

Programme IRT photonique

Plate-forme Photonique pour la Transmission de Signaux à Ultra-haut débit des Réseaux Cœur aux Réseaux d'Accès

1. Nouveau contexte scientifique

Les deux dernières décennies ont été bouleversées par les évolutions extrêmement rapides des technologies de l'information et de la communication. De nouveaux services nécessitant une grande bande passante, comme la télévision haute définition, la vidéo à la demande, ou les sites Web de partage tels que YouTube ou MySpace, ... émergent aujourd'hui, demandant à court terme le déploiement de réseaux en fibres optiques à très haut débit jusqu'à l'abonné (FTTH, Fiber To The Home). En 2008, 37 millions de liaisons PON avaient déjà été déployées et 78 millions sont envisagées pour 2012, les débits allant de 155Mb/s à 10Gb/s. A ces besoins se rajoutent des usages professionnels de très hautes capacités liées à la multiplication des données à échanger, traiter, et surtout stocker de manière sécurisée. L'accroissement rapide des débits transmis (taux annuel de croissance de plus de 50%) devrait encore s'accélérer avec le développement de nouveaux services et de l'évolution du « Web 2.0 ». Dans le contexte de croissance rapide des débits, il est nécessaire de développer de nouveaux réseaux d'accès, exploitant des composants photoniques avancés, (transceivers intégrés, ILM à grande bande passante), ou l'utilisation de format de modulation à haute efficacité spectrale (modulation OFDM) et ceci avec de nouvelles contraintes (accroissement des portées (60-80 km) pour la convergence métro-accès, solutions bas-coût, ...).

L'augmentation importante de capacité dans le réseau d'accès va se répercuter sur les réseaux cœurs et métropolitains, de telle sorte que le défi auquel devra répondre l'industrie des télécommunications au niveau des réseaux d'infrastructure représente un challenge¹ très exigeant. Pour répondre à cette demande, une rupture technologique équivalente à l'apparition des systèmes WDM (Wavelength Division Multiplexing) dans les années 1990, est sans doute nécessaire. En effet, le déploiement de la génération actuelle de systèmes WDM à 10 Gb/s par porteuse, dont les capacités totales sont limitées à 1 Tb/s, ne permet pas de répondre à la saturation programmée du réseau. La montée en débit à 40 Gb/s sur l'ensemble des réseaux des opérateurs est par ailleurs limitée par les imperfections physiques importantes des fibres installées, comme la dispersion modale de polarisation (PMD).

Des solutions technologiques en rupture ont été récemment proposées pour pallier à ces difficultés. Elles se basent sur l'utilisation de formats de modulation multi-niveaux en amplitude et/ou en phase, associée à une détection optique cohérente qui donne accès à la fois à l'amplitude et à la phase du signal. L'intérêt de ces nouvelles techniques dans le domaine de l'optique est double : elles permettent d'une part d'augmenter l'efficacité spectrale, et donc la capacité transportée sur une même fibre optique, et d'autre part de compenser les imperfections liées à la propagation dans la fibre optique par un traitement numérique du signal reçu (égalisation). Cette thématique fait actuellement l'objet de recherches intenses dans un certain nombre de laboratoires académiques et industriels. Les organismes de normalisation (IEEE, OIF, ITU) travaillent parallèlement sur la normalisation de solutions 100GbE (Gigabit-Ethernet). Dès 2011, cette technique permettra le déploiement de systèmes à 100 Gb/s avec une efficacité spectrale de 2 bits/s/Hz (contre 0.4 bits/s/Hz pour les systèmes

¹ Emmanuel Desurvire, "Capacity demand and technology challenges for lightwave systems in the next two decades", J. LIGHTWAVE TECHNOLOGY, LT-24, N° 12, December 2006

actuels à 10 Gb/s) sur une infrastructure à forte PMD, ce qui serait infaisable avec les techniques « traditionnelles ».

L'émergence de cette rupture technologique est étroitement liée au développement des dispositifs de traitement électronique du signal en temps réel, que ce soit les convertisseurs analogique/numérique (ADC), ou les circuits électroniques de traitement temps réel, comme les FPGAs et les ASICs, qui les rendent maintenant compatibles avec des applications optiques à très haut débit. On assiste à une convergence accélérée entre les aspects Hardware & Software.

2. Positionnement de l'IRT Palaiseau Saclay dans le domaine des télécommunications à ultra-haut débit

L'étude de ces nouveaux systèmes de transmission optiques prennent aujourd'hui une place considérable dans les congrès scientifiques et les colloques majeurs du domaine. Malgré cela, ces mêmes conférences révèlent que le nombre d'équipes impliquées dans le monde, en particulier dans le domaine de la recherche, est en dépit de l'enjeu, relativement réduit. En effet, les compétences multiples requises (optique et opto-électronique, communications numériques, électronique numérique temps-réel) sont rarement présentes dans un seul et même laboratoire. La création sur Saclay-Palaiseau d'un grand pôle de recherche dans le domaine des TIC représente de ce fait une opportunité certaine pour faciliter les échanges entre les équipes, et exploiter les compétences présentes comme un levier pour devenir leader mondial dans le domaine de l'Ultra-Haut Débit. Les acteurs essentiels pour mener à bien ce challenge font tous partie de System@tic et seront partie intégrante de l'écosystème de l'IRT. Notons notamment la présence d'Orange Lab, d'Alcatel Lucent et Draka parmi les grands groupes concernés, 3S Photonics, Kyliia, Photline parmi les PME très active dans le domaine, Thales R&I, III-V Lab, le C2N, l'Institut TELECOM parmi les acteurs clés de la recherche dans le domaine des communications optiques.

L'IRT donne l'opportunité unique de créer une véritable plateforme « ultra-haut débit optique » qui aura pour objectif de décupler l'**expertise pluridisciplinaire** développée par les équipes du plateau de Saclay/Palaiseau depuis de nombreuses années, alliant conception et caractérisation des nouveaux composants photoniques, proposition d'architectures de réseaux optiques capables de générer, de transmettre et de détecter des signaux à ultra-haut débit et plus récemment d'implémenter des algorithmes temps-réel capables de corriger numériquement les dégradations apportées par la propagation. Cette plate-forme permettra d'étudier l'ensemble de ces problématiques et de devenir un démonstrateur des savoir-faire et des innovations de l'ensemble des acteurs du plateau dans le domaine de l'ultra-haut débit, depuis les réseaux d'accès jusqu'aux réseaux dorsaux.

3. Thématiques de développement d'une plateforme IRT dans le domaine de l'ultra-haut débit

En tenant compte des acteurs présents sur la plateforme, et de la présence d'initiatives existantes comme NanoInnov, la plateforme pourra se développer sur deux actions complémentaires.

3.1 Réseaux d'accès

Etablissements potentiellement concernés: 3S Photonics, III-V Lab, Thalès R&I, C2N, Institut Telecom, ...

Le développement des communications à courtes distances pour l'accès optique de type PON (Passive Optical Networks) ou ROF (Radio On Fibre), ainsi que datacom et défense, se greffe sur le développement de composants innovants, permettant d'augmenter le débit et la flexibilité des réseaux. L'apport des nanotechnologies dans ce domaine sera capital, la maîtrise progressive des nanotechnologies devant donner naissance à de nouvelles générations de dispositifs plus compacts et plus rapides. L'insertion des nanotechnologies pourra se faire via la plate-forme optique et micro-onde **NanoCarac** (Institut Telecom, C2N), en lien avec les équipes qui conçoivent les nano-structures et les composants optiques (C2N, 3-5 Lab, 3S Photonics).

Les réseaux d'accès les plus innovants devront atteindre un niveau de débit et de flexibilité très interdépendant de la conception de composants innovants. La présence d'équipes spécialisées en architecture de réseau optique (notamment Institut Telecom, Orange Lab, Alcatel Lucent), en lien direct avec les équipes développeuses de composants (co-conception sous-système/réseau), permettra d'implémenter une plateforme de réseau d'accès innovante, pouvant servir de démonstrateur pour les proposition d'architectures nouvelles, et bénéficiant des ruptures technologiques amont sur chacune de ses composantes.

3.2 Réseaux dorsaux : transmissions optiques cohérentes à ultra-haut débit

Etablissements potentiellement concernés: Alcatel-Lucent, III-V Lab, Orange Labs, Draka, Kyliya, 3S photonics, Pholine, Institut Telecom, ...

Bien que couramment utilisée en radiocommunication, le traitement numérique des signaux commence seulement à être implémenté en optique du fait de barrières technologiques en passe d'être surmontées. Le traitement tout numérique permettra d'augmenter considérablement les capacités des réseaux de transport. A titre d'exemple, le traitement numérique après détection autorise l'exploitation de la détection cohérente dont l'objectif à court terme se concentre sur des systèmes optiques à 100 Gb/s (à travers la normalisation du 100GbE). Cependant, de par son fort potentiel intrinsèque en terme de traitement de signal, elle constitue une technologie prometteuse pour atteindre des débits beaucoup plus élevés, à savoir la gamme 400Gb/s à 1Tb/s, qui commence à être un sujet d'intérêt pour la communauté scientifique du domaine des communications optiques.

L'IRT doit permettre, en bénéficiant de la synergie des nombreux acteurs du domaine sur l'Ile de France, de mettre en place une plateforme de communication ultra-haut débit unique, à même d'implémenter et tester les solutions qui permettront d'atteindre ces performances. La diversité des acteurs permettra de multiplier les approches complémentaires sur de nombreux domaines:

- Algorithmes avancés de traitement de signal
 - Egalisation adaptative
 - Utilisation des modulations spatio-temporelles
- Etude des phénomènes physiques limitatifs à ultra-haut débit (propagation en fibre)

- Nouvelles fonctionnalités apportées par des modulations numériques avancées (par exemple, OFDM multi-bande)
- Conception et utilisation de composants optiques non commerciaux à très forte bande passante.
- Implémentation d'algorithme sur calculateurs ultra-rapide, par exemple à base de FPGA.