



agence d'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur
l'unité :

Laboratoire de Photonique et de Nanostructures
sous tutelle des
établissements et organismes :

CNRS - UPR20

Institut de Physique – INP

Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes -
INSIS

Mars 2011



agence d'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire de Photonique et de Nanostructures
sous tutelle des
établissements et organismes :

CNRS - UPR20

Institut de Physique – INP

Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes -
INSIS

Le Président de l'AERES

Didier Houssin

Section des unités
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Mars 2011



Unité

Nom de l'unité : Laboratoire de Photonique et de Nanostructures

Label demandé :

N° si renouvellement :

Nom du directeur : M. Jean Yves MARZIN

Membres du comité d'experts

Président :

M. Benoit DEVEAUD-PLEDRAN, Dean for research, EPFL

Experts :

M. Guy HOLLINGER, CNRS, INL, Lyon (représentant CoNRS)

Mme Annick LOISEAU, CNRS, LEM, ONERA, Chatillon (représentante CoNRS)

M. Patrick TABELING, CNRS, MMN, ESPCI, Paris

Mme Luisa GONZALES SOTOS, IMM, Madrid

M. Laurent LEVY, Université J. Fourier, Institut Néel, Grenoble

Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

Mme Anne RENAULT

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

Mme Pascale ROUBIN DAS, INP, CNRS

M. Christian BERGAUD, Chargé de Mission, INSIS, CNRS

M. Gilles TRAIMOND, Délégué Régional du CNRS, DR 05



Rapport

1 • Introduction

- **Date et déroulement de la visite :**

The visit of LPN spread over two days, the 8th and 9th of March 2011. It has to be noted that, despite the uneasy geographical situation, LPN has made all possible efforts to render the visit easy and friendly. In particular, the different members of the staff and of the personnel have made important changes at the last minute to accommodate the different requests of the panel. Discussion and visits have been totally open and the very tight timing has been kept very strictly.

The documents provided were very well structured and really fully consistent on all aspects, thereby evidencing a highly professional preparation. The choice of lab visits with posters has allowed a very lively visit perfectly adapted to the specificities of PLN.

- **Historique et localisation géographique de l'unité et description synthétique de son domaine et de ses activités :**

The laboratory was created in 2001 (through the merger of CNRS/L2M and France-Telecom/CDP laboratories) and installed on the Marcoussis campus of Alcatel. It hosts one of the six large scale Nanotechnology national facilities of the RENATECH network.

LPN numbers about 150 people: 44 permanent CNRS researchers or assistant professors, 44 technical or administrative staff, 33 PhD students, 15 post-docs.

The mission of the lab is twofold :

- first to develop studies using the state of the art technological facilities, in particular in order to advance technological developments through internal research and to provide a good interface to the scientific community,
- second to host one of the large scale nanotechnology facility of the RENATECH network, ensuring an access to state-of-the art equipment for internal or external academic laboratory users.

- **Equipe de Direction :**

Directeur : M. Jean-Yves MARZIN

Directeur adjoint : M. Dominique MAILLY



- Effectifs de l'unité (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	3	4
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	43	47
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	71	35
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	41.2	44
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	4.5	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	32	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	21	21

2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité :

The quality of the research carried out at LPN is clearly very good on average, with some of the teams even at the forefront of their domain worldwide. Governance and mutualization of the resources are a really important asset, allowing to create a common spirit and to reduce possible barriers between groups and between fields.

- Points forts et opportunités :

The major strength of LPN lies in a proper association of state of the art growth machines, technological facilities characterization tools processing facilities and experimental groups. The long term and high level support of CNRS and RENATECH has been essential to keep the equipment at the proper level.

- Points à améliorer et risques :

The major risk at LPN is linked with the departure of the research facilities of Alcatel from the Marcoussis campus. Without the close link with an industrial partner, staying in Marcoussis, with the increase of the renting and maintenance costs, is not a possible solution. Also, the isolation from all Universities and schools is a serious difficulty for a research facility.

- Recommandations :

The main task of the Direction of LPN, with a very high level of participation of the different groups, has been able to define and prepare the project for the construction of the new C2N facility, on the plateau de Saclay, with the regrouping of LPN with IEF. The committee supports it in the strongest possible terms, both because of the quality of the project and because of the major risks that would be linked with the non realization of the C2N project.



- **Données de production :**

(cf. http://www.aeres-evaluation.fr/IMG/pdf/Criteres_Identification_Ensgts-Chercheurs.pdf)

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	49
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	11
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	0,96
A4 : Nombre d'HDR soutenues (cf. Formulaire 2.10 du dossier de l'unité)	2
A5 : Nombre de thèses soutenues (cf. Formulaire 2.9 du dossier de l'unité)	19

3 • **Appréciations détaillées :**

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

The average quality of the research and the production of LPN is very good by all standards. The number of publications as well as the quality of the journals in which the members of LPN publish is very good. In particular, one may note a very large number of Physical Review Letters, some Nature or Nature Physics. The number of invited talks, in particular at international conferences, is also a very good indication of the overall quality of the research at LPN.

The main orientations are of course very strongly oriented by the ensemble of equipment installed at LPN. There is, however, even given the strong constraints that are imposed by such installations, a very good choice of the subject, which has allowed some breakthroughs by the lab such as, for example, the recently published result concerning a very bright source of entangled photon pairs.

LPN is very strongly linked with other institutions, this at three different levels at least :

- The first one corresponds to the obligations of the LPN, within the RENATECH network, to provide free access to the French community to the equipment installed at Marcoussis.
- The second one corresponds to the French collaborations, in particular within the ANR funding scheme, but also with other possible funding, where both the unique technology platform of LPN but also the scientific skills of the different group allow to build research groups.
- The third one is the result of the base funding of LPN, which allows the lab to participate to a wide variety of European consortia. Here, it is important to be noted that, absolutely independent of the quality of the work performed at LPN, the recent development of bureaucracy within FP7 does discourage.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

As already outlined above, the number and quality of the publications, as well as the number and quality of the invitations both to seminars and to international conferences is of very high level, thereby reflecting the quality of the scientific team.

There are a number of indicators, which do not fit with this obvious very high level.

- First, the number of prizes is not at the level that really corresponds to the quality of the work. As far as the committee can tell, this seems to be due both to the isolation of the campus and to the very short history of LPN.



- Second, the lab, although having clearly increased the number of PhD students and of young postdocs still faces some hiring difficulties. Once again, distance is a major problem here that has been raised by the non-permanent staff as well as by the direction team. The committee is convinced that the installation of LPN, within C2N on the plateau de Saclay will naturally bring a very direct improvement on this issue.
- The number of ERC grants does not seem also at the level of what could be expected from the scientific quality. Here, the particular organization of the lab, where all external funding is mutualized, may be responsible for the lack of motivation of the staff. As a reason of the very high impact of ERC grants, proper solution should be found to this minor difficulty.

The committee has considered that the level of international collaborations as well as recognition was to at a level corresponding to the quality of the different groups.

The number of ANR grants, on the contrary, is impressive. Knowing the success rate of such requests, this poses a clear problem of administrative overburden. In particular, LPN, and rightly so, is often called to participate to project where the scientific drive is not at LPN, but where the interest of the partners comes from the unique facilities.

There are some very successful TT such as the nanoFIB, which should be highlighted here, however, the tech transfer activities did not seem of the adequate level to the members of the committee. This might be partly linked with the cutting of the natural link between LPN and Alcatel due to the planned proximity. The committee is convinced that the installation of LPN on the plateau de Saclay will naturally bring a very direct improvement on this issue.

- **Appréciation sur la gouvernance et la vie de l'unité :**

Due to the very specific tasks and funding of the LPN, the organization has to be adapted to the particularities of these tasks. The direction has nevertheless made a very specific decision on the organization, a full mutualization of the funding. It comes then to the Direction to make decisions and to distribute the money.

Obviously, this has been performed almost at perfection during the 10 years of the mandate of the present Director who has to be congratulated for the quality of his work and the high professionalism of his governance. Under his strong and subtle guidance, the LPN has become a major player not only at the French level but much wider.

The mutualization of resources could have, under poor management, become a source of conflicts. Here it is clear that it allows to improve the team spirit, to lower the barriers between the different groups, and in particular for the PhD students.

As a global result, it may be said that the money invested by CNRS and other funding agencies is optimally used.

More than this, the direction team has been able to organize an outstanding debate for the future of LPN, in particular through the common preparation of the C2N file together with the partner groups of IEF. The Direction of LPN has been 120% involved in the preparation of this complex file and has been able to motivate the different groups in view of a high quality, difficult and delicate scientific debate. The result is a project which cannot, not be funded.

- **Appréciation sur la stratégie et le projet :**

In the case of LPN, and even if the committee knows that the C2N project was not the center of the discussion as we are supposed to state on a time frame before any possible installation on the plateau de Saclay, our appreciation cannot avoid a full reading of the C2N project, that has been shortly outlined by the director during the meeting.

The committee unanimously considers that the creation of such a center, along the lines proposed by the directors of LPN and IEF, helped by the steering committee, is a fantastic opportunity that should not be missed. The know-how that has already been developed, and the synergies that will be created by both the merge of the two labs, and their relocation near most of the important partners in this field in the Ile de France region, make this option absolutely appealing.



The foreseen development of nanosciences in the near future, and the clear integration of the proposed center within the French network of technological facilities concur to make this proposal a must. The close proximity of the center with some of the most prominent academic partners and the planned contribution to the teaching in the field are also considered as very positive aspects.

With this in mind, the committee recommends in the strongest possible terms that the C2N funding be urgently secured.

4 • Analyse équipe par équipe

- ELPHYSE - Elaboration et Physique des Structures Epitaxiées
- Responsable : M. Franck GLAS
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	0	0
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	6	6
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	11	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	5	6
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	1	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	3	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	4

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Le groupe ELPHYSE mène des activités qui sont centrales au LPN. Celles-ci couvrent un large champ de recherches depuis des recherches de base de physique des matériaux jusqu'au développement de structures pour dispositifs fonctionnels. Ces recherches sont articulées sur la croissance épitaxiée de structures 2D, 1D et 0D, l'étude de leurs propriétés structurales, optiques, magnétiques et transport, la compréhension et la modélisation de leur mode de croissance et la mise au point de stratégies de synthèse de nanostructures pour des recherches de base et qui soient intégrables dans des dispositifs. La complémentarité de ces recherches est un puissant facteur de structuration au niveau du groupe. Les objets étudiés couvrent un large spectre : semi-conducteurs III-V et magnétiques dilués, nanofils, boîtes quantiques, hétéro-structures et nanostructures pour électronique de spin, transport et photonique. L'équipe dispose et développe des techniques de synthèse par épitaxie (MBE et MOPVE) de tout premier plan, ainsi que des moyens de caractérisation structurale analytique par diffraction des rayons X et de microscopie électronique en transmission de la dernière génération.



Nanofils III-V :

Sur la période d'évaluation, cette activité, démarrée deux ans auparavant, a connu un développement foudroyant, qui en fait aujourd'hui une des activités phare du groupe. Dans un domaine compétitif et déjà largement développé au niveau international, le groupe s'est hissé au plus haut niveau international grâce à ces recherches sur les mécanismes de croissance des nanofils qui ont abouti en particulier à proposer un modèle, devenu une référence et qui correspond à la publication la plus citée du LPN. Il a pour cela su coupler des analyses minutieuses en microscopie électronique, des mesures cinétiques tout-à-fait ingénieuses et des calculs analytiques des états de contrainte. Grâce à ses beaux résultats, l'équipe est devenue un acteur majeur au niveau national et international (voir section suivante).

Boîtes quantiques III-V :

Dans cette activité, l'équipe tire parti de sa longue expertise pour synthétiser différents types de systèmes pour le besoin de ses collaborateurs mais également pour développer de nouvelles approches à l'état de l'art. A titre d'exemples, il faut mentionner les développements pour obtenir un positionnement précis des boîtes, le dopage de boîtes III-V (InAs) par un atome de Mn, la croissance de boîtes InAs sur InP, la modélisation de la croissance de QD In (As,P) sur InP par MOVPE pour moduler leur émission.

Hétérostructures III-V sur Si pour optoélectronique :

L'équipe travaille sur deux approches nouvelles pour intégrer de façon optimale des composés III-V et les semi-conducteurs IV. La première, entièrement réalisée au LPN, consiste à synthétiser par MOVPE des couches homoépitaxiées de Ge, dopé p et n, dont l'équipe a déjà démontré l'intérêt pour des cellules solaires et des diodes électroluminescentes. La seconde approche consiste à faire croître des composés III-V sur Si, en utilisant une phase oxyde comme phase intermédiaire. Des avancées prometteuses ont été obtenues avec cette approche par l'INL en utilisant comme oxyde le composé SrTiO₃ pour la croissance d'InP et de GaAs. Grâce à des analyses TEM poussées, l'équipe ELPHYSE a décrit microscopiquement ces systèmes et a contribué à expliquer l'origine du caractère compliant des interfaces III-V (Ge) -oxydes.

Semiconducteurs magnétiques dilués pour la spintronique :

L'équipe a développé de nouvelles approches pour moduler et comprendre les propriétés magnétiques de ces semi-conducteurs dont la phase ferromagnétique est pilotée par les porteurs de charge ainsi que pour manipuler et injecter les spins. Ces recherches portent essentiellement sur le système GaMnAs dont le LPN est le principal fournisseur en France. L'équipe a ainsi montré que l'incorporation de phosphore dans GaMnAs permet de moduler finement son anisotropie magnétique uniaxiale, en jouant sur son état de contrainte.

Hétérostructures planaires :

Cette activité est essentiellement menée en collaboration. Le rôle de l'équipe est de fournir des hétérostructures planes épitaxiées pour des dispositifs photoniques variés qui permettent à ses collaborateurs d'être en pole position dans la compétition internationale. Il faut ainsi citer les succès obtenus sur les lasers à cascade quantique dans le domaine 8 -10 microns, les premières démonstrations obtenues sur des gyrolasers et les microcavités optiques pour la nanophotonique.

Analyse et modélisation de nanostructures :

La période a été marquée par l'acquisition d'un nouveau microscope électronique en transmission, équipé d'un correcteur de sonde, d'un filtre en énergie 'in column' d'un mode STEM et de détecteurs BF et HAADF. Cette configuration instrumentale, unique en France, est une petite révolution pour l'équipe car elle lui permet de développer des analyses structurales et chimiques à l'échelle sub-nanométrique à l'état de l'art et qui sont fondamentales pour la maîtrise et la compréhension des synthèses qu'elle mène. Au travers de différentes études sur des QD, des céramiques dopées, des nanoparticules dans des pigments capillaires antiques, le groupe a d'ores et déjà montré toutes ses capacités à développer les différents modes de cet appareil et en faire un outil incontournable pour le LPN. Cette expertise se couple à une expertise de modélisation développée de longue date des états de relaxation et des déplacements dans les nanostructures, que peu d'équipes savent maîtriser à ce niveau.

L'expertise scientifique et technologique de l'équipe lui permet de jouer un rôle d'animation de premier plan, qui est structurant au niveau du laboratoire et de la communauté nationale. Ainsi concernant la synthèse, l'équipe sait de façon remarquablement équilibrée mener des recherches propres de haut niveau et répondre aux besoins de



synthèse tant au LPN qu'en externe. Il faut souligner l'intelligence avec laquelle l'activité de synthèse est menée, qui ne se cantonne pas à la fourniture d'échantillons mais sait s'investir dans des collaborations actives et fructueuses. En témoignent deux indicateurs : le nombre de publications et le nombre de projets contractuels. L'équipe est ainsi forte de plus de 400 publications dans des journaux scientifiques, le taux le plus élevé du laboratoire, 50 correspondant à des recherches propres, 115 à des recherches en collaboration et 240 à des recherches exogènes. Elle compte plusieurs dizaines de publications dans des revues de rang A, la publication la plus citée du laboratoire sur la période d'évaluation et trois autres dans le top 7. Sur le plan contractuel, l'équipe s'est impliquée dans 20 projets ANR, 6 RTRA et 8 contrats européens. Ces chiffres reflètent bien le dynamisme de l'équipe et son volontarisme à s'investir dans des collaborations.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

Outre le nombre de publications et de collaborations à l'actif de ce groupe, son rayonnement et l'impact de ses recherches se traduit par le nombre élevé de conférences invitées à des congrès internationaux et d'interventions dans des écoles thématiques. La progression de ces indicateurs sur la période indique que cette équipe joue un rôle de plus en plus important dans la communauté. De fait, elle s'est imposée comme un acteur majeur pour mener des actions collectives au niveau local, régional et national. Elle assure, depuis 2006, la coordination du GDR 'Nanofils semi-conducteurs' qui réunit près de 40 équipes au niveau national. Cette action très active a eu un fort effet d'entraînement de la communauté française. Elle l'a amenée à assurer l'organisation de plusieurs manifestations scientifiques dont une Ecole d'été en 2008, la 4^e conférence internationale sur la croissance des nanofils en 2009. L'équipe a également organisé le 6^e colloque franco-russe sur les nanosciences et les nanotechnologies en 2010. Toujours dans le cadre franco-russe, elle a pris en charge la mise en place et l'animation d'un laboratoire international associé 'ILNACS', qui est une opération lourde réunissant 50 chercheurs CNRS (LPN, I. Néel, LPCNO, IES, LAAS) et 50 chercheurs russes (Ioffe Institute, SPAU). Au niveau régional, ses compétences scientifiques ont imposé l'équipe comme un partenaire majeur du projet Equipex 'TEMPOS', d'implantation de microscopes électroniques sur le Plateau de Saclay, d'une part dans le projet de microscope environnemental de l'X et d'autre part dans la prise en charge des moyens qui seront installés sur la plateforme 'Nanocarac' de Nanoinnov. Enfin, au niveau local l'équipe s'est fortement impliquée dans le projet C2N de fusion entre le LPN et l'IEF, prenant en charge au niveau scientifique un des axes thématiques 'Matériaux et analyses' et sur le plan technique le projet de bâtiment.

- **Appréciation sur le projet :**

- L'équipe a une vision ambitieuse et structurée des projets scientifiques qu'elle compte développer à court et moyen termes en maintenant l'équilibre entre recherche de base et appliquée. Outre la poursuite de ses activités de synthèse et de recherche sur les nanostructures et hétérostructures épitaxiées, thématiques où elle a une expertise de longue date, deux priorités s'imposent.
- La première est le développement des recherches sur les nanofils III-V. Les perspectives sont nombreuses, tant au niveau fondamental d'approfondissement des mécanismes de croissance que de stratégie de synthèse pour synthétiser à façon des nanofils pour des applications photoniques. Sur le premier aspect, le projet d'études de croissance in situ dans un TEM qui sera acquis par l'Ecole Polytechnique dans le cadre de l'Equipex TEMPOS est très pertinent. Les recherches utilisant un microscope environnemental sont en forte croissance au niveau international et correspondent à des expériences toujours très délicates à mener et à interpréter. Dans ce contexte compétitif, l'équipe a su définir un projet original et ambitieux (croissance de nanofils à deux éléments) qui s'appuie sur ses compétences propres.
- L'autre priorité concerne le développement des moyens de microscopie électronique. Sur le plan scientifique, outre le projet de croissance in situ déjà évoqué, il s'agit pour l'équipe de développer des recherches visant la détection et la localisation d'atomes isolés en mode STEM-HAADF, ce qui est un véritable enjeu. L'équipe sera également amenée à prendre en charge l'appareil qui sera implanté dans la plateforme Nanocarac.



- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

L'avis est excellent. Le groupe Elphyse est un des groupes phares du LPN. La qualité de l'animation et de l'investissement de ses membres donne une grande unité à cette équipe, créant une dynamique et une vitalité très créatrices.

- Points forts et opportunités :

L'équipe sait mener de façon couplée et équilibrée des recherches sur la synthèse et les propriétés de différents nanostructures tant au niveau fondamental qu'appliqué. Grâce à ses compétences scientifiques et ses moyens instrumentaux performants, elle est un partenaire clé au niveau national et international pour la synthèse de nano et hétérostructures épitaxiées. Grâce à son volontarisme pour mener des projets collaboratifs et s'impliquer dans des actions collectives, l'équipe joue un rôle majeur d'animation au niveau régional, national et international. La création du C2N est une perspective forte pour rapprocher l'équipe de ses partenaires, étudier de nouveaux matériaux, mettre en synergie des moyens de synthèse et de microscopies.

- Points à améliorer et risques :

Le nombre restreint de doctorants est une difficulté qui tient naturellement pour partie à l'isolement géographique du LPN. Le transfert du laboratoire sur le Plateau de Saclay devrait changer la donne à terme. Il n'en reste par moins qu'il y a un effort certain à fournir sur ce point. La difficulté tient également à un sous-effectif de l'équipe, notamment sur les thématiques en rapide évolution comme les nanofils ou la microscopie électronique. Le risque à terme est de ne pouvoir soutenir la compétition, être submergé par la charge contractuelle et sa gestion administrative et de ne pouvoir assurer les développements originaux qui renouvelleront les compétences. La situation est particulièrement critique pour la microscopie électronique dont l'activité repose sur un chercheur et un IT. La situation actuelle ne permet pas par exemple de développer des outils de modélisation des signaux HAADF qui sont pourtant indispensables pour leur quantification.

- Recommandations :

- Maintenir la stratégie actuelle qui est très bonne, avec un juste équilibre entre recherche de base et applications et avec des collaborations fructueuses en interne comme en externe,
- Développer les applications autour des nanofils,
- Renforcer les moyens humains autour de la microscopie et de l'activité nanofils,
- Poursuivre les efforts pour attirer et recruter des doctorants.



- GOSS - Groupe d'Optique des nanoStructures Semiconductrices
- Responsable : M. Paul VOISIN
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	1	1
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	6	7
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	10	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	1
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	6	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	4

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

It is very clear to all members of the committee that the work performed within GOSS is world class. The quality of the research carried out in the group relies on an astonishing combination of the highest quality in all domains necessary to master really the field of optical properties in semiconductor microstructures. The group is able to grow the appropriate samples, at a level which put them ahead of the crowd, they are able to master the technology to process the samples, both for optically and for electrically driven experiments, they realize top notch experiments, which they were even able to show live during the visit, with top experimental set-ups.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

Over the period covered by the report, the team has been able to produce publications in the best journals, including of course PRL, Nature and Nature Physics. They obtained invited talks at international conferences not only of the more senior members of the group, but also for junior ones. They participated to a wide range of externally funded projects, and in particular, they are quite active within FP7.

This international visibility has allowed them to attract very good PhD students and post docs, to become major partners in international consortia and eventually, to attract very talented new collaborators.

– Valorisation des recherches, et relations socio-économiques ou culturelles :

This is perhaps the only minor, very minor deception of the committee, although the members do perfectly understand the very basic nature or the research carried out within the group, only one patent has been filed during the period. It would seem that the major finding that have been obtained could lead, if not yet to some tech transfer activities, to some more patenting results.

- **Appréciation sur le projet :**

The different parts of the team are proposing key ideas and state of the art research activities.



- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

Very good team, very high-level research, very promising ideas.

- Points forts et opportunités :

Very good team, very high-level research, very promising ideas. Should lead to at least one ERC if not possibly more.

- Points à améliorer et risques :

No risks, should perhaps consider more the possible patenting of some of their clever ideas.

- Recommandations :

Keep up !

- PEQ - Photonique et électronique quantique
- Responsable : M. Robert KUSZELEWICZ
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	1	1
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	6	5
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	3	1
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)		
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)		
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	3

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

This group has produced some interesting results however, the team, as it was presented to us, gave more the impression of a juxtaposition of individuals, more keen to enter in competition with one another than to collaborate in an efficient way.

Optical self organization and cavity solitons :

Some nice results have been obtained in this field a few years ago, however, the quality of the science presented appears to be staggering. The study on VCSELs is not at the forefront of the field and many other groups have produced higher quality results in this field. The cavity solitons, although an interesting object, have not hold to



their promises. The consequences in terms of all optical and parallel processing of the information do not seem very promising.

Emission control and THz sources :

It is very clear from the different documents that there is no major finding in this field. This part of the group seems really lagging behind the major advances that have been performed in the field of THz sources over the last few years. Even the results on the Purcell effect on THz systems are not convincing. The part of the work on metallic gratings appears to show a very profound ability to compute the transmission of real gratings, however the final goal of the study is not at all evidenced. The work on a Bloch oscillator, when THz lasers may be bought off the shelf, appears somewhat out of time.

Quantum optics in semiconductors :

Here, the results do not hold to the best results worldwide. Single photon emission at telecom wavelengths has been demonstrated already 5 years ago, even if in a somewhat different system : InGaAs / GaAs quantum dots. The same is true for the photonic nanocavity lasers, first results in that field date back 5 years. The optomechanical coupling is a highly topical subject at the moment and the proposed solution does not appear to present clear advantages over the competing techniques that have already proven major cooling capabilities.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**
 - Nombre et renommée des prix et distinctions octroyés aux membres de l'unité, y compris les invitations à des manifestations internationales :

The results of PEQ appears to be at a level lower than other teams in LPN. The number of invited conferences at international meetings is particularly weak. The reports include the two patents of Moison and Minot, which should in fact be credited to PHOTONIC.

- Capacité à obtenir des financements externes, à répondre ou susciter des appels d'offres, et à participer à l'activité des pôles de compétitivité :

Some external financing has been obtained. Better goals and research directions should allow to obtain larger funding from external sources.

- **Appréciation sur le projet :**

In the different areas, the project appears more like a simple continuation of what is done today, not taking into account the work done by other groups around at LPN. The project does not either seem to have followed a clear reflexion considering the state of research world-wide. This is particularly evident for the case of optomechanical systems where the possible advantages of the proposed solution are not clearly spelled out.

- **Conclusion :**

This group should work much more as a real team and consider its own activities through a detailed thinking about the scientific directions to be taken after considering the know-how of the different members.



- PHOTONIQ
- Responsable : M. Ariel LEVENSON
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	1	1
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	5	5
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	6	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1	1
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	5	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	2

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Some very high key results in this group, as well as some aspects that do not seem convincing at the same level as other groups in PLN.

One of the highly convincing topics, is the « guidonics » activity.

Agile non-linear photonic crystals and circuits :

The idea of this project is to exploit the III-V's unique nonlinear properties to actively control light emission and propagation. The proposed solution is to explore a hybrid III-V on Si nanophotonics platform for integrated optics, nonlinear optics, quantum optics, nano -optomechanics. This is a very interesting subject, with some recent interesting achievements, and good publication record. The project makes an optimal use of the facilities of LPN.

Guidonics :

This project may seem strange at first sight however, the idea is very clever and the possible realizations very promising. The team started with nice ideas that have been patented, the models and concepts have then be developed in detail and published, and the processing of real waveguides using such techniques has been also published. It might be a very nice idea to marry the advantages of guidonics with the specificities of photonic crystal membranes as the two approaches may be complementary indeed.

Excitable non linear dynamics :

As has been presented, the very interesting part of this project is the coupling of a fiber to a nanocavity. This is the same idea as developed in PEQ, although it seems that there exists no contact with the other group. The optomechanical aspects seem much more interesting than the excitability proposed here, mainly because the origin of the excitability is far from being clear. The use as a possible neuro-mimetic circuit is not convincing either.



Coherent non-linear effects in solids :

Even if EIT has been observed on Er doped systems, as said during the presentation, this topic does not bring results close enough to real life, for example a quantum memory device already demonstrated in other labs. The committee proposes to stop this research axis and to concentrate on more promising themes.

Photonic crystals for the detection of bio-molecules :

This is a novel activity, in a field where the coupling between the capabilities of the group might be nicely coupled to some biological oriented activity. A number of groups worldwide are exploring this possible path. The solutions described here did not convince us. A better definition of the possible research axis should be discussed.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

The publication record track of the group is very good, as well as the number of invited conferences is. It is somewhat difficult to understand why the patents on "guidonics" do not appear here as they are a major part of the project

- **Appréciation sur le projet :**

The project that is proposed is clearly in line with what has been realized over the last period. In line with our comments on the difference in quality within some of the topics, the members of the committee propose to give a very high priority to the most promising topics : the Guidonics and the sandwiches projects.

- **Conclusion :**

This is a very good team, with very strong personalities. Focusing on the best projects should allow increasing even more the visibility of the work.



- PHYNANO
- Responsable : M. Ulf GENNSER
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	0	1
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	11	11
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	12	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	5	4
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	1	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	3	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	6	6

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

Parmi les équipes fondatrices du L2M puis du LPN, l'équipe PHYNANO s'est renforcée au cours des années et couvre maintenant une grande partie des thématiques liées au transport cohérent dans les nanostructures. La forte expertise technologique de ses membres a de plus donné lieu à des développements instrumentaux de premier plan. L'équipe joue un rôle central d'animation du pôle technologique du laboratoire et contribue aussi à l'animation et la structuration de la communauté scientifique nationale.

Thématique transport cohérent dans les nanostructures :

Une forte collaboration avec l'ENS et le CEA-SPEC exploitant l'utilisation de boîtes quantiques comme source d'électron « on demand single-electron electron source » (Science) ainsi que les interféromètres de Mach-Zehnder a donné lieu à une thématique originale propre à l'équipe où la boîte quantique est utilisée « en sens inverse » comme outil spectroscopique pour mesurer la relaxation d'énergie entre les états de bords dans le régime de l'effet Hall. Les effets d'environnement sur la cohérence dans les circuits quantiques ont été étudiés à l'aide de points quantiques et ont donné lieu à des contributions originales et très visibles. D'autres collaborations externes (Orsay pour la détection de signaux quantiques à l'aide de jonctions supraconductrices), (Montpellier pour la détection de niveaux d'impuretés), (Grenoble pour les de cohérence dans le régime Kondo) ont également donné lieu à des contributions très visibles et illustrent le rôle central du savoir faire de l'équipe au sein de la communauté française.

L'équipe ELPHYSE a développé une technique de croissances de nanofils en GaAs « presque parfaits » encapsulés dans une coquille de GaAlAs. Les premières expériences de transport (localisation faible) semblent très prometteuses avec un comportement non-conventionnel. Ce système repris dans le projet est des plus prometteur pour le prochain « quadriennal » de l'équipe.

Thématique transistors et HEMT :

L'équipe a réalisé un transistor opérant dans le régime purement balistique et étudié son fonctionnement dans le régime linéaire et non-linéaire. Aussi surprenant que cela puisse paraître, une approche de Landauer améliorée permet de rendre compte des caractéristiques du dispositif. Le bruit en $1/f$ constitue une limitation sérieuse des transistors HEMT. En optimisant la grille des bruits inférieurs à $0.47nV/\sqrt{Hz}$ ont été obtenus. Ces dispositifs sont utilisés, entre autres, pour le projet Planck (anisotropie du rayonnement cosmique fossile)



Thématique STM basses températures :

L'équipe PHYNANO dispose d'un STM à basse température de grande résolution spatiale et en énergie qui a été exploité sur des thématiques « nano » notamment en cleavant des semiconducteurs magnétiques ou des nanostructures in situ (X-STM). Il a ainsi été possible d'imager la fonction d'ondes d'un accepteur de Mn unique avec sa structure en papillon due à l'anisotropie locale, ainsi que la fonction d'ondes d'un accepteur unique (Be) à l'intérieur d'une boîte quantique. Plus récemment l'utilisation de pointes de tungstène recouvertes d'une couche de chrome ouvre la voie à l'imagerie en spin-polarisé, une thématique importante du projet de l'équipe.

Le microscope explore aussi les thématiques de matière condensée « classiques » come l'étude des supraconducteurs à haute température critique et les systèmes à ondes de densité de charge : notons entre autres l'étude de l'interaction entre deux ondes de vecteurs d'ondes différents dans le NbSe₃ rendu possible par une double transition de Peierls à 144K et 59K.

Thématique spintronique :

L'expertise III-V du laboratoire a permis de réaliser des nanofils en GaMnAs. Il a été possible d'étudier le transport cohérent au travers un domaine magnétique ancré. En contrôlant le désordre, il est possible d'étudier les effets de décohérence, via les ondes de spins etc... Ces études sont transposables aux études métalliques. Des collaborations avec l'Université de Konstanz ainsi qu'avec les laboratoires Grenoblois ont permis d'étudier les phénomènes de « spin-transfer torque » dans des structures verticales à base de GaMnAs.

Le travail de développement du NanoFib :

Ce travail a donné lieu à 5 brevets exploités par Raith GmbH. Ce travail a été récompensé par le prix Rocard de la SFP. Cet outil a un gros potentiel pour les dispositifs ultimes envisagés par de nombreuses équipes internationales. PHYNANO devrait y revendiquer toute sa place.

Thématique croissance épitaxiale :

Les gaz d'électrons à deux dimensions constituent des systèmes incontournables pour l'étude des effets de cohérence et des nouveaux états électroniques de la matière. Cette équipe est la seule source française d'hétérojonctions et de puits quantiques à base de GaAs/GaAlAs. Son savoir faire est illustré par la réalisation de gaz d'électrons sur des membranes de GaAs/GaAlAs suspendues développés avec Grenoble pour des études de la chaleur spécifique du gaz 2D. On insistera sur tous les efforts que cette équipe pourra consacrer à l'amélioration de leur mobilité pour accéder à la physique des états non-abélien (5/2,...) de l'effet Hall quantique.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

Prix et distinctions : 1 ERC junior, une médaille de bronze CNRS, prix Yves Rocard SFP.

134 ACL, de nombreuses invitations à des conférences. 7 thèses soutenues au sein de l'équipe au cours des 4 dernières années.

Cette équipe est de plus en plus attractive. En plus du savoir faire technique, absolument « béton » qu'elle a depuis la création du L2M->LPN, l'équipe possède maintenant une vision de la recherche à long terme en nanoélectronique quantique, ce qui lui confère une force de frappe redoutable. Compte tenu du savoir faire de l'équipe, elle intervient dans de nombreux contrats. Elle en coordonne également, et est à l'origine des royalties issues des brevets « nano-FIB » exploités par la société RAITH GmbH.

Comme il a été mentionné précédemment, l'équipe collabore beaucoup avec les meilleures équipes françaises depuis toujours. Il y a assez peu de collaborations internationales. Il existe des opportunités à exploiter de ce côté là. En effet, le laboratoire souffre globalement de son manque de visibilité. Il lui est facile de l'améliorer. En initiant une ou deux collaborations avec des groupes américains rompus à la communication scientifique, cette équipe pourrait rapidement perçue comme un des leaders mondiaux du domaine.

- **Appréciation sur le projet :**

Bien comprendre la cohérence dans les nano-circuits et la rétroaction de l'environnement sur ses éléments cohérents constitue un objectif scientifique clair et affirmé dans le cadre d'un projet récompensé par un contrat



junior de l'European Research Council. Dans la même veine, les phénomènes de relaxation en énergie dans les nanocircuits vont être sondés à l'aide du filtre spectroscopique que fournit une boîte quantique. Les techniques expérimentales très fines mises en jeu devraient donner des résultats précis et contrôlés. Ils pourront servir de bases pour approfondir et affiner les fondements du transport cohérent qui pour l'instant reposent sur les descriptions de Kubo et Landauer pour le régime linéaire. Au-delà, les approches connues restent assez formelles et n'ont pas reçues de confirmations expérimentales claires. La communauté scientifique attend donc les résultats expérimentaux du projet ERC avec une certaine anxiété car ils peuvent être décisifs.

Les nanofils de GaAs encapsulés dans le GaAlAs réalisés en collaboration avec l'équipe ELPHYSE sont des nouveaux systèmes modèles pour l'étude du transport cohérent. Leur structure cylindrique, l'absence de défauts à l'interface GaAs, font qu'on atteint la limite du transport électronique à une dimension, ou en principe des modèles exacts d'électrons en interaction existent et peuvent être confrontés aux expériences. Ces systèmes peuvent être modifiés par la croissance aussi bien que par des paramètres externes (grilles, champs magnétiques). Ce sont donc des systèmes riches et plein de promesses. C'est un projet de nano-électronique quantique fabuleux !

Le STM à basse température est maintenant doté d'une pointe magnétique permettant la résolution en spin. Ceci va permettre de résoudre magnétiquement des nanodispositifs pour la spintronique qu'ils soient à base de GaMnAs, le semiconducteur magnétique de prédilection au LPN, ou à base de métaux magnétiques. C'est un outil à fort potentiel pour les études de spintronique de l'équipe et au delà. C'est une des équipes françaises qui pourrait mettre en œuvre un STM à basse température sous fort champ magnétique et en exploiter le potentiel sur les systèmes bidimensionnels (hétérojonctions, graphène). Il serait souhaitable, qu'un tel instrument soit financé quelque part en France.

Du fait du départ temporaire de deux membres de l'équipe, l'activité spintronique se poursuit autour du GaMnAs grâce à un postdoc « longue durée ». Il se peut que ce volet de recherche tournant momentanément au ralenti reprenne du « poil de la bête » si un recrutement CNRS a lieu au printemps.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

Résolument positif.

- Points forts et opportunités :

Grande expertise technique, objectifs de recherche clairs et bien identifiés. Nouveaux systèmes alléchants et instruments uniques très performants. En initiant une ou deux collaborations avec des équipes américaines rompues à la communication scientifique, l'équipe pourrait être perçue comme l'une des cinq meilleures au monde. Cet effort de communication est important pour le laboratoire qui doit accroître sa visibilité. Le cadre du C2N sur le plateau de Saclay, donne une perspective très positive à l'équipe, en la rapprochant des théoriciens du laboratoire de physique des Solides, des simulateurs de l'école polytechnique et des équipes expérimentales de Saclay et Orsay. Dans ce cadre, une synergie avec la spintronique de l'IEF est évidente.

- Risques :

Deux membres séniors sont absorbés par des tâches administratives lourdes. Même avec les meilleurs recrutements, ce sont des chercheurs difficilement remplaçables.

- Recommandations :

« Keep up the good work !! ». Un peu plus de communication ne ferait pas de mal.



- NANOFLU
- Responsable : Mme Anne Marie HAGUIRI
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	0	0
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	2	5
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	8	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1	1
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	6	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	1

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Until 2008, the group NANOFLU was led by Yong CHEN, now Professor at ENS in Paris. Since 2008, Anne Marie HAGUIRI has taken over the leadership. The group received in 2009 a peerless support from CNRS and the University, with the recruitment of three researchers.

One originality of the micro/nanofluidics group is being located in a unique technological center. The group rightfully develops a synergy between the important technological abilities of LPN and its research objectives. An example shown during the visit was a preconcentrator, located ahead of a nanochannel that ensures the blockage of charges of a certain sign. Another example is a patterned device in which the electroosmotic properties of the walls are controlled. Both projects benefit well from the nanofabrication environment. In addition to these approaches, more traditional microfluidic configurations are investigated : systems dedicated to the analysis of chemical kinetics, and - very recently - microswimmers.

In the present stage of development of the group, there exist some weak points :

- Visibility: the visibility of Nanoflu is not excellent at the moment, as shown by the absence of invited talks and the impact factors of most of the journals in which the group achievements are published, especially over the last couple of years. Publishing in journals like *Microelectron. Eng.* that are not read by the microfluidic community, is probably not the most efficient way to develop a visibility.
- Impact: The group undoubtedly makes contributions of excellent technical quality, which are original. However, the impact of the work, both at the fundamental and applied levels, is still unimpressive. In the future, it is not guaranteed that the projects envisaged in the group will have the potential to significantly impact the biomedical, pharmaceutical or chemical fields. The group should not hesitate to change their objectives if they fill limitations in this regard. Microswimmers may generate a real interest in the (quite specialized) domain of micropropulsion.

Linked to the preceding remark, the choice of the research objectives still suffers from moderate connections with biological, pharmaceutical and (to lesser extent) chemical communities. The reasons are essentially geographical and historical. Although this is not an easy task, strengthening such connections will probably have to be prioritized in



the future. The committee has recognized that efforts are currently done in this direction. In this regard, C2N will certainly play a stimulating role by helping fostering new collaborations - a few of them were outlined during the review-.

The committee has appreciated the quality of the work done, and the qualifications and expertises of the researchers. The group plays a key role in the definition of the C2N project and will have outstanding opportunities to produce great contributions in the future.

- PHOTEL
- Responsables : M. Jean Louis OUDAR, M. Abderahim RAMDAN
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	0	0
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	4	4
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	9	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	3	3
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	4	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	2

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

The activity of the PHOTEL group has its origin in the former lab in Bagneux, in the coupling with France Telecom and with Alcatel. These different and very strong links have now disappeared, though they might be reactivated on the occasion of the implantation of C2N on the Saclay Plateau.

At present, this activity is very close to possible real life applications without having a real impact on the market. Understandably, the quality of the publications cannot be as high as it is in groups working on more fundamental research.

One of the possible avenue for future research might be, in collaboration with Sandwich, to consider heterogeneous integration on silicon. Interestingly enough, the group has developed a very high bit-rate characterization set-up for the devices, which is complementary to the more system oriented set-up existing at ENSSATT in Lannion.

Vertical-cavity surface- coupled photonic devices (VCDev)

The realization of a 1.55 micron mode-locked VCSEL is a very nice result that led to the appropriate publication. On going national and international collaborations, in particular within FP7 projects allow to keep the group in a very good position. The question of tech transfer is nevertheless an important one. Once again, the implementation of C2N should really help stabilizing the activity at the proper level.



Guided Wave Devices for high bit rate applicationsv (Guiwac)

Very similar comments may be applied to this activity as to the previous one. Very high quality activity, too close to real life applications not to improve the tech transfer.

Optoelectronic Technologies (OptoTech)

The optotech activity would much better fit within the TECHNO group, as it is not specific to the telecom range activities.

Device functionalities for optical telecommunication (Systelo)

This platform, for proper characterization of the devices, is complementary to the more system oriented set-up existing at ENSSATT in Lannion. It allows in depth analysis up to 40 Gbit/s. This is a very interesting tool. If the group is to continue in this very applied direction, the increase of the frequency of the platform will have to be considered. This might be part of the C2N project.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

The numbers of publications, the number of invitations to international conferences as well as the wide range of international collaborations attest the high quality of the work.

Tech transfer activities, and more direct links with the device makers appears a bit weak at the moment

- **Conclusion :**

The group has to define a very precise strategy to couple with telecom oriented companies as the former natural link with both France telecom and Alcatel has been broken.

If such a link is clearly organized, high-class research is possible, without a clear strategy, the group should consider moving to other fields.



- E7 - PHYDIS - Physics of Devices
- Responsable : M. Jean-Luc PELOUARD
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	0	0
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	3	3
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	11	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	2	3
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	6	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	1

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

- Pertinence et originalité des recherches, qualité et impact des résultats :

Cette équipe est constituée de 5 permanents (3 chercheurs CNRS et 2 ingénieurs), et actuellement de 6 doctorants et de 5 postdocs.

Jusqu'il y a 4 ans, les activités du groupe portaient sur la technologie des transistors bipolaires à hétérojonction (filiale InP) et sur une activité combinant plasmonique et photonique initiée dans les années 2000.

Lors de la dernière période 2007-2010, le groupe a décidé concentrer ses activités dans le domaine de la Plasmonique et de la nanophotonique avec une vision applicative forte.

L'objectif général du groupe est d'étudier les propriétés de nanostructures métalliques et de concevoir, fabriquer et valider de nouveaux dispositifs pour l'absorption, la propagation et l'émission de lumière dans le domaine infrarouge. Sont visés et développés des structures plasmoniques, qui permettent de contrôler le confinement et la propagation de la lumière au-delà de la limite de diffraction, et des métamatériaux qui ouvrent la voie à une ingénierie des indices de réfraction. Les nouveaux concepts et les structures développées sont exploités pour des instruments optiques infrarouges ou pour de futurs dispositifs photovoltaïques.

L'atout de l'équipe est de pouvoir disposer des moyens technologiques du LPN permettant notamment de fabriquer des membranes métalliques micro ou nanostructurées dans une ou deux dimensions.

Une action de fond est menée pour étudier les propriétés optiques de ces structures, grâce et à des moyens de simulation développés par l'équipe et grâce à un montage expérimental spécialement adapté.

Deux opérations de recherche sont dédiées aux applications:

- la première opération concerne l'exploitation de structures plasmoniques dans des dispositifs optiques infrarouge (filtres, photodétecteurs...). Cette activité à fort potentiel applicatif est menée en collaboration étroite avec le département DOTA de l'ONERA. Le champ des applications est vaste.



Parmi les faits marquants, il faut noter la démonstration de filtres métalliques à très hauts coefficients de transmission (état de l'art, une publication dans PRL) et la première démonstration d'une camera multi spectrale (2 brevets, 1 APL).

- La seconde opération de recherche concerne le développement de nouveaux concepts optiques à base de plasmonique pour les cellules solaires des futures générations. Cette activité naissante et plus prospective s'inscrit dans le programme de la fédération de laboratoires IPVF (Institut photovoltaïque francilien) nouvellement créée. Une contribution importante de l'équipe a été de proposer des solutions optiques pour diminuer fortement les épaisseurs des couches minces actives tout en conservant des rendements corrects (1 brevet). Un autre volet concerne le développement de micro cellules à concentration (1 brevet). Ces nouveaux concepts restent à être validés expérimentalement, en termes de performances de cellules solaires.

– Quantité et qualité des publications, communications, thèses et autres productions :

Par rapport à la période précédente, la production scientifique est en très forte augmentation. On note 25 publications pour la période 2007-2010, l'essentiel au cours des 3 dernières années pour seulement une dizaine entre 2003 et 2006. La plupart des travaux ont été publiés dans des revues ayant un bon impact (1 PRL, 6 APL, 1 PRB, 5 Opt. Express, ...).

4 brevets ont été déposés, deux sur les filtres et détecteurs et deux sur les cellules solaires.

5 thèses ont été soutenues pendant la période.

– Qualité et pérennité des relations contractuelles :

L'équipe a bénéficié et continue de bénéficier régulièrement de ressources contractuelles nationales : projets ANR, soutiens de la DGA et de l'ONERA,

• **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

– le nombre et la renommée des prix et distinctions octroyés aux membres de l'unité, y compris les invitations à des manifestations internationales,

Le rayonnement de l'équipe est encore limité. L'impact est essentiellement national. A noter, 6 invitations dans des réunions nationales. De solides collaborations ont été établies avec des laboratoires de la région parisienne : ONERA, LCFIO, IEF. Des projets contractuels sont en cours avec le CEA.

Par contre, le nombre de conférences internationales invitées reste faible, seulement 3 pour la période dans des symposiums d'audience moyenne.

– la capacité à recruter des chercheurs, post-doctorants ou étudiants de haut niveau, en particulier étrangers,

Bonne.

Grâce à son dynamisme, à son bon positionnement dans des domaines applicatifs et à ses ressources contractuelles, l'équipe arrive à recruter des doctorants et des postdocs de qualité.

– la capacité à obtenir des financements externes, à répondre ou susciter des appels d'offres, et à participer à l'activité des pôles de compétitivité,

Très bonne. L'équipe exploite efficacement des compétences bien établies en plasmonique et nanophotonique et l'accès à la plateforme du LPN pour participer à de nombreux projets contractuels dans le domaine de la détection infrarouge et des cellules photovoltaïques. Il est à noter que l'équipe porte peu de projets contractuels et qu'elle vient souvent en soutien à des partenaires grâce à ses compétences spécifiques.



- la participation à des programmes internationaux ou nationaux, l'existence de collaborations lourdes avec des laboratoires étrangers,

L'équipe n'est pas impliquée dans des actions européennes ou internationales. Le fait qu'elle ne soit constituée que de 3 chercheurs permanents et qu'elle est fortement impliquée dans des actions nationales, peut expliquer en partie cette situation.

- la valorisation des recherches, et les relations socio-économiques ou culturelles

Très bonne

La stratégie de valorisation des recherches de l'équipe est très bonne. Elle consiste d'abord à protéger ses inventions par des brevets avant publication dans des revues scientifiques. 4 brevets ont été déposés au cours de la période sur un total de 16 pour tout le LPN.

Le partenaire le plus solide, en termes de valorisation, est l'ONERA. Un projet commun de création d'une start-up est à l'étude. Les collaborations dans le domaine de la détection s'étendent aussi au CEA-LETI et à Sofradir dans le cadre d'un contrat ANR.

Des collaborations avec des partenaires industriels comme l'EDF sont établies dans le contexte de la fédération IPVF (Institut photovoltaïque francilien) et devraient se développer dans le futur.

- **Appréciation sur le projet :**

- l'existence, la pertinence et la faisabilité d'un projet scientifique à moyen ou long terme,

Le projet de l'équipe PHYDIS s'inscrit dans la continuité de la dynamique actuelle, avec des objectifs clairs et ambitieux. L'objectif est de capitaliser sur les points forts actuels.

Les projets couvriront le développement de recherches autour de la plasmonique et de la nanophotonique et leur exploitation dans le domaine de la détection infrarouge et des cellules solaires photovoltaïques.

Ce sont les études sur la photodétection infrarouge et les dispositifs passifs associés qui pourraient avoir le plus d'impact dans le futur.

Le contexte du C2N sera très favorable au développement de ces recherches et à l'élargissement des domaines d'application.

- l'existence et la pertinence d'une politique d'affectation des moyens,

L'équipe continuera à s'appuyer sur les moyens expérimentaux de la centrale technologique du LPN qui lui permettent de réaliser des dispositifs performants, notamment des membranes « free standing » de relativement grandes dimensions.

- l'originalité et la prise de risques

Les projets sur la plasmonique se situent à un très bon niveau.

Le volet photovoltaïque reste plus une opportunité qu'une prise de risque. Les retombées pourront être importantes en cas de succès.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

PHYDIS est une petite équipe dynamique et performante, présentant un bon équilibre entre recherche amont et développement d'applications. Sa production scientifique s'est grandement améliorée au cours de ces dernières années avec souvent des résultats à l'état de l'art. L'équipe a un créneau de compétences spécifiques au niveau de la combinaison plasmonique - nanophotonique. Cela lui a permis de bâtir des partenariats solides et pérennes sur le moyen terme.



C'est une Equipe qui pourrait être exemplaire au sein du LPN pour sa démarche de valorisation de ses recherches.

– Points forts et opportunités :

La taille de l'équipe est actuellement un peu sous critique au sein du LPN. Le rapprochement avec l'IEF et la perspective de création du C2N pourrait être une occasion d'élargir le champ d'activité et de rassembler des masses critiques sur le volet plasmonique / « métamatériaux » pour des dispositifs fonctionnant à des fréquences optiques.

La collaboration forte avec l'ONERA restera un atout.

L'appartenance à l'Institut photovoltaïque francilien sera un autre point fort pour le futur. L'opportunité de travailler au sein de l'IPVF pourrait offrir à l'équipe plus de visibilité, nationalement et internationalement, et la conduire à élargir le champ de ses contributions au domaine du photovoltaïque.

– Points à améliorer et risques :

L'équipe a bonne stratégie pour développer ses activités dans le domaine de la photodétection infrarouge Il faudra veiller cependant à ne pas être trop dépendant des applications.

Le volet photovoltaïque est plus risqué du point de vue du développement de concepts qui pourraient, in fine, être réellement adoptés industriellement.

– Recommandations :

Globalement, la stratégie de l'équipe PHYDIS est bonne.

Il s'agira de :

- Renforcer la stratégie de recherche avec les groupes de l'IEF en s'attaquant à des projets plus ambitieux grâce au rassemblement d'une masse critique en moyens humains
- Poursuivre et amplifier la collaboration avec l'ONERA et l'IPVF
- Renforcer les moyens humains, par un recrutement ou en regroupant des forces avec l'IEF sur les sujets les plus stratégiques.

Enfin, il faudra renforcer globalement la visibilité de l'équipe au plan international et son implication dans des projets européens.



- TECHNO
- Responsables : Mme Anne TALNEAU, M. Laurent LE GRATIET, M. Dominique MAILLY
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)		
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)		
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	1	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	11	10
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)		
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées		

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

The TECHNO group is at the base of the technological development of LPN, acting as a major cohesive force between the different groups. The TECHNO group is in charge of the maintenance of the clean room facilities, updating old equipment and incorporating new one. At the same time they are active, together with scientific researchers, in the development of new processes according to the necessities of internal and external projects. It is remarkable the extensive know how in nanotechnology they have reached and the novelty of the developed technological work as demonstrated by the scientific publications and communications in specialized meetings of the engineers of the group, together with their contribution to scientific publications with scientific researchers.

In particular they have :

- developed e-beam directly writing processes for fabrication of molds for nanoimprint and for patterns for selective Area Growth by MOVPE with resolution below 50 nm
- developed with the PHYNANO group, a nano-FIB instrument with a few nanometer scale resolution. This development lead to 5 patents which are exploited by Raith GmbH.
- installed several new equipments: rear side alignment optical lithography, metallic and dielectric film deposition, Scanning electron microscope +in-situ STEM and EDS-X analysis, High-density plasma reactor (ICP source) for plasma parameters investigation, AFM, MFM, TEM, RX characterization tools.
- Together with LPN researchers they started making graphene films with two different growth techniques (epitaxial graphitization on SiC and CVD on metal substrates).
- They also started electrodeposition of thick metallic layer and processes for the realization of optical coatings

The LPN strong points in term of technology are :

- III-V epitaxy: 2D electron gases in heterojunction and quantum wells, micropillars for optical resonators, nanowires.



- Material elaboration within a nanofabrication platform. Ability to process any types of materials
- Ability to develop any sort of technology and processes.
- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

The TECHNO group is strongly connected to the nanoscience and nanotechnology national community and plays an active role in the development of the Basic Technology Research RENATECH-network activities.

- **Appréciation sur le projet :**

The TECHNO group is in charge of the clean room facilities. Besides that activity, the impressive technological development at LPN also relies on two specific actions that are possible due to the TECHNO group organization:

- Training students and researchers and allowing access at different levels to the facilities.
- Collaboration between TECHNO group and researchers

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

The Technology group and facility performs a very successful activity at the forefront of this kind of activities taken into account the amazing flexibility of the facilities.

- Points forts et opportunités :

The technological activity in LPN constitutes the major cohesive force between the laboratory research groups. The continuously upgraded clean room, the free access to the facilities, the collaboration between engineers and researchers in technological research have yielded an impressive know how that makes this laboratory unique in semiconductor nanosystems (as 2D electron gas, micropilars), development of edge nanolithography techniques (ion beam nanolithography, optical nanolithography) and the ability of processing any kind of materials.

- Points à améliorer et risques :

The future C2N centre, with its new facilities, will require to adapt properly the current structures.

This constitutes a major challenge and will demand a significant effort for all the LPN staff, and in particular from the managing team. At the time when the director is retiring, for reasons that can perfectly be understood, the proper choice of the new direction team, at the adequate coordination with the group in charge of the installation on the plateau de Saclay is a real challenge, with very serious consequences if not organized properly.

However, this challenge is exciting and well accepted by the LPN staff which by and large sees it as an opportunity.

- Recommandations :

The *Technology group and facility* is a very successful activity that must absolutely be guaranteed. All efforts allowing to keep this activity at the present level, and even at a better level thanks to the fusion with IEF, should be of the highest priority.



Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
UPR20 - Laboratoire de photonique et de nanostructures	A+	A+	A+	A+	A+
<i>PEQ</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
<i>PHOTONIQ</i>	<i>A+</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>
<i>GOSS</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>	<i>Non noté</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>
<i>ELPHYSE</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>	<i>Non noté</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>
<i>PHYNANO</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>	<i>Non noté</i>	<i>A+</i>	<i>A+</i>
<i>NANOFLU</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
<i>PHYDIS</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>A+</i>	<i>A</i>
<i>PHOTEL</i>	<i>A+</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>B</i>	<i>A</i>

C1 - Qualité scientifique et production

C2 - Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement

C3 - Gouvernance et vie du laboratoire

C4 - Stratégie et projet scientifique

Statistiques de notes globales par domaines scientifiques

(État au 06/05/2011)

Sciences et Technologies

Note globale	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	Total
A+	6	9	12	8	12	11	58
A	11	17	7	19	11	20	85
B	5	5	4	10	17	8	49
C	2	1	2				5
Total	24	32	25	37	40	39	197
A+	25,0%	28,1%	48,0%	21,6%	30,0%	28,2%	29,4%
A	45,8%	53,1%	28,0%	51,4%	27,5%	51,3%	43,1%
B	20,8%	15,6%	16,0%	27,0%	42,5%	20,5%	24,9%
C	8,3%	3,1%	8,0%				2,5%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Intitulés des domaines scientifiques

Sciences et Technologies

ST1 - Mathématiques

ST2 - Physique

ST3 - Sciences de la terre et de l'univers

ST4 - Chimie

ST5 - Sciences pour l'ingénieur

ST6 - Sciences et technologies de l'information et de la communication

**Laboratoire
de Photonique
et de Nanostructures**

Marzin Jean-Yves

Tel : 33 1 69 63 60 53

Fax : 33 1 69 63 60 06

Mail : jean-yves.marzin@lpn.cnrs.fr

Marcoussis, le 16 mai 2011

Objet: Commentaires sur le rapport d'évaluation du Laboratoire de Photonique et de Nanostructures, suite au comité de visite des 8 et 9 mars 2011.

Je tiens tout d'abord à remercier le comité pour son appréciation d'ensemble très positive sur le bilan du laboratoire ainsi que sur notre projet. En particulier, et bien qu'il n'ait pas été au cœur de l'évaluation, le soutien fort au projet de C2N sur le plateau de Saclay conforte l'analyse qui nous a conduit à le lancer et nous motive pour continuer à le consolider

Le choix que nous avons fait de demander une évaluation par équipes se traduit par des appréciations assez exhaustives des activités de recherche internes à ces groupes, qui nous seront précieuses. Par contre, ce mode conduit également à privilégier les résultats scientifiques obtenus par chaque équipe, dont elles sont entièrement créditées. Cela masque en partie les efforts collectifs qui les ont permis. La plupart des résultats phare du LPN reposent en effet sur la capitalisation d'efforts en croissance ou en technologie sur le long terme et une part du crédit en revient collectivement à ceux qui ont mené ces développements souvent génériques, bien au delà des groupes. Dans le même esprit, la construction de ce socle commun implique un investissement sur le moyen ou le long terme, et nous n'avons sans doute pas assez insisté auprès du comité sur l'investissement fort de plusieurs groupes dans ces développements. Dans leurs phases initiales de mise au point, qui peuvent être longues, ils sont souvent difficiles à valoriser malgré leur importance pour le futur, que ce soit pour nos recherches internes ou pour les équipes extérieures qui en bénéficieront également.

Une meilleure prise en compte de cette dimension aurait peut-être conduit à des jugements plus nuancés et positifs sur certaines activités.

Les appréciations sur les groupes PEQ et NANOFU, par ailleurs également fortement investis dans des recherches à fort socle technologique, me semblent en particulier injustes parce qu'en contradiction avec les données fournies au Comité.

Ainsi, durant les 4 années de la période d'évaluation, les chercheurs du groupe PEQ (6,3 en moyenne) ont publié 80 articles dans des revues internationales à comité de lecture, 40 dont 15 Lettres ayant l'un d'entre eux comme premier auteur LPN. Ils ont déposé 2 brevets et participé à 14 contrats nationaux et européens (dont 2 comme coordinateurs). Ce bilan est homogène pour les 4 études menées par le groupe (Guidonique, Auto-Organisation et Solitons de Cavité, Contrôle de l'Emission et Sources THz et Optique Quantique des Semiconducteurs) qui ont toutes donné lieu à des premières scientifiques marquantes dans la période examinée. De même, le projet du groupe PEQ se fonde

autant sur les résultats importants obtenus dans le groupe et au LPN que sur le souci faire évoluer ses études en s'alliant avec les meilleures équipes sur le plan européen et international. Son implication en très bonne position dans les deux LabEx du plateau de Saclay, « PALM » et « NanoSaclay », en constitue une preuve tangible. .

Le groupe NANOFU de son côté, ne comportait que 2 chercheurs permanents pendant la période examinée, et ne s'est vu renforcé par l'arrivée de 3 jeunes chercheurs que fin 2010. Au cours des deux dernières années de 2008 à 2010, 5 articles dans des revues à indice d'impact supérieur à 5 (Lab Chip et Annal. Chem.) ont été publiés (sur 18 articles au total) et 2 brevets déposés. La sélection de 5 projets ANR, dont 2 coordonnés par le LPN depuis 2010, montre également le dynamisme et l'impact du groupe dans le domaine de la biochimie et de la chimie analytique pour le diagnostic médical.

Après examen, dans le détail, de l'évaluation par le comité de ces deux équipes, je suis persuadé qu'une meilleure prise en compte de nombreux faits (et la correction de plusieurs erreurs) auraient dû conduire à de bien meilleures appréciations sur les activités des 2 groupes PEQ et NANOFU.

Enfin, la principale critique au projet du groupe PHOTEL s'appuie sur un "lien rompu avec France Télécom et Alcatel" qui ne correspond pas à la réalité. Si ces collaborations sont moins bilatérales que par le passé, elles n'en demeurent pas moins actives à travers plusieurs projets nationaux ou européens.

Jean-Yves MARZIN