

Fiche d'avancement à mi-parcours

Nom du projet : **FDRO** :

Fonctions et dispositifs pour les réseaux optiques très hauts débits.

Animateur du projet / Ecole : Didier Erasme, TELECOM Paris-COMELEC

Autres écoles participantes : TELECOM Paris-TSI, ENST-Br, ENIC, INT

RAPPEL DES OBJECTIFS DU PROJET

Le projet vise à développer les interactions entre les groupes du GET ayant des actions dans le domaine des télécommunications optiques. Il a pour but de concevoir et d'élaborer des dispositifs en commun, d'échanger des dispositifs adaptés au traitement du signal optique et de permettre un accès aux groupes développant des dispositifs nouveaux aux moyens de caractérisation. Plusieurs actions sont envisagées :

- Inscription optique de réseaux intra-cavité dans des cristaux liquides grâce à la combinaison des méthodes de conception et de caractérisation des réseaux intracavités de TP-TSI et le savoir-faire de l'ENST-Br, en termes de cristaux liquides.
- Test des performances des composants et fonctions développées au sein du GET sur les plates-formes OLCR (TP-COMELEC) et 10Gbit/s.
- Conception, réalisation (ENST-Br) et test (TP-COMELEC) de nouveaux composants de type lames de phase contrôlables à cristal liquide.
- Miroirs de Bragg sur structures semi-conductrices (INT), Les premiers tests seront effectués sur les cellules en GaAs avec deux réflecteurs de Bragg en $AlAs/Al_xGa_{1-x}As$.
- Test de fibres optiques micro-structurées du commerce grâce à l'OLCR
- Insertion de ces même fibres dans les dispositifs de traitement du signal optique tels que l'expérience de récupération d'horloge à 10 Gbit/s sur plate-forme développée à TP-COMELEC afin d'orienter les études de fabrication de la future tour de fibrage de Lille.
- Fabrication par le PhLAM et test à l'OLCR (TP-COMELEC) de fibres optiques adaptées aux études sur le OCDMA de TP-COMELEC et de réseaux de Bragg photo-inscrits.

L'ensemble de ces travaux auront le triple intérêt de développer des dispositifs en commun, de caractériser finement les dispositifs développés et de démontrer les performances des outils de caractérisation et la maîtrise des opérateurs à travers des publications communes. Ce dernier point constitue une étape importante dans le développement de nouveaux partenariats.

Le projet doit mettre en valeur la complémentarité des équipes et établir certaines synergies entre elles.

AVANCEMENT DES TRAVAUX PAR RAPPORT AU PROGRAMME PRÉVU

Lors de sa première réunion (Paris 17/01 (CR disponible) accompagnée d'une visite de TP), le consortium a établi une liste de sous-projets bi-latéraux ou multi-latéraux ayant tous une vocation applicative dédiée aux réseaux optiques haut débit. Ils se présentent sous la forme de conception, fabrication ou test de dispositifs optoélectroniques.

Les sous-projets sont :

- Etude de fibres optiques micro-structurées et de leurs applications aux systèmes de télécommunications (resp. C. Lepers ENIC)
- Réalisation d'une démonstration expérimentale de CDMA optique (resp. C. Lepers ENIC)
- Etude de structures semi-conductrices à bande interdite photonique. (resp. Q Zou INT)
- Inscription optique de réseaux dans des dispositifs de filtrage résonant à base de cristaux liquides (resp. ; I. Zaquine TP-TSI)
- Dispositifs hybrides à cristaux liquides pour systèmes WDM reconfigurable (resp. B. Benkelfat INT)
- Montage à l'ENIC d'un dispositif expérimental de mesure de dispersion chromatique sur un modèle existant à TP-COMELEC (Resp. M. Bouazaoui)

Chaque sous-projet suit son évolution spécifique. Un rapport d'étape (fiche d'avancement + présentations) a permis de faire le point ensemble sur les activités et de confronter les expériences (réunion à Lille le 19/05 avec visite de l'ENIC et des laboratoires CNRS du PhLAM) (CR disponible). L'utilisation des budgets dédiés a été évoquée.

Des fiches actualisées à l'occasion de ce rapport sont annexées à ce document. Les fiches A se réduisent alors à la désignation de l'implication des groupes dans les sous-projets.

EVENTUELLEMENT, DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

Les sous-projets correspondent à la mise en place et l'exploitation d'une synergie entre les équipes dans le sens de l'avancement de travaux de recherche entrepris par ailleurs par les groupes concernés (thèses, contrats, développement de laboratoires,...). Ces échanges au sein du GET sont riches et permettent souvent une orientation originale d'études en cours.

Dans ce cadre, la subvention sur crédit incitatif est particulièrement appréciée, mais ne saurait à elle seule subvenir aux recherches évoquées dans le projet. On peut alors légitimement s'inquiéter de la faiblesse de la dotation budgétaire des écoles du GET destinée spécifiquement à l'investissement dans les laboratoires de recherche, particulièrement dans un domaine où les équipements sont relativement onéreux. L'expertise des équipes du GET en optoélectronique et télécommunications optiques, complémentaires entre elles, a besoin d'une bonne qualité d'équipement pour se maintenir à son niveau d'excellence et pour interagir avec le monde industriel et les partenaires européens

VALORISATION DES TRAVAUX ENVISAGÉE

Plusieurs publications sont en cours de rédaction ou ont été soumises.

Programme de recherche sur crédits incitatifs Campagne 2003

Fonctions et dispositifs pour les réseaux optiques très hauts débits

FDRO

Sous-projet 1 : Etude de fibres optiques micro-structurées et de leurs applications aux systèmes de télécommunications (resp. C. Lepers ENIC)

Equipes impliquées :

ENIC : Catherine Lepers (en sabbatique à TP-COMELEC), M. Bouazaoui
TP-COMELEC : Guy Debarge, Yves Jaouen, Didier Erasme, Renaud Gabet, Carlos Palavicini (thésard), Damien Bigourd stagiaire.
Avec le soutien très actif du laboratoire CNRS PhLAM (dont relèvent les EC de l'ENIC pour leurs activités de recherche.)

Contexte : Les fibres optiques micro-structurées sont des fibres dont la gaine ou le cœur contiennent de minuscules canaux d'air sur toute leur longueur. Suivant la configuration géométrique de ces structures, ces fibres peuvent acquérir des propriétés tout à fait originales et potentiellement très riches pour les applications en télécoms optiques ou dans d'autres domaines. Certaines fibres de ce type commencent à être disponibles commercialement, mais elles restent d'une qualité incertaine et d'un prix élevé. Le laboratoire PhLAM de Lille et les EC de l'ENIC sont impliqués dans un grand projet de développement d'une plate-forme de fabrication de telles fibres optiques (IRCICA). Toute information sur des composants existants et toute validation expérimentale et théorique de modèles sur ces fibres est d'une importance capitale pour le projet. De son côté, Télécom Paris-COMELEC possède des moyens de caractérisation d'une part et une expertise en modélisation de l'autre, toutes deux de grande utilité. Il est, d'autre part extrêmement intéressé par les possibilités d'utiliser de tels dispositifs pour ses recherches propres sur les nouvelles fonctions optoélectroniques et les systèmes de télécommunications.

Etat d'avancement des travaux :

- Elaboration d'un logiciel de modélisation de la propagation dans des fibres micro-structurées : dispersion, biréfringence, non-linéarités (TP-COMELEC Guy Debarge & ENIC Catherine Lepers).
 - Mesures de la dispersion chromatique et de la biréfringence par OLCR d'une fibre micro-structurée fournie par le PhLAM, suivies d'une comparaison entre les résultats expérimentaux et simulés (ENIC : Catherine Lepers & TP-COMELEC Yves Jaouen et Carlos Palavicini).
 - Mesure comparative de la dispersion par une méthode de modulation d'intensité et de détection vectorielle. (TP-COMELEC Renaud Gabet, Didier Erasme)
 - Mise en évidence d'effets non-linéaire dans cette fibre optique mélange à 4 ondes. (ENIC Catherine Lepers, TP-COMELEC Didier Erasme + Damien Bigourd stagiaire DEA financé sur fond propre)
- Les travaux sur la dispersion ont donné lieu à la soumission de communications au congrès des JNOG, un article à IEEE PTL est en cours d'élaboration.

Aucun investissement ou frais personnel de FDRO est directement affecté au sous-projet 1.

Programme de recherche sur crédits incitatifs Campagne 2003

Fonctions et dispositifs pour les réseaux optiques très hauts débits

FDRO

Sous-projet 2 : Réalisation d'une démonstration expérimentale de CDMA optique (resp. C. Lepers ENIC)

Equipes impliquées :

TP-COMELEC : Mounia Lourdiane (thésarde), Yves Jaouen, Didier Erasme, Renaud Gabet, Carlos Palavicini (thésard).

ENIC : Catherine Lepers (en sabbatique à TP-COMELEC).

Avec le soutien très actif du laboratoire CNRS PhLAM (dont relèvent les EC de l'ENIC pour leurs activités de recherche.)

Contexte : Bien qu'ayant des caractéristiques assez différentes de la technique CDMA utilisée en radio-fréquence (UMTS), le CDMA et l'étalement de spectre constitue une ressource importante des nouvelles techniques de transmission et de distribution pour les transmissions haut débit. A TP-COMELEC une thèse sur le sujet est en cours depuis 2,5 ans en collaboration entre les groupes télécommunications optiques et Communications numériques. Une réalisation expérimentale d'un système d'OCDMA a été conçue. Celui-ci a pour base, l'utilisation de réseaux de Bragg inscrits dans des fibres optiques comme codeur de la séquence CDMA (" chip "). La nature de la séquence de " chips " ayant été elle-même étudiée suivant des critères adaptés à l'expérience. Ces fibres à réseaux de Bragg pourront être fabriquées grâce à la collaboration du laboratoire PhLAM.

Etat d'avancement des travaux :

- Conception et simulation de l'expérience et de son implémentation sur la plateforme WDM 10Gb/s (TP-COMELEC : Mounia Lourdiane, Renaud Gabet, Didier Erasme et ENIC : Catherine Lepers).
- Conception des réseaux de Bragg (TP-COMELEC : Mounia Lourdiane et ENIC : Catherine Lepers).
- Fabrication par le PhLAM d'une première série de codeur/décodeur à réseaux de Bragg (PhLAM : Marc Douay)
- Après mesure à l'OLCR (TP-COMELEC Carlos Palavicini, Yves Jaouen) ces réseaux se sont avérés défectueux. Une autre série de réseaux est en préparation au PhLAM.

Mounia Lourdiane bénéficiera de 3 mois de financement de sa thèse sur le budget TP-COMELEC de FDRO. Une mise à niveau de la plate-forme requise pour cette expérience a été budgétisée sur le projet (Option " Burst " sur oscilloscope à échantillonnage + Amplificateur Erbium).

Programme de recherche sur crédits incitatifs Campagne 2003

Fonctions et dispositifs pour les réseaux optiques très hauts débits

FDRO

Sous-projet 3 : Etude de structures semiconductrices à bande interdite photonique(BIP). (resp. Q ZOU INT)

Equipes impliquées :

INT : Qin Zou, B. Benkelfat

TP-TSI : . Frey

TP-COMELEC : G. Debarge, ENIC (C. Lepers)

Avec le soutien actif du laboratoire CNRS LPN : A. Ramdane

Contexte : Les structures à bande interdite photonique (BIP) ont connu ces dernières années un développement important, grâce à l'intérêt qu'elles présentent pour contrôler la lumière dans des nanostructures. Les résultats expérimentaux récemment obtenus sur la manipulation du spectre d'émission d'une diode électroluminescente (Université d'Alabama, Etats-Unis) ainsi que sur la génération de seconde harmonique dans les semi-conducteurs III-V (LPN, France), illustrent deux exemples typiques parmi toutes les applications que nous pouvons imaginer.

Dans ce contexte, nous nous proposons de créer cette nouvelle thématique au sein du GET. Notre objectif est double. Nous souhaitons à travers ce projet, qui a pour but d'étudier une alternative (structure cascadée) pour tailler le spectre d'émission d'un émetteur optique implanté dans une structure à BIP unidimensionnelle, de nous fédérer avec les autres laboratoires d'optique du GET pour mener des recherches communes sur cette thématique. Nous visons également des collaborations durables avec nos partenaires extérieurs (LPN et Laboratoire d'Optique de Besançon).

Etat d'avancement des travaux : Planning à mi-parcours respecté, grâce aux soutiens technologiques et techniques de nos partenaires extérieurs :

- Modélisation (tâches initialement prévues quasiment terminées) : conception de structures pour différents matériaux, calcul de la densité de modes et calcul du champ électromagnétique local. Ces résultats fournissent l'argument quantitatif à l'optimisation (en fréquence et en localisation) du taux d'émission spontanée d'une couche active implantée dans une structure à BIP. L'étude s'oriente maintenant vers la modélisation d'une structure en tenant compte d'émetteurs réels. (TP-TSI : Robert Frey et INT : Qin Zou). Prévision d'une étude comparative au moyen du logiciel employé dans le Sous-projet 1 (TP-COMELEC G.Debarge, ENIC C. LEPERS)

Réalisation et caractérisation de composants (INT: B.-E. Benkelfat, Q. Zou, LPN : A. Ramdane) :

- Composants actifs à 1300nm (GaAs/AlGaAs, LPN), les cellules de référence testées. Dépôt de couches diélectriques en cours;
- Composants passifs à 1550nm (SiO₂/TiO₂, Besançon) 1^{ères} cellules testées.
- Le banc de caractérisation (première version) a été monté à l'INT.

Un laser accordable sur la fenêtre 1300nm a été acquis sur les budgest FDRO de l'INT (totalité du budget).

Programme de recherche sur crédits incitatifs Campagne 2003

Fonctions et dispositifs pour les réseaux optiques très hauts débits

FDRO

Sous-projet 4 : Inscription optique de réseaux dans des dispositifs de filtrage résonant à base de cristaux liquides (resp ; I. Zaquine TP-TSI)

Equipes impliquées :

TP-TSI : Isabelle Zaquine, Robert Frey, David Bitauld (Thésard) et Aurélie Moreau (stagiaire CDD).

ENST-Br : Raymond Chevallier, Laurent Dupond.

Contexte : Le groupe TP-TSI étudie un an une structure très performante (brevetée par l'équipe) pour le filtrage optique dont un domaine d'application pourrait être celui des réseaux WDM. Il s'agit d'une structure diffractive résonante. L'utilisation de cristaux liquides pour réaliser le milieu non linéaire support de réseaux intracavités a déjà été testée : la modulation d'indice était proportionnelle à la tension appliquée par l'intermédiaire d'électrodes déposées sur les miroirs de la cavité. Cette première mise en œuvre expérimentale ne permettait pas de tester le caractère accordable du filtre ainsi réalisé.

Dans le cadre du projet FDRO, nous inscrirons le réseau optiquement, afin de pouvoir varier le pas du réseau en changeant l'angle entre les faisceaux d'écriture. Cet aspect expérimental sera traité à Télécom Paris.

D'autre part, la réalisation d'échantillons de plusieurs dizaines de microns d'épaisseur permettrait de se rapprocher de la condition de réseau épais, utilisée pour la modélisation. Les échantillons seront réalisés à Brest.

La méthode de réglage du parallélisme des miroirs de la cavité en cours de fabrication doit être étudiée. Cette réflexion se fera parallèlement à Brest et à Paris.

Etat d'avancement des travaux :

Pour démontrer la possibilité d'accordabilité de notre filtre à base de réseau intracavité dans les cristaux liquides, une expérience d'inscription optique du réseau d'indice est en cours dans un échantillon de 32 micromètres d'épaisseur. Nous utilisons un laser YAG pico-seconde doublé comme source pour le faisceau d'écriture (532 nm) et un laser titane-saphir accordable comme source du faisceau d'écriture (700 à 800 nm). Le spectre de réflectivité de l'échantillon a été mesuré, nous permettant de connaître la qualité du résonateur de Fabry-Perot. L'optimisation de la polarisation et de la densité d'énergie du faisceau d'écriture est en cours afin d'observer une variation significative de l'indice de réfraction dans les cristaux liquides nématiques étudiés.

Le budget TP-TSI de FDRO a été utilisé sur cette action sous la forme d'un complément de bourse pour David Bitauld et d'une rémunération d'Aurélie Moreau.

Programme de recherche sur crédits incitatifs Campagne 2003

Fonctions et dispositifs pour les réseaux optiques très hauts débits *FDRO*

Sous-projet 5 : Dispositifs hybrides à cristaux liquides pour systèmes WDM reconfigurable (resp. B. Benkelfat INT)

Equipes impliquées :

ENST-Br : Raymond Chevallier, Bruno Vinouze.
 TP-COMELEC : Yves Jaouen, Carlos Palavicini (Thésard).
 INT : Badr-eddine Benkelfat

Contexte : Cette étude porte sur la faisabilité d'un dispositif hybride à cristaux liquides reconfigurable en longueur d'onde et dédié à la réalisation de fonctionnalités propres aux systèmes WDM (Wavelength Division Multiplexing). Les caractéristiques recherchées seraient alors une large bande d'accordabilité (> 40 nm), une consommation et un coût les plus faibles possibles et surtout la possibilité de disposer d'une bande passante à la carte. La fonction de filtrage est réalisée au moyen d'une conversion TE/TM en utilisant un dispositif de type Solc discriminant en fréquence optique.

Etat d'avancement des travaux :

Des tests préliminaires ont été effectués sur une structure hybride à deux étages accordable en longueur d'onde. Chaque étage étant constitué d'une lame de cristaux liquides en phase nématique non twistée d'épaisseur 3,5 µm et d'une lame de calcite d'épaisseur 500 µm. Cette reconfiguration du dispositif a lieu sans aucune variation de ses autres paramètres (bande passante et intervalle spectral libre) (fig.1). Par ailleurs l'amélioration de la finesse de la structure avec l'augmentation du nombre d'étages a été validée au moyen d'un filtre à 10 étages (fig.2). Des nouvelles cellules à cristal liquide ont été réalisées par l'ENST Bretagne et sont actuellement en cours de caractérisation. Celles-ci devraient permettre d'étendre la bande d'accordabilité du filtre à l'ensemble de l'intervalle spectral libre.

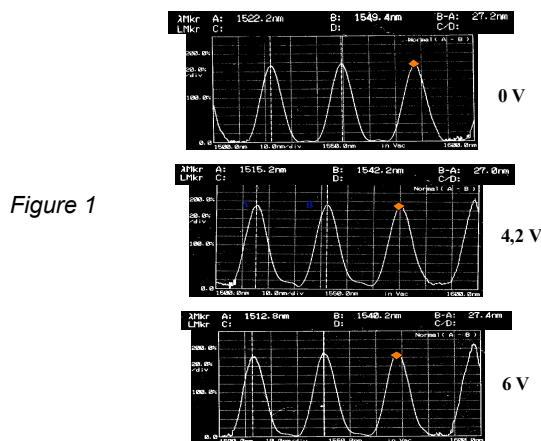


Figure 1

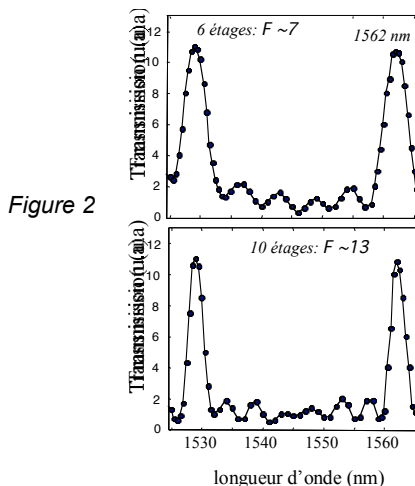


Figure 2

D'autre part, une cellule à cristaux liquides de l'ENST Br (Raymond Chevallier) a été caractérisée par OLCR à TP-COMELEC (C ; Palavicini).

Programme de recherche sur crédits incitatifs Campagne 2003

Fonctions et dispositifs pour les réseaux optiques très hauts débits

FDRO

**Sous-projet 6 : Montage à l'ENIC d'un dispositif expérimental de mesure de dispersion chromatique sur un modèle existant à TP-COMELEC.
(Resp. M. Bouzaoui)**

Equipes impliquées :

ENIC : Mohamed Bouzaoui, Catherine Lepers. + stagiaire DESS

TP-COMELEC : Didier Erasme.

Contexte : Le groupe de l'ENIC souhaite doter son laboratoire de bancs de caractérisation de fibre optiques afin de développer une recherche propre et un support de projet pour les étudiants. Dans le cadre des interactions fortes avec le laboratoire PhLAM, le groupe a choisi de mettre en place une expérience de mesure de dispersion de fibres optiques dont le principe est maîtrisé à TP-COMELEC et de l'étendre à de nouveaux domaines de longueur d'onde.

Etat d'avancement des travaux :

Un stagiaire en DESS à l'ENIC a fait un séjour d'une semaine à TP-COMELEC afin de se familiariser avec le dispositif expérimental pour pouvoir le reproduire à l'ENIC.

Le Budget FDRO de l'ENIC est dédié aux équipements requis pour le montage de ce banc expérimental et financement du stagiaire.