un photodétecteur est un composant qui convertit la puissance (ou l'énergie) de la lumière entrante par absorption de photons et conversion en courant électrique. Ce dispositif est utilisé dans différentes applications. Par exemple, le capteur d'image d'un appareil photo où chaque pixel de l'image est un photodétecteur qui reçoit des informations de l'objet d'intérêt.

Un autre exemple se trouve dans le domaine de la communication optique où il est utilisé pour détecter le signal optique qui transporte l'information et génère un courant (photocourant) représentant l'intensité du signal optique.

Photodetector

A photodetector is a component which converts the power (or energy) of incoming light by photon absorption and conversion to electric current. This device is used in different applications.

For instance, the image sensor of a camera where each image pixel is a photodetector that receives information from the object of interest.

Another example is in the field of optical communication where it is used to detect the optical signal that carries information and generates a current (photocurrent) representing the optical signal intensity.

Photon

Le photon est la particule fondamentale de la lumière, l'une des interprétations de la lumière en mécanique quantique (simultanément à sa description ondulatoire). Cette particule est sans masse et elle est définie par sa longueur d'onde. L'émission de photons dépend des niveaux d'énergie de l'atome ou de la molécule en question.

Photon

Photon is a fundamental particle of light, one of the Quantum Mechanics interpretations of light (alongside the wave description). This particle is mass-less and defined by its wavelength. The emission of photons is related to the energy levels of the atom or molecule of interest.

Photonique

La photonique est la science de la génération, de la manipulation et de la détection de la lumière allant des TéraHertz jusqu'aux rayons X. Contrairement à l'optique « classique », historiquement basée sur les rayons de lumière et utilisant les lentilles ou les miroirs, la photonique a plutôt fait son apparition avec le nouveau concept de photon et l'invention du laser au 20e siècle. Le terme photonique est aussi une version analogue de l'électronique, plutôt basée sur l'électron.

Photonics

Photonics is the science of generating, manipulating, and detecting a bundle of photons obeying classical physics. In a different regime of coherent control, single photon manipulation is also possible.

Photonique pour les signaux radiofréquence

La photonique pour les signaux radiofréquence (photonique RF) est un domaine interdisciplinaire qui exploite les avantages de la photonique pour améliorer les performances des systèmes RF, en particulier dans les domaines de la communication, du radar et du traitement des signaux. Il s'agit notamment d'utiliser des composants optiques pour le traitement des signaux RF plutôt que des techniques électroniques traditionnelles, d'éliminer les interférences électromagnétiques en convertissant les signaux RF dans le domaine optique pour les applications sensibles, ou de les transférer sur de longues distances par l'intermédiaire de fibres optiques.

RF photonics

RF (Radio Frequency) photonics is an inter-disciplinary field leveraging benefits of photonics to enhance the performance of RF systems particularly in the areas of communication, radar, and signal processing. This includes using optical components for RF signal processing rather than traditional electronic techniques, eliminating the electromagnetic interference by converting RF signals to the optical domain for sensitive applications, or transferring through optical fibers over long distances.

Photonique sur silicium

Dans une multitude de tentatives de recherche visant à intégrer des composants photoniques à l'aide de la technologie de fabrication standard du silicium sur isolant (SOI), le silicium s'est avéré être un guide d'ondes optiques intéressant, donnant naissance à une technologie relativement nouvelle appelée photonique sur silicium.

Dans la technologie SOI, les guides d'ondes en silicium reposent sur une couche d'oxyde enfouie (silice). La photonique sur silicium est une technologie permettant l'intégration monolithique de composants photoniques et électroniques sur une puce en silicium. Les circuits intégrés photoniques à base de silicium sont utilisés pour les communications de données optiques.

Bien que la photonique sur silicium offre la possibilité de réaliser une mise en œuvre miniaturisée sur puce de divers dispositifs optiques, elle se heurte à certains problèmes, notamment le fait qu'elle ne convient pas à la construction de lasers et de détecteurs sur puce. L'intégration hybride de la photonique sur silicium avec d'autres semi-conducteurs (par exemple, le phosphore d'indium) est une solution possible pour résoudre ces problèmes.

Silicon photonics

In a multitude of research attempts to integrate photonic components using standard silicon-on-insulator (SOI) fabrication technology, silicon is shown to be an interesting fit as an optical waveguide giving rise to a relatively new technology referred as silicon photonics.

In the SOI technology, the silicon waveguides lie on top of a layer of buried oxide (silica).

Silicon photonics is a technology enabling monolithic integration of photonic and electronic components on silicon chip. Silicon-based photonic integrated circuits are used for optical data communications. Although silicon photonics have the potential for realizing miniaturized on-chip implementation of various optical devices, it deals with some challenges such as not being suitable for building on-chip lasers and detectors.

A hybrid integration of a silicon photonic with other semiconductors (e.g., indium phosphide) can address these challenges.

Photonique térahertz

La photonique térahertz (THz) traite des ondes électromagnétiques dans la gamme de fréquences térahertz (10^{12} Hz). Une onde d'une fréquence de 1 THz a une longueur d'onde de 3000 nm. Les ondes électromagnétiques térahertz présentent plusieurs caractéristiques uniques, telles que la propagation à travers la plupart des matériaux isolants, tout en étant sensibles à la plupart des matériaux cristallins qui présentent une structure microscopique très ordonnée. C'est pourquoi leurs principales applications sont l'imagerie et la détection (diagnostic clinique, préservation des œuvres d'art, scanners d'aéroport, etc.). Elles sont également prometteuses pour les communications sans fil à grande largeur de bande, en particulier pour les applications à courte portée et à haut débit de données.

Terahertz photonics

Terahertz (THz) photonics deals with electromagnetic waves in the range of terahertz (10^{12} Hz) frequency range. A wave with a frequency of 1 THz frequency has a wavelength of 300 μm . Terahertz electromagnetic waves demonstrate several unique capabilities such as propagating through most insulating materials while being sensitive to most crystalline materials which exhibit highly ordered microscopic structure. For this reason, their dominant applications include imaging and sensing (e.g., clinical diagnosis, art preservation, airport scanners, etc.). They also offer promises for high-bandwidth wireless communications especially for short-range, and high data rate applications.

Polarisation de la lumière

La polarisation décrit l'orientation de l'oscillation du champ électrique d'une onde lumineuse dans le temps. L'oscillation du champ magnétique est toujours orthogonale à celle du champ électrique.

Dans le cas d'une lumière polarisée linéairement, le champ électrique oscille de haut en bas (ou l'équivalent dans une autre direction). Il est également possible d'avoir une polarisation elliptique ou circulaire lorsqu'il y a un certain déphasage entre la composante verticale et horizontale de l'onde électromagnétique.

Light Polarization

This is the orientation of a light wave. More specifically, the orientation (polarization) is the orientation of the electric field oscillation. We can think of light polarization as the direction in which light waves vibrate. In a linearly polarized light, the electric field oscillation is confined to a specific plane, known as plane of polarization. The magnetic field oscillation/polarization is fundamentally always orthogonal to the electric field polarization such that it is confined in another plane. For example, in a three-dimension space defined by the Cartesian coordinate system with the x-axis, y-axis and z-axis, an electric field polarization in the x direction would have a magnetic field in the y-z plane.

Porte logique optique

Une porte logique optique est un élément constitutif de l'informatique optique. En électronique, les portes logiques effectuent des opérations sur un ensemble de tensions d'entrée (une tension élevée correspond à un '1' logique et une tension faible à un '0' logique).

La contrepartie optique effectue l'opération en fonction des états des signaux lumineux d'entrée (par exemple, une forte intensité est logique '1' et une faible intensité est logique '0'). Les travaux visant à mettre en œuvre cet ensemble de dispositifs sont toujours en cours.

Optical logic gate

An optical logic gate is a building block of optical computing. In electronics, logic gates perform operations on a set of input voltages (high voltage is logical '1' and low voltage is logical- '0'). The optical counterpart performs the operation according to states of input light signals (For instance, high intensity is logic '1' and low intensity is logical '0'). As for 2023, the work to implement such set of devices is still in progress.

Porteurs de charges libres

Les porteurs de charges libres sont des électrons et des trous dans un semi-conducteur qui peuvent se déplacer librement sous l'influence d'un champ électrique et qui peuvent transporter un courant électrique. Les propriétés de conduction électrique des semi-conducteurs reposent sur l'existence et le mouvement des porteurs de charges libres. La densité de charge, la mobilité des électrons et la mobilité des trous sont quelques-uns des concepts associés.

Free charge carriers

Free charge carriers are electrons and holes in a semiconductor that can freely move under influence of an electric field and can carry an electric current. The electrical conduction properties of semiconductors are based on existence and movement of free charge carriers.

Charge density, electron mobility, and hole mobility are some of the related concepts.

Puissance optique

La puissance optique est un terme fondamental qui décrit la variation d'énergie par unité de temps. Dans les wattmètres optiques, la puissance optique est convertie en courant électrique. Dans de nombreux systèmes, la puissance optique par unité de surface (intensité de la puissance) est le paramètre important, car elle est proportionnelle à la chaleur générée. Par exemple, le seuil d'endommagement est défini par l'intensité de la puissance.

Optical power

Optical power is a fundamental term that describes the change of energy per unit of time. In optical power meters, the optical power is converted to electric current.

In many systems the optical power per unit of area (power intensity) is the important parameter, as it is proportional to the generated heat. For instance, the damage threshold is defined by the power intensity.

Rapport de transfert de puissance

Le rapport de transfert de puissance est une mesure qui évalue l'efficacité du transfert de puissance d'une partie d'un système optique à une autre. Il s'agit d'une mesure de l'efficacité de la transmission de puissance de la source à la charge ou à l'intérieur des composants d'un système ou d'un réseau de communication de données optiques.

Un rapport de transfert de puissance élevé démontre une meilleure intégrité du signal optique.

Power transfer ratio

Power transfer ratio (PTR) is a metric that evaluates the efficiency of transferring power from one part of an optical system to another. It is a measure of effective power transmission from the source to the load or within components in an optical data communication system or network. A higher PTR demonstrates a better optical signal integrity.

Rapport signal sur bruit optique

Le rapport signal sur bruit (signal/bruit) est un indicateur qui sert à évaluer la qualité d'une mesure en comparant la puissance d'un signal à celle du bruit de mesure et est souvent exprimé en décibels.

Optical signal to noise ratio

Optical Signal-to-Noise Ratio (OSNR) measures the quality of an optical signal by comparing the optical power of an optical signal to the optical noise power and is often expressed in decibels.

In the optical fiber communication, realizing very low bit error rates (BER) demands a sufficiently high OSNR at the output detector. Increasing the OSNR could be attained by using low noise optical components, increasing the optical input power, or removing any avoidable noise sources by deployment of optical bandpass filters.

OSNR differs from SNR in terms of the type of the signal (optical versus electrical) being considered for determining the strength of the signal to the noise level.

Réflexion

La réflexion totale correspond au changement de direction de la totalité d'une onde lumineuse à une interface entre deux milieux (par exemple, entre l'air et un miroir). Si l'interface n'est pas totalement réfléchissante (par exemple, l'interface air-eau), le faisceau lumineux qui interagit avec l'interface est en partie transmis (vers l'autre milieu) et en partie réfléchi (vers le milieu initial).

En augmentant l'angle d'incidence au-delà d'un certain seuil appelé angle critique, la lumière est entièrement réfléchie à l'interface entre deux milieux. Ce phénomène est connu sous le nom de réflexion interne totale, une propriété clé dans le guidage de la lumière dans les fibres optiques et les guides d'ondes.

Reflection

Full reflection is known as the direction change of a light wave at an interface between two media (e.g., at a mirror) so that the entire light wave returns to the primary medium. In the case that the interface is not fully reflective (e.g., air-water interface), the light beam interacting with the interface is partly transmitted (to the other medium) and partly reflected back (to the primary medium).

By increasing the incident angle above a certain threshold referred as the critical angle, light is fully reflected at the interface between two media. This phenomenon is known as total internal reflection, a key property in light guidance in optical fibers and waveguides.

Réseau de Bragg

Un réseau de Bragg présente une variation périodique de l'indice de réfraction; pour une certaine longueur d'onde, une interférence constructive se produit entre la lumière réfléchie par chaque élément du réseau, ce qui entraîne une forte réflexion de la lumière incidente. Un réseau de Bragg peut également être considéré comme un cristal photonique unidimensionnel dont la périodicité du matériau se produit sur un axe. Les dispositifs basés sur de telles structures sont généralement utilisés pour réfléchir des longueurs d'onde spécifiques de la lumière. La période de la structure définit les longueurs d'ondes qui seront réfléchies.

Bragg grating

A Bragg grating has a periodic variation of the refractive index; for a certain wavelength, a constructive interference occurs between the reflected light from each element of the grating resulting in a strong reflection of the incident light. A Bragg grating can be also considered as a one-dimensional photonic crystal with periodicity of the material occurring over one axis.

Devices based on such structures are typically used for reflecting specific wavelengths of light (realizing precise filtering by Bragg reflectors). The one-dimensional periodicity can be implemented in an optical waveguide. The period of the structure being comparable to the incident wavelength defines the specific filtering band.

Reducing this periodicity to below the Bragg condition ($2d \cdot \sin(\theta) = m \cdot \lambda$, where $2d$ corresponds to the grating periodicity, θ is the angle of incident light to the grating, m is an integer number representing the order of refraction, and λ is the incident wavelength) results in some other optical properties. Indeed, one can engineer a specific refractive index of interest in a given structure referred as subwavelength grating structures.

Réseau optique à commande de phase

Le réseau optique à commande de phase est une technologie qui utilise un réseau de sources optiques pour créer un faisceau cible, en appliquant des valeurs de phase différentes à chaque élément. Les réseaux optiques à commande de phase peuvent être utilisés pour le pointage, c'est-à-dire pour modifier l'angle du faisceau dans l'espace, pour le traitement des matériaux, où certaines formes sont utiles pour différentes opérations telles que le soudage.

Une application susceptible de se développer est la communication optique en espace libre, où les réseaux à commande de phase sont utilisés pour échanger des informations (en remplacement des fibres optiques) via l'espace libre entre deux points au sol ou même entre un sol et des satellites dans l'espace extra-atmosphérique (là, l'OPA doit également compenser les turbulences atmosphériques).

Optical phased array

Optical Phased Array (OPA) is a technology that uses an array of optical sources to create a target beam, by applying different phase values to each element. Optical phased array can be used for pointing i.e., changing the beam angle in space, material processing where certain shapes are useful for different operations such as welding. One application which has a potential to grow is free-space optical communication, where phased array is used to exchange information (as a replacement to optical fibers) via the free-space between two points on the ground or even between a ground to satellites in the outer space (there the OPA has also to compensate for atmospheric turbulence).

Réseau de communication optique

Un réseau de communication optique est considéré comme un réseau de communication à haute capacité utilisant des fibres optiques pour diverses applications telles que les télécommunications, les centres de données et la connectivité à l'internet. Des amplificateurs optiques sont déployés pour compenser l'atténuation du signal sur de longues distances.

Outre les fibres optiques et les amplificateurs, les composants optiques tels que les émetteurs, les récepteurs, les multiplexeurs et les démultiplexeurs sont des éléments nécessaires à la création de réseaux optiques. La capacité de transmission de données d'un réseau optique peut être augmentée par le déploiement du multiplexage par répartition en longueur d'onde et du multiplexage par répartition en mode.

Optical network

An optical network is considered as a high-capacity communication network enabled by optical fibers for various applications such as telecommunications, data centers, and internet connectivity. Optical amplifiers are deployed to compensate for the signal attenuation over long distances. In addition to the optical fibers and amplifiers, optical components such as transmitters, receivers, multiplexers, and demultiplexers are necessary building blocks for creating optical networks. The data transmission capacity of an optical network could be increased by deployment of wavelength-division-multiplexing and mode-division-multiplexing.

Réseaux neuronaux optiques

Les réseaux neuronaux optiques sont une mise en œuvre des réseaux neuronaux artificiels dans le domaine optique, en s'appuyant sur des composants optiques pour réaliser des calculs rapides et peu gourmands en énergie. Ces opérations de calcul comprennent l'addition et la multiplication pondérées à grande échelle de signaux qui sont réalisées par des composants photoniques.

En raison de la capacité inhérente des systèmes optiques pour le traitement parallèle, les réseaux neuronaux optiques permettent le traitement potentiel de quantités massives de données à traiter en parallèle; cependant, la mise en œuvre pratique à grande échelle des réseaux neuronaux optiques reste un domaine de recherche actif pour la réalisation d'accélérateurs photoniques, qui est considéré comme une solution d'architecture hybride avec les processeurs électroniques existants

Optical neural networks

Optical neural networks (ONNs) are an implementation of artificial neural networks (ANNs are inspired from the human brain neural networks largely used as enabling building blocks of the AI applications) in the optical domain leveraging optical components to realize fast and power-efficient computations. These computation operations include large scale weighted addition and multiplication of signals that are realized by photonic components.

Due to the inherent capability of optical systems for parallel processing, ONNs allow potential handling of massive amounts of data to be processed in parallel; however, large scale practical implementation of ONNs remain an active area of research for realizing photonic accelerators, which is considered as a hybrid architecture solution with existing electronic processors.

Résonateur à nanofaisceau

Un résonateur à nanofaisceau est une très petite cavité résonante capable de piéger et de contrôler la lumière à l'échelle nanométrique, souvent utilisée dans les circuits intégrés photoniques. Il est utilisé dans diverses applications, notamment la détection, le traitement des signaux et les communications optiques.

Ces dispositifs offrent la possibilité d'une grande sensibilité dans les applications de détection et un contrôle précis de la lumière dans diverses applications photoniques.

Nanobeam resonator

A nanobeam resonator also known as resonant optical cavity is a small structure that can trap and control light at the nanoscale, often used in photonic integrated circuits. It is used in various applications, including sensing, signal processing, and optical communications. These devices offer the potential for high sensitivity in sensing applications and the precise control of light in various photonic applications.

Résonateur optique

Le résonateur optique est un composant conçu pour renforcer et piéger la lumière à une longueur d'onde spécifique (appelée longueur d'onde de résonance) en réglant la longueur du dispositif de résonance (appelée longueur de résonance) de manière à ce qu'elle réponde à la condition d'interférence constructive. Ce dispositif est l'un des éléments fondamentaux des lasers (qui utilisent une cavité de résonance et un milieu de gain). Dans les circuits intégrés photoniques, un résonateur en forme d'anneau (appelé « résonateur en anneau ») est utilisé pour moduler ou sélectionner la lumière à une longueur d'onde spécifique.

Optical resonator

Optical resonator is a component designed to enhance and trap light at a specific wavelength (called the resonance wavelength) by setting the resonator device length (called resonance length) to one that meets the condition of constructive interference. This device is one of the fundamental building blocks of lasers (which uses a resonating cavity and a gain medium). In photonic integrated circuits, a resonator in ring shape (called 'ring resonator') is used to modulate or select light at a specific wavelength.

Semi-conducteur

Un semi-conducteur possède à la fois les propriétés d'un matériau diélectrique et d'un matériau conducteur. Clé de la photonique, l'interaction entre un électron et un photon est exploitée dans les semi-conducteurs pour générer des photons par le biais d'émissions stimulées et spontanées et convertir les photons en électrons par le biais d'une absorption stimulée. Ces interactions électron-photon dépendent de la relation entre la longueur d'onde de l'onde optique et la bande interdite énergétique du semi-conducteur, qui est la différence d'énergie entre les deux couches orbitales les plus externes des électrons dans un atome.

Semiconductor

A semiconductor has the property of both a dielectric material and a conductor material. Key to photonics, the interaction between an electron and a photon is leveraged in semiconductor to generate photons through stimulated and spontaneous emissions and convert photons into electrons through stimulated absorption. These electron-photon interactions depend on the relationship between the wavelength of the optical wave and the semiconductor energy bandgap which is the energy difference between the two most outer layer of orbits for electrons in an atom.

Séparateur de faisceau

Un séparateur de faisceau est un dispositif optique qui divise ou sépare un faisceau lumineux entrant en deux ou plusieurs faisceaux distincts. Il s'agit d'un élément clé dans de nombreux dispositifs photoniques tels que les réseaux optiques à commande de phase, les processeurs photoniques, les microscopes, etc.

Beam splitters

A beam splitter is an optical device that divides or splits an incoming light beam into two or more separate beams. This is a key element in many photonic devices such as optical phased arrays, photonic processors, microscopes and more.

Silice

La silice est un composé de silicium et d'oxygène, généralement sous forme de dioxyde de silicium (SiO_2). Ce matériau est largement utilisé dans l'industrie des semi-conducteurs comme couche isolante pour empêcher les fuites de courant électrique entre les transistors.

Dans le contexte de la photonique, la silice présente des capacités de transmission élevées avec très peu de pertes sur une large gamme de longueurs d'onde allant de 780 nm à 2500 nm, appelée gamme du proche infrarouge. La silice est donc un matériau idéal pour la fabrication de fibres optiques qui transmettent des informations sur de longues distances. La silice est également utilisée comme couche enveloppante des guides d'ondes optiques en silicium dans les circuits intégrés photoniques..

Silica

Silica refers to compounds composed of silicon and oxygen, typically in the form of silicon dioxide (SiO_2). This material is widely used in semi-conductor industry as an insulator layer to prevent electric current to leak between transistors.

In the context of photonics, silica exhibits high transmission capabilities with very little loss over a large wavelength range from 780 nm to 2500 nm referred as near-infrared range. As such, silica makes for a perfect material used in the fabrication of optical fibers that transmit information over long distances. Silica is also used as the surrounding layer of optical waveguides made of silicon in photonic integrated circuits.

Silicium

Le silicium (Si) est un élément chimique avec 14 protons dans son noyau qui présente des propriétés semi-conductrices très utiles dans le développement de la microélectronique pour les ordinateurs, les téléphones et beaucoup d'autres appareils numériques. Dans le contexte de l'optique, le silicium permet un haut niveau de miniaturisation des composants, car il présente un indice de réfraction élevé, nécessaire à la manipulation de la lumière, ce qui permet de réaliser des circuits intégrés photoniques à base de silicium compatibles avec la technologie standard de fabrication de transistors utilisée en microélectronique.

Silicon

Silicon (Si) is a chemical element with 14 protons in its nucleus that exhibits semiconductor properties very useful in the development of microelectronics for computers, phone and many others in today's information age. In the context of optics, Si allows a high level of component miniaturization as it exhibits a high index of refraction, required for manipulating light, enabling silicon-based photonic integration circuits that are compatible using standard transistor fabrication technology using in microelectronics.

Simulations par la méthode de calcul de différences finies dans le domaine temporel (DFDT)

La simulation par calcul de différences finies dans le domaine temporel est une méthode numérique qui permet de résoudre les équations de Maxwell, qui décrivent comment les champs électriques et magnétiques interagissent et se propagent dans l'espace et le temps. La méthode utilise une grille de points discrets dans l'espace et le temps, et met à jour les valeurs du champ électromagnétique en chaque point par petits pas en temps.

FDTD simulation

FDTD is a numerical method that solves Maxwell's equations, which describe how electric and magnetic fields interact and propagate in space and time. The acronym stands for Finite-Difference Time-Domain. The method divides space into a grid of discrete points in both space and time, and it updates the electromagnetic field values at each point in small time steps.

Superposition quantique

Chaque système quantique est défini par un certain nombre d'états quantiques. Le principe de superposition signifie qu'un système peut exister dans une combinaison linéaire de ces états. Lors de chaque mesure, le système « s'effondre » dans l'un de ces états.

Quantum superposition

Each Quantum system is defined by number of Quantum states. The principle of superposition means that a system can exist in a linear combination of those states. In each measurement, the system "collapses" to one of those states.

Systèmes microélectromécaniques optiques

Les systèmes microélectromécaniques optiques sont un ensemble de dispositifs comprenant des micromécanismes optiques et électriques. Ces dispositifs peuvent être utilisés pour diverses applications telles que les commutateurs optiques (où ils servent de moteur de direction du faisceau), l'optique adaptative (où différentes parties du faisceau sont modulées) et les capteurs interférométriques.

Optical MEMS (micro-electro-mechanical systems)

Optical Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) are a set of devices that include both optical and electrically activated micro-mechanics.

These devices can be used for a variety of applications such as optical switches (where it serves as a beam steering engine), adaptive optics (where different parts of the beam are modulated) and interferometric based sensors.

Taux d'erreur sur les bits

Le taux d'erreur sur les bits est une mesure du nombre de bits incorrects dans la transmission des données reçues (c'est-à-dire un «1» binaire alors qu'un «0» binaire a été envoyé ou vice versa), ce qui indique la qualité de la liaison de communication.

Le taux d'erreur sur les bits est un rapport entre le nombre de bits erronés et le nombre de bits reçus. Un taux d'erreur sur les bits aussi bas qu'une erreur sur un milliard de bits envoyés est nécessaire en communication.

Le taux d'erreur sur les bits augmente non seulement en raison du bruit provenant de l'émetteur, du récepteur et des amplificateurs du système, mais aussi en raison de la perte et de la dispersion optique.

Bit error rate

Bit Error Rate (BER) is a measure of how many bits in received data transmission is incorrect (i.e., a binary "1" when a binary "0" was sent or vice versa), indicating the quality of the communication link. BER is a ratio of erroneous bit over the number of bits received. BER as low as one error in a one billion bits sent is required in communication. BER increases not only by the noise from the transmitter, receiver, and amplifiers in the system, but also from the optical loss, and dispersion. In R&D, this is typically measured with a relatively complex equipment named bit error rate tester (BERT) generating pseudo-random bit sequences (PRBS) with several patterns passing through the device under test and compared with the original sent data at the receiver.

Technique de multiplexage par répartition en modes

La technique de multiplexage par répartition en modes exploite la transmission de données multimodes pour augmenter la capacité du canal. La conception des composants de multiplexage par répartition en modes nécessite de minimiser la diaphonie intermodale (c'est-à-dire le couplage d'énergie indésirable entre deux modes).

Le développement de composants à multiplexage par répartition en modes dans les premières étapes de l'intégration photonique a permis de réduire la largeur des guides d'ondes optiques afin de couper la propagation des modes d'ordre supérieur qui ne fonctionnent que dans le régime monomode. Une multitude d'efforts de recherche récents se sont concentrés sur la résolution de ce problème. Le développement de composants à multiplexage par répartition en modes reste un domaine actif de recherche et de développement.

Mode-Division-Multiplexing (MDM)

Mode division multiplexing (MDM) technique exploits multimode data transmission to scale up the channel capacity. Designing MDM components require minimizing the intermodal crosstalk (i.e., unwanted energy coupling between two modes). Under development of MDM components in early steps of photonic integration resulted in lowering the optical waveguide width to cut-off propagation of higher-order modes working only within the single-mode regime. A multitude of recent research efforts focused on addressing this shortcoming. Developing MDM components remain an active area of research and development.

Vitesse de groupe

La vitesse de groupe est une mesure de la vitesse de déplacement de l'enveloppe d'amplitude de plusieurs ondes électromagnétiques d'une gamme de longueurs d'onde.

Group velocity

Group velocity is a measure of the traveling speed of the amplitude envelope of one or multiple electromagnetic waves of a range of wavelength.

Vitesse de phase

La vitesse de phase d'une onde est la vitesse à laquelle l'onde se propage dans un milieu quelconque. Il s'agit de la vitesse à laquelle la phase d'une composante de fréquence de l'onde se propage.

Phase velocity

Phase velocity is a measure of the traveling speed of a single point of an electromagnetic wave.

Wattmètre optique

Un wattmètre optique est un appareil qui mesure la puissance d'un signal lumineux entrant. Cet appareil est largement utilisé pour la caractérisation en recherche et développement et sur les lignes de production. Par exemple, dans une chaîne d'assemblage de lasers, les wattmètres optiques sont utilisés pour mesurer la puissance de sortie du laser afin de vérifier qu'elle est conforme aux spécifications.

Optical power meter

An optical power meter is a device that measures the power of incoming light signal. This device is widely used for characterization in R&D and production lines. For instance, in a laser assembly line, optical power meters are used to measure the output power of the laser to verify that it meets the specifications.

INDEX

DES TERMES ANGLAIS

Beam splitters	66
Bit error rate	69
Bragg grating	12
C-band	12
Chromatic Dispersion	24
Coherence	16
Coupler.	20
Crosstalk	22
Data center	14
Dielectric	22
Diffraction	23
Effective index method	44
Electric field	15
Electro-absorption modulator (EAM)	45
Electro-optic phase shifter	21
Electromagnetic waves	49
Erbium doped fiber amplifier	10
FDTD simulations	68
Fabrication errors	29
Faraday effect	25
Fiber amplifier.	9
Optica fibers	30
Fiber-to-chip coupler.	19

Free charge carriers	59
Free space optical communication	17
Frequency	32
GDS file.....	31
Germanium	33
Grating coupler.....	20
Group velocity	70
Holography	34
Interference.....	35
Inverse design	18
Laser.....	40
Lens.....	41
Lidar	41
Light Polarization	58
Mach-Zehnder interferometer	36
Maxwell's equations.....	29
Metamaterials.....	43
Mode-Division-Multiplexing (MDM).....	70
Modes	44
Multimode.....	46
Multimode interferometer (MMI)	37
Nanobeam resonator.....	65
Nanophotonics	49
Noise	13
Nonlinear optics	51

O-band.	13
Optical Attenuation	11
Optical Bandwidth	40
Optical Delay line	42
Optical MEMS (micro-electro-mechanical systems)	69
Optical Multiplexing.	47
Optical Waveguide.	34
Optical amplifier	10
Optical computing	54
Optical fiber sensor	14
Optical fibers.	30
Optical filter.	31
Optical isolator	38
Optical logic gate	58
Optical modulator	45
Optical multiplexers.	48
Optical nanoantennas	48
Optical network	64
Optical neural networks	64
Optical phased array	63
Optical power	59
Optical power meter	71
Optical quantum communication	17
Optical quantum computing	53

Optical quantum key distribution	24
Optical resonator	65
Optical signal to noise ratio	60
Optical spectrum analyzer (OSA)	11
Optical switch	18
Optical transceiver	26
Optoelectronics	52
PN junction	39
Phase velocity	71
Phase-change material	43
Photodetector	54
Photon	55
Photon Absorption	8
Photon energy	28
Photonic accelerator	8
Photonic bandgap	12
Photonic integrated Circuit (PIC)	15
Photonics	55
Plasma dispersion effect	
Population Inversion	
Power transfer ratio	
Quantum entanglement	
Quantum optics	
Quantum superposition	
RF photonics	

Ray optics	50
Refractive index	35
Semiconductor	66
Silica	67
Silicon.....	67
Silicon photonics	56
Spontaneous emission.....	27
Stimulated emission.....	27
Terahertz photonics.....	57
Thermo-optic effect.....	26
Wave optics.....	51
Wavelength.....	42
Wavelength division multiplexing (WDM)	46
Wavenumber.....	45



McGill

Depuis plus de 200 ans, McGill est synonyme d'excellence en recherche et en enseignement, attirant les esprits les plus brillants du monde entier.

Mais ce qui distingue vraiment McGill, c'est son engagement envers la francophonie au Québec.

- À McGill, le français est bien plus qu'une langue. C'est un pont vers la compréhension interculturelle, un symbole de diversité et d'inclusion.

McGill façonne l'avenir en repoussant les frontières de la connaissance, en favorisant l'échange culturel et en célébrant la richesse du patrimoine francophone du Québec.

Nous saluons cette initiative et, en collaboration avec nos collègues de l'université Laval, McGill adhère volontiers à ce projet de francisation des termes de la photonique où nous excellons.