



LOA

LABORATOIRE D'OPTIQUE ATMOSPHERIQUE

UMR 8518 Université LILLE1 - CNRS

Dossier d'évaluation Vague E : campagne d'évaluation 2013-2014









Dossier d'évaluation d'une unité de recherche

Vague E: campagne d'évaluation 2013-2014

spnerique	
PAROL Frédéric	
AROL Frédéric	
Restructuration	Création ex nihilo \square
Restructuration inité de recherche :	Création ex nihilo □
	PAROL Frédéric AROL Frédéric

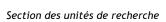




Table des matières

I. Préser	ntation de l'unité	4
II. Réalis	ations	19
III. Implic	cation de l'unité dans la formation par la recherche	30
IV. Strat	égie et perspectives scientifiques pour le futur contrat	32
Annexe	s:	39
Annexe 1:	Présentation synthétique (Executive Summary) des équipes scientifiques	
Annexe 2:	Liste et signification des sigles et acronymes.	
Annexe 3:	Équipements lourds et moyens communs de l'unité	
Annexe 4:	Organigramme fonctionnel.	
Annexe 5:	Règlement intérieur et charte informatique de l'unité	
Annexe 6:	Liste des réalisations	
Annexe 7:	Liste des thèses	
Annexe 8:	Document unique d'évaluation des risques - DUER.	
Annexe 9:	Liste des personnels de l'unité au 1 ^{er} janvier 2015	
Annexe 10:	Analyse SWOT du laboratoire	



I. Présentation de l'unité

I.A) Introduction

En juin 2012 le Laboratoire d'Optique Atmosphérique (LOA) a fêté ses 50 ans d'existence. En créant une petite équipe de recherche peu après sa nomination à l'université de Lille, en octobre 1961, M^{me} Jacqueline Lenoble, professeure Emérite jusqu'en 2012, n'imaginait probablement pas qu'elle donnait naissance à ce qui allait devenir le LOA, unité mixte de recherche (UMR) de l'université Lille1 et du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), maintenant reconnu tant au niveau national qu'international. Dès sa création, le LOA s'est développé autour de la problématique du transfert radiatif dans l'atmosphère, avec deux aspects essentiels : le rayonnement en tant que source d'énergie pour le système atmosphérique et le rayonnement comme source privilégiée d'information sur l'atmosphère et la surface de la planète. Situé à l'origine à la Faculté des sciences à Lille, autour de quelques chercheurs, le LOA s'implante définitivement en 1967 sur le campus de l'université de Lille 1, à Villeneuve-d'Ascq.

Dans les années 1960, les activités de recherche du LOA se sont bâties autour de cinq thématiques majeures :

- la résolution numérique de l'équation de transfert radiatif,
- les mesures en laboratoire et leur inversion ,
- l'optique marine.
- l'échauffement radiatif de l'atmosphère,
- l'étude des atmosphères planétaires, en particulier Vénus.

Ces thèmes ont conduit à de nombreuses extensions et collaborations, par exemple sur l'étude d'autres planètes du système solaire, les interactions avec la dynamique, l'étude de la végétation, la mesure à distance de la température des océans ou la détection du brouillard. Certaines de ces applications ont eu ensuite un large développement numérique ou instrumental, menant à d'importants résultats scientifiques.

Les années 1970 ont vu l'accentuation des thématiques liées à la télédétection. Cette dernière est en effet fondamentale pour estimer l'impact climatique des aérosols et des nuages, problématique devenue depuis de premier ordre. En particulier, l'étude des aérosols, particules en suspension dans l'atmosphère, émerge à cette époque et restera l'un des thèmes majeurs du LOA.

Vers la fin des années 1980, la problématique environnementale pousse le LOA à recentrer ses activités vers l'atmosphère terrestre, autour de quatre grands thèmes :

- la stratosphère, en particulier pour l'étude de l'ozone et des aérosols à partir de mesures spatiales (SAGE) ou d'instruments embarqués sous ballons stratosphériques,
- les nuages, leurs propriétés optiques et leur prise en compte dans les modèles de climat,
- les cycles biogéochimiques des aérosols et leur impact sur le climat,
- les surfaces (glace de mer, couleur de l'eau) avec extension des travaux sur la polarisation et la végétation.

Les activités instrumentales s'intensifient avec la réalisation de nombreux appareils de mesures et la première station de mesures sur le toit du laboratoire. A partir de 1987, ces activités se développeront sous les directions successives de M. Herman, Y. Fouquart, D. Tanré et F. Parol.

Dans les années 1990, viendront s'ajouter la télédétection des zones polaires et les observations spatiales de la biosphère. Cependant, le fait marquant de cette période reste le lancement du capteur spatial POLDER sur la plateforme japonaise ADEOS-1 (1996). Le concept aéroporté de ce capteur a été développé au LOA et sa version spatiale réalisée par le CNES. À partir de 1993, presque toutes les équipes sont impliquées dans le projet POLDER, pour la préparation de cette mission spatiale et son exploitation. Durant cette période, les mesures locales ne sont cependant pas oubliées, avec la mise en place des premières stations de mesures UV au sol. Le réseau de mesures PHOTONS/ AERONET développé en collaboration avec la NASA devient un Service d'observation de l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU). Il s'appuie sur des photomètres de terrain commercialisés par la société CIMEL, avec laquelle le LOA maintient de fortes collaborations. Le réseau a fêté ses 20 ans d'existence en 2013

Actuellement, les activités de recherche du LOA se focalisent sur l'étude des nuages et des aérosols, autour de deux équipes de recherche. Le succès du capteur spatial POLDER sur le satellite PARASOL (lancé en 2004 dans l'A-Train et toujours en activité) a permis de consolider la notoriété internationale du laboratoire. Les résultats scientifiques ont été présentés lors des congrès de l'A-Train à Lille en 2007 (symposium organisé par le CNES et le LOA) et à La Nouvelle-Orléans en 2010. Après plus de 8 années d'observations polarisées de l'atmosphère depuis l'espace, on espère une prolongation de cette activité spatiale au travers du projet 3MI de l'Agence spatiale européenne (ESA). L'implantation prochaine d'un lidar multi-longueur d'onde et polarisé sur la plateforme d'observation atmosphérique du LOA ouvre également de belles perspectives pour l'étude des particules atmosphériques. Ces recherches continuent à s'appuyer sur des équipes « techniques » en informatique et instrumentation très performantes, qui permettent de poursuivre les efforts en développement instrumental de pointe et de disposer d'outils informatiques permettant le traitement numérique de données sol et spatiales ou la modélisation du transfert radiatif.





I.B) Politique scientifique

En tant que laboratoire universitaire associée au CNRS, les missions couvertes par les activités des membres du LOA sont très diversifiées. Si les missions essentielles sont le développement des connaissances et la participation à la formation, en particulier dans notre domaine de recherche, l'implications des personnels du laboratoire dans d'autre types d'activité relèvent davantage de l'administration de la recherche, de l'expertise scientifique et du transfert des connaissances en dehors du monde académique classique.

Le Laboratoire d'Optique Atmosphérique a acquis au cours du temps une solide expérience dans la compréhension du transfert de rayonnement dans l'atmosphère terrestre et dans le développement instrumental nécessaire à son étude. Cette compétence dans la modélisation du système Terre-Atmosphère et de ses interactions avec le rayonnement s'étend historiquement des domaines UV et solaire à l'infrarouge thermique et plus récemment aux ondes millimétriques.

Un premier axe de recherche de l'unité porte sur la caractérisation à l'échelle de la planète de différents paramètres qui sont en relation directe avec l'évolution climatique (nuages, aérosols, gaz), en utilisant principalement l'observation spatiale, mais aussi d'autres moyens de télédétection (aéroportés, sol, ...).

Un second axe de recherche est de quantifier le rôle du rayonnement solaire et tellurique (essentiellement infrarouge thermique) dans les échanges énergétiques de la planète, en particulier de préciser le rôle des nuages et des aérosols dans le bilan radiatif de la Terre dont ils constituent un facteur de modulation essentiel.

Le savoir-faire des membres du laboratoire nous permet de développer des algorithmes d'inversion de ce signal mesuré depuis la surface, à partir d'avions ou de ballons ou depuis l'espace. Nous en dérivons les propriétés physiques et radiatives de certains composants atmosphériques, principalement les aérosols et les nuages, mais les gaz ne sont pas exclus comme on pourra s'en rendre compte au fil des pages de ce rapport. Quant aux réalisations instrumentales, elles ont été nombreuses sur les deux dernières décennies. Parmi les réalisations originales on peut citer notamment le photomètre développé dans les années 80 qui a servi de prototype à l'instrument CIMEL équipant actuellement le réseau international AERONET, l'instrument aéroporté POLDER développé dans les années 90 qui a servi de prototype à la version spatiale, et plus récemment l'instrument OSIRIS, maquette aéroportée de l'instrument 3MI qui a été récemment retenue par l'ESA (l'Agence Spatiale Européenne) pour équiper la future mission Metop-SG à partir de 2019. L'instrument 3MI entre maintenant en étude de Phase B à l'ESA et EUMETSAT. Le laboratoire est d'ores et déjà impliqué dans cette mission, en collaboration avec le CNES.

Ces dernières années, l'activité scientifique du laboratoire s'est orientée aussi vers l'apport des données de télédétection dans les modèles de climat ou modèles méso-échelle. Si une meilleure compréhension du fonctionnement de notre planète et de son climat passe avant tout par de meilleurs moyens d'observation, l'amélioration de la modélisation du système Terre-Atmosphère est, elle aussi, une étape incontournable. En effet, les données spatiales, sol, aéroportées ou ballons, permettent non seulement d'établir ou d'améliorer les paramétrisations de la physique des processus mise en œuvre, mais aussi de confronter les observations aux sorties de modèles afin de les évaluer. La simulation d'observables de rayonnement à partir de modèles est une approche alternative et complémentaire. Il est clair que le développement des modèles de prévision à proprement parler est en dehors du champ d'activités du laboratoire, mais le transfert des résultats des observations vers les modélisateurs nécessite des interactions étroites entre les différentes communautés. Le laboratoire a l'intention de jouer un rôle d'interface qu'il a renforcé durant la période en cours en recrutant deux jeunes chercheurs dans ce domaine.

Pour la période 2010-2014, tout en ouvrant plusieurs perspectives importantes en particulier avec l'utilisation de modèles régionaux (méso-chelle), l'apport de la très haute résolution spectrale ou celui des lidar, le projet proposé par le laboratoire était sous-tendu par le maintien et le développement d'un certain nombre d'activités déjà initiées dans le contrat précédent. Comme on pourra le constater ces activités se sont poursuivies et sont entrées dans une phase plus active. C'est le cas par exemple pour l'utilisation en synergie de la mission spatiale PARASOL et des instruments de l'A-Train, la valorisation des produits géophysiques dérivés, notamment en combinant à de la modélisation méso ou grande échelle, la mise en œuvre du nouvel instrument PLASMA dans des campagnes de mesures sur le terrain, la préparation du volet CHARMEX du chantier Méditerranée, ou la mise en place d'une base de codes de transfert radiatif accessible à l'ensemble de la communauté scientifique.

En 2008, les objectifs scientifiques affichés à courts ou moyens termes pour le contrat en cours étaient les suivants :

- L'étude des aérosols et de leur impact sur le bilan radiatif et le système climatique (effet direct, semi-direct et indirect),
- L'étude de la variabilité spatiotemporelle et des caractéristiques des aérosols stratosphériques,
- La surveillance à long terme des aérosols troposphériques mais aussi l'analyse de leur variabilité dans différentes régions du globe (Afrique de l'Ouest, Europe et bassin Méditerranéen, Asie, ...),
- L'étude du cycle de l'aérosol (localisation des sources, transport et mélange),
- L'étude des aérosols, les liens avec la pollution et ses impacts (surveillance du rayonnement UV et de l'ozone, impact des poussières sur la santé, pollution particulaire à l'échelle globale et en Région Nord Pas de Calais),





- L'amélioration de la modélisation du transfert radiatif (haute résolution spectrale, modèle adjoint, milieux hétérogènes, propriétés optiques des cristaux de glace, ...),
- L'analyse de la variabilité des propriétés des nuages à l'échelle globale,
- L'étude de l'influence des structures nuageuses sur le rayonnement, incluant les systèmes précipitants.

Dès 2010, pour mener les activités de recherche associées à ces objectifs, le laboratoire a décidé de se structurer en deux équipes scientifiques de taille à peu près similaire, l'équipe « Interactions Aérosols-Rayonnement (IAR) » et l'équipe « Interactions Rayonnement-Nuages (IRN) », les activités transverses étant assurées par des équipes communes de soutien à la recherche (groupes « instrumentation », « informatique », « gestion et secrétariat »)

Pour atteindre les objectifs fixés, le laboratoire s'est appuyé sur un certain nombre de moyens déjà existants dans l'unité ou dans son environnement, mais a aussi proposé de développer ou de mettre en place de nouveaux moyens que l'on détaille ci-dessous.

1. Les mesures en réseaux des deux services d'observations que le laboratoire pilote, PHOTONS/AERONET et la partie UV du NDACC, et dont certaines stations sont équipées de lidar :

Ces activités de réseau ont été largement menées en collaboration avec les participants au SOERE ORAURE créé en 2011, sous la responsabilité scientifique d'un membre de l'équipe IAR. Le projet européen FP7-ACTRIS qui vise, entre autres, à l'intégration des activités AERONET et EARLINET, a favorisé d'une part le développement de la synergie lidar-photomètre et d'autre part la reconnaissance de l'activité européenne du SO PHOTONS/AERONET comme pilote de l'infrastructure AERONET-EUROPE. Aux niveaux national et régional, la création récente de l'OSU-Nord doit aussi contribuer à consolider nos activités dans ce domaine et augmenter leur visibilité.

2. Les données de l'observatoire spatial « A-Train » et des plate-formes SAGE, ACE, METOP, MSG, et Megha-Tropiques :

Les activités relevant de l'utilisation de la donnée spatiale se sont évidemment appuyées sur l'implication du laboratoire dans le Pôle thématique national ICARE et ont été souvent menées en collaboration avec l'UMS 2877 (CGTD ICARE). La très forte implication du laboratoire dans le projet POLDER3/PARASOL et les nombreux résultats obtenus nous ont permis de défendre et d'obtenir par deux fois la prolongation de la mission PARASOL auprès de la direction du CNES. Concernant les autres plateformes, et à titre d'exemple, le recrutement d'un jeune MCF en 2008 spécialiste de la haute résolution spectrale a conduit à l'implication du laboratoire dans le projet IASI/METOP. Le partenariat avec le CNES a évidemment été essentiel pour mener à bien l'ensemble de ces actions.

3. Les modèles globaux (LMDZ ou GOCART) et régionaux (RAMS) :

L'apport des modèles méso-echelles en réponse à nos objectifs scientifiques a été renforcé avec le recrutement de deux MCF, un dans chacune des équipes scientifiques, amenant à trois le nombre de chercheurs sur cette activité.

Le développement de modèles inverses, basés sur LMDZ ou GOCART, a finalement débuté en 2013 et bénéficie aujourd'hui du soutien du labex CaPPA.

4. Les mesures des instruments développés au laboratoire ou acquis par le laboratoire (Micropalisal, Micropol, MiniMIR, CLIMAT, PLASMA, OSIRIS, spectromètre UV) et déployés pendant des campagnes de mesure (AMMA, IRENI, EUCAARI, STRAPOLETE, STACATO, validation CALIPSO (CIRCLE), CHARMEX et HYMEX):

On le constatera au fil des pages de la section II de ce document, l'ensemble des instruments cités a participé aux campagnes de terrain que nous avions identifiées. Les instruments en développement, PLASMA et OSIRIS, présentaient encore des problèmes en début de contrat. Ils ont été depuis résolus et les deux instruments ont participé à la campagne CHARMEX du chantier MISTRALS en juin dernier. Il faut noter que la campagne STACATO, montée en collaboration avec des collègues anglais, n'a finalement pas vu le jour faute de soutien du NERC. Notre participation à HYMEX s'est simplement limitée à une contribution sur le volet « spatial » faute de trouver un contexte scientifique favorable pour y intégrer la caractérisation par télédétection aéroportée des nuages non précipitants.

5. Le site instrumenté de Lille que nous équipons d'instruments intéressant les deux thématiques « aérosols » et « nuages » et le site de M'Bour qui, depuis la campagne AMMA, est resté équipé avec nos instruments et ceux effectuant des mesures *in-situ* :





Les activités croissantes autour de ces sites ont conduit le laboratoire à afficher en priorité forte le recrutement d'un Assistant Ingénieur que nous avons obtenu du CNRS en 2009. L'augmentation des activités connexes liées aux sites et aux SO, notamment l'étalonnage, demandait une modification profonde de nos locaux et installations. Elle a été réalisée en 2010 en combinant des ressources propres du laboratoire, des moyens de Lille1 et de l'UFR de Physique qui héberge le laboratoire.

Le nombre d'instruments de mesures est en passe d'augmenter (voir plus loin le paragraphe sur le lidar et la haute résolution spectrale). Début 2013 le laboratoire a engagé des discussions avec l'équipe de direction de Lille1 qui est prête à l'accompagner dans le montage et la mise en œuvre de l'extension de la station de mesures sur le toit du laboratoire.

Les mesures in-situ de M'Bour font l'objet d'une collaboration étroite avec le laboratoire lillois Géosystèmes qui en a la responsabilité. Depuis 2 ans les activités à M'Bour sont soutenues par l'INSU et le programme LEFE.

6. L'acquisition d'un lidar multispectral, Raman et polarisé pour documenter les aérosols aussi bien que les nuages :

Le budget pour ce lidar provient de la Région NPDC et a été acquis fin 2012 dans le contexte du projet IRENI auquel contribue le laboratoire. Ce lidar construit en collaboration avec la Société CIMEL et sous l'expertise d'un collègue de l'Université de Moscou est en cours de finalisation et devrait être opérationnel courant 2014. Associés aux moyens d'analyses et d'interprétation innovants développés récemment par l'équipe IAR, il contribuera rapidement à la communauté nationale via ORAURE et internationale via EARLINET.

- 7. L'instrument DPI (version spatiale d'OSIRIS) sur la plateforme TRAQ, sélectionnée en 2008 parmi les 6 expériences candidates pour le programme « Earth Explorer » de l'ESA,
- 8. l'instrument 3MI (Multiangle, Multispectral, Multipolarisation Instrument) que nous avions décidé de proposer à l'appel d'offre du CNES dont le colloque de prospective a eu lieu au printemps 2009 :

La plateforme TRAQ n'a finalement pas été sélectionnée pour le programme Earth Explorer 7. Par contre le projet 3MI a été soutenu lors du colloque de prospective du CNES en 2009 et un énorme travail de fond a été réalisé avec le CNES afin d'identifier un contexte favorable à l'emport de cet instrument. Fin 2012, l'ESA et EUMETSAT ont confirmé la sélection de la charge utile 3MI comme élément du futur système EPS-SG à partir de 2020.

9. La possibilité d'acquérir un interféromètre de haute résolution spectrale dans l'infrarouge thermique pour l'étude des nuages de glace :

Cet interféromètre devrait équiper notre station de mesure à Villeneuve d'Ascq en 2014 ou 2015. Le choix et la configuration de l'instrument sont en cours de discussion au laboratoire afin d'aboutir à un projet qui réponde aux objectifs des deux équipes scientifiques, sur les aérosols et les nuages de glace. Le financement de l'instrument est assuré à travers le labex CaPPA.

10. Le développement de codes radiatifs avec polarisation en milieux hétérogènes, ainsi que des codes rapides à haute résolution spectrale :

Cette activité a été menée principalement par l'équipe IRN qui a développé un code permettant le calcul des luminances totales et polarisées dans les atmosphères tridimensionnelles, y compris dans l'infrarouge thermique avec le soutien de la DGA et avec une extension au signal lidar polarisé.

11. La mise en place d'une base de codes de transfert radiatif :

Ce sont les réflexion menées au cours de l'Atelier TRATTORIA (Transfert Radiatif dans les ATmospheres Terrestres pour les ObseRvations spatiAles) organisé par le CNES en 2008 qui ont conduit le laboratoire à proposer la construction d'une telle base de codes de transfert radiatif. Avec le soutien du CNES, la base ARTDECO qui a été créée a vocation à pérenniser les outils développés au LOA et à les mettre au service de l'ensemble de la communauté via le Pôle thématique ICARE.

Comme on pourra le constater, notamment en parcourant le bilan scientifique des équipes (section II), l'ensemble des projets prévus en 2008 a été réalisé ou est en passe de l'être. Il est certain que la prolongation de l'expérience POLDER3/PARASOL au delà des trois ans initialement prévus a fortement guidé les activités de recherche du laboratoire. Nous avons pu nous engager dans des études de type « climatologiques » qui n'avaient pas été possibles avec les expériences POLDER précédentes. Le développement de nouveaux « produits » géophysiques et de nouvelles méthodes d'inversion n'a cependant pas faibli. Ces deux volets se sont davantage orientés vers l'utilisation conjointe de divers instruments de rayonnement, utilisés en synergie. Les interactions Aérosols-Nuages qui avaient peu progressé au cours du précédent contrat ont été dynamisées par un travail collaboratif entre les deux équipes. Celuici a mené à de très beaux résultats sur les effets directs et semi-directs des aérosols en présence de nuages.



On pourra se rendre compte à la lecture du rapport que les résultats du laboratoire ne sont pas que le fruit de notre implication dans la mission PARASOL et son environnement spatial, l'A-Train. Il suffit de parcourir la section II et l'annexe 6 du document pour vérifier que le nombre de publications scientifiques, de projets et de réalisations associés à d'autres thèmes est réellement important.

Jusqu'en 2011 nous comptions sur le retour de deux chercheurs détachés au Metoffice anglais afin de renforcer les activités de transfert des résultats d'observation vers les modèles de prévision. Aucun d'entre eux n'a réintégré le laboratoire mais, dans les deux équipes, le recrutement de jeunes MCF a permis de redynamiser les activités sur l'utilisation conjointe des observations et de la modélisation dynamique. Dans l'équipe IAR, la demande de changement d'affectation de J.F. Léon (CR CNRS) aurait pu compromettre l'avenir de la thématique « qualité de l'air et pollution à l'échelle régionale ». Il n'en a rien été puisque l'équipe, enrichie de l'expertise de nouveaux chercheurs, a su maintenir cette activité à un bon niveau et obtenir des résultats intéressants. L'expertise acquise dans ce domaine est pleinement reconnue et intégrée dans le labex CaPPA.

La situation des recrutements des personnels permanents s'est maintenue à un bon niveau au cours de la période 2008-2013 (voir section 1.D.2). Avec le soutien de nos tutelles nous avons pu compenser, voire anticiper, le départ de plusieurs membres permanents du laboratoire. Cela a ainsi permis au laboratoire de renforcer la thématique « modélisation dynamique » (voir ci-dessus) et aussi d'ouvrir de nouvelles voies d'investigation via l'apport de la très haute résolution spectrale par exemple. Cela nous a également permis de maintenir le potentiel critique indispensable au bon fonctionnement des activités transverses (instrumentation, gestion). Parmi les problèmes qui restent toujours préoccupants on doit citer le manque de personnel CNAP au sein du SO PHOTONS dont les activités de services mais aussi de recherche et développement sont en plein essor depuis le début du contrat. La création récente de l'OSU-Nord est évidemment le cadre privilégié pour enfin résoudre cette difficulté.

I.C) Profil d'activités

Depuis sa création les activités de recherche du laboratoire ont porté sur les aspects théoriques et la maîtrise du transfert radiatif appliqué aujourd'hui à l'atmosphère terrestre. Elles ont rapidement intégré un domaine expérimental avec le développement de nouveaux concepts et des réalisations instrumentales originales. On peut bien entendu citer le développement des instruments POLDER et MicroRADIBAL dans les années 90, et plus récemment celui des instruments PLASMA et OSIRIS.

Au delà de la conception instrumentale, le LOA a développé un savoir-faire important dans l'analyse les mesures de rayonnement, qui va de l'étalonnage des capteurs à la détermination de paramètres géophysiques en passant par la mise en œuvre de moyens de validation de ces paramètres et le développement d'outils de traitement et de visualisation des données. Ce savoir-faire, appliqué au spatial, a favorisé la collaboration étroite avec différentes agence spatiales et principalement le CNES.

L'analyse des mesures de rayonnement nécessite le maintien des compétences en modélisation et en interprétation du signal. Le LOA a poursuivi les développements théoriques nécessaires à une meilleure compréhension des interactions entre les composants atmosphériques et le rayonnement (dans l'UV, le solaire et l'infrarouge thermique). L'investissement maintenu et renforcé ces dernières années dans ce domaine confère au laboratoire une expertise reconnue depuis des années aussi bien au niveau national qu'international.

Depuis le début des années 1990 et après le lancement de trois instruments POLDER dans l'espace, le savoir-faire du laboratoire sur le traitement et l'interprétation des données satellitaires pour caractériser les composants atmosphériques est largement reconnu. Le fort investissement du laboratoire a rendu possible l'émergence du pôle thématique national ICARE et la création de l'UMS 2877 (le Centre de Gestion et de Traitement des Données (CGTD - ICARE)) à Lille1 en 2006. La période 2008-2013 a été une période d'activités intenses autour de ce thème avec, d'une part la validation, la consolidation et l'utilisation des produits géophysiques de POLDER3 et du A-Train, et d'autre part le développement de nouveaux algorithmes et produits géophysiques, destinés à être diffusés par le Pôle.

A travers son appartenance au Pôle ICARE le LOA s'inscrit dans une démarche de mutualisation et de service pour la communauté scientifique. D'autres activités du LOA sont résolument tournées vers cette notion de service, puisque la laboratoire est responsable d'un Service d'Observation en charge de la surveillance des aérosols (PHOTONS), labellisé par l'INSU et le Ministère de la Recherche, et qu'il a la responsabilité du réseau de spectromètre UV français dans le cadre du SO NDACC. Le laboratoire est également responsable de l'instrumentation de base de rayonnement passif des avions de recherche français, géré par l'UMS SAFIRE.

Durant la période en cours les priorités fortes du laboratoire en termes d'activités de recherche ont été de :

 poursuivre et de valoriser l'exploitation des données du A-Train, particulier celles des instruments POLDER, MODIS, CALIOP et l'IIR,



- développer de nouvelles générations d'algorithmes scientifiques destinés à étendre ou améliorer la dérivation des paramètres géophysiques,
- mener à terme et consolider les nouveaux concepts instrumentaux PLASMA et OSIRIS,
- de développer l'utilisation des mesures lidar et d'acquérir un lidar de référence, multilongueurs d'onde, intéressant une large communauté
- mettre en place une base de codes de transfert radiatif environnés disponible, à terme, à l'ensemble de la communauté scientifique,
- préparer le projet de POLDER nouvelle génération, 3MI, et trouver un contexte favorable à sa sélection par une agence spatiale.

Ces priorités ont été évidemment au cœur des activités de recherche académique des membres du laboratoire, mais elles ont aussi guidé nos autres missions, relevant aussi bien de la formation par la recherche (encadrements de stages et de thèses), que l'appui à la recherche et les interactions avec notre environnement social, économique et culturel.

Le tableau ci-dessous donne la répartition globale en pourcentages des activités des membres du laboratoire qui compte aujourd'hui une soixantaine de personnes, dont 23 chercheurs et enseignants-chercheurs, 17 ingénieurs et techniciens, tous permanents, ainsi que de nombreux doctorants, postdoctorants ou personnels sous contrat (8 en juin 2013).

	Recherche	Interactions	Appui	Formation
	académique	avec l'environnement	à la recherche	par la recherche
Unité	80	6	6	8

On le constate dans ce tableau, les activités des membres du laboratoire sont résolument tournées vers la recherche académique, couvrant tous les domaines décrits plus haut (théorie, développement instrumental, observation et exploitation de mesures, ...).

On ne peut évidemment pas négliger l'enseignement, au sens large, ne serait-ce que parce qu'il représente une part importante de l'activité des 17 enseignants-chercheurs du laboratoire. La part dévolue à la formation par la recherche est évidemment plus faible et se traduit principalement par des enseignements de spécialités à des étudiants de l'université Lille 1 (de la licence au master), d'étudiants d'autres masters français ou étrangers et de leur accueil en stage. Pour des raisons détaillées en section III, la majorité des enseignements dispensés par les personnels du laboratoire l'est en Licence mais l'implication en master, notamment de Physique, est en progression depuis le début du contrat en cours.

Les interactions des membres du laboratoire avec l'environnement relèvent en partie d'actions de diffusion de la culture scientifique (conférences, participation à des manifestations de type « fête de la science », salons, etc...). Toutes les catégories de personnels y contribuent, en fonction du type de manifestation et de sollicitation. L'autre grand volet de cette activité attaché à la valorisation des produits de la recherche, à l'expertise et au transfert relève davantage de quelques membres permanents du laboratoire. On peut mentionner en particulier que le laboratoire entretient un partenariat étroit avec la Société CIMEL depuis fort longtemps, et que cette collaboration et le transfert d'expertise associé sont matérialisés par la présence d'un ingénieur de CIMEL, à temps partiel, au sein du laboratoire. Le statut de Centre d'Expertise que le LOA occupe au sein du Pôle thématique National ICARE découle d'une volonté affichée depuis les années 90 des équipes du LOA de mettre rapidement les produits géophysiques dérivés du spatial à la disposition de la communauté scientifique et des acteurs économiques et sociaux. Dans ce contexte il collabore fréquemment avec différentes entreprises de services et développement, par exemple la Société régionale HYGEOS implantée à Lille et, plus récemment, la société autrichienne CATALYST.

L'appui à la recherche est lui aussi davantage le résultat de l'implication forte de plusieurs membres du laboratoire, dans différentes instances universitaires ou du CNRS, et de nombreux comités d'experts, conseils scientifiques, comités de pilotage (voir annexe 6.B pour plus de détails).

I.D) Organisation et vie de l'unité

I.D.1) ORGANISATION GENERALE DE L'UNITE

I.D.1.1) Structuration de l'unité

L'organigramme fonctionnel du LOA (voir annexe 4) illustre la structuration actuelle du laboratoire et la composition des équipes au 30 juin 2013. Comme on peut le constater sur cet organigramme, l'activité de recherche du laboratoire s'organise essentiellement autour de deux équipes scientifiques, l'équipe « Interaction Rayonnement-Nuages » (IRN), animée par P. Dubuisson, et l'équipe « Interaction Aérosols-Rayonnement » (IAR), animée par D. Tanré. Les responsables d'équipe sont principalement chargés de l'animation scientifique et organisent régulièrement des réunions d'équipe. Les deux équipes scientifiques sont de taille à peu près similaire (une dizaine de permanents) Vague E: campagne d'évaluation 2013 - 2014



mais, à la différence de l'équipe IAR qui comprend quatre Chercheurs CNRS, l'équipe IRN n'est composée que d'Enseignants-Chercheurs.

Les objectifs scientifiques de l'équipe IAR sont avant tout de caractériser les aérosols (répartition en taille, forme, quantité, indice de réfraction,...) de déterminer leurs distributions spatiale et temporelle afin de modéliser leur cycle et d'évaluer leur impact sur la qualité de l'air et sur le bilan radiatif de la Terre.

Les objectifs scientifiques de l'équipe IRN sont d'abord de caractériser les propriétés physiques (macroscopiques et microscopiques), optiques et radiatives des nuages et d'évaluer leur impact sur le bilan d'énergie de la Terre.

Les activités transversales des deux équipes scientifiques reposent sur des équipes communes et transversales de soutien à la recherche (groupes « instrumentation », « informatique », « gestion et secrétariat »)

Le laboratoire héberge également un Service d'Observation national (le SO PHOTONS, composante française du réseau international AERONET), labellisé par l'INSU et le Ministère de la Recherche, dont le responsable (P. Goloub, PR Lille1) est un membre de l'équipe IAR. Une description succincte de ce SO est reportée en annexe 3.

La Direction du laboratoire s'appuie principalement sur les responsables des équipes scientifiques et le responsable du Service d'Observation pour gérer l'activité du laboratoire et les relations avec les tutelles.

Hormis un ITA qui est totalement associé au SO PHOTONS, l'ensemble des ITA/BIATSS du laboratoire fait partie des équipes communes de soutien à la recherche. Ce mode de fonctionnement est particulièrement bien adapté à la dimension du LOA et au petit nombre de personnel technique spécialisé dont dispose le laboratoire.

Sur son site de Villeneuve d'Ascq, le laboratoire a développé et maintient un certain nombre de structures communes, partagées par l'ensemble des membres du laboratoire. Une station de mesures de rayonnement (fluxmètres, radiomètres, photomètres, spectromètres, lidar) équipe le toit du bâtiment d'accueil du laboratoire. A mesure que le LOA faisait l'acquisition et développait de nouveaux instruments de mesures radiométriques, il a développé pour ses besoins propres et assuré une expertise grandissante dans le domaine de l'étalonnage et de la caractérisation de ces instruments. Des aménagement de locaux ont été réalisés au cours du présent contrat et trois salles du laboratoire, dont une salle noire, sont maintenant dédiées à cette activité. Dans une logique de partage de ressources et de moyens, aussi bien financiers qu'humains, les moyens de calcul, de traitement et de stockage de données importants dont disposent les membres du laboratoire sont largement mis en commun. Une description de ces plateformes et outils communs est présentée en annexe 3 du document.

I.D.1.2) Fonctionnement interne du laboratoire

Le fonctionnement interne du LOA repose sur une Direction assistée par une équipe de direction (ou Comité de pilotage) et un Conseil de laboratoire. Un règlement intérieur régit les grands principes de fonctionnement de l'unité (voir annexe 5).

Depuis le 1^{er} janvier 2008 la direction du laboratoire est assurée par F. Parol (PR Lille1). Le Comité de pilotage est composé du Directeur de l'unité et des deux responsables des équipes scientifiques, en l'occurrence D. Tanré (DR CNRS) et P. Dubuisson (PR Lille1) durant le présent contrat. Le Comité de pilotage se réunit régulièrement (toutes les 2 semaines environ ou au besoin) pour traiter les questions de gestion « au jour le jour » du laboratoire.

Le Conseil de laboratoire est composé de 14 personnes, dont 10 chercheurs et enseignants-chercheurs, 3 ITA et 1 Doctorant. On trouvera la liste des membres du Conseil de laboratoire au 30 juin 2013 en annexe 5. Ce Conseil se réunit régulièrement (toutes les 6 à 8 semaines environ) pour examiner les demandes budgétaires, les demandes d'équipements, donner son avis sur les priorités de recrutement de chercheurs et de personnels techniques, discuter de tous les problèmes concernant la vie du laboratoire. Les comptes rendus de réunion du Conseil de laboratoire sont disponibles à l'ensemble des membres de l'unité via l'intranet du site Web du laboratoire.

Une Assemblée Générale (AG) du laboratoire est organisée une à deux fois par an. C'est notamment l'occasion pour la Direction de faire le point sur l'état d'avancement du projet du laboratoire devant l'ensemble des membres de l'unité. Durant le contrat écoulé, l'équipe de direction a également réuni l'Assemblée Générale de l'unité pour l'informer et échanger sur des aspects particuliers de la vie du laboratoire, comme lors de la préparation du projet de labex. Les supports de présentation des AG sont mis à la disposition des membres de l'unité via l'intranet du site Web du laboratoire.

De manière à gérer au mieux l'activité des ITA/BIATSS en fonction des demandes de soutien et des projets, le plan de charge des personnels techniques est discuté en réunion ouverte à l'ensemble du laboratoire une ou deux fois par an en fonction de l'avancement des projets et des impératifs de calendrier. Ce mode de fonctionnement favorise l'animation technique et les échanges entre les équipes scientifiques et techniques.

Sur le plan administratif, le suivi de la carrière de l'ensemble des ITA est effectué par le Directeur du laboratoire.

Le financement des activités du LOA est assuré par des subventions d'état et un soutien de base de ses tutelles, ainsi que par des ressources propres obtenues sur projets scientifiques sélectionnés lors des appels à projets régionaux,





nationaux, européens ou internationaux. Les responsables de projets gèrent eux-mêmes les crédits correspondants. La Direction du laboratoire prélève néanmoins une petite partie de ce financement sur projet qui vient s'ajouter aux subventions d'état et au soutien de base du laboratoire. Ces moyens généraux sont utilisés pour le fonctionnement général du laboratoire, les besoins des services communs et administratifs (postes de travail, petites fournitures, etc...), les missions hors projets scientifiques financées dans le cadre des programmes, les besoins des jeunes chercheurs sans financement (voir section I.D.3).

I.D.1.3) Taches spécifiques d'intérêt général

Un certain nombre de tâches d'intérêt général ont été identifiées et sont assumées par des membres volontaires du laboratoire depuis le début de la période 2008-2013 :

Nom	Statut	Responsabilité
F. Auriol	ITA CNRS	Correspondante « Formation Permanente »
JY. Balois	ITA CNRS	ACMO, Hygiène et Sécurité
I. Chiapello	CR CNRS	Chargée de Communication
C. Deroo	ITA CNRS	Correspondante « Sécurité informatique »
		Responsable « Systèmes d'information »
A. Giard	ITA CNRS	Correspondante « Ressources humaines »
L. CLabonnote	MC Lille1	Organisation des séminaires
ML. Liévin	ITA CNRS	Assistante de Direction

La formation permanente

Au cours de ces cinq dernières années, un bon nombre de formations ont été suivies par les membres du LOA, principalement par les agents CNRS. L'accès à la formation permanente est plus difficile pour le personnel universitaire (EC et BIATSS) qui n'est pas prioritaire sur les formations dispensées par le CNRS. De plus, le calendrier des stages de formation est souvent défavorable aux enseignants-chercheurs qui ne réussissent pas à concilier leurs impératifs d'enseignements avec ceux de la formation. Cette situation pourrait s'améliorer avec la mise en place récente d'une politique de formation des personnels à Lille1.

Les différents réseaux nationaux (opticiens, électroniciens, mécaniciens) participent à une bonne diffusion de l'information et proposent des formations bien adaptées aux personnels techniques (ITA) du laboratoire.

L'hygiène et sécurité

L'ACMO du laboratoire, qui fait partie du réseau des ACMO de la DR18 du CNRS, est en fonction depuis près de 15 ans et part à la retraite cette année. Il a suivi la double formation CNRS et Université et est reconnu par ces deux organismes. Il est membre du comité Hygiène et Sécurité de l'UFR de Physique. Il a suivi deux formations incendie et possède un diplôme de sauveteur secouriste du travail (SST) renforcé par des formations de rappel programmées annuellement et scrupuleusement suivies. Actuellement deux autres membres du laboratoire ont également un diplôme de SST.

Heureusement pour le LOA dont l'activité majeure est principalement centrée sur la modélisation et la mesure du rayonnement solaire et infrarouge thermique, les sources potentielles de danger sont de l'ordre de celles qui ont cours en bureautique standard. Les seuls produits dangereux sont les solvants et peintures utilisés lors de la fabrication des instruments conçus au laboratoire.

Néanmoins, l'activité du LOA présente aussi une composante « campagnes de mesures sur le terrain » qui augmente les probabilités d'incident ou d'accident d'une manière difficilement quantifiable, les conditions rencontrées sur le terrain, les opérateurs, la météo même, présentent une telle variabilité que le facteur humain personnel reste primordial.

A l'UFR de Physique, respectant la législation, les exercices d'évacuation incendie sont régulièrement organisés au niveau du bâtiment, donc en collaboration avec les autres ACMO de l'UFR.

Régulièrement des sessions de formation sont organisées par l'ACMO du LOA pour les nouveaux entrants. Elles sont principalement orientées vers les consignes de sécurité en cas d'incendie. Pour des raisons pratiques, elles ne se déroulent que 2 à 4 fois par an quand la population « cible » est devenue suffisante.

En terme de priorité, il devient urgent de sécuriser le périmètre de la station de mesures sur le toit du laboratoire. Cette infrastructure est une composante importante de notre laboratoire et à ce titre fait partie du « circuit » parcouru lors des visites du laboratoire. Les services compétents du CNRS et de Lille1 ont été sollicités à plusieurs reprises afin de mettre en œuvre ce projet le plus rapidement possible. L'extension prochaine de la station de mesures devrait être l'occasion de répondre au besoin.

La sécurité informatique

Depuis plusieurs années, le laboratoire s'est doté d'une Charte informatique qui régit les grands principes d'utilisation des moyens informatiques dont disposent les membres du laboratoires, qu'ils soient permanents, contractuels ou visiteurs. Tout comme le règlement intérieur, cette charte est signée par chaque collègue lors de son arrivée dans l'unité.



En 2012, le laboratoire a initié la mise en place d'une PSSI (Politique de Sécurité des Systèmes Informatiques). Un petit groupe de travail a été chargé de réfléchir aux spécificités du laboratoire dans ce domaine (appréciation des risques, objectifs et exigences de sécurité, solutions proposées). Un texte est en cours d'élaboration. Il sera discuté en Conseil de laboratoire prochainement avant d'être adopté en AG.

La Communication

Interne

Afin de faciliter les échanges au sein du laboratoire, de nombreux outils informatiques ont été mis en place.

La gestion du site internet étant réalisée au laboratoire par l'équipe informatique, un espace intranet a été réalisé dans l'optique de centraliser les informations et de faciliter leur consultation; les outils vont de la consultation bibliographique, avec les notifications des derniers achats, à la réservation des salles de réunions; y figurent également les annonces de séminaires, les comptes rendus de réunions, des dépôts de documents consultables, tout ceci étant filtré par une identification personnelle.

Un espace "gazette" permet de partager aussi bien des moments conviviaux du laboratoire (départ en retraite ...) que des échanges autour d'évènements scientifiques (le volcan islandais, la nuit des chercheurs...)

Un wiki a également été mis en place permettant aux informaticiens de partager et de documenter les différents aspects informatiques du laboratoire: la sécurité, les sauvegardes, le matériel et les logiciels; Un wiki dédié aux instruments de la plateforme instrumentale permet aux chercheurs et ingénieurs concernés de constituer une base de travail pour les différents instruments puisqu'il rassemble les descriptions, le travail en cours, les problèmes rencontrés.

Externe

Durant les cinq dernières années, plusieurs actions de communication ont été menées afin de faire connaître et promouvoir les principales activités de recherche du LOA. Des visites du laboratoire sont organisées régulièrement. Une plaquette de laboratoire a été réalisée (triptyque) afin de présenter les travaux et équipes de recherche, l'instrumentation sol, aéroportée et satellitaire utilisée, et les moyens informatiques mis en oeuvre. Cette plaquette a été distribuée à différentes occasions, aux étudiants et au grand public (salon de l'étudiant de Lille en 2013, Fêtes de la Science, ...). La réalisation de la plaquette a été finalisée pour les 50 ans du LOA, lors d'une journée conviviale organisée sur le site de l'Université Lille 1 en juin 2012. A cette occasion les grandes étapes de la construction du laboratoire ont été présentées à nos tutelles et principaux collaborateurs. Une note relatant cet événement a été publié dans la Météorologie.

I.D.2) RESSOURCES HUMAINES ET EVOLUTIONS RECENTES

Au 30 juin 2013, l'effectif du laboratoire est de 40 permanents auxquels il faut ajouter 20 non permanents (8 CDD, 1 Post-doc, 12 Doctorants) et 1 CDI de la société CIMEL.

Le tableau qui suit donne la répartition des personnels permanents entre les deux tutelles du laboratoire

	Lille1	CNRS
Chercheurs / Enseignant Chercheurs	19 (dont 2 emerites)	4
Ingénieurs, Assistants Ing., Techniciens	2	15

La comparaison des chiffres de 2008 avec ceux d'aujourd'hui fait apparaître une légère augmentation des effectifs du laboratoire en ce qui concerne les postes permanents (37 en 2008, dont 2 PR emerites, contre 40 en 2013, dont 2 PR émérites, ces chiffres étant donnés hors détachement). Cette situation n'est que temporaire puisque deux recrutements d'ITA CNRS ont été effectués récemment par anticipation à de très prochains départs à la retraite.

Concernant le potentiel de chercheur CNRS, début 2009 un Chargé de recherche CNRS de l'équipe IAR a effectué une mutation pour un laboratoire toulousain et mi-2009 un DR CNRS est parti à la retraite. En 2011, un DR de l'équipe IAR, en détachement depuis 2006, a finalement effectué une mutation vers un laboratoire parisien. Un Chargé de Recherche CNRS a été recruté en 2010 et est venu renforcer l'activité de cette équipe dans le domaine de l'étude du cycle des aérosols troposphériques et de leur impact radiatif.

Durant la période qui vient de s'écouler, tous les départs en retraite des enseignants-chercheurs ont été compensés par des recrutements. Il faut noter que, grâce au soutien de l'université, dans le cadre de la campagne d'accompagnement des Labex, l'équipe IAR du LOA va bénéficier du recrutement d'une jeune MCF à la rentrée de septembre 2013.

Le tableau qui suit fait le bilan de l'évolution des postes permanents depuis début 2008

Evolutions depuis 2008	Année	LILLE1	CNRS	Equipe interne
JF. Léon (mutation)	2009		CR	IAR
PY. Deschamps (retraite)	2009		DR	Couleur de l'eau



M. Legrand (emerite)	2009	PR		IAR
JL. Deuzé (emerite)	2009	PR		IAR
B. Bonnel (retraite)	2010	MCF		IRN
O. Boucher (mutation) [©]	2011		DR	IAR
Arrivées depuis 2008				
H. Herbin	2008	MCF		IAR
F. Waquet	2009	MCF		IAR
M. Catalfamo	2009		Al	SC*
Y. Derimian	2010		CR	IAR
G. Pénide	2011	MCF		IRN
JC. Péré	2012	MCF		IAR
C. Delegove	2013		IE	SC
A. Priem	2013		Al	SC

^{©:} en détachement de 2006 à 2011

La forte évolution du personnel du laboratoire vient en grande partie de l'accroissement du nombre de CDD. Alors qu'en 2008 le laboratoire ne comprenait plus aucun personnel contractuel de type CDD, les nouvelles activités de développements algorithmiques et de traitement des données reposent en 2013 sur le travail de plusieurs CDD recrutés sur financements divers (CNES, ESA, Europe). Tous les personnels CDD présents au laboratoire sont intégrés dans les deux équipes de recherche et participent à la vie de ces équipes au même titre que les autres membres du laboratoire (voir listes des équipes en section II). Afin d'assurer un meilleur accompagnement et un suivi personnalisé, chacun d'eux est rattaché à une gestionnaire du laboratoire référente. Elle assure un accompagnement administratif du CDD tout au long de sa période d'activité au laboratoire, indépendamment du type de financement et de l'organisme recruteur. Deux CDD ont récemment trouvé un emploi dans des domaines proches des activités du laboratoire, le premier dans la Société lilloise HYGEOS et le second à EUMETSAT.

En ce qui concerne l'évolution des carrières du personnel du LOA au cours de ces cinq dernières années, on peut être satisfait du bilan des promotions des Chercheurs CNRS, avec 1 promotion DR2 - DR1 et 1 promotion DR1 - DRCE. En ce qui concerne les Enseignants-Chercheurs le bilan est également satisfaisant puisque 3 PR2 ont obtenu une promotion en PR1 au cours des cinq ans et qu'un MCF de l'équipe IRN est devenu Professeur en 2011. Les promotions des ITA/BIATSS bien que restant en nombre faible ont été plus nombreuses durant le contrat en cours que durant le précédent (1 changement de corps et 4 changements de grade).

I.D.3) RESSOURCES FINANCIERES ET LEUR UTILISATION

I.D.3.1) Moyens annuels et leur évolution

Les moyens financiers alloués au laboratoire par nos deux tutelles, ainsi que leur évolution sur la période 2008-2013, sont présentés dans le tableau ci-dessous. On constatera que les difficultés budgétaires qu'a connues le CNRS à partir de 2011 ont impacté fortement la subvention d'état du LOA (baisse de l'ordre de 30%). Dès 2010 les règles d'attribution des ressources financières ont été révisées à Lille1, ce qui a largement compensé la diminution des moyens de l'unité.

Il faut noter que durant la période 2008-2013 la contribution du CNRS-INSU au SO PHOTONS a été maintenue à environ 20 k€/an.

Subvention d'Etat (SE) provenant des établissements de rattachement (en k€)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Moyenne 2011-2012
Lille1	56,4	55,8	92,8	93,8	99	93,6	96,4
CNRS*	41,8	50	53	43	29	32	36
Total	98,2	105,8	145,8	136,8	128	125,6	132,4

^{*} hors soutien via les programmes de l'INSU

Autres ressources (en k€)

	2011	2012	Moyenne 2011-2012
Programmes de l'INSU	12	36	24
CNES	154,7	180,4	167,4
Programmes nationaux (ANR, PIA,)	43	39,6	41,3

^{*} SC: Services communs



Programmes	23	10	16,5
internationaux			
Ressources diverses	38	31,3	34,6
Total	270,7	297,3	283,8

L'ensemble des ressources financières présentées ci-dessus (SE et autres) n'incluent pas les masses salariales. Comme mentionné en section 1.D.4, nos principaux partenaires, le CNES et la Région Nord Pas de Calais, soutiennent fortement les activités du laboratoire en cofinançant des allocations de thèse ou en finançant des postes d'ingénieurs contractuels. En moyenne 2011-2012 le budget CNES alloué à la masse salariale était de l'ordre de 270k€; celui de la Région était d'environ 42k€.

I.D.3.2) Répartition des crédits utilisés : exemple sur 2011-2012

On ne présente ici que la part des crédits utilisés sur les moyens généraux du laboratoire.

Répartition des dépenses (en k€)

partition des depenses (en ke)				
		2011	2012	Moyenne 2011-2012
Fonctionnement général de	téléphone, fax, courrier express	18	8,9	13,5
l'unité	fournitures de bureau	2,2	1,5	1,8
	factures internes UFR (magasin,	26	25,5	25,8
	plomberie, rénovation,)			
Bibliothèque	revues scientifiques, livres,	33,7	23,7	28,7
	publications			
Fournitures des labos d'électronique, mécanique, optique		13,6	8,5	11
Equipement scientifique		12	1,8	6,9
Informatique	Equipement		4,7	2,4
	Maintenance	17,4	4,2	10,8
	Assurance	3,2	2,1	2,7
	Consommables	20,4	22,2	21,3
Missions		9,1	17	13
Personnels (CDD, vacations)		0,8	8,8	4,8
Formations, hébergement, frais réception		16,2	8,9	12,6
	Total	172,6	137,8	155,3

Le budget correspondant provient principalement de nos subventions d'Etat (CNRS, Lille1) mais elles ne suffisent pas. Comme déjà mentionné en section 1.D.1.2, afin de répondre à l'ensemble des besoins généraux du laboratoire la Direction prélève donc une petite partie du financement sur projet qui vient s'ajouter aux subventions d'état de l'unité. Ce prélèvement (quelques % sur les contrats, hors contrats européens, ANR et hors salaires) s'élève à environ 20 à 30 k€/an.

I.D.4) LES TUTELLES ET PARTENAIRES DU LABORATOIRE

Le Laboratoire d'Optique Atmosphérique (LOA) est une Unité Mixte de Recherche associant l'Université Lille1, Sciences et Technologies, et le CNRS. Ses partenaires principaux sont le CNES et la Région Nord Pas de Calais (NPDC).

I.D.4.1) Les tutelles

LILLE1

L'effectif du laboratoire en personnel de Lille1 est important et surtout dominé par un nombre élevé d'Enseignants-chercheurs (17 EC (+ 2 PR Emerite) et 2 BIATSS, comparé à l'effectif total de 24 Chercheurs-EC et 17 ITA-BIATSS). Le LOA appartient depuis sa création à l'UFR de Physique de Lille1. A ce titre le laboratoire participe aux actions de formation en licence et master, tant dans les disciplines fondamentales (physique, informatique, mathématique) que dans des filières ou options en physique de l'atmosphère, études du climat, météorologie, traitement du signal et des données. Les Enseignants-Chercheurs du laboratoire sont fortement impliqués dans l'organisation et la vie des formations de l'UFR. Nombre d'entre eux sont responsables d'UE (Unité d'Enseignement), et cela à tous les niveaux de formation (voir section III).



L'investissement du laboratoire dans les structures de l'UFR de Physique et celles de l'université est devenu important. On retrouve plusieurs collègues élus au CA de l'UFR, au CA de Lille1, dans le vivier des Comités de sélection de 28-30-37^{ème} sections de Lille1 et dans le Conseil de l'Ecole Doctorale 104.

Ces aspects de la vie du laboratoire sont essentiels car ils maintiennent des liens étroits avec les autres laboratoires de l'UFR et les structures de pilotage de Lille1.

Depuis 2010, dans le schéma de structuration de la recherche en « Instituts » mis en place par Lille1, le LOA se positionne dans l'« Institut de l'Environnement », l'IRePSE, au titre de ses domaines d'intérêt ou d'application que sont l'évolution du climat, les changements de composition de l'atmosphère, le rôle des nuages dans le bilan d'énergie de la planète, la qualité de l'air et la pollution, etc... Le directeur du LOA est membre du Comité de pilotage de l'IRePSE. Ce Comité de pilotage a, entre autres, la charge de coordonner les demandes de moyens (EC, BIATSS, Professeurs invités, BQR) des laboratoires du secteur.

Dans le schéma actuel de l'université, le LOA a tenu néanmoins à maintenir des liens avec l'« Institut de Physique » puisque l'essentiel des membres du LOA sont des physiciens qui participent aux formations (Licence et Master) de Physique et que la compétence principale du laboratoire repose sur la maîtrise du transfert radiatif dans les atmosphères planétaires, application particulière de l'interaction lumière-matière.

Durant le contrat en cours le dispositif de recherche en « Environnement » développé à Lille1 et au-delà dans la région Nord Pas de Calais a été propice à la mise en place d'un Observatoire des Sciences de l'Univers (OSU), créé par arrêté en Juin 2012 (BO du 05/07/12). Les cinq laboratoires et équipes de la région rattachés à l'INSU et menant des activités de recherche liées à des préoccupations environnementales sont associés dans cet OSU. On y trouve un certain nombre d'infrastructures de service déjà mises en place dans la région (UMS ICARE, les Services d'Observations, ...) dont plusieurs relèvent des activités du LOA. Le LOA est un Centre d'Expertise du Pôle thématique national ICARE. Il est aussi responsable du Service d'Observation en charge de la surveillance des aérosols (PHOTONS), et il a la responsabilité du réseau UV français dans le cadre du SO NDACC (Network for the Detection of Atmospheric Composition Changes). A court terme, l'ensemble de ces activités devrait être pleinement valorisé au sein de l'OSU-Nord dont l'une des missions est aussi de favoriser la visibilité régionale de ces services.

CNRS

Le LOA est actuellement rattaché à 100% à l'INSU dont les activités relèvent d'un point de vue thématique.

Comme mentionné ci-dessus, le personnel CNRS est conséquent au laboratoire (4 Chercheurs et actuellement 15 ITA) mais, malgré le recrutement d'un Chargé de Recherche durant la période 2008-2013, le nombre de chercheurs reste très minoritaire par rapport au nombre d'EC (4 pour 17 +2 émérites).

Le laboratoire s'affiche clairement dans une perspective de recherche coordonnée par l'INSU. Il s'implique fortement dans les grands chantiers coordonnés par cet Institut (AMMA à partir de 2005, CHARMEX pour la période 2010-2015). Par ailleurs le laboratoire pilote le SO PHOTONS labellisé par l'INSU et labellisé ORE (Observatoire de Recherche en Environnement) par le Ministère. Il collabore aussi, de manière très significative, à l'ORE/SO NDACC France piloté par l'IPSL et le LATMOS et hébergé par le Pôle thématique Ether. On peut également mentionner la contribution importante du laboratoire au "SOERE ORAURE", projet transverse labellisé fin 2011 par AllENVI, qui a pour objectif de fédérer et d'harmoniser les observations des aérosols effectuées au niveau national par plusieurs laboratoires.

Il faut souligner que la Direction du laboratoire trouve un bon soutien des services de la Délégation Régionale du CNRS pour l'accompagner dans la plupart des dossiers (financiers, ressources humaines, montage de projets, etc...).

I.D.4.2) Les principaux partenaires

CNES

Bien que le LOA ne soit pas un laboratoire spatial, il développe depuis plusieurs années des concepts instrumentaux et réalise des instruments aéroportés ou embarqués sous ballons stratosphériques qui servent de maquettes à des expériences spatiales passées, actuelles et peut-être futures. Au-delà de la conception instrumentale elle-même, le laboratoire collabore avec le CNES sur les aspects « caractérisation instrumentale », « étalonnage », « traitement des données de niveau 0 », et contribue largement à la validation et à l'utilisation scientifique des mesures spatiales. Les chercheurs du laboratoire sont Principal Investigateur (PI) et/ou font partie du « Science Team » de plusieurs missions spatiales comme POLDER3/PARASOL, MODIS/Terra et Aqua, CALIOP, IASI-NG, SGLI/GCOM, etc... A ce titre le laboratoire reçoit depuis plusieurs années un soutien fort du CNES après évaluation du Comité scientifique TOSCA dont F. Parol est président du groupe « Atmosphère » depuis 2009.

Le pôle thématique national ICARE, dont le LOA est une composante, fait l'objet d'une Convention entre le CNES, le CNRS, Lille1 et la Région NPDC.

Autres partenaires

En plus des organismes mentionnés ci-dessus, le laboratoire est soutenu par d'autres partenaires institutionnels ou contractuels.

La Région Nord-Pas de Calais soutient fortement les activités de recherche du LOA via son implication dans le pôle thématique ICARE mais aussi via le projet IRENI (Institut de Recherche en Environnement Industriel) et plus



récemment le labex CaPPA. IRENI fédère les recherches au sein d'une structure type GIS qui s'appuie sur les trois universités fondatrices (Lille1, Lille2 et ULCO) et le CNRS. CaPPA est un labex regroupant 7 laboratoires et équipes et 5 partenaires (Lille1, ULCO, CNRS, CNES et l'Ecole des Mines de Douai). Via l'ensemble de ces structures, la région NPDC a plusieurs fois co-financé des allocations de thèse au laboratoire durant le contrat en cours. Elle a également permis au laboratoire d'acquérir un lidar multi longueurs d'onde cette année. D'autre part depuis 2010, le laboratoire a participé activement aux réflexions de politique scientifique menées sur le plan régional, en contribuant notamment à l'élaboration du périmètre d'activités du futur Institut Régional de Recherche en Environnement (IR2E) et plus récemment en s'impliquant dans le Collectif d'Expertise Régionale sur le Climat et son Evolution (CERCLE) mis en place par la Région NPDC.

En co-finançant des thèses au laboratoire, la DGA a soutenu des actions de recherche importantes ces dernières années, notamment sur l'étude des nuages de glace et l'hétérogénéité des nuages.

Dans le cadre des 6^{ème} et 7^{ème} PCRD, le laboratoire a été soutenu sur plusieurs projets (GMES, GEOMON, EUCAARI, AMMA, ACTRIS, HAIC). L'ESA et EUMETSAT sont également devenus des partenaires importants en soutenant le laboratoire financièrement sur diverses actions liées à l'exploitation de missions spatiales existantes ou futures.

I.E) Faits marguants

Plusieurs faits marquants ou réalisations phares ont jalonné la vie du laboratoire durant la période 2008-3013. Quelques uns d'entre eux, classés par rubrique, sont ici présentés brièvement.

Réalisations instrumentales

Photomètre aéroporté PLASMA (Photomètre Léger Aéroporté pour la Surveillance des Masses d'Air)

Plasma est un photomètre aéroporté qui permet la mesure du flux solaire direct de l'UV au proche infrarouge (IR). Il doit pointer en permanence en direction du soleil aussi bien en azimuth qu'en zénithal et savoir approximativement dans quelle direction pointer si le soleil vient à être occulté momentanément par un nuage. Il doit donc connaître à tout moment sa direction et sa position à partir de la centrale de navigation de l'avion. Cet instrument permet de dresser des cartes 3D de l'épaisseur optique des aérosols d'une région donnée, sur une gamme spectrale large allant de 0,37µm à 2,2µm via 6 canaux pour le proche IR et 9 pour l'UV et le visible. Plasma a été développé et mis en œuvre par les équipes techniques du laboratoire et exploité par l'équipe IAR. Il a été implanté avec succès à bord d'un Piper PA-28 lors d'une campagne sur les aérosols désertiques menée par le laboratoire à M'Bour (Sénégal) en mars 2013. Il a été certifié pour une implantation à bord de l'ATR-42 français et a participé à de nombreux vols scientifiques lors de la campagne CHARMEX/ADRIMED du chantier MISTRALS qui s'est déroulée en juin dernier.

Imageur multispectral polarisé OSIRIS (Observing System Including polaRisation in the solar Infrared Spectrum)

OSIRIS est un Radio-Polarimètre Imageur Grand Champ du même type que l'instrument POLDER aéroporté mais dont la gamme spectrale a été fortement étendue. L'instrument est composé de deux têtes optiques séparées. L'une travaillant dans le visible étendu au proche IR (440-940 nm) et la seconde dans l'IR moyen (940-2200 nm). Chaque système optique est composé d'un objectif grand champ, d'une roue porte-filtres interférentiels, d'une roue porte-analyseurs et d'une matrice de détecteurs. Pour chaque longueur d'onde, les luminances totales et polarisées sont calculées à partir de la mesure réalisée avec les 3 analyseurs croisés, faisant entre eux un angle de 60°. Une même scène est vue sous plusieurs angles grâce au déplacement de l'avion. Ce type d'instrument a été conçu pour la restitution des propriétés optiques des aérosols et des nuages. Il est à la fois l'héritage de POLDER et des instruments monodirectionnels construits avant lui, MicroPOL et MiniMiR. L'instrument a été finalisé récemment et a participé à la campagne CHARMEX/CALIOSIRIS du chantier MISTRALS à bord du Falcon 20 français en juin dernier. OSIRIS est un élément clé du laboratoire pour la préparation de la mission spatiale 3MI (voir ci-dessous).

Développements informatiques

<u>Développement d'un algorithme universel d'inversion des propriétés des aérosols et des surfaces (GRASP: Generalized Retrieval of Aerosol and. Surface Properties)</u>

Depuis 2008 un nouvel algorithme de détermination des propriétés des aérosols à partir de mesures de télédétection a été développé au LOA. Cet algorithme restitue à la fois les propriétés des aérosols et la réflectance de surface sous-jacente. Une description détaillée de l'algorithme a été publiée Dubovik et al. (2011). Très récemment cet algorithme a été nommé GRASP. La conception de l'algorithme conduit à augmenter le nombre et la précision des paramètres retrouvés à partir de POLDER en s'appuyant sur une forte optimisation statistique dans la procédure d'inversion, héritage des développements effectués pour AERONET. L'algorithme dérive environ 50 paramètres dont plusieurs liés aux aérosols (la distribution en taille des particules, l'indice de réfraction spectral, le degré de sphéricité,



l'absorption). GRASP utilise une approche multi-pixels innovante. Cet algorithme est capable de caractériser les aérosols au dessus des surfaces très brillantes, comme les déserts, pour lesquels les algorithmes traditionnels peinent ou échouent. De nombreux tests numériques et les résultats obtenus sur quelques régions observées par POLDER ont confirmé la bonne performance de GRASP. Un atout supplémentaire de GRASP est qu'il est hautement polyvalent puisqu'il s'adapte à des données d'origine très diverse (spatiale, sol, passive, active, etc...) Si à très court terme la priorité est à son application aux données de POLDER et à la réalisation d'une climatologie globale, sa mise en œuvre sur les données de géostationnaires est en cours. Enfin l'équipe IAR a la volonté de documenter ce code et de le mettre à disposition d'une large communauté.

<u>Constitution de la banque de données et codes de transfert radiatif ARTDECO (Atmospheric Radiative Transfer Database for Earth Climate Observation)</u>

Le projet ARTDECO est né d'une réflexion menée lors d'un atelier de travail organisé par le CNES en 2008. L'objectif de ARTDECO est de constituer une base de codes de transfert radiatif et de propriétés optiques des aérosols et nuages pour la simulation des luminances et flux radiatifs observés par les capteurs passifs spatiaux et aéroportés dans les domaines des courtes et grandes longueurs d'onde (0.2 - 20 µm). Le laboratoire a donc réalisé et mis en place une architecture informatique permettant de pérenniser et de rendre accessible à la communauté un ensemble de ressources pour le calcul du transfert radiatif et en particulier celles développées au LOA en soutien aux missions POLDER. Cela comprend le calcul du transfert radiatif, mais aussi celui des propriétés optiques des aérosols et des nuages, pour des particules sphériques ou non sphériques. A court terme, ces ressources seront mises à disposition de la communauté au travers du Pôle thématique ICARE. Cet outil sera un outil très précieux à vocation « recherche » mais aussi pour la « formation par la recherche ».

Analyse en temps réel des mesures, inversion (interface graphique), distribution et archivage des données sol

La plateforme d'observation atmosphérique du LOA rassemble une douzaine d'appareils de mesures automatiques. Depuis 2008 le LOA a développé une base de données et un système de traitement automatisé, en temps quasi-réel, des mesures issues de ces instruments. Au fil du temps la base s'est enrichie des appareils situés sur le site de M'Bour puis des appareils itinérants lors de campagnes de mesures, enfin de sites en coopération nationale.

Offrant une visualisation universelle et simple des différentes mesures, que ce soit sous forme de courbes ou d'images selon la donnée, le site http://www-loa.univ-lille1.fr/Instruments/fr/ permet au chercheur d'observer de manière simultanée les données mesurées au sol et/ou par satellite. Les données acquises de manière automatique au LOA, subissent un prétraitement puis un archivage. Des messages d'alerte sont envoyés automatiquement par email au PI de l'instrument lorsque des défaillances instrumentales ou des problèmes dans le transfert de données sont détectés. Les données validées sont proposées au téléchargement.

L'intégration d'un mini-réseau de LIDAR est le développement le plus abouti du site: exploration de la base, zoom sur un quick-look journalier, visualisation simultanée de mesures lidar et de paramètres aérosols, restitution en temps réel des profils verticaux d'extinction aérosol, détection de couches atmosphériques, paramètres intégrés AERONET et in situ Qualité de l'air

Rayonnement

Organisation de plusieurs colloques et worshops internationaux (dont Paris 2011, ELS XIV Lille 2013)

Le Workshop international "Observations and modeling of aerosol and clouds properties for climate studies" organisé par le Laboratoire d'Optique Atmosphérique s'est tenu à Jussieu, l'Université Paris 6, du 12 au 14 septembre 2011. Ce workshop a rassemblé plus d'une centaine de collègues, dont la moitié d'étrangers, qui ont été invités à y participer. Parmi eux étaient présents les plus grands noms de la recherche internationale dans le domaine des aérosols et des nuages. Ce rassemblement a fourni une occasion unique à ces scientifiques de faire le point sur l'évolution de cette thématique et les résultats les plus récents. Ils étaient conviés à un ensemble de présentations plénières qui concernait les mesures satellitaires, le bilan énergétique de la planète et le transfert radiatif à travers son atmosphère, la télédétection et les méthodes d'inversion, la modélisation climatique et les futures missions spatiales (voir http://www-loa.univ-lille1.fr/workshop_LOA/workshop2011/)

Au cours de l'année 2012-2013, le laboratoire a organisé la 14^{eme} édition de la conférence « Electromagnetic Light Scattering (ELS) », qui s'est déroulée à l'Université de Lille 1 entre le 17 et 21 juin 2013. Cette édition orientée principalement sur les sciences de l'atmosphère et notamment sur l'apport de la polarisation, s'est appuyée sur le succès des précédentes éditions qui se sont déroulées à travers le monde (Amsterdam, Helsinki, New York, Vigo, Halifax, Gainesville, Bremen, Salobreña, St. Petersburg, Bodrum, Hatfield, Helsinki, et Taormina), ainsi que sur l'attrait grandissant de l'utilisation de la polarisation pour l'étude de l'atmosphère. Durant cette semaine 200 scientifiques du monde entier, dont de nombreux jeunes chercheurs pris en charge par le comité organisateur du colloque, sont venus présenter leurs travaux de recherche au travers de conférences orales ou de posters. L'objectif était d'inciter les scientifiques ainsi que les ingénieurs travaillant sur des aspects différents de la diffusion des ondes



électromagnétiques à se rencontrer et à initier des discussions approfondies sur les avancées en termes de théorie, de mesures et d'applications. Un focus dédié à l'apport de la polarisation dans les sessions « télédétection » a permis de mettre en avant l'important travail effectué par les chercheurs du laboratoire depuis plus d'une décennie et les avancées récentes reconnues par l'ensemble de la communauté internationale. Un jeune chercheur du laboratoire s'est vu attribué le prix JQSRT Peter C. Waterman Award : Scattering and Remote Sensing.

Avancées scientifiques

Caractérisation des aérosols au-dessus des nuages - estimation de l'effet radiatif direct en ciel nuageux

Des travaux menés au LOA depuis 2008 ont permis de mettre au point une méthode de caractérisation des propriétés des aérosols transportés au-dessus des nuages. Cette méthode constitue une innovation remarquable dans le domaine de l'observation spatiale des aérosols, les méthodes de télédétection actuelles étant restreintes aux situations en ciel clair (« sans nuage »). Ces travaux résultent d'une collaboration entre des chercheurs du LOA, travaillant sur les thématiques « aérosol » et « nuage ». Une première étude (Waquet et al., 2009) a démontré l'intérêt des mesures polarisées de l'instrument POLDER pour la détection des particules de brûlis suspendues au-dessus des nuages. Un algorithme permettant de généraliser la méthode à l'ensemble des aérosols a ensuite été développé et évalué pour des cas de poussières minérales (Waguet et al., 2013, AMT) et d'aérosols volcaniques (Waguet et al., 2013, ACPD). Une version opérationnelle de cet algorithme, adaptée avec l'aide du Pôle ICARE, a permis de traiter les données de POLDER acquises entre 2005 et 2010. Les premiers résultats montrent que la quantité d'aérosols présents au-dessus des nuages est conséquente et que la charge totale des aérosols anthropiques est actuellement sous-estimée de près de 30% (lettre soumise à GRL). Les différentes communautés de chercheurs travaillant sur les aérosols, les nuages et la modélisation du climat sont concernées par ces résultas et pourront bénéficier prochainement de ces nouvelles données par l'intermédiaire du Pôle ICARE. Ces travaux se poursuivent au LOA dans le cadre d'une thèse soutenue par Lille1, d'un projet financé par le CNRS et de collaborations engagées avec différents laboratoires et instituts, en France et à l'étranger.

<u>Définition de nouveaux produits satellitaires caractérisant verticalement les nuages à partir de la bande A de l'oxygène (POLDER/PARASOL).</u>

Un grand avantage qu'ont les mesures satellites actives du type lidar et radar sur les mesures passives est leur capacité intrinsèque et complémentaire à fournir des informations détaillées et précises sur la structure verticale des atmosphères nuageuses. L'accès à ces informations est important pour nombre d'applications, en particulier pour établir des bilans radiatifs atmosphériques corrects, et pour mieux comprendre le fonctionnement du système climatique. Les dernières exploitations des mesures POLDER3/PARASOL dans la bande A de l'oxygène ont montré que, grâce au caractère multidirectionnel de ces mesures, la perspective d'estimation précise des altitudes des nuages ainsi que leur sondage vertical peut être envisagé à partir de capteurs satellites passifs dans le domaine solaire, ce qui est très innovant. Suite à des études théoriques, et une vaste intercomparaison avec les mesures actives CloudSat et CALIOP de l'A-Train, de nouveaux paramètres nuageux POLDER ont été et sont en cours de mise au point et de validation, tels que la pression non biaisée de sommet de nuage, l'épaisseur géométrique des nuages, leur caractère mono- ou multicouches (Ferlay et al, 2009; Desmons et al, 2013). Ces paramètres nuageux originaux devraient être mis en production prochainement dans le cadre du Pôle ICARE. Deux financements du PNTS-INSU, une thèse cofinancée par le CNES et la région Nord-Pas-de-Calais ont soutenu ces recherches.

Eléments structurants

Sélection du labex CaPPA (Chemical and Physical Properties of the Atmosphere)

Sélectionné début 2012, dans le cadre de la deuxième vague des laboratoires d'excellence du Programme d'Investissement d'Avenir (PIA), le labex CaPPA réunit près de 240 personnes de 7 laboratoires et équipes de la Région NPDC, associés à 5 partenaires (Lille1, ULCO, CNRS, CNES, Ecole des Mines de Douai). Ce labex a pour objectifs scientifiques d'une part de mieux comprendre le système aérosols et ses précurseurs pour mieux appréhender leur rôle sur le forçage climatique et cycle hydrologique, d'autre part d'étudier l'évolution de la qualité de l'air aux échelles globale, régionale et locale, avec un focus consacré aux radionucléides. La coordination du projet est assurée par un membre du LOA et le projet est divisé en 6 « Work Package » dont 4 sont co-pilotés par un membre du LOA. Ces WP s'appuient largement sur des activités qui avaient été proposées dans le projet du laboratoire rédigé en 2008. Le volet recherche du labex consolide ainsi fortement les thématiques de recherche du laboratoire, notamment celles de l'équipe IAR. Il favorise bien entendu une approche pluridisciplinaire et permet des interactions étroites avec des collègues chimistes ou physiciens spectroscopistes. Il nous offre un cadre pour acquérir des équipements nécessaires à la réalisation du projet, par exemple un interféromètre à haute résolution spectrale. Comme détaillé en section III de ce document, les membres du labex ont récemment créé une filière internationale dans le master 2 de Physique de



Lille1, « Physique et Chimie de l'environnement atmosphérique » qui pourrait déboucher sur la création d'un master Erasmus Mundus.

Création de l'OSU-Nord

L'Observatoire des Sciences de l'Univers (OSU-Nord) a été créé par arrêté ministériel du 1er juin 2012. L'université de Lille1, en partenariat avec l'ULCO, a mis en place cet OSU qui constituera, en région Nord - Pas de Calais, un ensemble scientifique de masse critique, travaillant sur un spectre large de thèmes des Sciences de l'Univers.

L'OSU regroupe 3 UMR dont le LOA, l'UMS ICARE et une équipe associée à l'INSU. L'observation, c'est à dire l'acquisition pérenne de données scientifiques (dans le domaine de l'environnement entre autres) mises à disposition de la communauté scientifique et des structures régionales, est au cœur du projet. Les services labellisés associés à l'OSU-Nord, relevant du LOA ou auxquels il contribuent sont le SO PHOTONS, la partie « spectrométrie UV » du SO NDACC et le Pôle thématique ICARE. Le LOA a joué un rôle important dans la création de cet OSU dont il espère maintenant qu'il permettra de renforcer le soutien aux activités de services et d'observation, de favoriser la structuration et la coordination d'ensemble, de pleinement valoriser ces activités sur le plan régional et national en renforçant leur visibilité.

<u>Etudes préparatoires et sélection de 3MI pour le programme polaire opérationnel de seconde génération Eumetsat EPS-SG.</u>

Fin 2012, la décision de l'ESA et de EUMETSAT de confirmer la sélection de la charge utile 3MI (Multi-viewing, Multi-channels, Multi-polarization Imaging) comme élément du futur système EPS-SG marque une étape importante pour les activités du laboratoire. Le projet POLDER porté par le CNES depuis les années 90, et dans lequel le LOA a joué un rôle majeur au cours de 3 missions successives, trouve finalement la voie de l'observation opérationnelle des aérosols et de la qualité de l'air. C'est un tournant pour l'observation des aérosols depuis l'espace et c'est pour le laboratoire et le CNES, la reconnaissance du travail précurseur réalisé au travers des missions POLDER. C'est également pour l'avenir un chantier énorme qui s'ouvre pour les scientifiques du laboratoire, à la fois pour la préparation de la mission et à long terme pour l'exploitation des données qui en seront issues. Avec cette décision, ce sont 3 instruments et plus de 15 ans d'observations continues qui s'annoncent à l'horizon 2020 et qu'il conviendra de valider, d'analyser et de valoriser, en bénéficiant de toute l'infrastructure opérationnelle fournie par le programme EPS-SG. Autant d'opportunités pour faire valoir toute l'expertise acquise au laboratoire pour l'observation des nuages et des aérosols, et pour l'ensemble de la communauté de disposer d'une longue série d'observations permettant de mieux comprendre l'impact climatique des aérosols et des nuages ou développer de nouvelles applications en assimilation de données. La sélection de 3MI met un point majeur à plus de 20 ans de développement et d'analyse au laboratoire et ouvre des perspectives pour au moins autant d'années.

II. Réalisations

Comme mentionné en section 1 de ce document, l'activité de recherche du laboratoire s'organise principalement autour de deux équipes scientifiques, l'équipe « Interactions Aérosols-Rayonnement (IAR) » animée par D. Tanré, et l'équipe « Interactions Rayonnement-Nuages (IRN) », animée par P. Dubuisson. Les activités transverses et en soutien à la recherche sont assurées par des services communs (voir organigramme fonctionnel, annexe 4). L'ensemble des réalisations du laboratoire est donc présenté ci-dessous en adoptant une structuration par équipe scientifique.

II.A) Production scientifique

II.A.1) GROUPE INTERACTIONS AEROSOLS - RAYONNEMENT (IAR)

Composition du groupe au 30 Juin 2013

Collège A ¹ :		
C. Brogniez	Pr. Lille1	
JL. Deuzé	Pr. Emérite Lille1 depuis Décembre 2009	
O. Dubovik	DR CNRS	
Ph. Goloub	Pr. Lille1	
M. Legrand	Pr. Emérite Lille1 depuis Janvier 2009	
D. Tanré	DR CNRS - Responsable du groupe	
Collège B:		

¹ J. Lenoble et M. Herman ont été Professeurs Emérites à l'Université Lille1 dans l'équipe jusque fin 2012. Vague E : campagne d'évaluation 2013 - 2014



I. Chiapello	CR CNRS			
Y. Derimian	CR CNRS (depuis Septembre 2010)			
H. Herbin	MC Lille1 (depuis Septembre 2008)			
I. Jankowiak	MC Lille1			
F. Minvielle	MC Lille1			
J.C. Péré	MC Lille1 (depuis Septembre 2012)			
F. Waquet	MC Lille1 (depuis Septembre 2009)			
Post-Doc				
B. Torres	Bourse ANR/ADRIMED (début: Janvier 2013)			
-				
Doctorants ² :				
V. Bovchaliuk	Doctorant Lille1 (début : octobre 2012)			
A. Fedarenka	Doctorant Lille1 (début : novembre 2010)			
Y. Karol	Doctorante cotutelle (début : octobre 2009)			
A. Lopatin	Doctorant cotutelle (début : octobre 2009)			
A. Mortier	Doctorant Lille1 (début : octobre 2010)			
F. Peers	Doctorante Lille1 (début : octobre 2012)			
B. Sauvage	Doctorante Lille1 (début : octobre 2009)			
3				
ITA ³				
L. Blarel	IE/CNRS (SO PHOTONS: 80%)			
F. Ducos	IE/CNRS			
T. Podvin	IE/CNRS (SO PHOTONS : 50%)			
Contractuels/CDD:				
D. Fuertes	CNES/PARASOL			
A. Holdak	ESA/S3 et 3MI (50%)			
P. Litvinov	ESA/CCI			
A. Lapionak	FP7/ACTRIS (AERONET)			
T. Lapionak	ANR/CaPPA(WP3 et 4)			
S. Villerot	CNES/TOSCA (GOSAT)			

BILAN DU GROUPE: Janvier 2008- Juin 2013

1. INTRODUCTION

Les activités de l'équipe ont pour objectifs la surveillance de la composition de l'atmosphère, la compréhension des processus qui la gouvernent et ses impacts sur le bilan radiatif et la pollution atmosphérique. Comme signalé dans le précédent rapport, l'équipe est organisée autour de 4 thèmes:

- Les aérosols et le système climatique,
- Les aérosols Variabilités et Tendances,
- Le cycle de l'aérosol,
- Aérosols, pollution et impacts,

Pour répondre à ces objectifs qui restent pertinents pour la prochaine contractualisation, nous avions dressé en 2008 une liste de projets. Nous commencerons par un état des lieux de leur avancement, ou de leur abandon, puis nous montrerons en quoi ils ont permis de contribuer à l'avancement de nos thématiques scientifiques.

2. ACTIVITES MENEES AU COURS DES 5 ANS

Les projets ont été classés sous trois rubriques, les observations depuis différents vecteurs (satellite, avion ou ballon), les observations depuis la surface (en réseau ou lors de campagnes spécifiques) et la modélisation à l'échelle régionale ou globale. La plupart des observations sol, ballons ou aéroportées sont réalisées à partir d'instruments développés en interne ou en collaboration avec des partenaires étrangers et/ou industriels, même les instruments spatiaux de type POLDER ont fait l'objet de maquettes au laboratoire avant d'être développés en version spatiale. Nous y ferons référence dans les sections qui suivent. Il faut mentionner deux projets transverses qui se sont concrétisés au cours des derniers mois, le "SOERE ORAURE" labellisé par AllENVI fin 2011 qui a pour objectif de fédérer

 $^{^2}$ Six thèses ont été soutenues de 2008 à 2012, (M. Kacenelenbogen et C. Tétard en 2008, N. Boyouk et V. Buchard en 2009, X. Su en 2011, J. Letertre en 2012).

³ Plusieurs ITA/BIATSS participent à des degrés divers aux activités de l'équipe IAR portant sur l'acquisition et l'analyse des mesures sol (M. Catalfamo, C. Deroo, R. De Filippi et R. Lecoq).





et d'harmoniser les observations des aérosols effectuées au niveau national par plusieurs laboratoires; le "labex CaPPA" sélectionné par l'ANR en 2012 qui regroupe 7 laboratoires ou équipes en région Nord - Pas de Calais, focalisé d'une part sur le système "aérosols et ses précurseurs" avec un lien "chimie/physique" fort et d'autre part sur l'évaluation de la qualité de l'air à différentes échelles.

2.1. Observations depuis des plateformes:

2.1.1. Observations spatiales:

L'approche spatiale permet d'obtenir des informations sur le cycle des aérosols et leurs propriétés à une échelle globale et l'équipe s'implique fortement dans ce type d'observations. Les mesures de la mission A-Train avec les instruments POLDER-3 sur PARASOL (responsabilité scientifique au LOA) le lidar CALIOP et l'instrument IIR de CALIPSO, MODIS sur AQUA et OMI sur AURA sont régulièrement analysés et nous contribuons également à leur validation. Le traitement de mesures de polarisation de PARASOL avec de nouveaux algorithmes d'inversion est une de nos activités principales, cela nous permet de fournir à la communauté des paramètres géophysiques essentiels (forme, taille, indice de réfraction) en ce qui concerne le type d'aérosols. Par le biais de PARASOL et du programme AERONET/PHOTONS, nous contribuons à la validation des produits "aérosols" de ENVISAT dans le cadre du programme ECV/CCI de l'ESA. Cette expertise dans la mesure de polarisation nous a conduit à être membre de l'équipe scientifique de la mission GLORY/APS de la NASA et de proposer un instrument de type POLDER, spectralement plus étendu, pour la mission TRAQ de l'ESA (cadre EE7 en 2009); l'échec du lancement de GLORY et la non sélection de TRAQ en phase ultime rendent la mission PARASOL encore plus attractive puisque son successeur (3MI sur Post-EPS) n'est pas prévu avant 2020. En parallèle, nous utilisons les mesures de MODIS, CALIOP ou OMI soit pour comparer les paramètres géophysiques similaires soit pour utiliser l'ensemble des mesures passives et actives, de l'UV à l'IR, en synergie. La mission MSG/SEVIRI fait l'objet d'un intérêt particulier et plus particulièrement l'indice IDDI (Infrared Difference Dust Index) pour l'étude des aérosols désertiques à partir de mesures dans l'infrarouge thermique. Cet indice a fait l'objet d'un nouveau développement (nouvel algorithme et nouveau masque nuage) et nous avons ainsi pu constituer une archive journalière de 25 ans. En plus de ces travaux consacrés aux aérosols, les instruments OMI/AURA et GOME-2/METOP fournissent des informations sur le contenu en Ozone et le rayonnement UV en surface ; l'équipe participe à leur validation (voir section 2.2.1). De même, nous n'avions pas envisagé en 2008 l'inversion simultanée 'gaz et aérosols" à partir des mesures multi-spectrales de GOSAT alors que cette activité est maintenant bien engagée au sein de l'équipe. Enfin nous préparons le futur en participant aux groupes missions de 3MI et de IASI-NG.

2.1.2. Mesures aéroportées

Le polarimètre MicroPOL développé au laboratoire il y a quelques années permet de mesurer la luminance et la luminance polarisée dans 5 canaux, à 0.49, 0.67, 0.865, 1.6 and 2.2 µm. Cet instrument monodirectionnel a été installé entre autre sur le Falcon de l'INSU. Il a permis de confirmer les potentialités des observations dans l'infrarouge solaire pour une caractérisation précise des propriétés des aérosols et des nuages. Cela nous a conduit à développer au laboratoire un instrument plus élaboré multidirectionnel OSIRIS, version aéroportée de l'instrument 3MI en cours de développement à l'ESA dans le cadre Post-EPS. OSIRIS a participé à la campagne EUCAARI en 2008 et ses premiers vols ont permis de mettre en évidence les problèmes instrumentaux résolus depuis. Nous avons développé un photomètre aéroporté PLASMA qui permet de dresser des cartes 3D de l'épaisseur optique d'une région considérée et d'estimer la taille des aérosols à différentes altitudes. Sa mise au point a été réalisée depuis un avion de tourisme en région; il a également été implanté en Mars 2013 sur un Piper PA-28 au Sénégal lors d'une campagne sur les aérosols désertiques menée par le laboratoire sur le site instrumenté de M'Bour en Mars-Avril 2013. Il a fait l'objet d'une certification afin de pouvoir être embarqué sur l'ATR-42. Au moment de la rédaction de ce rapport, tous ces instruments participent à la campagne CHARMEX/ADRIMED du chantier MISTRALS; cette campagne est dévolue à l'étude de différents types d'aérosols (poussières désertiques, pollution, fumées).

2.1.3. Mesures ballons

MicroRADIBAL est un radiomètre développé en 1998 à partir de l'instrument RADIBAL. Il mesure les luminances et luminances polarisées de 730 à 1620nm dans un plan horizontal depuis un ballon stratosphérique, ce qui permet de caractériser les aérosols dans une couche de l'atmosphère terrestre. Deux campagnes ont eu lieu à partir de Kiruna pendant l'été 2009 (STRAPOLETE) et au printemps 2011 (AEROWAV) en collaboration avec le LPCE, le LPMAA et le SA afin de caractériser la chimie et la dynamique de cette région pendant des périodes différentes.

2.2. Mesures depuis la surface

2.2.1. mesures en réseaux

L'équipe est impliquée dans deux services d'observations, le SNO/AERONET/PHOTONS (pilotage du SNO) et le NDACC (participation). Dans les régions où la communauté déploie des moyens exceptionnels lors de campagnes, le SNO accompagne cet effort en installant des stations complémentaires. Après AMMA et l'Afrique de l'Ouest, c'est dans le bassin méditerranéen (ChArMEx) que plusieurs stations AERONET ont été établies (Oujda/Maroc, Tizi Ouzou/Algérie et au Cap Corse). Les activités du service font l'objet d'une évaluation spécifique mais en ce qui concerne la composante scientifique il faut signaler la définition et la mise au point de deux types de photomètres de nouvelle génération, mesures polarisées et visée lunaire; les mesures polarisées étendues à 1.6µm plus riches permettent de mieux caractériser les aérosols à partir des nouveaux algorithmes actuellement utilisés en mode recherche; les visées lunaires étendent les acquisitions photométriques pendant la nuit et permettent d'étudier l'évolution des propriétés des aérosols sur 24 heures. Enfin, nous avions mentionné en 2008 la possibilité d'effectuer des mesures lidar





simultanément aux mesures photométriques et d'effectuer des inversions utilisant les deux jeux de données. Sans pouvoir parler de réseau, nous avons mis en place plusieurs instruments et avons développé des algorithmes d'inversion combinant différents niveaux d'information. Cette activité est menée en collaboration avec les participants au SOERE ORAURE et les responsables du réseau de lidars que Météofrance est en train de mettre en place. En Europe c'est dans le projet ACTRIS qui participe au soutien des réseaux AERONET et EARLINET (et également les mesures insitu du SO PAES) que cette synergie lidar et photomètre est développée avec des collaborations privilégiées entre le LOA, l'Espagne, l'Ukraine, la Roumanie et la Biélorussie.

En ce qui concerne la mesure de l'éclairement spectral UV du NDAAC, les deux instruments du LOA sont à l'Observatoire de Haute Provence et à Villeneuve d'Ascq. Un troisième spectroradiomètre UV vient d'être installé à l'OPAR (la Réunion) et est en cours d'homologation. Ces différents sites sont multi-instrumentés (lidar, photomètre, fluxmètre, pyrhéliomètre, etc) ce qui permet de disposer de différents types de mesures, même si l'équipement n'est pas identique pour les trois stations.

2.2.2. Sites instrumentés - station mobile

En plus de la mise en place d'instruments au sein du Service d'Observation, nous réalisons des mesures complémentaires sur deux sites qui correspondent à des écosystèmes très différents, le site de Villeneuve d'Ascq (VDA) que nous équipons d'instruments intéressant également la thématique « nuages » et le site de M'Bour qui, après la campagne AMMA, est resté équipé avec des mesures in-situ réalisées sous la responsabilité du laboratoire "Géosystèmes" (Université-Lille1). Photomètre, lidar, Fluxmètres, spectromètre UV, luminance-mètre IRT (8, 10 et 12µm), imageur, et pyrhéliomètre équipent le site de VDA alors que le site de M'Bour ne dispose pour le moment ni de mesures UV ni de mesures IRT. Le lidar multi-longueurs d'onde, Raman et polarisé (collaboration CIMEL/LOA/Université Moscou) mentionné en 2008 est en cours de finalisation; les phases de définition et de construction des différents éléments sont achevées, la phase d'assemblage va démarrer à l'automne 2013 et il sera implanté sur le site de VDA.

L'intérêt de combiner les mesures photométriques et lidar ayant été confirmé, nous avons mis en place une configuration instrumentale qui nous permet de réaliser ces deux types de mesures depuis un véhicule. Le concept a été validé lors de campagnes menées en région pour l'étude de la pollution industrielle (cadre IRENI) et lors de la campagne DRAGON organisée par la NASA en juillet 2011 pour étudier la pollution sur la côte Est des États-Unis.

2.3. Modélisation

Les activités ont tourné autour du modèle RAMS appliqué principalement aux aérosols minéraux. Avec le renforcement du groupe modélisation, nous avons pu continuer le couplage du modèle RAMS avec le code radiatif GAME pour caractériser l'effet radiatif des aérosols et démarrer plusieurs projets dont l'intégration du cadastre d'émission effectué au Laboratoire d'Aérologie pour les feux de biomasse. Enfin, nous avions annoncé le développement de modèles inverses pour remonter aux sources d'aérosols en utilisant les observations spatiales, principalement celle de l'A-Train. Cette action a finalement débuté courant 2013 et bénéficie du soutien du labex CaPPA.

3. PRINCIPAUX RESULTATS SCIENTIFIQUES

3.1. Aérosols et système climatique

L'estimation du forçage radiatif direct des aérosols requiert de connaître à l'échelle globale l'épaisseur optique en aérosols, l'albédo simple de diffusion et d'identifier le type d'aérosols (anthropique ou naturel). Avec le développement des nouveaux algorithmes, il a été démontré que PARASOL permettait d'atteindre ces paramètres ainsi que la réflectance des surfaces terrestres. Sur des jeux de données limités, la comparaison des valeurs retrouvées avec AERONET/PHOTONS est très satisfaisante. Nous sommes pour le moment confrontés à des problèmes de temps calcul pour traiter l'ensemble de l'archive PARASOL mais cette activité d'optimisation fait partie des priorités de l'équipe. De même, nous avons montré qu'à partir de PARASOL, il était possible de remonter à la quantité d'aérosols au-dessus des nuages ainsi que d'en identifier le type. Nous sommes ainsi proches de pouvoir produire une cartographie globale des aérosols (contenu, type, absorption, forme) y compris au-dessus des nuages et ainsi d'estimer directement les effets radiatifs associés ce qui, à notre connaissance, n'existe pas à partir d'observations spatiales à l'échelle globale. Nous avons également chiffré l'impact d'une telle couche sur la détermination des paramètres des nuages (altitude et rayon effectif).

Pour inverser les mesures spatiales et remonter aux caractéristiques physico-chimiques des aérosols, nous relions les paramètres radiatifs/optiques (Fonction de phase, Albédo de diffusion, Coefficient d'extinction) à la taille, la forme et l'indice de réfraction des particules via la théorie de Mie pour les particules sphériques ou la "T-Matrix" pour des sphéroïdes. Les procédures d'inversion utilisent une base de modèles sur laquelle l'optimisation entre mesures et simulations est réalisée. Cette bibliothèque de modèles est constituée à partir des inversions des mesures AERONET a priori plus "contraintes" mais nous avons mené des campagnes de terrain où les mesures in-situ (granulométrique, prélèvements sur filtre) étaient effectuées simultanément aux mesures de télédétection. Le lien entre grandeurs intégrées sur la colonne et mesures au sol reste un problème mais l'utilisation et l'inversion de mesures lidar (multispectrales, Raman, polarisées) permet d'en réduire les incertitudes. Signalons également la collaboration avec le laboratoire PC2A qui réalise des mesures des indices de réfraction en laboratoire des différents types d'aérosols. Tous ces travaux nous confortent dans notre objectif de caractériser très finement les aérosols, jusqu'à estimer leur composition, à partir de données de télédétection et de progresser dans l'étude des effets semi-direct et indirect. D'ailleurs, l'estimation des effets radiatifs semi-directs des aérosols (calcul du flux radiatif et du taux de





réchauffement - forçage radiatif journalier) dans le spectre solaire et IR thermique a été appliquée à des cas des campagnes AMMA et FENNEC (campagne dévolue à l'étude des poussières désertique à l'été 2011) afin d'étudier les liens entre la présence d'aérosols et les systèmes dynamiques en Afrique de l'ouest.

3.2. Variabilité & tendances

Les observations que nous utilisons et que nous avons pour certaines d'entre elles fortement contribué à mettre en place, ne couvrent pas des périodes de temps suffisamment longues pour mener à bien dès maintenant des études de tendances. Par contre, nous pouvons les utiliser pour remonter aux variations saisonnières et estimer la variabilité sur quelques années. Les 8 ans de données PARASOL ont ainsi été exploités sur plusieurs régions, la zone Méditerranée (cadre MISTRALS/CharMEX), l'océan Atlantique au large de l'Afrique (contexte AMMA), la Chine et l'Europe de l'Est. De même, les albédos de diffusion simple des aérosols retrouvés à partir de OMI de 2005 à 2007 ont été comparés de façon satisfaisante à ceux d'AERONET/PHOTONS sur la station de M'Bour au Sénégal. Leur analyse a ensuite montré des différences saisonnières nettes, notamment en hiver où les aérosols désertiques sont mélangés à des aérosols issus de feux de biomasse.

Pour l'Arctique et grâce à l'instrument μ RADIBAL embarqué sur les ballons stratosphériques du CNES, nous avons pu remonter à la nature et à la granulométrie de l'aérosol qui joue un rôle important pour la chimie de l'ozone et le bilan radiatif. Lors de la campagnes STRAPOLETE pendant l'été 2009, nous avons mis en évidence entre 28km et 32km la présence de particules absorbantes (particules solides telles les suies) relativement grosses (un rayon effectif r_{eff} de 0.6 μ m). Lors de la campagne AEROWAVE réalisée pendant l'hiver/printemps 2011, la présence de particules absorbantes a été confirmée mais avec une taille plus importante, r_{eff} = 1.5 μ m. Signalons que la campagne 2009 nous a permis de remonter aux propriétés et à l'évolution du panache d'aérosols sulfatés émis à l'époque (juin) par le volcan Sarychev vers 17-20 km et dont la taille était nettement inférieure avec r_{eff} = 0.16 μ m.

Grâce à l'équipement du site M'Bour, nous avons pu remonter aux propriétés radiatives des aérosols en fonction du type de mélange (interne ou externe) entre poussières et pollution/fumées et estimer l'impact radiatif correspondant. Les mesures in-situ et lidar sont en cours d'analyse pour relier les propriétés optiques aux origines des masses d'air. Sur le site de VDA, nous avons eu l'opportunité d'étudier les aérosols résultant de l'éruption du volcan Eyjafjallajökull, que ce soit d'un point de vue propriétés physiques (concentration en fonction de l'altitude) ou optiques (impact sur le rayonnement).

3.3. Cycle de l'aérosol - Observations et modélisation

Les développements récents tournent autour du couplage du modèle RAMS avec les modules de production d'aérosols minéraux (DPM) développé au Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques. Nos activités se sont également portées sur la validation des sorties de modèle pour le cas spécifique des aérosols d'origine désertique. Les mesures "IDDI" sont utilisées pour localiser les sources d'émissions. Les épaisseurs optiques (CHIMERE/RAMS) ont été comparées aux mesures AERONET ou à celles retrouvées depuis l'espace (MODIS/PARASOL). Le même exercice de validation est mené en ce qui concerne l'altitude du transport des panaches avec les mesures lidar de M'Bour ou les mesures spatiales Caliop/Calipso.

L'un des objectifs annoncés est de remonter, à l'échelle globale, aux sources d'aérosols et à celles de leurs précurseurs gazeux en utilisant la modélisation inverse et les mesures spatiales. Nous n'avons progressé que récemment et sommes encore dans une phase de développement. Pour la partie "modèle", nous avons choisi le modèle GEOS-CHEM de Harvard; il est maintenant implanté au laboratoire et nous sommes en train de développer le modèle inverse. Pour les données "aérosols", comme signalé dans le 3.1, nous nous proposons d'utiliser dans un premier temps les données de PARASOL qui permettent de bien caractériser la composante "aérosols" (contenu, type, etc.). Pour les précurseurs gazeux d'aérosols (CH_3OH , PAN, C_2H_4), nous mettons en place les algorithmes d'inversion pour différents instruments: METOP-IASI, TANSO-FTS, ACE-FTS et GOSAT.

Pour l'étude de l'évolution des propriétés physico-chimique au cours du transport (processus de vieillissement, d'oxydation, mélange, etc.) nous envisageons d'établir un lien entre la composition chimique des particules d'aérosols et leurs propriétés optiques à partir de mesures en laboratoire sur une grande gamme spectrale (cadre Labex CaPPA). Ensuite à partir d'un code de calcul des caractéristiques optiques et du rayonnement (polarisation, directionnalité), nous envisageons d'inverser les données satellitaires pour en déduire taille et composition chimique.

3.4. Aérosols: pollution - impacts

3.4.1. Ozone, Rayonnement UV, validation des mesures spatiales et prévisions Météo-France

La surveillance du rayonnement UV à la surface s'est poursuivie sur nos trois sites équipés de spectroradiomètres: l'Observatoire de Haute Provence, le site de Villeneuve d'Ascq et plus récemment l'OPAR à la Réunion. Le rayonnement UV est étudié en relation avec les variations temporelles de l'ozone (profil et colonne) ainsi qu'avec d'autres facteurs comme les variations des aérosols (profil, AOT et SSA). Ces mesures sol ont également été utilisées pour valider les estimations faites depuis l'espace à partir de OMI/Aura et GOME-2/METOP-A. Si on peut noter que les performances des deux capteurs spatiaux sont similaires, on constate une surestimation depuis l'espace même par ciel clair. Une des origines de ce biais a été identifiée, il provient de la non prise en compte de l'absorption des aérosols dans les algorithmes spatiaux. En ce qui concerne l'estimation de la colonne totale d'ozone depuis OMI/Aura, les mesures sol montrent qu'elle est tout à fait correcte par ciel clair mais moins bonne par ciel nuageux.

3.4.2. Pollution Particulaire - Rayonnement UV/Impact sur la santé:



La présence de particules fines dans l'air est un facteur de risques sanitaires et l'équipe s'implique dans l'évaluation des PM10 et PM2.5 depuis l'espace, plus particulièrement sur les sites instrumentés de M'Bour et Lille qui disposent de mesures in-situ et lidar. De même, nous poursuivons notre étude sur les liens "poussières /méningite" au Sahel (collaboration N. Martiny CRC-Dijon). Le rayonnement UV présente aussi un risque pour la santé et nous avons participé aux deux campagnes de mesures qui se sont déroulées du 8 septembre au 8 octobre 2008 et du 14 mai au 22 juin 2009 en Île de France dans le cadre du projet RISC-UV piloté par l'IPSL et soutenu par le GIS "Climat-Environnement-Société". Nous participons également à un GDRI avec l'Afrique du Sud (2011-2013, collaboration CSIR, Pretoria), région où le rayonnement est très intense et où les populations ont de fortes habitudes d'activités en extérieur.

3.4.3. Événements extrêmes:

Les émissions d'aérosols et de gaz du volcan Eyjafjallajokull ont fait l'objet d'une étude spécifique. Notre objectif était de remonter à la quantité de gaz injectée dans l'atmosphère, de caractériser le type d'aérosols (composition/taille) et de remonter à la concentration en fonction de l'altitude en utilisant l'ensemble des capteurs spatiaux (OMI, GOME, IASI, MODIS, PARASOL, CALIOP, etc.) à notre disposition et la modélisation méso-échelle. Si les distributions du SO_2 , du contenu total et du type d'aérosols peuvent être dérivées même au-dessus des nuages, la détermination des profils nécessite des mesures lidar simultanées. On rejoint ici les projets d'algorithme d'inversion de mesures photométriques et lidar simultanées (section 2.2.1).

4. PRODUCTION SCIENTIFIQUE: COURT RESUME

L'activité de recherche menée durant le présent contrat par les membres de l'équipe IAR a donné lieu à :

- 121 articles dans les revues internationales ou nationales avec comité de lecture,
- 33 conférences invitées,
- 130 communications avec actes ou sans actes
- 15 ouvrages scientifiques et ouvrages de vulgarisation,
- 6 thèses soutenues.

On trouvera la liste détaillée de la production scientifique du groupe en annexes 6 et la liste des thèses (soutenues et en cours) en annexe 7 de ce document.

II.A.2) GROUPE INTERACTIONS RAYONNEMENT-NUAGES (IRN)

Composition du groupe au 30 Juin 2013

Collège A :			
G. Brogniez	Pr. Lille1		
P. Dubuisson	Pr. Lille1 - Responsable du groupe		
F. Parol	Pr. Lille1 - Directeur du laboratoire		
J. Riedi	Pr. Lille1 (depuis Septembre 2011)		
Collège B:			
C. Cornet	MC Lille1		
M. Doutriaux-Boucher	MC Lille1 (en détachement depuis Septembre 2005)		
N. Ferlay	MC Lille1		
L. CLabonnote	MC Lille1		
G. Pénide	MC Lille1 (depuis Septembre 2011)		
O. Pujol	MC Lille1		
C. Vanbauce	MC Lille1		
. 4			
Doctorants ⁴ :			
M. Desmons	Doctorante Lille1 (début : janvier 2011)		
T. Fauchez	Doctorant Lille1 (début : novembre 2010)		
V. Louf	Doctorant Lille1 (début : octobre 2011)		
R. Nohra	Doctorante Lille1 (début : novembre 2012)		
ITA ⁵			
F. Thieuleux	IR/CNRS		

⁴ Trois thèses ont été soutenues de 2008 à 2012, (B. Marchand en 2009, S. Zeng en 2011, O. Sourdeval en 2012).

⁵ Plusieurs ITA/BIATSS des services de soutien à la recherche du laboratoire participent à des degrés divers aux activités de l'équipe IRN portant sur l'acquisition et l'analyse des mesures sol et aéroportées.





Contractuels/CDD:	
A. Holdak	FP6/EUCAARI et ESA/3MI (50%)
L. Mcharek	CNES/TOSCA (PARASOL)
M. Compiègne	CNES/TOSCA (ARTDECO)

BILAN DU GROUPE: Janvier 2008- Juin 2013

1. INTRODUCTION

Les nuages et la vapeur d'eau jouent un rôle essentiel dans le bilan radiatif de l'atmosphère. Une caractérisation précise de leurs propriétés optiques et radiatives est donc nécessaire afin de mieux modéliser et comprendre leurs effets sur le climat. C'est dans ce cadre que se situent les activités de l'équipe IRN; elles s'articulent autour des thèmes suivants:

- La modélisation précise du transfert radiatif, incluant des méthodes 1D rapides et utilisables à grande échelle ou des approches 3D plus réalistes tenant compte des hétérogénéités des nuages,
- La représentation des propriétés microphysiques et optiques des particules de glace sur l'ensemble du spectre électromagnétique.
- L'inversion des propriétés physiques des nuages et de la vapeur d'eau à partir de données de télédétection spatiale, aéroportées ou locale, qu'elles soient actives ou passives.
- Une meilleure représentation des nuages et de la vapeur d'eau dans les modèles, ainsi qu'une meilleure définition des produits nuageux inversés en vue de leur assimilation.

Une grande partie de nos activités s'est articulée autour de la mission A-train, qui a fédéré l'ensemble des membres de l'équipe IRN. Elles se sont traduites à la fois par l'exploitation des données de PARASOL pour l'étude des nuages et de la vapeur d'eau, en s'appuyant sur l'héritage et l'expérience de l'équipe acquise lors des missions POLDER-1 et POLDER-2, mais aussi par l'exploitation en synergie des instruments de l'A-train (POLDER, MODIS, CALIPSO, AMSR-E). Cette expérience s'est également traduite par la définition et la sélection de la future mission 3MI, portée par l'équipe (J. Riédi), qui assure à l'horizon 2020 une continuité des mesures polarisées et multidirectionnelles pour l'étude des aérosols et des nuages (projet transversal à l'ensemble du LOA). De même, le projet TOPASE (système d'observations jumelles polarimétriques), bien que non retenu, a été bien évalué lors de l'appel d'offre ESA EE8 et ce concept original a été de nouveau proposé lors de l'appel à idée au CNES début 2013. En parallèle, les récents recrutements ont permis de développer de nouveaux axes de recherche durant le présent contrat. Cela concerne notamment l'étude des systèmes précipitants par radar et ses implications sur l'aviation civile (O. Pujol) puis la modélisation des systèmes convectifs (G. Penide). Enfin, l'activité transfert radiatif (1D et 3D) reste une priorité de l'équipe. Elle a en particulier permis la mise en place de la banque de codes et données ARTDECO, qui sera mise à disposition de la communauté dès le début du prochain contrat via le Pôle ICARE.

Certaines actions n'ont cependant pas pu être réalisées ou ont été retardées. A titre d'exemple, l'exploitation des données de l'instrument aéroporté OSIRIS a été retardée pour des raisons techniques. Cependant, l'instrument est maintenant opérationnel et les vols réalisés lors des campagnes CHARMEX (juin-juillet 2013) permettront d'exploiter le potentiel de cet instrument durant le prochain contrat. Ce projet est important pour l'équipe car cet instrument est essentiel pour la préparation des futures missions spatiales telles que 3MI. De même, le projet d'acquisition d'un spectromètre à haute résolution spectrale n'a pas pu être réalisé étant donné le coût d'un tel instrument. Néanmoins, le budget semble maintenant assuré au travers du Labex CaPPa et l'équipe pourrait s'investir, à terme, dans l'exploitation des futurs spectres. Par contre, la campagne STACATO n'a pas pu être concrétisée, cette dernière ayant été annulée faute de soutien financier par le NERC anglais.

A l'inverse, afin de répondre à nos objectifs scientifiques, d'autres activités ont pu être initiées alors qu'elles n'étaient pas affichées au premier plan dans la prospective précédente. Il s'agit principalement des quatre points cidessous :

- La modélisation atmosphérique autour du code RAMS/BRAMS et les applications aux systèmes convectifs, suite au recrutement de G. Penide (septembre 2011).
- L'exploitation des mesures du lidar du LOA pour l'étude des cirrus. Cette activité vient d'être engagée (début de thèse de R. Nohra, fin 2012) et devrait se poursuivre en particulier avec l'utilisation du futur lidar multi-longueurs d'onde du LOA. Cela montre la volonté de l'équipe de mieux valoriser les données locales pour l'étude des nuages de glace.
- L'extension du code de transfert radiatif 3DMCPOL du LOA aux grandes longueurs d'onde, qui a permis une étude sur les effets des hétérogénéités nuageuses sur le rayonnement infrarouge thermique (thèse en cours de T. Fauchez, CNRS/DGA).
- La modélisation et l'étude du contenu en information des mesures à haute résolution spectrale sur le spectre solaire et thermique. Cette étude, menée en collaboration avec l'équipe IAR, montre le potentiel des





mesures de IASI ou GOSAT pour l'étude des aérosols. Ces codes et méthodes, développés dans l'équipe IRN, seront appliqués dans un futur proche aux nuages de glace.

Un résumé des activités de l'équipe IRN durant la période 2008-2013 est présenté ci-dessous pour les trois thèmes proposés lors de la précédente prospective.

2. ACTIVITES MENEES AU COURS DES 5 ANS ET PRINCIPAUX RESULTATS SCIENTIFIQUES

2.1. Modélisation du transfert radiatif

Dans le cadre de l'interaction rayonnement - atmosphère, le développement de modèles de transfert radiatif (TR) est incontournable. Au cours des cinq dernières années, l'équipe a développé et amélioré différents codes permettant le calcul des propriétés optiques des particules nuageuses et le calcul du transfert radiatif dans des atmosphères 1D ou 3D de l'ultraviolet à l'infrarouge thermique. Un des points majeurs concerne aussi le développement d'une base de données de codes de transfert radiatif et de propriétés optiques (ARTDECO).

Concernant les modèles de transfert radiatif 1D, nous avons adapté le code de transfert radiatif à haute résolution spectrale LBLDOM du LOA à la simulation de radiances mesurées par les capteurs IASI et GOSAT (Herbin et al., soumis). Le code LBLDOM a également été utilisé pour développer des paramétrages de l'absorption gazeuse (k-distributions) sur l'ensemble du spectre (0.2 à 50 µm). Ces paramétrages ont permis d'étendre le code de calcul GAME à l'infrarouge thermique et de permettre le calcul rapide des forçages radiatifs solaire et thermique des gaz et particules, à l'aide d'une modélisation à mésoéchelle, à travers des collaborations avec le Laboratoire d'Aérologie, l'Université de Barcelone et/ou l'INERIS (Péré et al., 2012 ; Sicard et al, 2012 ; Calvo et al., 2010 ; Mallet et al., 2009). De plus, une version du code rapide de simulation des radiances au sommet de l'atmosphère FASDOM (Dubuisson et al., 2008) est intégrée dans l'algorithme opérationnel de traitement des mesures de l'IIR/CALIPSO et a montré son efficacité pour l'inversion des propriétés des particules de glace (Garnier et al., 2012, 2013 ; Sourdeval et al., 2012, 2013 ; Penide et al., 2010). Enfin, des applications ont été réalisées en adaptant FASDOM aux capteurs POLDER, MODIS et SEVIRI (Riedi et al., 2010 ; Borde and Dubuisson, 2010; Doutriaux-Boucher and Dubuisson, 2009 ; Ferlay et al., 2010).

Les codes de TR 1D permettent des calculs rapides mais ne sont toujours pas suffisants pour représenter de façon réaliste les interactions nuages - rayonnement. Afin de tester les limites du TR 1D, nous avons développé un code de TR3D Monte-Carlo, 3DMCPOL, permettant le calcul des luminances totales et polarisées dans des atmosphères nuageuses tridimensionnelles (Cornet et al., 2010; Kokahnovsky et al., 2010). Afin de simuler les mesures de IIR, ce code a ensuite été étendu à l'infrarouge thermique en incluant les sources d'émission et la prise en compte de l'absorption gazeuse (Fauchez et al., soumis). D'autre part, nous avons débuté le développement d'un code de simulation du signal lidar polarisé en 3D s'appuyant sur les routines de 3DMCPOL, en collaboration avec le LAMP.

Le développement de codes de TR nécessite une amélioration de la prise en compte des propriétés optiques des nuages en particulier pour les nuages de glace. Pour ce faire, la méthode GOM (Geometric Optics Method) a été adaptée à des cristaux de forme hexagonale (Thèse B. Marchant). La méthode RBRI (Ray By Ray Integration Algorithm) permet, en plus, de traiter le cas des longueurs d'onde du même ordre de grandeur que la dimension des cristaux autorisant l'étude des propriétés optiques dans l'infrarouge thermique. Nous avons aussi revu et traité de manière exacte la diffraction de Fraunhofer des cristaux de glace aléatoirement orienté (Pujol et al., 2012). Enfin, les effets de la troncature de la fonction de phase en polarisation ont été quantifiés grâce au développement d'un modèle de Monte-Carlo 1D direct (Compiègne et al., 2012).

Un des points forts de ce thème concerne la mise en place de ARTDECO (Atmospheric Radiative Transfer Database for Earth Climate Observation), banque de codes de transfert radiatif et de données optiques englobant différentes ressources utilisées pour le calcul du transfert radiatif 1D (scalaire et vectoriel) de l'UV à l'IR thermique (financement TOSCA/CNES). Cette banque inclut des codes de transfert radiatif 1D (Ordonnées discrètes, Adding-Doubling, Monte-Carlo) et des méthodes de correction de radiances; des modèles microphysiques pour le calcul des propriétés optiques des particules atmosphériques; des méthodes de troncature de la matrice de phase; des modèles de réflectance de surface (e.g. surfaces océaniques) et des profils de propriétés de gaz (e.g. profils de McClatchey). L'objectif de ce projet est en particulier de pérenniser les outils développés au LOA et de les mettre à terme à la disposition de la communauté via le Pôle ICARE.

2.2. Etude des propriétés nuageuses à l'échelle globale

Les activités de ce thème concernent l'observation à l'échelle globale des propriétés de la couverture nuageuse et de la vapeur d'eau afin de :

- décrire leurs variabilités et leurs différents cycles ;
- comprendre et quantifier leur impact sur le bilan radiatif de la planète ;
- analyser les liens entre les propriétés nuageuses et la vapeur d'eau, les conditions dynamiques et thermodynamiques de l'atmosphère et les aérosols;
- comprendre et décrire les processus microphysiques gouvernant le cycle de vie des nuages.

Au cours des 5 dernières années, l'expérience A-Train a constitué un élément central dans les capacités d'observation spatiale de l'atmosphère et a donc concentré une partie importante de nos activités. Ce jeu de données inédit a conduit notamment au développement des analyses multicapteurs pour la caractérisation de la microphysique (Zhang et al, 2009; Riedi et al, 2010; Tietze et al, 2011; Zeng et al, 2012; Cole et al, 2013; thèse S. Zeng, 2011) ou de la





structure macrophysique des nuages (Ferlay et al, 2010, Desmons et al, 2013). De la même manière, l'analyse et l'intercomparaison des statistiques issues de différentes missions ont permis de mieux caractériser la variabilité de la couverture nuageuse à l'échelle globale (Plana-Fattori et al, 2010; Zeng et al, 2011), contribuant ainsi à l'établissement d'une description climatologique indispensable pour la compréhension de la variabilité climatique (Stubenrauch et al, 2013) et l'évaluation des modèles (Chepfer et al, 2009). Parallèlement la richesse et la complexité des données ont orienté les méthodes d'inversions vers des techniques reposant sur l'estimation optimale plus à même de prendre en compte la variété des informations disponibles et des erreurs associées (Sourdeval et al, 2013; thèse O. Sourdeval, 2012).

Ces travaux ont été souvent intégrés dans des projets internationaux visant à mieux caractériser les climatologies de nuages existantes (exercice du GEWEX Cloud Assessment) ou à améliorer les algorithmes de restitution (Projet CREW - Cloud Retrieval Evaluation Workshop). De manière ponctuelle mais néanmoins importante, la validation des méthodes et des produits restitués a pu également reposer sur les campagnes de mesures (CIRCLE - Sourdeval et al, 2012).

L'expertise développée dans le cadre de l'étude des nuages a également été valorisée au travers d'études transverses mêlant l'observation des propriétés des aérosols en ciel clair (Dubuisson et al, 2009 ; Bernard et al, 2011) ou en ciel nuageux (Waquet et al, 2009 et 2013 ; Dubuisson et al, 2013) ainsi que l'étude de leurs interactions avec les nuages (Tietze et al, 2011).

Plus récemment, nous avons également cherché à redévelopper nos capacités d'observations de la vapeur d'eau en revisitant la méthode d'inversion utilisée pour les données POLDER et en comparant ce produit à ceux dérivés d'autres capteurs opérant dans des gammes de longueurs d'ondes différentes (micro-ondes, IR thermique - Riedi et al, 2012). Ce travail est complété par des analyses plus ciblées à partir de sites instrumentés pour proposer une méthodologie multi-capteurs pour l'observation du profil de vapeur d'eau troposphérique à haute résolution spatiale (thèse en cours de V. Louf).

De manière plus prospective, des travaux ont été entamés pour décrire le cycle de la vapeur d'eau (Louf et al, 2013) ainsi que l'évolution à haute résolution temporelle des propriétés des nuages en mettant à profit les capacités des missions météorologiques opérationnelles. C'est ainsi que les algorithmes d'inversion des propriétés nuageuses utilisés pour le traitement des données MODIS ont été adaptés pour l'inversion des observations du capteur SEVIRI / MSG et mis en production au sein du CGTD ICARE. Ces nouvelles observations permettront d'aborder par le biais de l'analyse temporelle, la question de l'étude de certains processus comme celui de la glaciation des nuages convectifs ou du déclenchement des précipitations en lien avec les propriétés microphysiques observées au sommet des nuages.

Enfin, l'ensemble de nos travaux et de l'expertise acquise par l'équipe a été mis à profit dans le cadre de la préparation de futures missions spatiales d'observations que ce soit au niveau de la préparation (SGLI/GCOM-C), de la définition (3MI/EPS-SG; PACE) ou par la proposition de nouveaux concepts d'observation (proposition TOPASE à Earth Explorer 8 de l'ESA et tout récemment au CNES).

2.3. Etude des structures nuageuses tridimensionnelles

L'équipe IRN a poursuivi des travaux afin d'étudier les structures nuageuses tridimensionnelles, précipitantes ou non. Il s'agit ici de porter l'attention sur la complexité de ces structures en ce qu'elles affectent la caractérisation des nuages par télédétection, ainsi que leurs effets radiatifs, et en ce qu'elles sont associées à des processus physiques que l'on souhaite caractériser et identifier. Ces études reposent sur l'utilisation de mesures réalisées essentiellement depuis les satellites mais également au sol, conjointement à la simulation numérique des scènes nuageuses et de leurs observables.

Une première catégorie de travaux a concerné l'effet des hétérogénéités nuageuses sur l'analyse de quantités radiatives résultant de l'interaction nuage/rayonnement et sur les propriétés nuageuses restituées dans l'hypothèse classique du nuage plan-parallèle. Il a été montré que les effets radiatifs dits « 3D » sur les luminances visibles polarisées réfléchies par les cirrus et les nuages d'eau liquide sont moindres que sur les luminances totales (Cornet et al 2012). Cependant, à petite échelle, les luminances polarisées peuvent augmenter significativement en bord de nuage (Cornet et al, 2010) et les variabilités nuageuses sous-pixel peuvent impacter les inversions utilisant les mesures polarisées (Waquet et al, 2013). Des études ont également analysé les effets radiatifs 3D sur les températures de brillance dans le cas de nuages de glace (Fauchez et al., 2012, col. LAMP et LATMOS).

Par ailleurs, l'exploitation des mesures POLDER dans la bande A d'absorption du dioxygène s'est poursuivie pour mieux caractériser les propriétés macrophysiques des couvertures nuageuses. Nous avons montré, à partir de simulations du signal radiatif et de l'exploitation des données POLDER3/PARASOL, l'intérêt d'exploiter le caractère multiangulaire des mesures POLDER pour mieux estimer l'altitude des nuages et avoir accès à leur épaisseur géométrique (Ferlay et al., 2010). L'exploitation intensive des données POLDER3/PARASOL colocalisées avec les capteurs lidar et radar de l'A-Train a conduit à l'élaboration de nouveaux produits POLDER, en cours de validation (Desmons et al., 2013), caractérisant verticalement les atmosphères nuageuses (pressions de milieu et sommet de couche, extension géométrique nuageuse, détection de situations mono/multicouches), ce qui est une nouveauté pour un capteur satellite passif (thèse de M. Desmons).

Une dernière catégorie de travaux a concerné l'étude et l'identification de systèmes précipitants et convectifs. Ces travaux ont mené au développement d'un simulateur d'observations radar aéroportées (Pujol et al., 2009) puis à la comparaison détaillée des apports des différentes bandes de fréquences micro-onde pour observer au mieux les systèmes précipitants (Pujol et al., 2012; Louf et al., 2013). Ils ont conduit à la mise au point d'algorithmes d'évaluation du danger météorologique pour l'aviation civile associé à la convection intense (3 brevets THALÈS



déposés). Enfin, une activité a concerné la modélisation mésoéchelle des systèmes convectifs et de leurs observables micro-ondes et infrarouges. Ces simulateurs permettent l'identification de processus microphysiques et l'amélioration de leurs paramétrisations (Pujol et al., 2011; Penide et al., 2010). Parallèlement, l'exploitation statistique d'observations sol micro-ondes a permis l'étude de la variabilité des propriétés macro- et microphysiques des systèmes convectifs afin d'améliorer leurs paramétrages dans les modèles (Penide et al., 2013).

3. PRODUCTION SCIENTIFIQUE: COURT RESUME

L'activité de recherche menée durant le présent contrat par les membres de l'équipe IRN a donné lieu à :

- 55 articles dans les revues internationales ou nationales avec comité de lecture,
- 10 conférences invitées,
- 77 communications avec actes ou sans actes
- 7 ouvrages scientifiques et ouvrages de vulgarisation,
- 3 thèses soutenues.

On trouvera la liste détaillée de la production scientifique du groupe en annexes 6 et la liste des thèses (soutenues et en cours) en annexe 7 de ce document.

II.B) Rayonnement et attractivité académiques⁶

II.B.1) GROUPE INTERACTIONS AEROSOLS - RAYONNEMENT (IAR)

Il est intéressant de noter le nombre significatif d'articles co-signés avec des chercheurs étrangers, 99 sur les 108 de l'équipe IAR proprement dite, 8 articles ayant été publiés en commun avec l'équipe IRN et 5 par des chercheurs avant leur arrivée au laboratoire (total de 121). La reconnaissance internationale de nos activités est mise en valeur par les 33 communications invitées et la diffusion de nos résultats auprès de la communauté scientifique par les 130 communications de l'équipe (y compris celles en commun avec l'équipe IRN) dans des congrès ou workshops internationaux, avec ou sans actes. Nous avons également participé à la rédaction de différents ouvrages, livres ou rapports internationaux (édition d'un ouvrage et participation à la rédaction de 6 de ses chapitres, rédaction d'un chapitre dans deux autres ouvrages, rapport NATO et brochure décrivant la mission TRAQ présélectionnée par ESA pour EE-6), édition de numéros spéciaux de revues scientifiques ("Atmospheric Chemistry and Physics" et "Atmospheric Measurement Techniques", "Journal of Geophysical. Research"). Nous participons également à deux comités éditoriaux de revues scientifiques: (i) Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, Elsevier Ltd, et (ii) Atmospheric Measurement Techniques, European Geophysical Union (EGU), Copernicus Publications.

Nous avons contribué à l'animation scientifique en organisant plusieurs colloques (2) ou en participant à leur organisation (3). Cette visibilité a renforcé notre attractivité, ce qui nous a permis de recruter de jeunes chercheurs extérieurs au laboratoire (un seul recrutement interne sur les quatre effectués depuis 2008), d'accueillir six post-doctorants (dont cinq étrangers) et d'attirer des doctorants d'autres universités (sur les 13 étudiants qui ont ou vont passer leur thèse, huit ne sont pas issus du M2 lillois dont quatre sont en cotutelle avec des universités étrangères). Par ailleurs, nous avons accueilli pour des séjours supérieurs à un mois 5 chercheurs en tant que Professeurs invités (Allemagne, Biélorussie, Chine, États-Unis et Russie) et en tant que stagiaires, 3 doctorants étrangers (Algérie, Chine et Ukraine).

Les différents projets mentionnés dans la partie A ont fait l'objet de soutien avec 6 contrats au niveau européen (3 auprès de l'ESA, 1 auprès du FP-6 et du FP-7 et 1 auprès de EUMETSAT), une dizaine au niveau national (propositions LEFE/INSU et TOSCA/CNES), 2 à l'ANR "blanche", 5 au niveau régional et local (BQR ou CPER) et enfin un au PIA (Labex CaPPA). Nous assurons le pilotage du SNO PHOTONS/AERONET et la coordination du SOERE ORAURE (Observations en Réseaux des Aérosols à Usage de Recherches Environnementales) labellisé par l'alliance ALLENVI et contribuons également au SNO/NDAAC.

Enfin, deux membres de l'équipe ont reçu des distinctions internationales: Oleg Dubovik a été élu "AGU fellow" en 2010 et Fabien Waquet a reçu le "JQSRT Peter C. Waterman Award : Scattering and Remote Sensing" en 2013.

II.B.2) GROUPE INTERACTIONS RAYONNEMENT-NUAGES (IRN)

Plusieurs membres de l'équipe sont responsables ou partenaires de projets nationaux (principalement PNTS, LEFE, TOSCA/CNES, R&T CNES) ou européens (projets ESA, FP7/HAIC). Plus particulièrement, l'implication de l'équipe dans la préparation de la mission spatiale 3MI ou la réponse à l'appel d'offre ESA/EXPLORER/COM-3/EE-8 (projet TOPASE) ont permis de renforcer nos partenariats industriels (notamment ASTRIUM, HYGEOS) et nos collaborations avec des laboratoires nationaux (LaMP, LATMOS, LMD, CNRM) ou internationaux (FUB, KNMI, NASA/GSFC, JPL, MetOffice, etc.). Parallèlement, les activités liées au transfert radiatif 1D et 3D, activités majeures et transversales au LOA, telles que le développement de codes, les exercices internationaux d'intercomparaisons de codes ou la mise en place de la base

⁶ Voir détail en annexe 6



de codes ARTDECO disponible pour la communauté, contribuent au rayonnement de l'équipe et du laboratoire. Au niveau national, l'équipe s'est directement impliquée dans l'élaboration et la mise en place du Labex CaPPa, en particulier par sa participation au pilotage du Labex et sa coresponsabilité du workpackage WP5. Les membres de l'équipe ont participé de façon très active à l'organisation de l'ELS-XIV 2013 à Lille et du workshop international « Observations and modeling of aerosol and clouds properties for climate studies » en septembre 2011 à Paris. Certains membres sont également impliqués dans des comités de rédaction de journaux, des groupes d'experts internationaux de missions spatiales (3MI, PACE, GLORY, GCOM-C, CALIPSO) et des comités nationaux (PNTS, CNES-TOSCA, CNU, CSTA, SIRTA, etc.). Enfin, il est intéressant de noter que la moitié des personnels recrutés dans l'équipe sont extérieurs à l'Université Lille 1 et que le nombre de doctorants au sein de l'équipe IRN a augmenté durant ces dernières années, ceci malgré un contexte difficile en physique en matière de recrutement d'étudiants en thèse. Les docteurs ayant obtenu leur thèse ces dernières années ont tous poursuivi par un post-doc à l'étranger.

II.C) Interactions avec l'environnement social, économique et culturel⁷

II.C.1) GROUPE INTERACTIONS AEROSOLS - RAYONNEMENT (IAR)

Plusieurs membres de l'équipe sont impliqués dans des programmes internationaux (IAMAS/IRC) et participent à des groupes missions d'expériences spatiales actuelles ou futures (NASA/PACE, 3MI/EUMETSAT/ESA, responsabilité scientifique de l'expérience spatiale PARASOL/A-Train). Nous sommes également impliqués dans l'évaluation de la recherche au niveau national: (i) participation au conseil national des universités (CNU) et à divers comités de sélection en 37^{ème} section (Lille, Paris VI), (ii) participation à des comités scientifiques (API-AMMA, IPSL, ChARMEX, SO/SOERE) ou (iii) comités d'évaluation de laboratoire (LISA, LMD). Indiquons aussi notre participation à la commission du personnel et de la commission des finances de l'UFR de Physique.

L'implication des membres de l'équipe dans la mise en place d'enseignements permettant de sensibiliser les étudiants aux problèmes environnementaux est importante: direction des études doctorales pour la filière OLPCA (Optique et Lasers, Physico-Chimie, Atmosphère), implication dans trois modules de M2 (Spécialité Lumière-Matière), participation à la commission des Etudes de l'UFR de Physique. D'autres actions à vocation pédagogique ont également été menées: conférences pour élèves de seconde (Atmosphère et Climat: vers la compréhension du fonctionnement du climat global, UFR de Physique, 2011) et développement d'un photomètre (Calitoo) à destination des scolaires dans le cadre du programme international éducatif et scientifique GLOBE (Collaboration avec la société TENUM/Toulouse et le CNES). En parallèle, nous avons mené des actions de valorisation à destination de différents publics: participation à des événements comme la "nuit des chercheurs" ou la "fête de la science", interview dans le cadre d'une émission « podcast » de « ciel et espace radio », rédaction dans des revues grand public (Rédaction d'une brochure sur l'UV à l'attention des pharmaciens, articles dans la revue "La météorologie" ou les éditions du CNRS).

Enfin, il faut mentionner les partenariats avec deux entreprises; la société CIMEL/France pour le développement instrumental (photomètre/lidar) et la société CATALYSTS/Autriche pour le développement algorithmique.

II.C.2) GROUPE INTERACTIONS RAYONNEMENT-NUAGES (IRN)

Les réalisations de l'équipe ont permis de nouer des relations étroites avec l'environnement socio-économique, en particulier au travers des projets de missions spatiales ou des développements algorithmiques. En particulier, les réponses aux appels d'offres concernant les missions 3MI ou TOPASE ont amené des collaborations avec des partenaires non académiques pour la définition technique des instruments et des algorithmes, notamment avec les sociétés ASTRIUM (pour la définition de l'instrument) ou HYGEOS et CS (pour l'algorithmie). De plus, le développement et l'entretien d'un radiomètre infrarouge thermique (CLIMAT) nécessitent des relations régulières avec la société CIMEL, ainsi qu'avec l'UMS SAFIRE pour sa version aéroportée. De même, trois brevets ont été déposés avec la société THALES sur la mise au point d'algorithmes d'évaluation du danger météorologique pour l'aviation civile associé à la convection intense, en lien avec l'évaluation des risques sur la sécurité aérienne. Enfin, des travaux sont en cours sur l'évaluation de l'impact radiatif des gaz réfrigérants à partir des codes du LOA, avec pour objectif de définir de nouveaux gaz à faibles pouvoir de réchauffement. Cette étude (F3PRG) est réalisée sous financement de l'ADEME, dans le cadre d'un consortium CNAM, LISA, LOA et les sociétés IMMOSTEF et PROCESSIUM. Parallèlement, les développements algorithmiques réalisés dans le cadre des missions spatiales, telles que PARASOL, MODIS, SEVIRI ou MERIS, ont abouti à la production de données relatives aux nuages et à la vapeur d'eau, disponibles pour la communauté via le pole ICARE. Ces travaux ont été réalisés en partenariat avec le pôle ICARE et des sociétés telles que HYGEOS. L'équipe s'est également impliquée régulièrement dans des opérations de valorisation de la science auprès du grand public, en particulier lors des journées de la fête de la science. Cela s'est traduit par l'accueil d'élèves (primaire et secondaire) au laboratoire, des exposés sur la thématique du changement climatique et des ateliers pour présenter des expériences simples aux élèves d'école primaire. Ces actions sont généralement menées en lien étroit avec nos activités d'enseignement, en particulier dans le cadre de la formation des Professeurs des

⁷ voir détails en annexe 6 Vague E : campagne d'évaluation 2013 - 2014



Ecoles (PE) et de la licence professionnelle ER2E (Energies Renouvelables et Efficacité Energétique) dans lesquelles les membres de l'équipe sont fortement impliqués.



III. Implication de l'unité dans la formation par la recherche

III.A) L'enseignement dispensé par les membres du laboratoire

Comme indiqué en section I de ce document, le laboratoire est une composante de l'UFR de Physique de l'université Lille1. A ce titre, les enseignements effectués par les membres du laboratoire sont principalement dispensés dans des matières « fondamentales » (Physique mais aussi Informatique) en Licence et Master ainsi que dans des matières thématiques, propres ou connexes aux spécialités du laboratoire. Les enseignements généraux de Physique et d'informatique sont principalement effectués en Licence. Les disciplines spécialisées dans les sujets de recherche du laboratoire sont majoritairement dispensées en Master et plus marginalement en licence. On notera qu'un enseignement sur les bases de la physique de l'atmosphère est dispensé en 1^{ere} année de la licence de Géologie.

Les membres du laboratoire interviennent majoritairement dans le Master Sciences et Technologie mention « Physique » de Lille1, et plus particulièrement dans le parcours recherche de la spécialité « Lumière-Matière » de ce master. En 2008 les collègues du laboratoire se sont investis dans la création d'une nouvelle filière de formation au niveau master 2 qui est depuis proposée dans le Master mention « Physique ». Cette filière « physique de l'atmosphère et de l'océan » conçue en collaboration avec les collègues du LOG (ULCO et Lille1) est davantage orientée vers l'étude du transfert du rayonnement dans le système océan - atmosphère et les applications de la télédétection pour l'observation de la Terre. Les compétences et savoir-faire acquis par les étudiants sortant de cette filière d'enseignement sont un atout majeur pour poursuivre une activité de recherche dans notre laboratoire. Les disciplines qui sont enseignées en master par les membres du laboratoire sont la Physique de l'atmosphère, le Transfert Radiatif, le Climat et son évolution, la Météorologie, la Physico-Chimie de l'atmosphère, la Télédétection. Certains membres du laboratoire contribuent également à l'enseignement d'une UE intitulée « Traitement du signal et des données » en y apportant leurs compétences en traitement des données spatiales. Par ailleurs un cours sur « l'effet de serre et l'évolution du climat » est enseigné depuis plus de 8 ans dans le parcours professionnel de la

Certains membres du laboratoire contribuent également à l'enseignement d'une UE intitulée « Traitement du signal et des données » en y apportant leurs compétences en traitement des données spatiales. Par ailleurs un cours sur « l'effet de serre et l'évolution du climat » est enseigné depuis plus de 8 ans dans le parcours professionnel de la spécialité « Veille Stratégique et Intelligence Industrielle » du Master « Physique » de Lille1. Un second cours du même type a été enseigné en master 1^{er} année à Lille3 (spécialité : Gestion et Protection de l'environnement) jusqu'en 2011 année de fermeture de ce master. La quasi-totalité des supports de cours de master (mais aussi de licence) sont mis à disposition des étudiants sur la plateforme pédagogique Moodle de l'université Lille1. Le laboratoire achète régulièrement des livres spécialisés qui peuvent répondre aux besoins des étudiants en stage et les met à leur disposition dans sa bibliothèque propre.

Le volume global des heures d'enseignement effectuées par les membres du laboratoire dans les disciplines spécialisées reste faible puisqu'il représente environ 400 hETD/an pour un volume total enseigné de l'ordre de 3500 hETD/an. Ceci est dû à la conjugaison de deux facteurs : (a) d'une part, la désaffection des étudiants pour les matières scientifiques « dures », comme la Physique, depuis maintenant plus d'une dizaine d'années ; (b) d'autre part, plusieurs de ces matières spécialisées sont dispensées en tant qu'options (UE de spécialité) dans le Master de Physique de Lille1. Néanmoins, afin d'élargir le potentiel d'étudiants susceptibles de suivre ces unités, elles sont proposées également dans le panel des UE de l'Ecole Doctorale à laquelle est rattaché le laboratoire (ED 104, Science de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement). Afin de favoriser le suivi des doctorants, les laboratoires d'accueil de l'ED sont regroupés par filière, en fonction de leur thématique de recherche. Le LOA est associé à la filière « Optique et Lasers, Physico-Chimie, Atmosphère »

Début 2013 le groupe formation du Labex CaPPA, auquel est associé le LOA, a travaillé à la création d'un nouveau parcours de M2 dans le domaine des sciences de l'environnement. Ce parcours international intitulé « Atmospheric Environment » sera proposé à la fois dans les masters mention Physique et mention Chimie de Lille1 dès septembre 2013. Il sera proposé en spécialité dans la nouvelle habilitation de 2015. Les enseignements seront tous effectués en anglais. Trois UE de cette nouvelle spécialité sont sous la responsabilité de membres du LOA (voir section suivante). Le groupe formation de CaPPA a en perspective de demander un label Erasmus Mundus pour cette filière de master.

III.B) Les responsabilités d'enseignement (UE et Administration)

De nombreux membres du LOA sont responsables d'Unités d'Enseignement dans les Licences et Masters dans lesquels ils interviennent, ce qui leur permet de jouer un rôle moteur dans le développement des enseignements scientifiques de Lille1. D'autres jouent aussi ce rôle important en acceptant des fonctions d'administration et de gestion de l'enseignement qui sont souvent consommatrices de temps.

Le tableau ci-après donne la liste des responsabilités occupées en master et à l'ED par les enseignants-chercheurs du laboratoire ces dernières années (*en italique* les modules et responsabilités de la nouvelle filière « Atmospheric Environment »)



Responsables d'UE de master

Enseignant-Chercheur	Niveau de formation	Intitulé court de l'UE
G. Brogniez	Master 1	Processus physiques dans l'atmosphère
F. Parol	Master 1	Interactions Lumière-Matière
C. Brogniez	Master 2	Physico-Chimie de l'atmosphère
P. Dubuisson	Master 2	Transfert Radiatif dans l'atmosphère
P. Goloub	Master 2 et ED	Télédétection pour l'observation de l'atmosphère
F. Parol	Master 2 et ED	Evolution du climat
J. Riedi	Master 2 et ED	Méthodes physiques en Télédétection
C. Brogniez	Master 2 international	Physics and chemistry of the atmosphere
P. Dubuisson	Master 2 international	Radiative transfer in the atmosphere
P. Goloub	Master 2 international	Observing systems for atmospheric composition charact

Fonctions d'administration et de gestion

Enseignant-Chercheur	Niveau de formation	Responsabilité
C. Brogniez	Doctorat	Membre du Conseil de l'Ecole Doctorale
P. Dubuisson	Master 2 international	Assistant coordinateur de la spécialité

De nombreux enseignants-chercheurs du laboratoire assument par ailleurs des fonctions de gestion lourdes comme la responsabilité de mention de licence, la direction des études, l'organisation des Travaux Pratiques ou la gestion les emplois du temps d'enseignants-chercheurs des grosses UE de Licence (voir annexe 6)

III.D) L'accueil d'étudiants stagiaires, les thèses soutenues et en cours

Le LOA reçoit tous les ans un nombre conséquent de stagiaires de différents niveaux, du Master 2 aux classes de collèges, en passant par les niveaux 2 et 3 de Licence. Les stagiaires de M2 sont majoritairement des étudiants de Lille1 mais proviennent aussi d'autres masters (Master « Climat et Environnement » de l'UPMC, Paris VI, par exemple, ou masters étrangers). De façon plus épisodique, le LOA reçoit aussi en stage de courte durée (1 semaine) des étudiants de l'Ecole de Journalisme de Lille. Dans le cadre de leur formation en deuxième année d'IUT, le LOA reçoit également des étudiants stagiaires en fin de DUT (informatique et ou mesures physiques) qui sont, en général, encadrés par les ingénieurs du laboratoire.

Ces dernières années, le laboratoire a accueilli en moyenne 2 à 3 stagiaires de M2 et 6 stagiaires d'autres niveaux par an. Ces chiffres sont très similaires a ceux du précédent contrat. Conformément à la politique mise en place à Lille1, les étudiants stagiaires de Lille1 qui effectuent leur stage au laboratoire dans le cadre de leur formation ne sont pas rémunérés. Par contre le laboratoire rémunère les autres stagiaires de formations du supérieur sous forme de gratifications.

Le taux d'encadrement des thèses au laboratoire a légèrement diminué ces dernières années avec le départ à la retraite de plusieurs Professeurs et le recrutement de très jeunes chercheurs. Actuellement seuls 9 membres du laboratoire sont habilités à encadrer des thèses. Comme nous l'avions souligné lors de la rédaction du projet de l'unité en 2008, la situation des recrutements de stagiaires de master et de doctorants était préoccupante. Le nombre de thèses soutenues durant la période 2005-2008 avait diminué par rapport au précédent quadriennal. Il est clair que pour assurer son équilibre le laboratoire doit pouvoir disposer d'un flux raisonnable d'étudiants. Cependant, comme c'est le cas pour la plupart des laboratoires de province, le principal problème réside évidemment dans l'affaiblissement des effectifs étudiants dans le Master auguel est rattaché le LOA. Durant le présent contrat le nombre de stagiaire de M2 Lillois s'est maintenu, probablement en partie du fait de la meilleure visibilité des activités du laboratoire dans la nouvelle filière du master de Physique.

Le nombre de doctorants a augmenté légèrement passant de 2 à 3/an en moyenne. 11 thèses sont en cours et tous les étudiants ont signé un contrat doctoral. Ils bénéficient tous d'un financement, même si on peut regretter que le montant de certaines allocations de recherche restent trop modestes. C'est le cas notamment des financements octroyés par les ambassades pour des thèses en cotutelle. Dans ce type de situation le laboratoire soutient financièrement l'étudiant lors de son séjour au laboratoire. Il faut souligner que le LOA accueille aujourd'hui plus de doctorants étrangers que par le passé.

Le laboratoire s'engage également à soutenir les doctorants qui, pour des raisons justifiées, ne réussissent pas à terminer leur thèse en trois ans. Dans certains cas cela passe par le soutien à l'obtention d'un poste ATER à l'UFR de Physique. Dans de nombreux cas c'est le laboratoire qui soutient financièrement l'étudiant jusqu'à sa soutenance afin de terminer sa thèse dans de bonnes conditions.

A leur arrivée dans le laboratoire, l'ensemble des stagiaires de M2 et les jeunes doctorants bénéficient d'une formation de base et d'un appui technique en informatique si nécessaire. La laboratoire finance des cours de français à tous les doctorants étrangers afin de faciliter leur intégration. Si possible, ils participent à un colloque, un symposium, une école, une fois par an et sont encouragés régulièrement à présenter leur travail lors de séminaires au laboratoire ou à l'extérieur. Par ailleurs une journée des doctorants est organisée par l'Institut de l'Environnement, Vague E: campagne d'évaluation 2013 - 2014



l'IRePSE, une fois par an. Les doctorants du laboratoire sont invités à y présenter leurs résultats et ainsi à échanger avec les chercheurs d'autres disciplines. L'insertion des jeunes docteurs après leur thèse est encouragée en les incitant à participer aux Doctoriales qui sont organisées annuellement par Lille1. Ceux qui décident de poursuivre par un postdoctorat afin de s'intégrer in fine dans la recherche académique bénéficient des réseaux de recherche des membres du laboratoire.

L'obligation de comité de thèse a disparu au sein de l'Ecole Doctorale depuis plusieurs années, mais suite à deux abandons de thèse dans la période 2005-2008, le laboratoire s'était engagé à assurer un suivi des doctorants via des comités internes. Cela a été mis en place en 2011-2012 pour les thèses en cours. A partir de 2013 pour les trois nouveaux doctorants nous avons décidé d'adopter des Comités de thèse plus classiques avec participation de deux membres extérieurs.

En annexe 7 on trouvera la liste des thèses soutenues au laboratoire durant les cinq dernières années ainsi que les thèses en cours. 10 thèses ont été obtenues durant la période ainsi que 2 HDR. On notera que la majorité des thèses a été soutenue en moins de 3 ans et 4 mois. Pour ces thèses, le devenir du docteur est précisé lorsque la situation est connue.

IV. Stratégie et perspectives scientifiques pour le futur contrat

IV.A) Objectifs et orientations scientifiques pour la période 2015-2019

Les grandes lignes d'orientation scientifiques du LOA sont le résultat d'échanges et de discussions qui ont eu lieu au laboratoire au début de l'année 2013. Elles ont été finalisées au cours d'un séminaire qui a réuni l'ensemble des personnels de l'unité en mai 2013. Le laboratoire a décidé de maintenir la structuration actuelle en deux équipes scientifiques, l'équipe IAR dont l'animation sera assurée par P. Goloub (PR Lille1) et l'équipe IRN dont P. Dubuisson (PR Lille1) restera l'animateur. Les objectifs scientifiques sont donc déclinés ci-après en adoptant cette structuration. La liste des personnels permanents actuellement au laboratoire et qui seront présents en début de contrat (au 01/01/2015) est donnée en annexe 9.

IV.A.1) GROUPE INTERACTIONS AEROSOLS-RAYONNEMENT (IAR)

Les objectifs de l'équipe aérosols concourront à réduire les incertitudes persistantes quant aux impacts climatiques et sanitaires des aérosols. Au cours de la décennie écoulée, l'équipe a montré sa capacité à développer des moyens d'observations communautaires, des méthodes inverses adaptées à la caractérisation des aérosols depuis l'espace (missions POLDER), depuis le sol (réseaux AERONET, LIDAR, NDACC) contribuant ainsi à ces grandes problématiques scientifiques. La vision planétaire de la distribution aérosol aujourd'hui offerte par les satellites ne doit cependant pas masquer l'incomplétude et l'imprécision qui demeurent encore sur les principaux paramètres décrivant ces microparticules atmosphériques par comparaison à ceux issus de systèmes d'observation sol (photométrie, LIDAR, in situ) géographiquement éparses mais possédant une acuité bien supérieure.

C'est dans ce contexte, avec une structuration inchangée s'appuyant sur 4 groupes, des moyens de modélisation, des moyens d'observation reconnus (services d'observation, super-sites) mais à consolider et des moyens humains en adéquation, qu'une large communauté scientifique pourra bénéficier des résultats de l'équipe d'ici 2020. Les travaux des groupes réalisés en collaboration avec de multiples partenaires (régionaux avec le labex CaPPA, nationaux avec le SOERE ORAURE, internationaux avec la NASA, l'ESA et la CE, industriels avec CIMEL et CATALYSTS) couvriront donc les problématiques de la détermination détaillée des propriétés optiques (de l'ultraviolet à l'infrarouge) et physicochimiques des aérosols, de l'évaluation précise de leurs impacts radiatifs (direct, semi-direct et indirect) dans les spectres solaire et tellurique, de l'étude de leur variabilité, de la détection et du suivi des événements les plus extrêmes, de leur cycle (identification des sources, transport/vieillissement, puits), de leurs impacts sur la qualité de l'air, des risques sanitaires, environnementaux et socio-économiques associés.

La stratégie de l'équipe pour accroître le champ des connaissances sur les aérosols, leurs précurseurs et leurs impacts, en particulier au-dessus des continents où sont situées les principales sources ainsi qu'au-dessus et au voisinage des systèmes nuageux, s'appuiera sur le triptyque suivant :

(1) le développement, la validation, l'exploitation et la diffusion d'une nouvelle génération de codes d'inversion fournissant davantage de paramètres descriptifs de l'aérosol (épaisseurs optiques, absorption, distribution en taille, indice de réfraction, forme moyenne) et des surfaces⁸ sous-jacentes avec une précision accrue. Cette démarche vise d'autre part à offrir à la communauté ainsi qu'aux agences spatiales intéressées des algorithmes aérosols rapides et

⁸ Le terme surface s'entend ici au sens large, il intègre aussi les nuages. Vague E : campagne d'évaluation 2013 - 2014



précis pour l'analyse des missions 3MI et IASI-NG du programme européen EPS-SG et prévues à l'horizon 2020. Cette approche est également bien adaptée aux synergies multi-capteurs⁹ (passif/actif) à mettre à profit pour enrichir la description de l'aérosol. La coopération engagée depuis peu avec l'entreprise CATALYSTS de Linz (Autriche) permettra d'accroître les performances de ces algorithmes. En interne, cet axe nécessitera la stabilisation de deux compétences, l'une en développement algorithmique et l'autre en transfert radiatif. Enfin, il est envisagé de ne plus se limiter aux atmosphères claires en appliquant ces algorithmes aux scènes nuageuses.

- (2) l'analyse des propriétés aérosols issues en premier lieu des retraitements des données polarimétriques et des données infrarouge à haute résolution spectrale, en s'appuyant sur des outils de modélisation directe et inverse tels que RAMS, CHIMERE, WRF et GEOS-CHEM. Cette synergie observation/modélisation multi-échelle permettra l'identification des sources, l'étude et la compréhension des processus de transport, de vieillissement ainsi que des interactions entre les aérosols et la nébulosité. A l'instar de ce qui a été initié au sol grâce à AERONET mais une représentativité géographique restreinte, nous élaborerons à l'échelle planétaire une climatologie de référence des principales propriétés de l'aérosol. Les études de variabilité à l'aide des longues séries fournies par les mesures photométriques et lidar seront également approfondies. En particulier, les travaux de l'équipe sur la synergie passif/actif, bien reconnus aux plans national et européen, devront être soutenus prioritairement pour maintenir un niveau d'implication en adéquation avec nos contributions aux communautés ORAURE, ACTRIS, EARLINET et au futur Enfin, l'observation infrarouge à haute résolution, depuis l'espace et le sol, réseau de Météo France. complémentaire, permettra la détection et l'étude d'événements aérosols extrêmes tels que les panaches particulaires émanant d'éruptions volcaniques ou encore soulevées par les vents dans les régions arides et désertiques, ainsi que la quantification d'espèces gazeuses précurseurs d'aérosols d'origine anthropique. Sur ce point, un renfort sera aussi nécessaire.
- (3) un soutien fort à l'observation. Pour une caractérisation radiométrique détaillée des aérosols, l'équipe utilise des instruments développés au laboratoire ou via des partenariats (polarimètre sol avec CIMEL, polarimètre aéroporté OSIRIS, photomètre solaire aéroporté PLASMA, radiométrie infrarouge CLIMAT, spectroradiomètre ultraviolet). Un projet de plateforme nationale de caractérisation et d'étalonnage radiométrique, s'appuyant sur l'expertise reconnue du laboratoire, sera proposé dans le cadre de l'OSU. L'équipe est aussi impliquée dans le déploiement, l'opération et le traitement systématique des données micro-LIDAR de Lille et Dakar. Ce type d'observation associant micro-LIDAR et photomètre sera également décliné en version mobile. Un soutien à ces observations, contribuant d'ailleurs au SOERE ORAURE, se justifie pleinement. Nous soutiendrons aussi prioritairement le recrutement d'un physicien CNAP pour le pilotage du SO PHOTONS/AERONET dont les activités aux plans national (ORAURE) comme international (AERONET-EUROPE via ACTRIS) s'accroissent.

Ces ressources humaines additionnelles renforceront également les capacités d'observation programmées par l'équipe, et répondant à des besoins bien identifiés, avec d'une part le lidar multi-longueur d'onde-Raman-polarisé LILAS et d'autre part avec l'interféromètre, deux instruments majeurs qui seront tous deux affectés à la plateforme d'observation Lilloise. De plus, étant transportables, ils seront déployés sur des campagnes de mesures (CaPPA) et les chantiers ou projets nationaux ou internationaux intéressés.

Au cours du prochain contrat et pour répondre aux objectifs scientifiques qui viennent d'être énoncés, l'équipe restera structurée en quatre sous-groupe plus le SO PHOTONS comme suit :

Propriétés et impacts radiatifs des aérosols sur le climat (groupe 1, animateur O. Dubovik)

Variabilités et tendances des aérosols (groupe 2, animateurs F. Waquet et P. Goloub)

Cycle des aérosols (groupe 3, animateur F. Minvielle)

Impact sur la qualité de l'air et manifestations extrêmes des aérosols (groupe 4, animateur H. Herbin)

Service d'Observation PHOTONS/AERONET (resp. P. Goloub)

IV.A.2) GROUPE INTERACTIONS RAYONNEMENT-NUAGES (IRN)

Dans la continuité du projet précédent, les activités scientifiques de l'équipe IRN porteront sur l'étude des nuages et de la vapeur d'eau à partir de la mesure et de la simulation du rayonnement. Pour atteindre ces objectifs, nous nous appuierons sur l'expérience acquise dans l'exploitation des données spatiales à grande échelle, notamment à travers la mission A-train, et poursuivrons cet effort sur les capteurs toujours en opération (A-train, IASI, GOSAT, Megha-Tropiques) ou sur la préparation des futures missions (3MI/EPS-SG, TOPASE-RERB, IASI-NG, Sentinel-3, EarthCare). En complément, nous comptons mieux exploiter le potentiel du LOA en instrumentation aéroportée (OSIRIS, CLIMAT) ou sol (lidar, radiomètres, fluxmètres). La valorisation des codes de transfert radiatif (1D et 3D) ou de calcul des propriétés optiques des particules restera également une activité majeure de l'équipe. Enfin, durant le prochain contrat, il nous semble important de mettre l'accent sur la relation entre les mesures et la modélisation, par l'amélioration des produits nuageux inversés pour leur assimilation ou par une meilleure représentation des nuages dans les modèles. Ces sujets ont été abordés en fin du précédent contrat et se sont montrés prometteurs. Ces

⁹ Au sol (télédétection, analyse in situ), aéroporté (surtout télédétection), en orbite (télédétection) et en également en combinaison sol-orbite Vague E : campagne d'évaluation 2013 - 2014





activités se placeront notamment dans le cadre de l'exploitation des campagnes du chantier Méditerranée ou sur le futur chantier Arctique dans lequel nous souhaitons nous impliquer. Elles se situeront également dans le contexte du Labex CaPPa (WP5 - Interactions aérosols / nuages) et de l'OSU Nord récemment créé. La structuration d'équipe proposée est donc la suivante.

1. Variabilité et impact climatique des nuages et de la vapeur d'eau (animateur J. Riedi)

L'outil satellitaire demeurera au cœur des activités de l'équipe, qui visent à caractériser les propriétés des nuages et de la vapeur d'eau à l'échelle globale. La description de leurs variabilités nécessite, à la fois, de faire évoluer les méthodes d'analyse afin de bénéficier des possibilités accrues de nouveaux instruments, mais aussi de garantir la cohérence des séries temporelles obtenues. Pour contribuer à cette description climatologique, nous continuerons à développer les approches multicapteurs afin d'améliorer les restitutions ou obtenir de nouveaux paramètres. De plus, nous contribuerons à la préparation et au développement des futures missions d'observation de l'atmosphère, en particulier 3MI et METimage sur EPS-SG pour lesquelles POLDER et MODIS ont préfiguré l'utilisation en synergie.

En parallèle nous porterons un effort particulier sur l'exploitation des données opérationnelles géostationnaires qui permettront d'aborder la question des études de processus. Cette démarche est notamment rendue possible par la disponibilité opérationnelle d'informations à haute résolution temporelle sur la couverture nuageuse (MTG) jusqu'à présent accessibles uniquement à partir d'instruments de recherche.

Enfin, par le biais de l'approche couplée entre observation et modélisation, nos activités contribueront à développer les études transverses au laboratoire concernant les interactions entre aérosols, nuages et vapeur d'eau. La mise en place d'un chantier Arctique au niveau national et international pourrait notamment fournir un cadre de réalisation particulièrement propice à ces études.

2. Étude des structures et systèmes nuageux (animateurs N. Ferlay et L. C-Labonnote)

Il s'agit d'étudier les structures nuageuses aux échelles synoptique et mésoéchelle, en utilisant, en particulier, les outils de modélisation (RAMS) et des méthodes de télédétection passive et active innovantes (par exemple tridimensionnelles). L'enjeu est, notamment, de contribuer à l'amélioration des paramétrages des nuages dans les modèles. Nous poursuivrons également l'analyse et l'impact des effets radiatifs 3D des champs nuageux hétérogènes et envisagerons l'inversion tridimensionnelle de champs nuageux et de vapeur d'eau, à partir de mesures satellites et avion (OSIRIS). Pour cela, les caractères multispectral (en particulier les bandes d'absorption gazeuse de la vapeur d'eau ou du dioxygène) et multidirectionnel des mesures seront exploités, et des méthodes et techniques de calcul appropriées seront développées et utilisées. Par ailleurs, les systèmes précipitants et convectifs continueront à être étudiés à partir de leurs observations (mesures solaire, radar et micro-onde), réelles ou simulées, afin d'améliorer d'une part leur représentation statistique, et d'autre part leur impact sur l'aviation civile (participation au projet HAIC - FP7-TRANSPORT).

Les nuages de glace représenteront également un thème d'étude majeur de l'équipe. À l'échelle globale, nous étudierons le contenu en information de mesures à haute résolution spectrale afin de retrouver l'altitude, l'épaisseur et le contenu en glace. Ces études de contenu en information seront réalisées sur des systèmes d'observations tels que IASI ou GOSAT avec, à plus long terme, l'objectif de réaliser un algorithme qui permette de retrouver ces paramètres. En parallèle, nous poursuivrons les travaux menés sur la caractérisation optique et microphysique des nuages semi-transparents naturels (cirrus) ou anthropiques (traînées d'avion) à partir de mesures locales, aéroportées ou spatiales à moyenne résolution spectrale (de type MODIS, IIR, SEVIRI). Une collaboration devrait également être initiée avec le MetOffice / Reading (A. Baran et C. Chiu) pour analyser le potentiel de l'information polarisée afin de mieux contraindre les modèles microphysiques des cristaux et obtenir ainsi un meilleur contenu intégré en glace afin qu'il soit assimilé dans les modèles. À l'échelle locale, une base de données et une climatologie des caractéristiques géométriques et optiques des cirrus seront réalisées à partir d'inversions fondées sur les six années d'observation lidar du LOA. À moyen terme, l'utilisation conjointe du futur lidar multi longueurs d'onde et des radiomètres infrarouges du LOA devrait permettre une meilleure caractérisation optique et microphysique des cirrus et traînées d'avion. Ce travail sera mené en collaboration avec le SIRTA et réalisé dans le cadre du Labex Cappa (WP5).

3. Transfert radiatif et propriétés optiques des particules atmosphériques (animateur P. Dubuisson)

Nous poursuivrons les activités de développement et d'améliorations des codes 1D et 3D de transfert radiatif. Ce thème est, par définition, transversal à l'équipe et au laboratoire, ces codes pouvant être utilisés pour des situations avec aérosols, nuages et vapeur d'eau. Les aspects tels que la prise en compte de la polarisation, l'intégration dans les codes 3D des glaces de mer et de la sphéricité de la Terre (conditions d'observations aux pôles), l'émission thermique ou la haute résolution spectrale seront également primordiaux afin d'accompagner les projets instrumentaux des thèmes 1 et 2. En parallèle, nous compléterons les codes dédiés au calcul des propriétés optiques des particules atmosphériques, en particulier celles non sphériques. Pour les cristaux, le calcul exact de la diffraction dans l'espace de Fraunhofer, qui a été effectué pour un ensemble de cristaux aléatoirement orientés, sera repris dans le cas d'orientations préférentielles.

Dans ce cadre, un objectif à court terme est de pérenniser et de mettre à disposition de la communauté la banque de codes et de données ARTDECO développée lors du précédent contrat, via le Pôle ICARE. À moyen terme, un simulateur d'images satellites sera développé en collaboration avec l'UMS ICARE de manière à pouvoir simuler de façon réaliste (orbites complètes) les mesures de capteurs existants ou futurs, à partir des données géophysiques d'ICARE (masque





nuageux, produits géophysiques, propriétés des aérosols et nuages, etc.). Ce simulateur sera un atout indéniable pour la préparation des futures missions spatiales, en particulier 3MI, ou l'exploitation de capteurs existants (OSIRIS, CLIMAT, POLDER, MODIS, SEVIRI, etc.).

IV.B) Stratégie et politique du laboratoire pour la période 2015-2019

Comme on peut le constater dans la section précédente, le cœur du projet scientifique du laboratoire pour la période 2015-2019 est le prolongement direct d'actions déjà entreprises au cours du contrat actuel, actions qui sont pour la majorité dans une phase très soutenue. Le projet reste donc focalisé sur l'étude des aérosols et des nuages mais ce nouvel exercice de réflexion prospective a permis de faire émerger plusieurs perspectives importantes parmi lesquelles la détection et l'étude d'évènements aérosols extrêmes, la quantification de gaz précurseurs d'aérosols anthropiques, l'étude des interactions entre aérosols, nuages et vapeur d'eau ou la caractérisation fine des nuages de glace, qu'ils soient naturels ou d'origine anthropique.

Parmi les objectifs scientifiques affichés dans le contrat en cours, seul le volet dédié spécifiquement à l'étude des aérosols stratosphériques va être abandonné, conséquence du départ en retraite prochain d'une collègue de l'équipe IAR qui se consacrait à ce thème. Il est indéniable que le taux de renouvellement des personnels du laboratoire a été satisfaisant ces dernières années puisque l'ensemble des départs à la retraite a été compensé, voire anticipé par nos tutelles. Cependant la relative faiblesse des effectifs chercheurs, en particulier des chercheurs CNRS du laboratoire, et les nombreux projets dans lesquels le laboratoire est engagé ou devra s'engager nous ont conduit à faire ce choix. Par ailleurs, les compétences acquises ou renforcées par le laboratoire via le recrutement, en grande partie extérieur, de jeunes chercheurs, ont représenté un atout indéniable pour initier des études qui prennent aujourd'hui tout leur sens dans le nouveau projet du laboratoire. Le volet « modélisation méso-échelle » a été renforcé dans les deux équipes, la haute résolution spectrale est maintenant un outil supplémentaire exploité comme d'autres à l'interface des deux équipes scientifiques, le « cycle de vie des aérosols » est un thème consolidé, etc...

Il ne faut pas occulter le fait que le laboratoire comptait sur le retour possible en 2011 de deux chercheurs (CNRS et Lille1) détachés au MetOffice anglais pour renforcer les activités de transfert des résultats d'observations vers les modèles globaux. Dans le projet que nous proposons ce transfert est envisagé principalement via des collaborations extérieures (MetOffice, IPSL).

Durant le prochain contrat, le collège enseignants-chercheurs et chercheurs devrait encore connaître un renouvellement important avec trois départs à la retraite probables entre 2015 et 2017 (2 PR et 1 DR). Les projets que nous proposons de mener ne pourront aboutir que si le potentiel de recherche est maintenu au laboratoire. Jusqu'à présent les départs en retraite des enseignants-chercheurs ont été compensés par des recrutements. Il est nécessaire que cela se poursuive tout en veillant, évidemment, au maintien des compétences et à répondre aux objectifs que nous nous sommes fixés.

Comme cela a été régulièrement rappelé depuis 2010, l'équipe IRN gagnerait à être renforcée par un chercheur CNRS confirmé (niveau CR/DR). Le potentiel de recherche de cette équipe reste faible en particulier du fait de l'absence de chercheurs CNRS. La thématique associée à ce recrutement (caractérisation et impact des nuages de glace) doit renforcer ce volet qui prend de l'ampleur au sein du groupe et pourrait permettre de consolider l'implication de l'équipe dans l'exploitation des mesures dans l'infrarouge thermique, activité qui s'appuie essentiellement sur l'expertise d'un PR qui partira en retraite prochainement.

Les priorités du laboratoire seront aussi de recruter de jeunes chercheurs ou enseignants-chercheurs pour renforcer les activités menées sur la synergie lidar - mesures passives (photométrie, radiométrie) et celles portant sur les évènements extrêmes aérosols dans l'équipe IAR.

En ce qui concerne les ITA et BIATSS, la situation s'est maintenue avec le recrutement de trois postes d'ITA CNRS (1 Al en 2009, 1 IE et 1 AI en 2013). Cela a permis de renforcer le volet « observations sol » du laboratoire. Cela nous a également permis d'anticiper deux départs en retraite prochains en « électronique » et en « gestion/secrétariat ». Cependant, à l'heure actuelle, la situation reste très difficile pour le service « instrumentation ». Nos activités instrumentales prennent de plus en plus d'importance : (a) campagnes de validation et campagnes scientifiques (b) nouveaux développements instrumentaux à consolider, (c) augmentation du parc instrumental de la plateforme d'observation atmosphérique du LOA, (d) augmentation du nombre de sites photométriques dans le périmètre du SO PHOTONS. Cela génère une activité instrumentale et de suivi de l'observation croissante alors que le potentiel humain est en diminution. Notre IR CNRS « mécanicien/opticien » vient de partir en retraite, plus tôt que prévu, et un BIATSS Lille1 devrait partir avant le début du prochain contrat. Il est plus que jamais essentiel de renforcer rapidement le service « instrumentation » du laboratoire. C'est pourquoi dès cette année le laboratoire a décidé d'afficher en priorité 1 au CNRS et à Lille1 le recrutement de deux IE en instrumentation/observation.

En 2014 deux autres départs à la retraite d'ITA sont déjà annoncés, deux IR CNRS sur des postes clé pour nos activités de développements et réalisations informatiques. Il faudra absolument veiller à renouveler ces postes, au risque de voir le laboratoire fortement paralysé sur les activités de développement algorithmique, le maintien des bases de données et de codes de transfert radiatif (ARTDECO par exemple) et l'exploitation des mesures spatiales ou





aéroportées à l'heure où de nouveaux projets d'envergure débutent (3MI, PLASMA, OSIRIS, ...).

En ce qui concerne le SO PHOTONS le premier objectif affiché pour les années à venir est de maintenir la capacité de fonctionnement et le périmètre actuel du SO, périmètre conditionné en priorité par la demande nationale. Cependant, on l'aura noté, le SO est sollicité et impliqué dans de nombreux projets, la plupart en réseaux nationaux (ORAURE, réseau Météo-France) ou européens (ACTRIS). Le départ à la retraite de B. Chatenet (LISA) en 2010 a pesé un temps sur l'activité du SO, en particulier pour le maintien des sites en Afrique. Son remplacement a été assuré par le LISA en 2013. Parallèlement, le potentiel d'innovation technique, méthodologique et scientifique acquis ces dernières années, en particulier sur les méthodes d'étalonnage et le photomètre polarisé, doit lui aussi être maintenu. Quinze ans après sa labélisation par l'INSU, le SO PHOTONS ne bénéficie toujours pas de chercheur CNAP (Physicien ou Physicien Adjoint des observatoires). La création récente de l'OSU-Nord auquel appartient le LOA doit faciliter ce type de recrutement qui sera fortement soutenu par le laboratoire.

L'expertise du LOA est reconnue depuis plusieurs années au niveau international, national et régional. Cette expertise touche des domaines aussi variés que la conception instrumentale, le développement algorithmique, l'observation ou l'exploitation de mesures et elle repose sur des caractéristiques du laboratoire qu'il est important de souligner car elles sont primordiales. Il existe une structuration forte des équipes scientifiques et techniques confortée par un rapport Chercheurs/ITA qui est satisfaisant et qu'il ne faut surtout pas affaiblir.

D'autre part, comme souligné dans la section I de ce document, la forte évolution des effectifs du laboratoire vient en grande partie de l'accroissement du nombre de CDD. De nouvelles activités de développements algorithmiques, de traitement des données, d'étalonnage reposent en 2013 sur le travail de plusieurs CDD recrutés sur financement divers (CNES, ESA, Europe). Certaines de ces activités finissent par avoir un caractère « pérenne » ou « support » alors qu'elles reposent sur des personnels non permanents. En collaboration avec les tutelles et nos principaux partenaires (CNES, Région) le plan de recrutement du laboratoire devra intégrer ces deux aspects.

On le constate à la lecture de l'ensemble du document, les objectifs actuels et futurs du laboratoire, tout comme les moyens que nous proposons d'acquérir ou de mettre en œuvre tiennent compte du contexte national, européen et international dans lequel évolue déjà le LOA. Ils s'appuient sur les nombreuses collaborations avec des chercheurs étrangers, établies dans le cadre des missions spatiales internationales (l'A-Train, GCOM-SGLI, 3MI, ...), des projets européens (FP7-ACTRIS, FP7-HAIC, ESA-CCI, ...), des réseaux de mesures (PHOTONS/AERONET, NDACC, ORAURE) ou des collaborations thématiques. Plusieurs actions de recherche proposées s'inscrivent directement dans des projets déjà soutenus par nos tutelles et partenaires nationaux, comme les chantiers CHARMEX et ARCTIQUE ou les projets spatiaux 3MI, IASI-NG et Megha-Tropiques.

Les liens forts établis avec le CNES et les relations existantes avec d'autres agences spatiales (ESA, JAXA) sont bien évidemment un atout dans ce contexte. Le projet POLDER porté par le CNES depuis les années 90, et dans lequel le LOA a joué un rôle majeur au cours de 3 missions successives, trouve finalement la voie de l'observation opérationnelle avec la mission 3MI. C'est pour le laboratoire et le CNES, la reconnaissance du travail précurseur réalisé pendant plus de 10 ans. C'est également pour l'avenir un chantier énorme qui s'ouvre pour les scientifiques du laboratoire, à la fois pour la préparation de la mission et à long terme pour l'exploitation des données qui en seront issues. Avec cette décision, ce sont 3 instruments et plus de 15 ans d'observations continues qui s'annoncent à l'horizon 2020 et dont l'exploitation devra être mise en place durant le prochain contrat, en bénéficiant de toute l'infrastructure opérationnelle fournie par le programme EPS-SG de l'ESA et EUMETSAT.

Le projet du LOA s'appuie fortement sur un réseau d'équipes et de laboratoires mis en place au fil des années. Parmi les activités proposées par le laboratoire, plusieurs vont s'appuyer sur notre implication forte dans le pôle thématique national ICARE et vont être menées en collaboration avec l'UMS 2877 (CGTD-ICARE). Ce seront pour la plupart des projets spatiaux bien évidemment, mais également la gestion et diffusion des données sol ou des codes de transfert radiatif. Sur le plan régional le laboratoire mènera ses études sur le thème « cycle de vie de l'aérosol» dans le cadre du projet fédérateur CaPPA qui devrait constituer l'un des volets majeurs de l'axe « Environnement » fortement soutenu par la Région Nord Pas de Calais et nos partenaires régionaux, dans ce qui devrait être le prochain Contrat de Projet Etat-Région.

Dans le schéma de structuration de la recherche en région, le LOA se positionne aujourd'hui au cœur de nombreuses structures fédératives récentes : l'« Institut de l'Environnement » (l'IRePSE) de l'université Lille1, le labex CaPPA, et l'OSU-Nord né en 2012 et regroupant les laboratoires et équipes INSU. Depuis 2010, l'IRePSE est le lieu d'interface avec l'équipe de direction de l'université pour le volet recherche. La dynamique mise en place au sein de cet institut a notamment permis l'enclencher de nouvelles collaborations avec des équipes d'autres laboratoires lillois. Les activités initiées ainsi par plusieurs chercheurs du laboratoire trouvent maintenant leur place dans le cadre du labex CaPPA. L'OSU-Nord a pour objectif premier de soutenir et valoriser les systèmes et moyens d'observation en région. Il doit ainsi contribuer à consolider et dynamiser un certain nombre d'activités du laboratoire relevant de cet aspect.

Une des faiblesses du laboratoire reste sans nul doute la situation fragile des recrutements des personnels non permanents et en particulier des stagiaires de masters et des doctorants. Le principal problème réside dans la faiblesse des effectifs étudiants dans le Master Physique auquel est rattaché le LOA. Il a été partiellement compensé



par la venue d'étudiants d'autres masters français ou étrangers durant le contrat en cours. Il est certain que la mise en place d'une formation plus « spécialisée » dans le contexte du labex devrait contribuer à améliorer cet état de fait. Les compétences et savoir-faire acquis par les étudiants sortant de cette filière d'enseignement international seront un atout majeur pour poursuivre une activité de recherche dans notre laboratoire. Un autre point faible impactant directement la formation par la recherche est le taux d'encadrement du laboratoire qui a diminué ces dernières années du fait de l'effet combiné de nombreux départ en retraite et du recrutement de jeunes chercheurs. Le laboratoire s'engage à poursuivre sa politique d'encouragement et d'accompagnement auprès des jeunes chercheurs afin qu'ils obtiennent rapidement un HDR dans de bonnes conditions.

En complément de cette section, l'annexe 10 présente le résultat d'une analyse SWOT menée au laboratoire début 2013.