

Atelier Expérimentation et Instrumentation

17-19 oct. 2017
BREST

France

Table des matières

Vecteurs et instrumentation embarquée	6
Présentation du flotteur PICCOLO, Denis Bourras [et al.]	7
Vers une hydrochimie opérationnelle pour une exploration spatio-temporelle approfondie de la Zone Critique, Eliot Chatton	8
Systeme pour CAL/VAL satellite altimétrique, mesure Geoide à la surface de la mer, Michel Calzas [et al.]	9
Plateformes mobiles pour les mesures d'aérosols, Luc Blarel [et al.]	10
La plate-forme P2OA-CRA, site d'accueil et d'expérimentations par drones ou ballons, Francois Gheusi [et al.]	11
Cartographie thermique par caméra infrarouge couplée à un système d'acquisition embarqué, Jean-Pierre Monchau [et al.]	12
Intégration d'une mesure rapide d'humidité sous ballon captif., Guylaine Canut .	13
COGNAC : mesure de la Circulation Oceanique fine echelle par Geolocalisation Acoustique de flotteurs derivants autonomes, Aurelien Ponte	14
Drone hyperspectral pour le suivi du littoral, Jerome Ammann	15
Gaz and aerosol emission studies in the ETNA passive plumes using airborne instrumental platforms, Karine Sellegri [et al.]	16
Airborne measurements for an Aerosol-Cloud Interaction study in the polar southern ocean : The Tangaroa Marine Environment and Ecosystems Voyage 2018, Karine Sellegri [et al.]	17
Capteurs récupérables sous ballons libres, Olivier Garrouste	19

Des Réacteurs Climatiques pour étudier en mer les cycles biogéochimiques, Jean-Michel Grisoni [et al.]	20
SPECIES : des instruments embarquables de mesure de gaz traces atmosphériques, Claude Robert	22
Le Parc National des Planeurs Sous-Marins, Jean-Luc Fuda	23
Contrôle à bas coût des mesures de température et conductivité des gliders SLOCUM, Jean-Luc Fuda [et al.]	24
RADAR/LIDAR/Radiomètre	26
Développement d'un polarimètre imageur grand champ dans le visible et le moyen infrarouge pour l'observation des nuages et des aérosols atmosphériques: l'instrument OSIRIS (Observing System Including Polarization in the Solar Infrared Spectrum), Frederique Auriol [et al.]	27
LILAS, LiDAR retrodiffusion-Raman à dépolariation multi-spectrale couplé à un photomètre solaire/lunaire pour l'étude des aérosols, de la vapeur d'eau et des nuages., Thierry Podvin [et al.]	29
EUFAR, le portail clé de la recherche aéroportée pour les sciences environnementales et de la Terre en Europe, Elisabeth Gerard [et al.]	30
Le Lidar à Clermont-Ferrand : description de l'activité et évolution du projet, Patrick Fréville [et al.]	31
La radio-océanographie: de l'expérimentation à l'opérationnel, Céline Quentin	32
La plateforme mobile radar bande X haute résolution du LaMP : Etude et suivi de l'hétérogénéité des précipitations, Joël Van Baelen	33
Etude de la variabilité de l'humidité atmosphérique et suivi de l'humidité des sols par GPS, Joël Van Baelen	34
Marégraphe radar autonome, Séverine Enet	35
Développement d'un LiDAR à rétrodiffusion sous ballon stratosphérique : le projet BeCOOL, Vincent Mariage [et al.]	36
Le profileur de vent DEGREANE HORIZON : Développements récents, Marmain Julien [et al.]	37
Profileur en bande X pour la climatologie des propriétés microphysiques des nuages précipitants : ROXI-Proto, Yvon Lemaitre [et al.]	38

La télédétection laser pour l'étude des atmosphères, des surfaces continentales et de l'océan, Jacques Pelon	39
Tour d'horizon en Radiométrie Optique Passive Aéroportée, Xavier Briottet	40
les radars atmosphériques français, état des lieux et principales évolutions, Jacques Parent Du Chatelet	41
Instrumentations en milieux extrêmes	42
Optimized and high efficiency biofouling protection for oceanographic optical devices, Laurent Delauney [et al.]	43
La station benthique : un outil de suivi spatio-temporel de la demande en oxygène dans les sédiments côtiers, Laurie Brethous [et al.]	44
Combined balloon, aircraft, and surface greenhouse gas measurements at Traînou supersite, France, Céline Lett [et al.]	46
Derniers développements du capteur OCTOPUS/UVP6, Marc Picheral	48
Biocapteur in situ à acide domoïque, Florent Colas [et al.]	49
Utilisation d'une méthode optique pour évaluer la consommation d'oxygène dans des conditions de haute pression, Marc Garel [et al.]	50
L'ANALYSE PAR SPECTROMETRIE DE MASSE D'ESPECES DISSOUTES DANS L'EAU DE MER AINSI QUE DANS LA SURVEILLANCE DE LA POLLUTION DANS LES FLEUVES , ESTUAIRES ET RESERVOIRS D'EAU., Thomas Gaudy	51
MUG-OBS - Multiparameter Ocean Bottom System : a new versatile multidisciplinary instrument for seismology, acoustic and physical oceanographic for deep ocean monitoring., Yann Hello [et al.]	52
EMSO-Antares (Western Ligurian Sea) A unique Observatory for Sea Science and particle astrophysics., Dominique Lefevre	54
Development of a PVDF pressure gauge for blast loading measurement, Michel Arrigoni [et al.]	55
Robot benthique profond sur le nœud EMSO-Ligue Ouest France, Christian Tamburini [et al.]	56
La sonde SUBGLACIOR: concept, design et premiers tests, Jérôme Chappellaz	58

Instrumentation Ballons, Nadir Amarouche	59
Instrumentation fond de mer: de ANTARES à EMSO Ligure Ouest, Carl Gojak [et al.]	60
Subglacior and Sub-Ocean : two instrumental developments for in-situ trace gas measurements in "extreme" environments, Roberto Grilli	61
Systèmes automatiques & robotiques	62
CHAMbres benthiques AUTomatiques en milieu côtier : vers des mesures hautes-fréquences (Projet CHAMAUT), Romain Davy [et al.]	63
Projet Chamaut, Cécile Cotty [et al.]	65
Datalogger Tinyduino, Hélène Guyard [et al.]	67
BioArgoMed : un réseau de flotteurs profileurs biogéochimiques en Méditerranée, Vincent Taillandier [et al.]	69
Développement de l'analyse, à haute résolution spatiale et temporelle, de " proxy ", par analyse directe du solide ETV-ICPOES, David Baque	70
Package R pour une modélisation markovienne semi-supervisée de la dynamique phytoplanctonique à partir de données multi-paramètres acquises à haute fréquence., Alain Lefèbvre [et al.]	72
Nouvelles applications instrumentales sur profileur Argo, Edouard Leymarie [et al.]	73
ELVIDOR: ELectrode VIbrante à micro-fil D'OR, mesure in-situ des concentrations en cuivre en milieu marin, Agathe Laës [et al.]	74
Développements de méthodes automatisées d'analyse et d'extraction de micro et nanofossiles au CEREGE, Yves Gally	76
Mermaid floating seismometer : A versatile Oceanographic profiler dedicated to the Earthscope Ocean Program., Yann Hello [et al.]	77
Téléométrie sous-marine à ondes électromagnétiques, Thierry Deschamps De Paillette [et al.]	78
Le rôle des robots sous-marins dans la caractérisation multi-paramètres des sites sous-marins, Viorel Ciausiu [et al.]	79
POMAC. Conception de drones marins autonomes multicateurs connectés., Bruno Lescalier [et al.]	80

Les opérations de l'instrument Chemcam à bord du Rover martien CURIOSITY., Vivian Lafaille	81
COSTOF2, a smart multisensor marine observation platform, Julien Legrand	82
Session dédiée industriels	83
Etalonnage et test des courantomètres et profileurs de courant au Shom, Marc Le Menn	84
DEXMES : Dispositif expérimental de quantification des matières en suspension, Romaric Verney [et al.]	85
Étude et développement d'un Système de Caractérisation des Agrégats et Flocs (SCAF), Bernard Mercier [et al.]	87
Réseau TECHMAR, Emmanuel De Saint-Léger	88
Le Laboratoire National d'Etalonnage de capteurs de pCO ₂ à la DT INSU : évolution et améliorations. Les différents types de capteurs pCO ₂ étalonnés, Laurence Beaumont	89
Liste des auteurs	89

Vecteurs et instrumentation embarquée

Présentation du flotteur PICCOLO

Denis Bourras * ¹, Hubert Branger ²

¹ Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO) – Institut de Recherche pour le Développement :
UMR_D235, AixMarseilleUniversit : UM110, Institutderecherchepourledveloppement[IRD] :
UMR235 :

UMR_D235, Université de Toulon : UMR7294, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7294 –
– M.I.O. Institut Méditerranéen d'Océanologie Campus de Luminy Case 90113288 MARSEILLE cedex 09, France

² Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibre (IRPHE) – Aix Marseille Université :
UMR7342, Ecole Centrale de Marseille : UMR7342, Centre National de la Recherche Scientifique :
UMR7342 – Technopole de Château-Gombert - 49 rue Joliot Curie - BP 146 - 13384 MARSEILLE
cedex 13, France

Le projet PICCOLO (Profiling Instrument to Check if the wind profile Curvature is Obviously Logarithmic over the Ocean) est un prototype de flotteur dérivant. Il a été mis au point au MIO, en collaboration avec l'IRPHE et l'Ecole Centrale de Marseille. Il vise à échantillonner le profil vertical de vent dans le premier mètre au-dessus de la surface de l'océan, ainsi que son évolution en fonction des creux et des crêtes des vagues. Les propriétés dynamiques de la couche limite de surface dans la zone d'influence des vagues n'ont pas encore été explorées en milieu non contrôlé, pour des raisons essentiellement techniques. Or, les profils théoriques ou issus de simulations font état d'un fort écart au profil logarithmique, et doivent donc être vérifiés expérimentalement. Au cours de cette présentation, nous aborderons les questions liées à la forme choisie pour le flotteur, les instruments développés pour ce projet, les étalonnages effectués, ainsi que les premiers résultats obtenus au large de Marseille.

*Intervenant

Vers une hydrochimie opérationnelle pour une exploration spatio-temporelle approfondie de la Zone Critique

Eliot Chatton * ¹

¹ Université de Rennes 1 – Universite de Rennes 1, Université de Rennes 1 – France

Au cours du siècle dernier, la Zone Critique a connu des changements remarquables dans le climat et l'utilisation des terres, ce qui a accru les pressions exercées sur l'Hydrosphère et a donné lieu à de nombreuses conséquences environnementales en termes de quantité et de qualité de l'eau. À l'avenir, la Zone Critique devra faire face au défi de fournir durablement des denrées alimentaires de qualité et de l'eau potable pour 9 milliards de personnes dans un contexte de réchauffement climatique. Pour l'Hydrosphère, ce défi doit être abordé avec une meilleure compréhension de la dynamique et de la résilience des milieux aquatiques (rivières, lacs, eaux souterraines, océans).

Compte tenu de la variété spatiale et temporelle et de la variabilité de la dynamique des écoulements et des réactions biogéochimiques qui se produisent dans l'Hydrosphère, le développement de nouvelles méthodes d'observation est nécessaire. Cette étude aborde le concept d'"hydrochimie opérationnelle" visant à améliorer la distribution spatio-temporelle et la qualité des données environnementales pour une exploration approfondie de la Zone Critique.

Pour illustrer notre approche, nous présentons des données de gaz dissous (He, Ar, N₂, O₂ et CO₂) acquis à haute fréquence (1 mesure toutes les 10 secondes) *in situ* avec un CF-MIMS (Chatton et al, 2017) installé sur une embarcation légère sur l'étang de Lannéec (56). Ce travail en cours se concentre sur les eaux superficielles de l'étang de Lannéec (Ploemeur, Morbihan) et doit permettre de cartographier les flux d'eaux souterraines dans l'étang (recharge, origine des eaux, mélanges, temps de résidence) ainsi que la réactivité biogéochimique.

La philosophie de l'"hydrochimie opérationnelle" est amenée à être appliquée aux mesures *in situ* à haute fréquence de nombreux autres paramètres environnementaux (cations et anions, isotopes, micro-organismes) pour l'étude des différents compartiments de l'Hydrosphère (eaux souterraines, rivières, lacs et océans).

Chatton E., Labasque T., de La Bernardie J., Guiheneuf N., Bour O., Aquilina L.; Field Continuous Measurement of Dissolved Gases with a CF-MIMS: Applications to the Physics and Biogeochemistry of Groundwater Flow; *Environmental Science and Technology* 51 (2017) 846–854; DOI: 10.1021/acs.est.6b03706

*Intervenant

Systeme pour CAL/VAL satellite altimétrique, mesure Geoïde à la surface de la mer

Michel Calzas ^{*† 1}, Cédric Brachet^{‡ 1}, Antoine Guillot^{§ 1}, Christine Drezen^{¶ 1},
Pascal Bonnefond^{|| 2}

¹ Division technique INSU/SDU (DT INSU) – Institut national des sciences de l’Université, Centre National de la Recherche Scientifique : UPS855, Institut national des sciences de l’Université – DT INSU Bâtiment IPEV CS50074 29280 Plouzane, France

² Observatoire de Paris (OBSPM/SYRTE) – Observatoire de Paris, Centre National de la Recherche Scientifique – 77 avenue Denfert Rochereau 75014 Paris, France

Le point clé dans le processus d’étalonnage absolu est que le lien entre la hauteur de la surface de la mer issue des données altimétriques et celle issue des mesures in situ est principalement affectée par la pente du géoïde entre la position de la mesure altimétrique au large des côtes et celle des marégraphes très près de la côte. Cette pente est de quelques cm/km en moyenne et une campagne spécifique GPS a été réalisée en 1999 afin de déterminer une carte du géoïde d’environ 20 km de long et 5.4 km de large centrée sur la trace au sol N° 085 des satellites T/P et Jason sur le site du cap de Sénétosa (Bonnefond et al., 2003).

Des 15 années d’expériences grâce à la bouée GPS à Sénétosa (Corse), nous avons identifié deux problèmes principaux avec le concept basé sur une bouée type ” bouée de sauvetage ” : d’abord pendant le trajet du marégraphe au point d’étalonnage en mer, beaucoup de pertes de verrouillage sont rencontrées ce qui dégrade l’exactitude de la solution GPS, ensuite, dans des conditions d’états de mer forts, la bouée s’incline fortement conduisant également à des pertes de satellite. Malheureusement, les tests à différentes vitesses ont montrés une forte dépendance de la ligne de flottaison en fonction de l’état de la mer qui est difficile à modéliser pour une précision centimétrique.

Dans le même but, la Division Technique de l’INSU (DT INSU) a exploré, une autre approche pour construire un GPS mobile pour la cartographie de la surface de la mer qui peut être remorqué à une vitesse élevée. L’idée de base est donc de forcer le point de référence de l’antenne à être à la surface de la mer, en mettant une antenne GPS sur une nappe flottante (CalNaGeo). Les résultats obtenus lors des tests effectués sur le site de Sénétosa ont permis de montrer une très grande stabilité de la ligne de flottaison (meilleure que 3 mm/(m/s) sur la gamme 0-6 m/s et quasi nulle sur la gamme 0-4 m/s.

Le système CalNaGEO sera ainsi exposé.

*Intervenant

† Auteur correspondant: michel.calzas@cnrs.fr

‡ Auteur correspondant: cedric.brachet@cnrs.fr

§ Auteur correspondant: antoine.guillot@cnrs.fr

¶ Auteur correspondant: christine.drezen@cnrs.fr

|| Auteur correspondant: Pascal.Bonnefond@obspm.fr

Plateformes mobiles pour les mesures d'aérosols

Luc Blarel * ¹, Ioana Popovici[†] ¹, Philippe Goloub[‡] ¹, Rodrigue Loisil[§] ¹,
Thierry Podvin[¶] ¹, Augustin Mortier ², Christine Deroo ¹, Marie Choël ³,
Stéphane Victori ⁴, Jean Sciare ⁵

¹ Laboratoire d'optique atmosphérique (LOA) – Université de Lille, Sciences et Technologies, Institut national des sciences de l'Univers, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8518 – LOA UMR 8518 - Université de Lille Sciences et Technologies - Département de Physique - Batiment P5 - 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France

² Norwegian Meteorological Institute (NMI) – Oslo, Norway, Norvège

³ Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman (LASIR) – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8516 – Bâtiment C5 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France

⁴ CIMEL – Entreprise – 172 Rue de Charonne, 75011 Paris, France

⁵ The Cyprus Institute / EEWRC (CYI) – 20 Konstantinou Kavafi St. 2121 Aglantzia, Nicosia, Chypre

Les aérosols sont une composante très variable de l'atmosphère influençant la qualité de l'air et le climat. Nous présentons ici les moyens d'observations mobiles développés récemment au LOA et en partenariat avec CIMEL pour mesurer, par télédétection passive et active et au cours d'un déplacement, certaines de leurs propriétés.

L'objectif de ces systèmes est de mesurer le profil vertical des aérosols par couplage entre un LiDAR et un photomètre et son évolution au cours du déplacement. Un photomètre répondant au besoin de l'aviation (avions type ULM, SAFIRE ATR et FL20) a été développé par le LOA (PLASMA, Karol et al., 2013). Il permet de réaliser des profils en épaisseur optique (ou extinction) jusqu'à 10km. L'industriel CIMEL développe des petits LiDAR robustes permettant de mesurer les profils verticaux. Dans le cadre du Labex CaPPA, le LOA a équipé un véhicule (CaPPA Mobile, Popovici et al., 2016) avec ces deux instruments et réaliser des mesures systématiques en région Haut-de-France et sur le territoire national (ACTRIS-FR). En complément de ces équipements, des mesures optiques in situ sont parfois ajoutées dans le système mobile.

Enfin, pour répondre au besoin de l'observation mobile en milieu marin (bateau avec mouvement plutôt lent), la dernière version du photomètre CIMEL CE 318T a été modifiée et a pris part à la campagne AQABA (Air quality and climate change in the Arabian Basin).

Ce poster présentera ces instruments, des exemples de résultats et les perspectives sur d'autres vecteurs tels que le train et les drones.

*Intervenant

[†] Auteur correspondant: ie.popovici@ed.univ-lille1.fr

[‡] Auteur correspondant: philippe.goloub@univ-lille1.fr

[§] Auteur correspondant: rodrigue.loisil@univ-lille1.fr

[¶] Auteur correspondant: thierry.podvin@univ-lille1.fr

La plate-forme P2OA-CRA, site d'accueil et d'expérimentations par drones ou ballons

Francois Gheusi ^{*†} ¹, Marie Lothon ^{*}

¹, Pierre Durand ¹, Fabienne Lohou ¹, Jean-Bernard Estrampes ¹, Solène Derrien ¹, Yannick Bezombes ¹, Omar Gabella ¹, Patrice Médina ¹

¹ Laboratoire d'aérodynamique (LA) – CNRS : UMR5560, Observatoire Midi-Pyrénées, INSU, Université Paul Sabatier (UPS) - Toulouse III – 14 avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France

La Plate-forme Pyrénéenne d'Observation de l'Atmosphère (P2OA – p2oa.aero.obs-mip.fr) de l'Université Toulouse III réunit deux sites d'observations gérés par l'Observatoire Midi-Pyrénées : le Centre de Recherches Atmosphériques (CRA) de Lannemezan (580 m) et l'observatoire du Pic du Midi de Bigorre (2877 m), distants de 28 km à vol d'oiseau. Des observations de météorologie, de physico-chimie atmosphérique, d'électricité atmosphérique et de bio-géochimie de l'environnement sont accueillies sur ces deux sites, ainsi que des campagnes, des formations, et des colloques.

Plus particulièrement, le Site Instrumenté P2OA-CRA a été labellisé en 2015 par l'INSU-OA pour l'accueil d'expérimentations, en particulier drones et ballons. Pour qualifier les instruments embarqués sur ces vecteurs, un ensemble d'instruments fixes effectuent des observations permanentes, qui constituent une caractérisation de l'état de l'atmosphère et offrent des mesures de référence : station météorologique de surface, mât instrumenté de 60 m (météorologie, turbulence, flux turbulents, rayonnement, CO₂), profileur de vent UHF (profils de vent dans la basse et moyenne troposphère), imageur de ciel total, ballon captif et capacité de radiosondage.

Avec ses observations continues réalisées sur site, ses lieux de stockage, ses ateliers, ses salles de réunion, ses bureaux, ses logements disponibles et son terrain étendu et ouvert (70 ha), le CRA rassemble en effet les capacités et le personnel techniques nécessaires à l'accueil d'expérimentations atmosphériques de tous types, et en particulier pour la mise en oeuvre d'aéronefs légers, dont l'utilisation scientifique est en plein développement, et pour lesquels le CRA offre de grandes facilités d'opération.

Depuis 2010, environ 45 campagnes ont été accueillies sur le site, dont une vingtaine impliquaient des drones. Pour une grande partie, il s'agit de campagnes de tests et validation des vecteurs, des stratégies et des capteurs, souvent en amont de campagnes de mesure en dehors du territoire français.

*Intervenant

†Auteur correspondant: francois.gheusi@aero.obs-mip.fr

Cartographie thermique par caméra infrarouge couplée à un système d'acquisition embarqué

Jean-Pierre Monchau ^{*} ¹, Mario Marchetti[†] ², Laurent Ibos[‡] ³, Bruno Saintot[§] ², Nicolas Lalanne[¶] ⁴

¹ THEMACS Ingénierie – THEMACS Ingénierie – 23 rue Alfred Nobel, France

² Cerema – ministère de la Cohésion des Territoires et du ministère de la Transition écologique et solidaire – France

³ Université Paris Est – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche – France

⁴ THEMACS Ingénierie – THEMACS Ingénierie – 23 rue Alfred Nobel, France

Pour connaître et prévenir le risque hivernal des infrastructures, le Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) a développé un modèle de prévision basé sur leur cartographie thermique et son analyse en composantes principales.

Le dispositif embarqué appelé THERMOCITY© a été développé par la société THEMACS Ingénierie afin d'assurer une collecte aisée des données, pour mesurer la température des infrastructures et des paramètres environnementaux utiles à la prévision de verglas. Cet appareil est le fruit d'une collaboration entre le Cerema Est, le CERTES (Centre d'Études et de Recherche en Thermique, Environnement et Systèmes EA 3481, UPEC) et la société THEMACS ingénierie, créée par des chercheurs de l'université Paris Est Créteil.

Ce dispositif mesure la température de la surface de l'infrastructure grâce à une caméra thermique FLIR A35. On mesure aussi la température de l'air, l'humidité relative et l'ensoleillement. D'autres capteurs pourront être installés dans le futur (qualité de l'air, taux de particules, NOX,...). Les mesures sont géo-localisées (GPS). Les données sont transmises directement par GPRS et postées sur un serveur informatique, et y sont traitées automatiquement. Elles sont accessibles pour un traitement informatique comme sur une base de données. On peut donc extraire les éléments utiles en fonction des besoins. Plusieurs trajets ont ainsi été cartographiés de manière expérimentale pour valider ces fonctionnalités. Le dispositif THERMOCITY© a volontairement été développé sur des plateformes libres (Raspberry et Arduino) sous un système d'exploitation LINUX pour en faciliter la dissémination.

Une cartographie thermique a été réalisée avec ce dispositif pour la mairie de Paris au cours de l'hiver 2016-2017.

La flexibilité du dispositif THERMOCITY© a rendu possible son utilisation récente dans le désert du Namib (Namibie) dans le cadre d'un projet piloté par l'European Space Agency (ESA) pour des comparaisons de mesures de température de surface.

*Intervenant

†Auteur correspondant: Mario.Marchetti@cerema.fr

‡Auteur correspondant: ibos@u-pec.fr

§Auteur correspondant: bruno.saintot@cerema.fr

¶Auteur correspondant: lalanne@themacs.fr

Intégration d'une mesure rapide d'humidité sous ballon captif.

Guyllaine Canut * ¹

¹ Centre national de recherches météorologiques (CNRM) – Météo France, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR3589 – France

Ce sont les processus turbulents de la couche limite atmosphérique qui contribue aux transferts entre la surface et l'atmosphère. Classiquement, les paramètres turbulents de la couche limite sont mesurés par anémomètre sonique sur un mât fixe et/ou par des avions de recherche. Pour décrire verticalement l'évolution de la couche limite entre la surface et le sommet, ces deux techniques de mesures présentent plusieurs inconvénients, comme par exemple la hauteur du mât, qui est souvent inférieure à 100 mètres ou le coût de déploiement d'un avion de recherche. Pour permettre de mesurer les paramètres de turbulence in situ dans la couche limite atmosphérique à des altitudes supérieures à 50 mètres, notre équipe, depuis 2010, a mis au point un système ultra léger (< 2kg) sous ballon captif. Ce système composé d'un anémomètre sonique et d'un capteur de mouvement a été validée lors de trois campagnes de mesures réalisées en 2010 2011 et 2013 dans des conditions de couche limite convective. Le développement de cette sonde se poursuit avec l'intégration prochaine d'une mesure rapide d'humidité. La solution envisagée est le développement d'un spectromètre Diode laser. Ce nouveau dispositif nous permettra d'accéder aux flux de chaleur latent par la méthode eddy-covariance.

Ici, nous présentons (1) le système (2) la validation de la mesure du flux de chaleur sensible, du flux de quantité de mouvement et de l'énergie cinétique turbulente et (3) le développement pour la mesure rapide de l'humidité afin d'accéder à la mesure du flux de chaleur latente.

*Intervenant

COGNAC : mesure de la Circulation Oceanique fine echelle par Geolocalisation Acoustique de flotteurs derivants autonomes

Aurelien Ponte * ¹

¹ Laboratoire de physique des océans (LPO) – Université de Bretagne Occidentale (UBO), INSU, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), CNRS : UMR6523, Institut de recherche pour le développement [IRD], Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) – Z.I. Pointe du Diable B.P. 70 29280 Plouzané, France

L'objectif du projet est federer plusieurs forces brestoises (Ifremer, ENSTA, SHOM, LEMAR) afin de developper une strategie experimentale in situ innovante de mesure de la dynamique oceanique fine echelle (< 100km) grace au suivi par acoustique d'une nuee de flotteurs autonomes bas cout. Ce type d'observation va non seulement ameliorer notre comprehension de la dynamique oceanique (petite mesoechelle, sous-mesoechelle, ondes internes), mais aussi beneficier aux etudes biogeochimiques (via une connaissance de la circulation 3D, de son expression à la surface de l'océan et de la dispersion associee) et aux etudes acoustiques quantifiant l'impact des structures hydrographiques fine echelle sur la propagation du son et le bruit ambiant. L'étude des mouvements oceaniques fine echelle est actuellement au cœur d'une intense activite de recherche [Ferrari Science 2011, Callies et al. Nat. Commun. 2015]. La plupart des travaux ayant demontre l'importance de ces mouvements pour le fonctionnement physique/biogeochimique/climatique de l'océan se fondent sur des simulations numeriques de haute resolution. La validation de ces resultats numeriques grace à des observations in situ et satellite reste est un enjeu majeur des annees à venir. Cet enjeu est tel que des missions satellite soient specifiquement developpees : Sentinel3, SWOT (altimetrie large fauchee, date de lancement en 2021). Ces observations satellite restent superficielles toute fois et ne manifestent qu'indirectement la dynamique oceanique interieure. L'observation in situ de la circulation fine echelle est donc necessaire mais compliquee par la rapidite des processus concernes et notre incapacite à obtenir une vision synoptique 3D de la circulation avec les moyens classiques (poisson remorques, ADCP de coque). Des strategies s'appuyant sur le deploiement de flotteurs derivants, bas-cout et geolocalises acoustiquement pourraient en revanche permettre une percee en la matiere [Jaffe et al. 2016] en complementarite avec les techniques classiques.

*Intervenant

Drone hyperspectral pour le suivi du littoral

Jerome Ammann * ¹

¹ GEOSCIENCES OCEAN – Université de Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, Place Copernic, 29280 Plouzané, France

L'imagerie hyperspectrale présente un important potentiel pour la recherche environnementale, qu'il s'agisse de l'étude de l'atmosphère, des sols, de la biomasse, ou des eaux continentales et littorales. Généralement, ces images hyperspectrales sont acquises depuis des plateformes satellitaires ou aéroportées. Toutefois, les missions aéroportées sont extrêmement coûteuses et réclament une importante logistique, avec une forte dépendance aux conditions météorologiques. Les données satellites sont très contraintes en termes de date d'acquisition, de résolution spatiale et de temps de revisite. Une plateforme drone, offrant une grande souplesse d'acquisition pour un coût modéré, permet donc de compléter l'offre nationale et internationale d'imagerie satellitaire. En revanche, sur ce type de plateforme, l'emport de charges utiles représente une contrainte importante.

Des caméras hyperspectrales légères et compactes sont désormais disponibles, mais à l'heure actuelle, la majorité de ces capteurs s'appuie sur une technologie push-broom, difficilement compatible avec les mouvements peu contraints d'un drone. Les données acquises doivent donc être corrigées géométriquement afin qu'un cube hyperspectral puisse être généré.

La plateforme Hyper-DRELIO, développée en collaboration entre le Laboratoire Géosciences Océans de l'Université de Brest, le Laboratoire de Géologie de l'Université Lyon 1 et l'EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) est basée sur un octocoptère électrique HALO_8 (DroneSys©) qui peut embarquer jusqu'à 5kg de charge utile. Le drone est notamment équipé d'une caméra hyperspectrale MicroHyperspec® (*Headwall*®) avec un capteur VNIR (400-1000 nm) enregistrant 250 bandes avec une résolution spectrale de 1,85 nm et d'une caméra légère RGB. En parallèle des capteurs d'imagerie, un GPS RTK et une centrale inertielle 3 axes Ekinox-D (SBG System®) enregistrent les informations de position et d'attitude.

Un logiciel a été développé afin de corriger géométriquement les données hyperspectrales a posteriori en exploitant les paramètres de navigation du drone. Une fois les données géoréférencées, un cube hyperspectral peut être généré.

*Intervenant

Gaz and aerosol emission studies in the ETNA passive plumes using airborne instrumental platforms

Karine Sellegri ^{*} ¹, Philippe Labazuy ², Joseph Ulanowski ³, David Picard ⁴, Paolo Villani ⁵

¹ Laboratoire de météorologie physique (LaMP) – INSU, CNRS : UMR6016, Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II – bat. Physique 5 - 3ème étg 24 Av des landais 63177 AUBIERE CEDEX, France

² Laboratoire Magma et Volcan (LMV) – CNRS : UMR8100 – France

³ University of Herthforthshire – Royaume-Uni

⁴ Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP) – CNRS : UMRR6016 – France

⁵ Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP) – CNRS : UMR6016 – France

Dilute volcanic plumes are often associated with small-sized eruptions, as well as passive degassing (intereruptive period; e.g. Etna). Such activity is much more frequent than emission of dense ash-rich volcanic plumes. In addition, the duration of this type of activity may be very long, and even permanent in some cases (e.g., Stromboli). These emissions have a significant effect on the environment, and may significantly impact climate through the injection of gases and aerosols in the upper troposphere where they have along residence time and may impact cloud formation. New particle formation leads to large number concentrations of nanoparticles that grow to climate-relevant sizes but are hardly represented in actual climate models. In the ANR STRAP project, we plan to deploy airborne instrumentation during spring 2018 for new particle formation studies in the ETNA passive plume.

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) are relevant tools for the study and the real time monitoring of volcanic activity in harsh environments. They are particularly useful with respect to making in situ time-series concentration measurements and sampling, gas (e.g. SO₂, CO₂, CH₄, H₂S) and aerosols (i.e. ash), while simultaneously taking important atmospheric altitudinal profile data of temperature, pressure, humidity and wind velocity. Flights will be performed in the near vicinity of the summit craters using a UAV, at a maximum height of 150 m above the ground. It will be equipped with a complete instrumental platform of miniaturized and rugged sensors, including [P, T, RH] sensors and a multigas sensors package for measuring gas-aerosol emission (for example SO₂,H₂S,HCl,CO) and aerosol characterization with a multichannel Optical Particle Counter (OPC). In addition, a parallel ballon-based platform will be tested with the same set-up completed with a Condensation Particle Counter (CPC) for the concentration of ultrafine particles and aerosol chemical composition using a miniaturized impactor system.

*Intervenant

Airborne measurements for an Aerosol-Cloud Interaction study in the polar southern ocean : The Tangaroa Marine Environment and Ecosystems Voyage 2018

Karine Sellegri * ¹, Mike Harvey ², Cliff Law ², Adrian McDonald ²

¹ Laboratoire de météorologie physique (LaMP) – INSU, CNRS : UMR6016, Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II – bat. Physique 5 - 3ème étg 24 Av des landais 63177 AUBIERE CEDEX, France

² National Institute for Water and Atmosphere (NIWA) – Nouvelle-Zélande

GCMs produce too little storm-track cloud cover in the Southern Hemisphere compared to nearly overcast conditions in reality. There can be a lack of model cloud in the cold sector of a cyclone but clouds that are present can also be too reflective. Over to Southern Ocean there is a persistent underestimate of reflected solar radiation at the top of the atmosphere (TOA) and an overestimate of downwelling solar radiation at the ocean surface with resultant warm SST bias. The objectives of the Tangaroa Marine Environment and Ecosystems Voyage is to refine and test process parameterisation of aerosol-cloud interactions in polar waters of the Ross Sea region for refinement of the NZ/UK Earth System Model representation of Southern Ocean Clouds. In the Southern Ocean survey area we propose to:

- Characterise low-medium level clouds, aerosol and radiation from ship-based continuous measurements with lidar/ceilometry/cameras and radiometers
- Characterise aerosol sources which have a controlling influence on cloud properties through continuous measurement of size, chemistry, and nucleating properties as (cloud condensation nuclei) and IN (ice forming nuclei)
- Investigate the importance of biogenic sulfur (DMS) for secondary aerosol formation
- Investigate the importance of primary organic aerosols (including marine bacteria / bioaerosol) as aerosol nuclei
- **Measure boundary-layer profiles of aerosol through combination of micro-pulsed lidar and in-situ RPAS (drones) and / or tethered balloon deployments under suitable weather conditions to evaluate dynamical/thermodynamical relationships between surface CCN and lower-level clouds in order to improve surface-based determination of CCN and aerosol-cloud interaction**

- Link aerosol & surface trace gas properties to surface water biogeochemistry via the Tangaroa sensor suite & and underway measurements

The Voyage is planned from 5 February to 21 March 2018, with ~32 days in the polar ocean

*Intervenant

(> 600S). The project is in the process of defining probes that will be mounted on the RPAS / tethered ballon. The purpose of the poster will be to open discussions for eventual collaborations and participation to this specific activity.

Capteurs récupérables sous ballons libres

Olivier Garrouste * ¹

¹ METEO FRANCE CNRM (CNRM/GMEI/4M) – Météo France – France

O. Garrouste, D. Dzanos et les membres des équipes CNRM/GMEI/4M Pour permettre de mesurer les paramètres thermodynamiques in situ de l'atmosphère, de la couche limite à des altitudes de 30km, notre équipe a développé , depuis 2011, de nouvelles chaînes de vols sous ballons libres, utilisés classiquement pour le radiosondage, avec double ballons ou parachute permettant de récupérer les capteurs embarqués. Aujourd'hui nous réalisons dans la couche limite atmosphérique " des sondages haute cadence " double ballons avec récupération et réutilisation immédiate des radiosondes (BLLAST 2011, PASSY 2015), des sondages jusqu'à 30km avec des capteurs innovants à fortes valeurs ajoutés (AMULSE 2013, APOGEE 2017) d'un poids pouvant atteindre 4Kg. Les développements se poursuivent tant pour améliorer les systèmes de largage (séparation ballon porteur avec le double ballon ou le parachute) que pour affiner les prévisions de trajectoire (à partir de vents modèle, mesure in situ...) pour récupérer la nacelle au sol.

*Intervenant

Des Réacteurs Climatiques pour étudier en mer les cycles biogéochimiques

Jean-Michel Grisoni * ¹, Cecile Guieu * ^{† 2}, Frédéric Gazeau * ^{‡ 2}

¹ Laboratoire d'océanographie de Villefranche (LOV) – Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, Institut national des sciences de l'Université, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7093, Institut national des sciences de l'Université – Observatoire Océanologique Station zoologique 181, chemin du lazaret BP 28 06230 VILLEFRANCHE SUR MER Cedex, France

² Laboratoire d'océanographie de Villefranche (LOV) – INSU, CNRS : UMR7093, Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, Université Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI – Observatoire Océanologique Station zoologique 181, chemin du lazaret BP 28 06230 VILLEFRANCHE SUR MER Cedex, France

Les recherches conduites au LOV sur les cycles biogéochimiques, nous ont conduits à développer les larges mésocosmes pélagiques utilisés lors des projets DUNE (ANR), MEDSEA (EU) et VAHINE (LEFE-CYBER). Ces études ont permis de mieux quantifier et paramétrer un certain nombre de processus clés en zone côtière où ces dispositifs peuvent être installés. Afin de conduire des études similaires en milieu hauturier, une version réduite et embarquable était nécessaire. Nous avons travaillé à partir de containers de base conique, de 300 L en HDPE. Le cahier des charges impliquait 1) de n'utiliser aucune partie métallique (éviter toute contamination et étudier les éléments trace), 2) de simuler l'éclairement et l'agitation de la zone à étudier, 3) de pouvoir prélever le réacteur de façon intégrée mais également le matériel exporté à la base des réacteurs et 4) d'assurer le suivi des paramètres environnementaux pendant l'expérience (pH, température, lumière).

Nous avons développé ces outils dans le cadre du programme MISTRALS/MERMEX. Un premier test en juillet 2016 a montré que ces dispositifs étaient conformes aux attentes. Aucune contamination n'a été mise en évidence et les mesures chimiques et biologiques étaient bien reproductibles entre les duplicats. Des mesures d'émission d'aérosols ont également été réalisées avec succès. Cela a permis de mettre en évidence des améliorations : meilleure étanchéité de certaines pièces, conception d'une pièce pour les prélèvements des émissions atmosphériques, révision du système de prélèvement. Ces améliorations réalisées, huit réacteurs ont été embarqués sur le N/O " Pourquoi Pas " pendant la campagne PEACETIME (<http://peacetime-project.org/>) conduite en Méditerranée en mai/juin 2017. Trois expériences ont permis d'étudier l'impact d'un ensemencement par des poussières désertiques sur l'assemblage naturel, dans des conditions de pH et de température actuelles et futures.

Les spécificités techniques et ces premiers résultats scientifiques seront présentés afin d'illustrer la pertinence de ces nouveaux outils pour les études en biogéochimie marine dans un contexte de changement climatique. Ce workshop sera très intéressant pour échanger au sujet des modifications/améliorations qui pourraient être apportées dans les prochaines années, par exemple en

*Intervenant

[†]Auteur correspondant: cecile.guieu@obs-vlfr.fr

[‡]Auteur correspondant: f.gazeau@obs-vlfr.fr

systematisant des mesures optiques continues de la fluorescence et de la turbulence.

SPECIES : des instruments embarquables de mesure de gaz traces atmosphériques

Claude Robert ^{*† 1}

¹ Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace (LPC2E) – Institut national des sciences de l'Univers, Université d'Orléans : université d'orléans, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7328 – 3A, Avenue de la Recherche Scientifique 45071 Orléans cedex 2, France

Le projet SPECIES (SPECTromètre Infrarouge à lasERS in Situ), consiste à développer un nouveau type d'instrument embarquable sous ballon stratosphérique ouvert et sur avion. Il se base sur les compétences croisées du LPC2E en spectrométrie infrarouge embarquée avec les succès des instruments SPIRALE sous ballon et SPIRIT sur avion et du LIPhy pour la technique OFCEAS (Optical Feedback Cavity Enhanced Spectroscopy) ou SARA en français (Spectroscopie par Absorption Résonante Amplifiée). L'objectif est de contribuer à la compréhension détaillée de la troposphère libre et de la stratosphère en termes de composition chimique et de dynamique des masses d'air, en effectuant des mesures *in situ* très précises d'un grand nombre (> 10) de gaz ultra-minoritaires réactifs ou traceurs de transport, avec une très haute résolution spatiale (quelques mètres). La grande sensibilité de la méthode, OFCEAS (SARA), couplée à des QCL ou ICL (Lasers à Cascades Quantiques ou Interbandes) avec des limites de détection de quelques pptv ouvrira l'accès à une plus grande variété d'espèces que celles observées jusqu'à maintenant *in situ*. Après une description de la technique instrumentale et de l'architecture instrumentale utilisée, les lignes directrices utilisées lors de la conception pour obtenir une expérience capable de volée à la fois sous ballon Stratosphérique ouvert (BSO) et sur avion de recherche (FALCON, ATR 42) seront présentées.

*Intervenant

†Auteur correspondant: clauderobert@cnrs-orleans.fr

Le Parc National des Planeurs Sous-Marins

Jean-Luc Fuda *† ¹

¹ Division technique INSU/SDU (DTI) – INSU, CNRS : UPS855 – 1, Place Aristide Briand 92195 MEUDON CEDEX, France

En 2008, le CNRS créait le parc national des planeurs sous-marins, en partenariat avec la DGA, l'IFREMER, l'IRD, et l'UPMC. Intégrée à la Division Technique de l'INSU et localisée sur la base IFREMER de La Seyne sur mer, la structure était progressivement dotée d'une dizaine de planeurs de type Slocum en versions hauturière et côtière (constructeur Teledyne Webb Research, TWR) et de 2 planeurs de type Seaglider (constructeur IRobot), financés par les instituts partenaires et proposés à la communauté océanographique par le biais d'un appel d'offres annuel arbitré par un Comité National de Pilotage Glider (CNPGL).

Depuis la création du service, les engins sont mis à la disposition des utilisateurs moyennant un ticket modérateur forfaitaire fixé aujourd'hui à 6,6 kE/mois pour les missions de recherche publique, couvrant les frais de consommables (batteries au Lithium et communications iridium) ainsi qu'une participation à la maintenance. La prestation standard inclut la préparation des engins (installation des batteries, ballastage, configuration électronique et informatique, tests fonctionnels), le pilotage 7j/7 et la conduite des opérations de déploiement et récupération en mer.

Le parc réalise une douzaine de missions par an (400-500 jours de mer), réparties entre les radiales récurrentes Nice-Calvi et Marseille-Minorque du programme national d'observation MOOSE (~ 60% de l'activité) et des études de processus spécifiques qui peuvent être réalisées partout sur la planète. On peut citer au cours des dernières années les opérations lointaines réalisées au Pérou en 2015-2016, au Sénégal en 2016, et au Svalbard en 2017.

Le parc travaille également en direct avec des partenaires étrangers dans le cadre du programme européen JERICO-NEXT qui offre un accès transnational à certaines infrastructures de recherches européennes. Le service a ainsi réalisé en 2017 des déploiements de planeurs à Malte (projet Glidersouth en collaboration avec l'université de Malte) et en Espagne (projet Finisterre en collaboration avec l'IEO). Une opération est également prévue dans le canal de Sardaigne au printemps 2018 au bénéfice de l'INSTM de Tunis. Le service est aujourd'hui confronté à un problème critique de jeunesse, la plupart des engins étant obsolètes ou en fin de vie. Il devient urgent d'acquérir plusieurs planeurs pour répondre

*Intervenant

†Auteur correspondant: jean-luc.fuda@cns.fr

Contrôle à bas coût des mesures de température et conductivité des gliders SLOCUM

Jean-Luc Fuda ^{*† 1}, Céline Bachelier ^{* ‡ 1}, Lou Tisé ^{*}

¹, Hassane Benabdelmoumene ^{* § 1}

¹ Division technique INSU/SDU (DTI) – INSU, CNRS : UPS855 – 1, Place Aristide Briand 92195 MEUDON CEDEX, France

Comme toutes les sondes océanographiques, les capteurs intégrés aux gliders SLOCUM (CTD, oxygène dissous et fluorimètres) doivent être contrôlés systématiquement et, dans l'idéal, calibrées avant et après chaque mission. C'est une démarche indispensable pour garantir la qualité des données.

En pratique, renvoyer les capteurs des gliders chez les fabricants est extrêmement contraignant en termes de délais et de coûts pour permettre des calibrations pré- et post-mission systématiques.

Des contrôles ponctuels peuvent parfois être effectués opportunément en comparant des jeux de données glider à ceux de profils CTD ou de mouillages simultanés. Cette démarche nécessite cependant d'importants moyens matériels qui ne sont que très rarement disponibles, tout autant que des moyens humains conséquents pour corriger les données *a posteriori*, pour des résultats de qualité variable.

L'équipe de la DT/INSU met en oeuvre une méthode fiable, rapide et économique permettant de contrôler systématiquement les capteurs avant et après chaque déploiement, entre 2 opérations de calibration constructeur. Les premiers résultats portent sur les mesures de température et de conductivité.

La baie scientifique est isolée du glider puis plongée avec une sonde CTD SBE37 de référence dans un bain d'eau de mer homogénéisé en permanence. La température du bain est abaissée initialement en dessous de la température in-situ minimale attendue, à partir de laquelle le bain se réchauffe ensuite librement jusqu'à température ambiante ($> = 20^{\circ}\text{C}$). Dans une eau de salinité 38, cette variation de température permet également de contrôler la conductivité sur une plage proche de 4.0 S/m 5.5 S/m. Si nécessaire, la conductivité est contrôlée sur une plus grande plage en effectuant des paliers par dilution. Les données sont acquises simultanément grâce à un logiciel MATLAB développé par la DT-INSU.

*Intervenant

†Auteur correspondant: jean-luc.fuda@cnr.fr

‡Auteur correspondant:

§Auteur correspondant: hassane.benabdelmoumene@cnr.fr

De nombreux tests ont été réalisés afin de déterminer les meilleures conditions d'opérations en prenant en compte l'homogénéité et le contrôle des propriétés du bain ainsi que le temps de réponse propre aux capteurs.

Les derniers résultats obtenus permettent de valider les mesures avec une incertitude inférieure à $2 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}$ en température et $5 \cdot 10^{-3} \text{ S/m}$ en conductivité.

RADAR/LIDAR/Radiomètre

Développement d'un polarimètre imageur grand champ dans le visible et le moyen infrarouge pour l'observation des nuages et des aérosols atmosphériques: l'instrument OSIRIS (Observing System Including PolaRization in the Solar Infrared Spectrum)

Frederique Auriol ^{*† 1}, Maxime Catalfamo ¹, Celine Cornet ¹, Cyril Delegove ¹, Mohamed Salah Djellali ¹, Rodrigue Loisil ¹, Christian Matar ¹, Jean-Marc Nicolas ¹, Frederic Parol ^{* ‡ 1}, Jérôme Riédi ¹, Fabien Waquet ¹

¹ Laboratoire d'Optique Atmosphérique (LOA) – CNRS : UMR8518, Université Lille I - Sciences et technologies – UFR de Physique Bât P5 59655 Villeneuve d'Ascq, France

Améliorer la caractérisation des propriétés radiatives et microphysiques des aérosols et des nuages présents dans l'atmosphère est primordial, ces deux composantes et leurs interactions demeurant une des sources d'incertitudes majeures dans la prévision du changement climatique. Dans ce contexte, le Laboratoire d'Optique Atmosphérique a conçu et réalisé un polarimètre aéroporté qui permet la mesure des luminances directionnelles totales et polarisées dans une gamme spectrale allant de 440 à 2200 nm.

Cet instrument est basé sur le même concept que celui à l'origine des capteurs POLDER (instruments CNES embarqués sur plusieurs missions spatiales notamment sur le microsatellite PARASOL dans la constellation de l'A-TRAIN), mais possède une gamme spectrale étendue au moyen infrarouge.

OSIRIS est constitué de deux systèmes optiques, l'un dédié au domaine spectral allant du visible au proche infrarouge (de 440 à 940 nm) et le second au moyen infrarouge (de 940 à 2200nm). Chaque système est composé d'un objectif grand champ, associé à deux roues, l'une supportant les filtres interférentiels et la seconde les analyseurs, suivies d'une matrice de détecteurs.

Grâce au large champ de vue de l'instrument et au déplacement de l'avion, une même cible est vue sous plusieurs angles ce qui permet de faire des mesures multidirectionnelles.

Cet instrument est un simulateur aéroporté du futur instrument spatial 3MI (actuellement en phase B d'étude à EUMETSAT) qui devrait être lancé sur la plate-forme EPS-SG à l'horizon 2021 à côté du spectromètre IASI-NG.

*Intervenant

†Auteur correspondant: Frederique.Auriol@univ-lille1.fr

‡Auteur correspondant: frederic.parol@univ-lille1.fr

Nous présenterons l'instrument ainsi que les résultats obtenus durant la dernière campagne de caractérisation de l'instrument en laboratoire en utilisant un nouveau modèle radiométrique dit "avancé". Enfin nous présenterons des résultats issus des campagnes de mesures réalisées à bord du Falcon20 de l'UMS SAFIRE lors des campagnes de mesures Charmex (au-dessus de la Méditerranée en juin/juillet 2013) et Caliosiris (au-dessus de l'Atlantique en octobre 2014).

LILAS, LiDAR retrodiffusion-Raman à dépolarisation multi-spectrale couplé à un photomètre solaire/lunaire pour l'étude des aérosols, de la vapeur d'eau et des nuages.

Thierry Podvin ^{*† 1}, Philippe Goloub ¹, Qiaoyun Hu ¹, Igor Veselovskii ²,
Christine Deroo ¹, Valentyn Bovchaliuk ¹

¹ LOA – CNRS : UMR8518 – France

² PIC (Physics Instrumentation Center) – Russie

LILAS (Lidar Lille AtmosphèreS) est un LIDAR né de la collaboration entre l'équipe IAR/LOA (Lille), l'institut PIC (Moscou/Russie) et CIMEL Electronique (Paris). Il est transportable et donc mobilisable pour des campagnes telles que SHADOW, organisée par le labex CaPPA au Sénégal en 2015 et 2016 et dédiée à l'étude des aérosols désertiques et issus de la combustion de biomasse (<http://www.labex-cappa.fr>). Depuis le printemps 2016, LILAS, réinstallé sur le site de mesures atmosphériques du LOA apporte des mesures d'une grande qualité pour la détection et la caractérisation des aérosols et alimente la base de données nationale ACTRIS-FR/AERIS et européenne EARLINET. Il a pour compagnons un micro-LiDAR CIMEL, un photomètre solaire/lunaire (AERONET), des mesures optiques et de spéciations chimiques in situ opérant tous en mode continu. Début 2017, LILAS a été mis à jour et dispose de 3(1064, 532, 355 nm) polarisées d'émission et 9 voies de réception dont 6 voies polarisées (1064s,p ; 532s,p ;355s,p) et 3 voies Raman (530,387 et 408 nm). L'alignement du laser/télescope est robotisé ce qui rend le système entièrement pilotable à distance. Seule la calibration en polarisation reste encore manuelle mais le polariseur choisi polarise les 3 (méthode +/- 45°), limitant ainsi le nombre de manipulation. Depuis sa mise en fonctionnement, la combinaison des mesures de LILAS avec celles de ses compagnons, apporte des informations uniques sur les aérosols. Nous décrivons l'instrument, ses caractéristiques, ses performances et les profils de propriétés aérosols qu'il permet d'atteindre par les méthodes conventionnelles (Raman, pour les propriétés optiques de nuit) et innovantes pour les profils de propriétés optiques et microphysiques (ie. absorption) de jour et de nuit avec l'approche GARRLIC/GRASP (**G**eneral **R**etrieval of **A**erosol and **S**urface **P**roperties).

*Intervenant

†Auteur correspondant: thierry.podvin@univ-lille1.fr

EUFAR, le portail clé de la recherche aéroportée pour les sciences environnementales et de la Terre en Europe

Elisabeth Gerard ^{*†} ¹, Philip Brown[‡] ²

¹ Meteo France – Météo France, Météo France – France

² Met Office – Royaume-Uni

EUFAR, projet et réseau européen d’infrastructures de recherche aéroportée pour les sciences environnementales et de la Terre, vise à faciliter l’accès aux infrastructures les mieux adaptées aux besoins des scientifiques en Europe. EUFAR soutient les scientifiques, les forme, facilite l’échange d’expertises et vise à harmoniser les pratiques de recherche.

Depuis sa création en 2000, EUFAR a évolué en activité, taille et budget. Après 3 contrats successifs portés financièrement par la Commission Européenne, celle-ci finance le contrat actuel (EUFAR2, 01/02/2014 – 31/01/2018) sous le 7^e PCRD à hauteur de 6 M. Grâce aux 16 opérateurs du consortium, constitué en totalité de 24 partenaires provenant de 9 pays membres de l’UE et 2 membres associés, 19 avions de recherche instrumentés et 5 instruments de télédétection sont mis à disposition des scientifiques à l’échelle transnationale. La coordination du projet, confiée au CNRM durant les trois premiers contrats, est actuellement assurée conjointement par le CNRM (coordination administrative) et le Met Office (coordination scientifique).

Les activités d’EUFAR2 couvrent trois volets dont la synergie est facilitée par le site www.eufar.net: (i. Institutionnel) amélioration de l’accès aux infrastructures de recherche et développement de la future flotte selon les recommandations d’un comité consultatif stratégique (SAC); (ii. Innovation) amélioration de la connaissance scientifique et promotion d’instruments, de processus et de services innovants ouvrant la voie à l’émergence de nouvelles technologies industrielles, avec identification des besoins industriels par le SAC; (iii. Service) optimisation et harmonisation de l’utilisation des infrastructures de recherche en développant la communauté de jeunes chercheurs en science aéroportée, les standards & protocoles et la base centralisée de données aéroportées. La constitution d’une structure juridique pérenne, permettant d’assurer la continuité du projet et *a minima* son autonomie financière partielle, est un objectif clé du projet quadriennal. L’établissement d’une association internationale sans but lucratif (AISBL) de droit belge (second semestre 2017), couplée à l’implémentation de l’ Open Access (partage des ressources à travers l’Europe), élargira considérablement les cibles utilisateurs tout en mobilisant des ressources supplémentaires. La position d’EUFAR en tant que portail clé pour la recherche aéroportée en Europe en sera davantage scellée.

*Intervenant

†Auteur correspondant: Elisabeth.Gerard@meteo.fr

‡Auteur correspondant: phil.brown@metoffice.gov.uk

Le Lidar à Clermont-Ferrand : description de l'activité et évolution du projet

Patrick Fréville * ¹, Jean-Luc Baray ¹, Nadège Montoux ², Joël Van Baelen ²

¹ Observatoire de Physique du Globe de Clermont-Ferrand (OPGC) – Université Clermont Auvergne, CNRS, CNRS : UMS833 – Campus Universitaire des Cézeaux 4 Avenue Blaise Pascal TSA 60026 CS 60026 63178 AUBIERE CEDEX, France

² Laboratoire de Météorologie Physique - Clermont Auvergne (LaMP) – Institut national des sciences de l'Univers, Université Clermont Auvergne : UMR6016, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6016, Institut national des sciences de l'Univers – 4 av. Blaise Pascal TSA 60026 CS 60026 63178 Aubière Cedex, France

L'Observatoire de Physique du Globe de Clermont-Ferrand (OPGC) et le Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP) sont dotés depuis 2008 d'un lidar mono-longueur d'onde Raymetrics pour le suivi de la hauteur de la couche d'aérosols, la caractérisation des aérosols troposphériques, des cirrus et de la vapeur d'eau troposphérique.

Ce poster décrit l'activité qui est menée autour de cet instrument, ses implications au sein des réseaux de mesures, et les évolutions de l'instrument.

Suite à l'obtention en 2017 de financement mi-lourd du CNRS, et le soutien d'ACTRIS-FR et du CNES, une évolution majeure du système vient de démarrer. Ce poster décrit donc également le projet d'évolution vers un lidar multi-longueurs d'onde doté d'un nouveau laser et implanté dans un nouveau local pour améliorer le fonctionnement et les opérations de calibration et de contrôle préconisées par EARLINET.

*Intervenant

La radio-océanographie: de l'expérimentation à l'opérationnel

Céline Quentin * ¹

¹ Institut méditerranéen d'océanologie (MIO) – Institut de Recherche pour le Développement :
UMR_D235, AixMarseilleUniversité : UM110, Institutderecherchepourledeveloppement[IRD] :

UMR235 :

UMR_D235, UniversitédeToulon : UMR7294, CentreNationaldeRechercheScientifique : UMR7294 –
–M.I.O. InstitutMditerranend'OcanologieUniversitédeToulon, BatimentX, CS60584, 83041ToulonCedex09, France

L'océanographie côtière s'appuie de plus en plus sur les outils de télédétection, dont les radars HF. Les radio-océanographes ont démontré depuis quelques décennies la fiabilité des mesures de courants de surface à partir de station radar fixe émettant entre 3 et 30 MHz (Hautes Fréquences radio électriques). Sortis du cadre expérimental, la commercialisation d'instruments standards a permis l'essor de ces outils. Ils sont à présent en cours d'intégration dans les réseaux d'observation côtière pour la surveillance en temps réel de la dynamique et en soutien à l'océanographie opérationnelle. Au-delà des standards commerciaux, de nouvelles méthodes d'inversion des données permettent de repousser les limites et le champ d'action de ces instruments. Notamment en apportant de nouvelles applications comme la détection de tsunamis, ou bien en apportant des solutions au-delà des plages de mesures traditionnelles avec des valeurs extrêmes de courants (plusieurs m/s).

*Intervenant

La plateforme mobile radar bande X haute résolution du LaMP : Etude et suivi de l'hétérogénéité des précipitations

Joël Van Baelen * ¹

¹ Laboratoire de Météorologie Physique - Clermont Auvergne (LaMP) – Institut national des sciences de l'Université, Université Clermont Auvergne : UMR6016, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6016, Institut national des sciences de l'Université – 4 av. Blaise Pascal TSA 60026 CS 60026 63178 Aubière Cedex, France

Depuis 2007 le Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP) a acquis un radar prototype en bande X pour la localisation et la quantification des pluies à haute résolution temporelle et spatiale sur un domaine correspondant à un petit bassin versant ou un bassin urbain. En 2011, le LaMP a également développé une version mobile et facile à mettre en œuvre de ce système afin de répondre aux diverses demandes de campagnes de mesures.

Ce radar, combiné aux mesures de "Micro Rain Radars" situés dans son champ de vue, mais aussi d'un réseau de pluviomètres et de disdromètres, permet d'étudier la variabilité des distributions de tailles de gouttes au sein des différents systèmes précipitant observés.

Outre un panorama sur différents résultats obtenus, notamment lors de la campagne COPS ou encore HYMEX, cette contribution présentera en détail les capacités technique de la plateforme mobile radar bande X du LaMP qui peut être mise à la disposition de la communauté scientifique.

*Intervenant

Etude de la variabilité de l'humidité atmosphérique et suivi de l'humidité des sols par GPS

Joël Van Baelen * ¹

¹ Laboratoire de Météorologie Physique - Clermont Auvergne (LaMP) – Institut national des sciences de l'Université, Université Clermont Auvergne : UMR6016, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6016, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université – 4 av. Blaise Pascal TSA 60026 CS 60026 63178 Aubière Cedex, France

Il est maintenant établi que le GPS (et les systèmes GNSS en général) permet la mesure de l'humidité atmosphérique (contenu intégré de vapeur d'eau) avec une grande précision, une bonne résolution temporelle et une forte autonomie (robustesse de la mesure, tout temps, ...). De même, lorsqu'un réseau GPS adéquat est disponible, le champ de vapeur d'eau atmosphérique 3-D peut être reconstruit par des techniques de tomographie. Enfin, dans une configuration spécifique, il est également possible de mesurer la réflexion des ondes GPS au sol, ce qui permet de suivre l'évolution de l'humidité du sol.

Dans le cadre d'une expérience pilote, nous avons déployé un réseau dense de stations GPS assorties de stations météo ainsi qu'une station dédiée au suivi de l'humidité du sol dans la région de Tarascon. L'objectif de cette expérience est triple: 1°/ démontrer la capacité d'un tel réseau à restituer un champ de vapeur d'eau adéquat avec une haute résolution spatiale (horizontale et verticale) et temporelle, 2°/ établir la possibilité d'un suivi continu de l'humidité du sol, et 3°/ envisager un fonctionnement "temps réel" d'un tel dispositif.

Au cours de cette présentation, nous présenterons le dispositif expérimental et les premiers résultats obtenus sur les différents points évoqués, ainsi que les simulations et tests de sensibilité ayant conduit à ces résultats.

*Intervenant

Marégraphe radar autonome

Séverine Enet * ¹

¹ Shom – Ministère des Armées – France

Le Shom opère et entretient un réseau permanent de 48 marégraphes radar sur les côtes métropolitaines et d'outre-mer. Le Réseau d'Observation du Niveau de la Mer (RONIM) est alimenté sur secteur et transmet ses données en continu vers le Shom. Il permet au Shom de mener sa mission de service hydrographique mais il participe également aux réseaux d'alerte tsunami et Vigilance Vagues Submersions en lien avec le CEA et Météo France. Pour des besoins d'observation non permanents du niveau de la mer, le Shom a développé un système portable et autonome, rapidement déployable et adaptable à différentes configurations. Alimentée par des panneaux solaires, la mesure de hauteur d'eau se fait toujours par radar et est complétée par des mesures météorologiques.

*Intervenant

Développement d'un LiDAR à rétrodiffusion sous ballon stratosphérique : le projet BeCOOL

Vincent Mariage * ¹, François Ravetta ¹, Emmanuel Brousse ¹, Frédéric
Ferreira ¹

¹ Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS) – Université de Versailles
Saint-Quentin-en-Yvelines : UMR8190, Université Pierre et Marie Curie - Paris 6 : UMR8190, Institut
national des sciences de l'Université : UMR8190, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8190,
Institut national des sciences de l'Université : UMR8190 – 11 boulevard d'Alembert Quartier des Garennes
78280 - Guyancourt, France

Le projet STRATEOLE 2, soutenu par le CNES, vise à déployer des ballons stratosphériques au niveau des tropiques pour observer les effets de processus à méso-échelle à l'échelle globale afin d'améliorer les prévisions climatiques. Il s'agit en particulier d'étudier la ventilation de la tropopause tropicale (Tropical Tropopause Layer) par la convection profonde, et l'effet des ondes de gravité sur la microphysique des cirrus. En complément, ce projet contribuera à la validation des mesures réalisées par les satellites au niveau des tropiques. Le premier vol test est prévu fin 2018.

Une des versions de nacelle embarquée sous le ballon stratosphérique inclue un LiDAR à rétrodiffusion non polarisé BeCOOL (Balloon-borne Cloud Overshoot Observing Lidar) développé par le LATMOS. Les mesures du lidar seront utilisées en synergie avec celles de l'instrument ROC développé par le SCRIPPS Institution of Oceanography afin de mettre en évidence les liens entre cirrus et ondes de gravité. Couplées avec les observations du radiomètre BOLDAIR, également développé par le LATMOS, elles permettront par ailleurs de mieux estimer au niveau des tropiques le taux de chauffage et les forçages radiatifs à l'aide d'un code de transfert radiatif .

Les vols étant réalisés à une altitude d'environ 22 km, l'obtention des profils atmosphériques nécessaires aux objectifs scientifiques visés requiert la conception d'un système effectuant des mesures au nadir, et respectant de nombreuses contraintes telles qu'une consommation et une masse limitées et un environnement à basse température. Ces différentes contraintes ayant pour partie été rencontrées lors du développement du LiDAR développé pour le projet IAOOS, une conception similaire a été retenue pour BeCOOL. Malgré cette similarité le développement instrumental de BeCOOL requiert une réduction significative de la masse ainsi que de nombreux tests thermiques supplémentaires, notamment à basse pression. BeCOOL aura trois sous-systèmes distincts : une boîte d'émission, une boîte de réception et une tête optique. Les deux boîtes seront situées à l'abri dans la nacelle afin de bénéficier d'un environnement thermique plus clémente, et la tête optique sera en partie à l'extérieur de la nacelle afin de pouvoir émettre les impulsions laser au nadir et recevoir le flux rétrodiffusé.

*Intervenant

Le profileur de vent DEGREANE HORIZON : Développements récents

Marmain Julien * ¹, Philipp Currier *

¹, Yann Sultan ¹

¹ DEGREANE HORIZON --, -- QUARTIER SAINT LAZARE 730 RUE DE L'INITIATIVE 83390 --
CUERS, France

DEGREANE HORIZON développe depuis plus de 30 ans une large gamme de produits et services pour l'observation météorologique (Systèmes Intégrés d'Observation Météorologique d'Aérodromes (SIOMA), réseaux de stations synoptiques automatiques et RADAR profileurs de vent), la Défense et les Télécommunications.

Le profileur de vent couche limite PCL1300 de DEGREANE HORIZON est commercialisé depuis la fin des années 1990. Il s'agit d'un radar doppler à impulsion fonctionnant dans la gamme de fréquence UHF. Il permet d'obtenir des profils de vent avec une haute résolution temporelle pouvant dépasser des altitudes de 8000 m avec une résolution pouvant atteindre 75m.

Ce système est utilisé à travers le monde de manière opérationnelle, afin d'assurer la sécurité des vols (détection des cisaillements de vent) ou pour participer à l'amélioration des modèles de prévision du temps, mais aussi dans le cadre de projets de recherche liés à l'étude de la dynamique atmosphérique, des aérosols...

Ce profileur de vent en constante évolution, basé sur des technologies robustes, a subi récemment des évolutions matériels (développement d'un nouveau module contrôleur RADAR/Récepteur numérique) et logiciels permettant d'identifier et de filtrer les signaux parasites intermittents (avions, oiseaux). En particulier un module de calcul temps-fréquence a été développé et permet de traiter et d'afficher en temps réel ou différé les signaux acquis. Cela est permis en particulier grâce à la possibilité d'enregistrer les séries temporelles en vue du développement de nouvelles méthodes de traitement de signal.

Des nouvelles applications du profileur de vent PCL1300 sont en cours de développement, telle que la détection de cisaillement horizontal de vent.

*Intervenant

Profileur en bande X pour la climatologie des propriétés microphysiques des nuages précipitants : ROXI-Proto

Yvon Lemaitre *[†] ¹, Nicolas Viltard * [‡] ², Audrey Martini * [§] ², Nicolas Pauwels * [¶] ², Christophe Le Gac * ^{||} ¹, Emmanuel Bertran * ^{**} ¹, Frédéric Ferreira * ^{††} ¹, Patrick Poinignon * ^{‡‡} ²

¹ Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS) – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines : UMR8190, Université Pierre et Marie Curie - Paris 6 : UMR8190, Institut national des sciences de l'Université : UMR8190, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8190, Institut national des sciences de l'Université : UMR8190, Institut national des sciences de l'Université : UMR8190 – 11 boulevard d'Álembert Quartier des Garennes 78280 - Guyancourt, France

² Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS) – INSU, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR8190 – France

L'expérience acquise lors du développement d'un démonstrateur en bande X dénommé ROXI, dont l'évaluation s'est réalisée lors de la campagne d'intervalidation instrumentale ATMOS-precip du 15 septembre 2016 au 15 Janvier 2017, a permis de définir l'architecture optimale d'un radar à 9.4 GHz pouvant être mis en œuvre pour des observations continues des propriétés microphysique des nuages précipitants.

Ce radar fournit ces informations sur la verticale entre le sol et le sommet des nuages à haute cadence temporelle permettant ainsi de construire des coupes espace-temps de réflectivité et de vitesse Doppler. Ces mesures permettent de restituer sur de longue période la distribution en taille des hydrométéores liquides ou glacés (PSD/DSD), les contenus en eau ou glace, la vitesse de sédimentation, les rayons médians, moyen, équivalent, effectif des particules nuageuses, de l'extinction, du type d'hydrométéore, de l'altitude de l'eau surfondue, et d'inférer les processus microphysiques. Ces informations peuvent ainsi être utilisées pour améliorer la représentation des nuages chauds ou glacés dans les CRM ou les paramétrisations utilisées dans le GCM, ou pour réaliser des climatologies de ces nuages et contribuer à la documentation des interactions entre nuages et aérosols/gaz réactifs.

Ce poster donne donc quelques informations sur cette architecture, les domaines d'application, l'intérêt de la bande X dans ce domaine de la documentation des systèmes nuageux et quelques illustrations issues des observations réalisées par le démonstrateur ROXI lors d'ATMOS-Precip.

*Intervenant

[†] Auteur correspondant: yvon.lemaitre@latmos.ipsl.fr

[‡] Auteur correspondant: Nicolas.Viltard@latmos.ipsl.fr

[§] Auteur correspondant: Audrey.Martini@latmos.ipsl.fr

[¶] Auteur correspondant: nicolas.pauwels@latmos.ipsl.fr

^{||} Auteur correspondant: christophe.legac@latmos.ipsl.fr

^{**} Auteur correspondant: emmanuel.bertran@latmos.ipsl.fr

^{††} Auteur correspondant: frederic.ferreira@latmos.ipsl.fr

^{‡‡} Auteur correspondant: patrick.poinignon@latmos.ipsl.fr

La télédétection laser pour l'étude des atmosphères, des surfaces continentales et de l'océan

Jacques Pelon ^{*† 1}

¹ Laboratoire "Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales" (LATMOS) – Université de Versailles-Saint Quentin en Yvelines, Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, CNRS : UMR8190, CNES – France

Les possibilités d'observation par lidar (télédétection par laser) dans le domaine des sciences de l'univers sont vastes. Elles concernent pratiquement tous les domaines, allant des océans aux atmosphères en passant par les surfaces continentales. La diversité des méthodes et des applications permet de répondre au besoin d'un ensemble large d'utilisateurs.

L'analyse des propriétés structurales ou optiques des éléments diffusants (et absorbants) permet ainsi d'aborder de nombreux thèmes de recherche comme l'altimétrie, la dynamique et le rayonnement, la météorologie et le climat, la composition du milieu, la pollution et la physico-chimie, Suivant le type de déploiement mis en œuvre (station ou réseau de stations fixes à la surface ; plateformes mobiles sous-marines, à la surface, aéroportées ou spatiales) les études peuvent ainsi être focalisées sur différentes thématiques et échelles de temps et d'espace.

Les évolutions réalisées au cours des deux dernières décennies sont significatives, tant sur les instruments que sur les méthodes, et l'émergence de nouvelles technologies de sources laser (élément critique d'un système lidar), permet maintenant de disposer de systèmes plus compacts, plus simples à mettre en œuvre et plus fiables. Les mesures spatiales restent toutefois assez spécifiques, car le rapport signal à bruit est essentiel pour le traitement du signal et la restitution des grandeurs recherchées. Mais même dans ce domaine, des systèmes de nouvelle génération ont été testés ou sont prévus pour les missions prochaines d'étude de la Terre et des planètes. Il faut cependant noter que si les sources laser sont facilement commercialisées, peu de systèmes lidar le sont eux-mêmes, car les marchés restent encore limités. Une majorité des développements reste ainsi réalisée dans les laboratoires, ou au sein d'agences de recherche. Ceci implique de développer un savoir-faire particulier à la fois technique et scientifique et de le maintenir pour répondre au mieux aux objectifs visés.

Dans le cadre de cette présentation, après une introduction générale des principes et des thèmes d'application, nous aborderons les observations effectuées et les développements réalisés principalement pour l'étude de l'atmosphère terrestre, et nous discuterons les évolutions déjà envisagées ou possibles.

*Intervenant

†Auteur correspondant: jacques.pelon@latmos.ipsl.fr

Tour d'horizon en Radiométrie Optique Passive Aéroportée

Xavier Briottet ^{*† 1}

¹ ONERA - The French Aerospace Lab (Toulouse) – ONERA – F-31055 Toulouse, France

De récentes avancées technologiques ont permis le développement de nouvelles caméras couvrant l'ensemble du domaine optique (0.4-12 μ m) avec une meilleure sensibilité radiométrique et des résolutions spectrales très variables avec ou sans polarisation. L'objectif de cette présentation est de faire un tour d'horizon de principales classes de caméras optiques.

Les principales classes d'imageurs qui seront présentées sont: imageur haute résolution spatiale large bande, imageurs multispectraux dans le domaine visible et dans le domaine infrarouge thermique, imageur hyperspectraux, imageur pour l'étude de la polarisation.

Pour chacune de ces classes, les points suivant seront abordés: type d'observable recherché, principe d'acquisitions, principe de mesure, prétraitement nécessaire, méthode d'étalonnage, exemple d'instrument, principales caractéristiques, exemple d'application.

Cette présentation se termina par des perspectives générales.

*Intervenant

†Auteur correspondant: Xavier.Briottet@onera.fr

les radars atmosphériques français, état des lieux et principales évolutions

Jacques Parent Du Chatelet ^{*† 1}

¹ Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (LATMOS) – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines : UMR8190, Université Pierre et Marie Curie - Paris 6 : UMR8190, Institut national des sciences de l'Université : UMR8190, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8190, Institut national des sciences de l'Université : UMR8190, Institut national des sciences de l'Université : UMR8190, Institut national des sciences de l'Université : UMR8190 – 11 boulevard d'Alembert Quartier des Garennes 78280 - Guyancourt, France

Les réseaux de radars précipitation se sont considérablement développés ces deux dernières décennies, tant du point de vue technique que du point de vue de leurs utilisations. L'objectif de la présentation est d'abord de donner la photo actuelle du réseau de radars précipitations français, de ses principales utilisations, et de donner un bref aperçu des récentes avancées de la technologie radar : mise en place de la polarimétrie, algorithmes de fusion de données, et produits grand public. On décrit également les efforts nationaux en cours pour favoriser les échanges de données nécessaires aux chercheurs.

Un second objectif est d'aborder les pistes de progrès plus ou moins avancés pour améliorer l'exploitation des radars:

i) les mesures de réfractivité atmosphérique pour obtenir des informations sur l'atmosphère à partir des variations de la durée du trajet entre le radar et les cibles fixes; ii) l'utilisation optimisée de la fonction d'autocorrélation pour filtrer les échos fixes en schéma d'émission PRT multiple, et iii) les radars à émission continue pour réduire les nuisances liées aux émissions de très forte puissance crête.

*Intervenant

†Auteur correspondant: jacques.parent-du-chatelet@latmos.ipsl.fr

Instrumentations en milieux extrêmes

Optimized and high efficiency biofouling protection for oceanographic optical devices

Laurent Delauney ^{*† 1}, Kada Boukerma^{‡ 1}, Giovanni Pavanello ², Marco Faimali ³

¹ IFREMER - Centre de Brest (Ifremer) – Institut français de Recherche pour l’Exploitation de la Mer – Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France

² Istituto di Science Marine - ISMAR (Italy) – Italie

³ Istituto di Science Marine - ISMAR (Italy) (ISMAR) – Via De Marini 6, 16149 Genova, Italy, Italie

Oceans environmental monitoring and seafloor exploitation need *in situ* sensors in various locations and on various carriers in order to initiate and to calibrate environmental models or to operate underwater industrial process supervision. From coastal to deep sea, one of the main bottlenecks to perform such task is to prevent the transducing interfaces of the sensors and optical systems from biofouling development. The major problem is to provide real-time reliable measurements without requiring too frequent maintenance, therefore too expensive or even impossible to achieve for systems in deep environment or far away from the coast. Without effective protection against biofouling this goal is unachievable.

For optical sensors, Ifremer has developed a very efficient biofouling protection. This technic offers a high level of robustness (no moving parts), a high level of protection efficiency (the whole optical window is protected) and consumes very low energy.

This specific biofouling protection technic has been coupled to an ALVIM biofilm sensor in order to apply the active biofouling protection only when fouling pressure is indeed sensed by the biofilm sensor. This allow to optimized at it’s maximum the efficiency in term of energy needed and in term of biocide free period to allow proper measurements or usage of the optical device.

The biofouling protection technic is based on the coating of the optical window by a ”transparent” conductive layer. This robust transparent conductive layer is polarised in order to generate a very low quantity of hypochlorous acid on the whole surface of the optical port. This technic has been designed at a laboratory stage (TRL-4) many years ago. Then, the coating has been tested in natural seawater to validate it’s aging and it’s biofouling protection efficiency on Chl-a fluorometers.

Under the EU NeXOS project, the biofouling protection of 3 Chl-a fluorometers is a 100% success and has achieved 2 years duration in natural marine environment. These recent results allow using this technic for operational deployments of optical sensors and imaging systems, considering now that the development reached a TRL-7.

*Intervenant

†Auteur correspondant: laurent.delauney@ifremer.fr

‡Auteur correspondant: kada.boukerma@ifremer.fr

La station benthique : un outil de suivi spatio-temporel de la demande en oxygène dans les sédiments côtiers

Laurie Brethous^{* 1}, Bruno Bombled^{* † 1}, Joëlle Kombo¹, M'bassa Marcellin¹, Christophe Rabouille^{‡ 1}, Bruno Lansard^{§ 1}, Abdelkader Abchiche², Oualid Aouji², Gilles Buchholtz²

¹ Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement [Gif-sur-Yvette] (LSCE) – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines : UMR8212, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives : DSM/LSCE, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8212 – Bât. 12, avenue de la Terrasse, F-91198 GIF-SUR-YVETTE CEDEX, France

² Division technique INSU/SDU (DTI) – Institut national des sciences de l'Université, Centre National de la Recherche Scientifique : UPS855, Institut national des sciences de l'Université – 1, Place Aristide Briand 92195 MEUDON CEDEX, France

Les deltas et les estuaires sont à la confluence des échanges entre les domaines terrestres, marins et l'atmosphère. Les fleuves contribuent à des apports en carbone organique et inorganique d'origine terrestre, sous forme particulaire et dissoute. Le carbone organique apporté par les fleuves stimule les respirations aérobies et anaérobies dans la colonne d'eau et au sein des sédiments côtiers. Il en résulte une forte production de carbone inorganique dissous, qui constitue une source de CO₂ pour l'atmosphère. Près de l'interface eau-sédiment, la dégradation aérobie du carbone organique et la réduction des produits de la minéralisation anaérobie créent de fortes demandes en oxygène (DOU: Diffusive Oxygen Uptake). Les zones côtières étant soumises à de forts et rapides événements environnementaux, l'étude de la variation spatio-temporelle du DOU peut donc nous permettre d'évaluer la réponse de la minéralisation benthique au cours de ces épisodes.

En collaboration avec la DT de l'INSU, le LSCE a développé sa station Benthique, système autonome de profileur *in situ* équipé de micro-électrodes d'oxygène et capable de fonctionner en haute et basse fréquence en fonction de la variation de paramètres environnementaux mesurés. L'équipe travaille actuellement sur une évolution des capteurs vers les micro-optodes, plus résistantes et donc plus adaptées aux mesures en milieu côtier.

Au cours de déploiements de 3 mois, la tête d'acquisition de la station benthique est capable de se déplacer verticalement et horizontalement sur des distances respectives de 4 cm et 85 cm. Les profils recueillis à l'issue des déploiements sont traités automatiquement par un programme R permettant de convertir les signaux électriques (pA) en concentration d'oxygène ($\mu\text{mol L}^{-1}$) et de calculer le DOU ($\text{mmol m}^{-2} \text{d}^{-1}$). La compilation des DOU recueillis lors de la première journée des déploiements entre 2014 et 2016 sur la station Mesurho du prodelta du Rhône, a mené à la réalisation de cartes de 1200 cm² qui permettent d'étudier la variabilité spatiale centimétrique, saisonnière et annuelle du DOU. Une compilation interannuelle des DOU dans cette

*Intervenant

† Auteur correspondant: bruno.bombled@lsce.ipsl.fr

‡ Auteur correspondant: christophe.rabouille@lsce.ipsl.fr

§ Auteur correspondant: bruno.lansard@lsce.ipsl.fr

zone deltaïque permettra d'avoir une vision plus poussée du rôle des sédiments côtiers dans le cycle du carbone à l'interface terre-mer.

Combined balloon, aircraft, and surface greenhouse gas measurements at Traînou supersite, France

Céline Lett ^{*† 1}, Morgan Lopez ¹, Michel Ramonet ¹, Cyril Crevoisier ²,
François Danis ², Olivier Membrive ², Thorsten Warneke ³, Yao Té ⁴,
Pascal Jeseck ⁴, Valérie Thouret ⁵, Patrick Chazette ¹, Julien Totems ¹,
Marc Delmotte ¹, Olivier Laurent ¹, Joyce Marais ¹, Delphine Combaz ¹,
Olivier Jossoud ¹, Olivier Llido ¹, Julien Leprêtre ¹, François-Marie Bréon ¹,
Léonard Rivier ¹, Philippe Ciais ¹

¹ Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement [Gif-sur-Yvette] (LSCE - UMR 8212) –
CEA, CNRS : UMR8212, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ) –
LSCE-CEA-Orme des Merisiers (point courrier 129) F-91191 GIF-SUR-YVETTE CEDEX, France

² Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD/IPSL) – Polytechnique - X, CNRS : UMR8539 –
Université Paris Saclay, 91128, Palaiseau, France, France

³ Institute of Environmental Physics [Bremen] (IUP) – Bremen, Allemagne

⁴ Laboratoire d'Etudes du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique et Atmosphères (LERMA) –
Université Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI, Observatoire de Paris, Université de Cergy
Pontoise, Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, INSU, CNRS : UMR8112, École normale
supérieure [ENS] - Paris, PSL Research University – 61, avenue de l'Observatoire - 75014 PARIS, France

⁵ Laboratoire d'aérodynamique - LA (LA) – Université Paul Sabatier - Toulouse 3, Institut national des
sciences de l'Univers, Observatoire Midi-Pyrénées, Centre National de la Recherche Scientifique :
UMR5560 – 14 avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France

The Traînou supersite, located approximately 100 km south of Paris, is the only site in Europe where both ICOS and TCCON networks are operated: this supersite benefits from a tall tower setup for in-situ greenhouse gas (GHG) measurements at 5, 50, 100 and 180 m height, and is equipped with a ground-based FTIR (TCCON-Orléans) for total column measurements. In addition, an aircraft measurement program allows monthly flights to measure GHGs between 100 and 3000 m above the tall tower.

Recent developments of AirCores carried by weather balloons make now possible to derive GHG vertical profiles up to 30 km above the mean sea level (amsl) for moderate costs and logistics. These innovative systems are based on passive sampling of ambient air in a long tube while descending from high altitude. Analysis of trace gas mixing ratios in the sampled air core provides information on the vertical distribution of these trace gases from 30 km down the surface. Initially invented at NOAA, different versions have been developed with success in several research institutes.

Since October 2016, LSCE and LMD have developed their own AirCore system and initiated several intensive field campaigns at Traînou supersite. The aim of these campaigns is to demon-

*Intervenant

†Auteur correspondant: celine.lett@lsce.ipsl.fr

strate the scientific interest for combining surface, airborne, balloon-based and remote sensing measurements of CO₂ and CH₄ mole fractions. During the campaigns, several lightweight AirCores specifically designed for weather balloons were flown and successfully analyzed for GHGs retrieval. In parallel, aircraft measurements were performed. Moreover both a LIDAR and a second compact FTIR (EM27) were implemented during the last campaign (April 2017) at the bottom of the tall tower. The instrumental synergy used during the campaigns leads us to be in a unique and innovative position for analyzing spatiotemporal coherence between various measurement technics dedicated to the GHG survey.

Our poster describes in details the AirCore measurement technique developed at LSCE and LMD. We also present the dataset acquired from the different campaigns that merge observations from surface, aircraft, and AirCore measurements at the Traînou supersite.

Derniers développements du capteur OCTOPUS/UVP6

Marc Picheral ^{*† 1}

¹ Laboratoire d'Océanographie de Villefranche sur mer (LOV) – CNRS : UMR7093 – Observatoire
Océanologique 181 chemin du lazaret 06230 Villefranche sur mer France, France

Le capteur Octopus présenté lors de l'AEI 2014 a été financé et est en cours de développement depuis 2016. Un premier prototype sera testé in-situ en Novembre 2017. Ce capteur d'imagerie permettra l'étude de la matière particulaire en suspension ($> 100\mu\text{m}$) et l'identification du zooplancton ($> 500\mu\text{m}$) jusqu'à 6000m. Sa conception ultra économe en énergie permettra son installation sur les CTD-rosettes et bouées instrumentées mais surtout sur les vecteurs autonomes de type glider et flotteurs profileurs. Le développement des drivers pour flotteurs ainsi que de la chaîne de transfert satellite et de visualisation via l'application ECOTAXA permettra la diffusion temps réels des résultats par Internet.

*Intervenant

†Auteur correspondant: marc.picheral@obs-vlfr.fr

Biocapteur in situ à acide domoïque

Florent Colas * ¹, Morgan Tardivel ¹, Justine Evrard ¹, Sébastien Laurent ²,
Chantal Compère ³

¹ Ifremer - LDCM (Laboratoire Détection, Capteurs, Mesure) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – France

² Laboratoire de microbiologie des environnements extrêmophiles (LM2E) – Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, Université de Brest, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6197 – Centre de Brest DRV/VP - BP 70 29280 PLOUZANE, France

³ Unité de recherche Recherches et Développement Technologiques [Plouzané] – Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer – Centre de Bretagne - ZI de la Pointe du Diable - CS 10070 - 29280 Plouzané, France

Certaines espèces de phytoplancton produisent des composés toxiques pouvant s'accumuler au sein de la chaîne trophique (zooplancton, poissons herbivores). Elles rendent impropres à la consommation les produits issus de l'aquaculture et de la conchyliculture. Ces épisodes toxiques ou encore appelés HAB (Harmful Algal Bloom) sont de plus en plus fréquents, intenses et répandus depuis ces dernières années. Malheureusement, les moyens de lutte contre ces efflorescences d'algues toxiques sont presque inexistantes.

La contamination des coquillages commerciaux par les toxines produites par ces algues est ainsi une menace pour les ressources liées au littoral marin telles que la conchyliculture et les activités touristiques. La protection et la gestion de ces ressources naturelles demandent une information pertinente et précoce sur l'écodynamisme des efflorescences toxiques. Ainsi, l'Ifremer développe depuis une dizaine d'année des biocapteurs pour la détection précoce de ces événements.

Dans le cadre de cet exposé, un système de détection de l'acide domoïque, toxine produite par des espèces du genre pseudo-nitzschia, sera décrit. Il repose sur la Résonance Plasmonique de Surface. Cette technique optique permet de détecter des variations d'indice de réfraction de l'ordre de 10^{-6} au voisinage d'une surface, correspondant à quelques dizaines de picogrammes de biomolécule par mm^2 s'adsorbant sur la surface. Ainsi, en fonctionnalisant la surface avec des molécules spécifiques, il nous a été possible de détecter spécifiquement cette toxine directement dans l'eau de mer, avec des limites de détection de l'ordre de $0,1\text{ng/mL}$.

*Intervenant

Utilisation d'une méthode optique pour évaluer la consommation d'oxygène dans des conditions de haute pression

Marc Garel * ¹, Martini Séverine ², Dominique Lefevre ¹, Christian Tamburini ¹

¹ Institut méditerranéen d'océanologie (MIO) – CNRS : UMR7294, Université du Sud Toulon - Var, Institut de recherche pour le développement [IRD] : UMR235, Aix Marseille Université – M.I.O. Institut Méditerranéen d'Océanologie Campus de Luminy Case 901 13288 MARSEILLE cedex 09, France

² Monterey Bay Aquarium Research Institute (MBARI) – 7700 Sandholdt Road 95039 Moss landing, CA, USA, États-Unis

Les procaryotes hétérotrophes sont les principaux reminéralisateurs de la matière organique dans l'océan. Actuellement, pour évaluer la demande carbonée des procaryotes (en anglais Prokaryotic Carbon Demande, PCD) il est nécessaire de mesurer production hétérotrophique des procaryotes (PHP) et la respiration des procaryote (PR). Il est admis que la mesure de la PHP dans les conditions de *in situ* de pression et de température permet d'avoir une mesure représentative de l'environnement profond. Cependant il n'existe pas encore de méthodes précises pour mesurer la PR dans les conditions *in situ* pression et de température. Dans cette étude, les bouteilles hyperbares ont été modifiées pour y adapter des capteurs d'oxygène dissous. La méthodologie est basée sur une méthode de quenching de fluorescence avec l'utilisation d'optode planaire, méthode largement utilisée en océanographie. C'est une méthode de mesure non invasive et en haute fréquence. Dans un premier temps nous avons déterminé la précision de la mesure ainsi que le temps de réponse du capteur en relation avec l'augmentation de pression hydrostatique dans des conditions abiotiques. Dans un second temps nous discuterons de ces premiers résultats de mesure concomitante de de PHP (mesure discrète) et de PR (mesure en haute fréquence) dans les conditions *in situ* de pression et de température. Enfin nous présenterons une série temporelle de mesure en haute fréquence de la consommation d'oxygène dissout durant une simulation de chute de particule (avec une pression augmentant de manière linéairement).

*Intervenant

L'ANALYSE PAR SPECTROMETRIE DE MASSE D'ESPECES DISSOUTES DANS L'EAU DE MER AINSI QUE DANS LA SURVEILLANCE DE LA POLLUTION DANS LES FLEUVES , ESTUAIRES ET RESERVOIRS D'EAU.

Thomas Gaudy * ¹

¹ Hiden Analytical Ltd. – Royaume-Uni

Le spectromètre de masse Hiden HPR 40 est un système d'échantillonnage par membrane à haute sensibilité utilisé pour des analyses en temps réel des espèces dissoutes dans l'eau ainsi que dans d'autres applications, telles que des analyses de composés organiques volatils dans l'eau de mer, les études de dénitrification et les analyses des eaux souterraines. Le système est un système de paillasse, transportable, conçu pour des applications de recherche en laboratoire, sur bateau ou sur des rives. Le système comprend un système de pompage UHV et une gamme de systèmes d'admission de membrane perméable (prévue pour une large gamme d'applications différentes). Son logiciel PC donne à l'utilisateur un contrôle complet du spectromètre de masse, y compris pour le balayage de masse et l'analyse des tendances.

La sensibilité du système permet de détecter le benzène à 0.5 PPB dans l'eau, et le sulfure de diméthyle (DMS) à un niveau de quelques 10e au niveau PPT. Notre présentation fera référence à cette application où le système a été utilisé pour détecter et analyser les faibles concentrations de DMS (une substance traçante impliquée dans le changement climatique et la réglementation) dans l'eau de l'océan Pacifique au large de la Colombie-Britannique. La mesure en-continu des gaz en temps réel permet d'étudier la dynamique du processus de dénitrification, et cette application sera également discutée en détail.

Voir :

<http://www.hiden.fr/applications/analyse-d-especes-dissoutes.php>

http://www.hidenanalytical.com/wp-content/uploads/2016/07/pp701_HPR_40_Sea_water_application.pdf

*Intervenant

MUG-OBS - Multiparameter Ocean Bottom System : a new versatile multidisciplinary instrument for seismology, acoustic and physical oceanographic for deep ocean monitoring.

Yann Hello * ¹, Philippe Charvis[†] ², Manuk Yegikan[‡] ³, Jean-Yves Royer[§] ⁴, Laurent Coppola[¶] ⁵, Vincent Taillandier^{||} ⁶

¹ Géoazur (GEOAZUR) – Université Nice Sophia Antipolis, Institut national des sciences de l'Université, Observatoire de la Cote d'Azur, Université Côte d'Azur, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7329, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université – Bât 1, 250 rue Albert Einstein Les Lucioles 1, Sophia Antipolis 06560 VALBONNE, France

² Géoazur (GEOAZUR) – Université Nice Sophia Antipolis (UNS), INSU, Observatoire de la Cote d'Azur, Institut de recherche pour le développement [IRD], CNRS : UMR7329 – Bât 1, 250 rue Albert Einstein Les Lucioles 1, Sophia Antipolis 06560 VALBONNE, France

³ Géoazur (GEOAZUR) – Université Nice Sophia Antipolis (UNS), INSU, Observatoire de la Cote d'Azur, Institut de recherche pour le développement [IRD] : UR082, CNRS : UMR7329 – Bât 1, 250 rue Albert Einstein Les Lucioles 1, Sophia Antipolis 06560 VALBONNE, France

⁴ Domaines Océaniques (DO) – Université européenne de Bretagne - Brest, INSU, Université de Bretagne Occidentale (UBO), CNRS : UMR6538 – France

⁵ Observatoire océanologique de Villefranche-sur-mer (OOVM) – Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, Institut national des sciences de l'Université, Centre National de la Recherche Scientifique : UMS829 – Observatoire Océanologique BP 28 06234 VILLEFRANCHE SUR MER CEDEX, France

⁶ Laboratoire d'océanographie de Villefranche (LOV) – INSU, CNRS : UMR7093, Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, Université Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI – Observatoire Océanologique Station zoologique 181, chemin du lazaret BP 28 06230 VILLEFRANCHE SUR MER Cedex, France

*Intervenant

[†]Auteur correspondant: charvis@geoazur.unice.fr

[‡]Auteur correspondant: manuk.yegikyan@osean.fr

[§]Auteur correspondant:

[¶]Auteur correspondant:

^{||}Auteur correspondant:

There are several attempts to monitor real time seismic activity, using regional scale wired nodes, such as Neptune in Canada and in the U.S, Antares in France or DONET in Japan. On another hand there are also initiatives in deploying repeatedly OBS array. These OBSs are autonomous; they are self-recovered or recovered using an ROV. These systems are costly including ship time, and require to recover the OBS before to start working on data. Among the most recent alternative we developed a 3-years autonomy OBS equipped with a Nanometrics Trillium 120 s, a triaxial accelerometer, a differential and an absolute pressure gauge, and a hydrophone. MUG-OBS is a free falling instrument rated down to 6000 m. The installation of the sensor is monitored by acoustic commands from the surface and a health bulletin with data checking is recovered by acoustic during the installation. The major innovation is that it is possible to recover the data any time on demand (regularly every 6-months or after a seismic crisis) using one of the 6 data-shuttles released from the surface by acoustic command using a one day fast cruise boat of opportunity. Passive acoustic monitoring of the open ocean has mainly resorted to networks of autonomous hydrophones, installed on deep mooring. Typically, a sampling rate of 250 Hz allows for one or two years of continuous recordings. This frequency range (0-125 Hz) is particularly suited to monitor submarine earthquakes, subsea volcanic eruptions, ice tremors and icequakes, large baleen whales, the sea-state microseismic noise, and the low-frequency noise level in general. This approach have proven very robust and reliable, after more than 20 years of successful deployments in the Pacific, Atlantic and Indian oceans. Up to now data are recovered once every other year; accordingly the electronic board and sampling strategy are optimized to save the power of the instruments. This takes shiptime and human ressources. We are proposing to deploy one mooring line (Hydrobs) in the Indian Ocean in 2017 equipped with a MUG. Sensors are hydrophones only and data recovered every year over a period of three years releasing shuttles by acoustic.

EMSO-Antares (Western Ligurian Sea) A unique Observatory for Sea Science and particle astrophysics.

Dominique Lefevre * ¹

¹ Mediterranean Institute of oceanography (MIO) – CNRS-MIO – campus de Luminy Case 901 13288
Marseille cedex 9, France

EMSO-France is a distributed research infrastructure involving many sites of activity, one of which is the ANTARES (Astronomy with a Neutrino Telescope and Abyss environmental RE-Search) site in the Western Ligurian Sea. The objective is to develop a scientific and technical observatory based on the mutualisation of effort with open access to international partners.[AD1] Based on the synergy between astroparticle physicists, focused on neutrino research, and oceanographers, geophysicists, biologists, which follow continuously the water column and the deep sea, the project aims to build a network of sensors connected in real-time to the underwater infrastructure via electro-optical cables. This multidisciplinary project, led by INSU and IN2P3 is a node of the European projects KM3NeT and EMSO.

The ANTARES site is currently being upgraded to the next generation deep-sea neutrino telescope, named KM3NeT-ORCA (Oscillation Research with Cosmics in the Abyss). It will allow the measurement of neutrinos mass hierarchy, provide information on dark and a better knowledge of the earth deep core composition (neutrino tomography). This research infrastructure presents a unique opportunity to develop multidisciplinary projects across many different scientific fields (Fig. 1).

Building on the ANTARES experience, such as the instrumentation line and ongoing efforts aiming at instrumenting the water column for sustainable in situ a real-time data acquisition, we are currently developing and diversifying our observing system (Fig.1). Furthermore, climatic changes will trigger change in temperature and other parameters that will impact on biogeochemical processes and biodiversity. It is therefore a strong necessity to setup the appropriate tools to monitor, understand our ecosystem evolution: study of the link between the surface to the deep ocean in relation with surface oceanic circulation (i.e. North current), events at the basin scale such as deep water formation, flux of organic matter and particles originating from diverse horizon, bioluminescence, nuclear radiation, seismology, monitoring deep sea fauna/flora using high-tech imaging cameras. Monitoring also seismology and marine mammals through acoustic signals.

*Intervenant

Development of a PVDF pressure gauge for blast loading measurement

Michel Arrigoni * ¹, Steven Kerampran ², Martin Monloubou ¹, Julien Le Clanche ¹, François Bauer ³

¹ ensta bretagne – ENSTA Bretagne – France

² ensta bretagne – ensta be – France

³ AIFP – ENSTA Bretagne – France

Les travaux présentés concernent le développement d'un capteur plat pour la mesure de la pression dynamique réfléchie. Le concept est basé sur une jauge piézoélectrique " Bauer " de 25 μm de film de PolyVinylidene Fluoride (PVDF). La propriété piézoélectrique du PVDF a été utilisée pour le développement de jauges de pression de choc capables de mesurer des surpressions allant de quelques mbar à des centaines de kBar [1]. Ces jauges nécessitent néanmoins certaines précautions pour être intégrées dans une chaîne d'acquisition, les résultats obtenus sont fortement dépendants de l'expérience. Dans le travail présenté, la jauge " Bauer " classique a été adaptée: le film PVDF reproductible est polarisé sous haute tension et la mesure de la polarisation a été améliorée en précision, avec une réponse électrique symétrique et reproductibilité. La zone sensible est un carré de 3 mm * 3 mm. La jauge a été prise en sandwich entre un isolant blindé électriquement et recouvert d'un matériau conducteur de la chaleur. Un fil coaxial de 5 m de long relie la jauge à un amplificateur de charge, permettant sa connexion à un oscilloscope déporté, assez loin de l'installation expérimentale. Le capteur a été placé sur le fond fermé à l'intérieur d'un tube à choc. La charge électrique de sortie de la jauge PVDF a été corrélée avec la pression mesurée par les capteurs PCB® calibrés. Les pressions mesurées sont validées par une approche analytique et des simulations numériques. Une courbe d'étalonnage peut être déduite pour des pressions inférieures à 10 bar, des valeurs qui se rencontrent souvent dans des situations d'explosions. Ce capteur adaptable est donc utilisable pour mesurer la pression réfléchie sur un matériau plat. [1] Bauer, F. (2004, July). PVDF shock compression sensors in shock wave physics. In M. D. Furnish, Y. M. Gupta, & J. W. Forbes (Eds.), *AIP Conference Proceedings* (Vol. 706, No. 1, pp. 1121-1124). AIP.

*Intervenant

Robot benthique profond sur le nœud EMSO-Ligue Ouest France

Christian Tamburini ^{*† 1}, Carl Gojak ², Jacopo Aguzzi ³, Rémi Barbier ⁴,
Vincent Bertin ⁵, José Busto ⁵, Paschal Coyle ⁵, Viorel Ciausiu ⁶, Philippe
Cuny ¹, Anne Deschamps ⁷, Xavier Durrieu De Madron ⁸, Adrien Goujard
⁹, Christian Grenz ¹, Yann Hello ⁷, Patrick Lamare ⁵, Séverine Martini ¹⁰,
Cécile Militon ¹, Christophe Rabouille ¹¹, Delphine Thibault ¹, Dominique
Lefèvre ¹

¹ MIO, Marseille – CNRS – France

² DT INSU, La Seyne-sur-Mer – CNRS – France

³ CSIC, Barcelone – Espagne

⁴ Université Lyon 1 / IPNL, CNRS, Lyon – Université de Lyon 1 – France

⁵ CPPM, Marseille – CNRS – France

⁶ IFREMER, La Seyne-sur-Mer – IFREMER – France

⁷ Geoazur, UCA, Nice – CNRS – France

⁸ CEFREM, Perpignan – CNRS – France

⁹ GIS Posidonies, Marseille – AMU – France

¹⁰ MBARI, Monterey Bay, CA – États-Unis

¹¹ LSCE/IPSL, Gif-sur-Yvette – CEA – France

Christian Tamburini, Carl Gojak, Jacopo Aguzzi, Rémi Barbier, Vincent Bertin, Paschal Coyle, Viorel Ciausiu, Philippe Cuny, Anne Deschamps, Xavier Durrieu de Madron, Adrien Goujard, Christian Grenz, Yann Hello, Patrick Lamare, Séverine Martini, Cécile Militon, Christophe Rabouille, Delphine Thibault, Dominique Lefèvre

Développée par 2500 mètres de profondeur à 40 km au large de Toulon, à proximité de la station MOOSE ANTARES, l'infrastructure sous-marine MEUST (Mediterranean Eurocentre for Underwater Sciences and Technologies) est une plateforme pluridisciplinaire scientifique et technologique ouverte à l'international et intégrée aux réseaux européens de télescopes à neutrinos KM3NeT et d'observatoires de l'environnement marin EMSO (European Multidisciplinary Seafloor and water-column Observatory). Cette infrastructure unique offre ainsi les interfaces électro-optiques nécessaires pour le fonctionnement et l'acquisition des lignes du détecteur KM3NeT/ORCA, ainsi que pour une instrumentation d'observation en temps réel du milieu marin à grande profondeur.

La *boîte de jonction secondaire Ifremer (BJS)*, actuellement en opération sur le site ANTARES, sera récupérée, mise à niveau et connectée au nœud N2 de MEUST. Elle permettra le branchement et l'acquisition en temps réel de capteurs pluridisciplinaires : un *capteur sismique* pour étendre en mer le réseau de surveillance sismique de la côte provençale, une *biocaméra innovante*, pour suivre en temps réel et identifier les formes de vie bioluminescentes, un *détecteur germanium* pour suivre la radioactivité du site (en collaboration avec l'IRSN), et un *robot benthique*. Ce

*Intervenant

†Auteur correspondant: christian.tamburini@mio.osupytheas.fr

robot, véhicule à chenilles équipé de diverses sondes, sera le pendant benthique de l'infrastructure pélagique (ligne *ALBATROSS*) et permettra un couplage Pelagos-Benthos de l'étude du flux de matière et de carbone. Il permettra, à terme, d'effectuer le suivi : de la dynamique des échanges à l'interface eau-sédiment et des processus physico-chimique dans la matrice sédimentaire (sondes sédimentaires, chambre benthique) ; de l'acidification, de l'évolution de la température et de l'oxygénation des eaux profondes méditerranéennes ; de l'impact des convections profondes sur le fonctionnement des écosystèmes océaniques profonds (charges particulières, biodiversité) et sur l'étude de la bioluminescence. Avec ce robot, des expérimentations de biodégradation (hydrocarbures pétroliers, macro-plastiques,...) pourront être réalisées en suivant à long-terme l'évolution des communautés benthiques (micro-, méio- et macroorganismes).

La sonde SUBGLACIOR: concept, design et premiers tests

Jérôme Chappellaz * ¹

¹ Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Institut national des sciences de l'Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes – UGA - IGECS 4070038 058
Grenoble Cedex 9, France

En réponse au challenge scientifique dit "oldest ice", initié par le partenariat international en sciences des carottes de glace (IPICS) et visant à étudier la transition climatique du mi-Pléistocène (il y a un million d'années) à partir de la glace antarctique, de nouveaux outils d'accès rapide à la glace profonde doivent être développés. Leur intérêt sera de valider rapidement la qualité de sites potentiels, préalablement définis grâce aux échos radar et à la modélisation de l'écoulement de la glace. Ils constitueront un pré-requis à la mise en place d'une opération plus classique de forage profond, conduit sur une durée de typiquement 5 ans.

Dans le cadre du projet ERC ICE&LASERS et des projets SUBGLACIOR soutenus par l'ANR, l'EquipEx CLIMCOR et les fondations BNP Paribas et Mamont, nous avons conçu une sonde très innovante dénommée SUBGLACIOR. Celle-ci intègre pour la première fois plusieurs technologies inhabituelles dans le domaine du forage dans la glace: le forage combiné électromécanique et thermique, la circulation d'un fluide de forage pour évacuer les copeaux en permanence vers la surface, une gestion embarquée d'un échantillon liquide produit en continu par la sonde, l'alimentation d'un spectromètre optique OF-CEAS embarqué analysant en continu et en temps réel les isotopes de l'eau (rapport deutérium/hydrogène) et la concentration en méthane dans les bulles d'air, ainsi que d'un capteur Abakus pour la mesure des concentrations en poussière et leur spectre de taille, la communication en temps réel des données vers la surface par ADSL, l'utilisation de deux treuils asservis pour alimenter l'unique sonde, une technique nouvelle pour rendre étanche les 100 mètres séparant la surface du glacier de la profondeur où la neige s'est transformée en glace étanche,...

Ce poster présentera le concept général de la sonde, les solutions techniques choisies, ainsi que les résultats des premiers tests conduits durant l'hiver 2016/2017 à la base Concordia en Antarctique.

*Intervenant

Instrumentation Ballons

Nadir Amarouche ^{*† 1}

¹ Division technique INSU/SDU (DTI) – INSU, CNRS : UPS855 – 1, Place Aristide Briand 92195 MEUDON CEDEX, France

Le but de cette intervention est de vous présenter les problématiques rencontrées et solutions mises en œuvre lors du développement d'instruments embarqués sous ballon.

Le premier axe concernera l'offre CNES concernant les porteurs possibles : Ballon Stratosphérique Ouvert (BSO), Ballon Pressurisé Stratosphérique (BPS) et le Ballon Leger Dilatable (BLD). Les autres vecteurs ne seront pas abordés lors cette intervention.

Pour chacun de ces porteurs, les contraintes spécifiques imposées aux instruments seront exposées (masse, énergie, télémétrie...). Il sera aussi abordé une comparaison au vecteur Avion.

Le second axe présentera un développement instrumental particulier pour la mission STRATEOLE-2 sous BPS. A travers cet instrument, le but sera de vous montrer les solutions mises en œuvre dans les différents domaines techniques : thermique, mécanique, électronique, logiciel embarqué, volume télémétrie.

Comment à partir d'un instrument développé dans un autre cadre, passer à un instrument pour des missions longue durée avec des contraintes fortes en thermique, en énergie, en télémétrie ?

*Intervenant

†Auteur correspondant: nadir.amarouche@cnrs.fr

Instrumentation fond de mer: de ANTARES à EMSO Ligure Ouest

Carl Gojak ^{*† 1}, Karim Mahiouz ^{* ‡ 1}, Zouhir Hafidi ^{* § 1}, Dominique Lefèvre ^{* ¶ 2}

¹ Division technique INSU/SDU (DTI) – INSU, CNRS : UPS855 – 1, Place Aristide Briand 92195 MEUDON CEDEX, France

² Institut Méditerranéen d’Océanologie (MIO) – Institut de Recherche pour le Développement : UMR_D235, AixMarseilleUniversit : UM110, Institutderecherchepourledveloppement[IRD] : UMR235 :

UMR_D235, Université de Toulon : UMR7294, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7294 – M.I.O. Institut Méditerranéen d’Océanologie Campus de Luminy Case 90113288 MARSEILLE cedex 09, France

Nourri de la synergie entre l’astrophysique des particules (neutrinos), l’océanographie, la géophysique et la biologie pour l’observation du milieu océanique, l’observatoire fond de mer ANTARES (Astronomie avec un télescope Neutrino et Abyss Environmental RESearch) vise à construire un réseau de capteurs connectés en temps réel à une infrastructure sous-marine reliée à la terre par un câble électro-optique. Cet observatoire, dirigé par les instituts INSU et IN2P3 du CNRS, les universités d’Aix-Marseille et de Toulon-Var ainsi que l’IFREMER, est également un point d’observation des projets européens KM3NeT et EMSO.

EMSO-France est une infrastructure de recherche multidisciplinaire impliquant de nombreux sites d’activité dont l’un est le site ANTARES en mer de Ligure. L’objectif est de développer un observatoire scientifique et technique basé sur la mutualisation des efforts avec un accès ouvert aux partenaires internationaux, dédié aux sciences environnementales.

Le site ANTARES est actuellement mis à niveau vers une nouvelle génération de télescope à neutrinos en mer profonde, KM3NeT-ORCA (Oscillation Research with Cosmics in the Abyss). Ce nouveau télescope permettra la mesure de la hiérarchie de masse des neutrinos, fournira des informations sur la matière noire et une meilleure connaissance de la composition du noyau profond de la terre (tomographie par neutrino).

Dans ce contexte, cette présentation permettra de faire un bilan passé de l’instrumentation environnementale développée et déployée sur l’infrastructure sous-marine du télescope ANTARES. Les nouveaux systèmes mis en place sur l’architecture KM3NeT – EMSO Ligure Ouest seront décrits ainsi que les développements en cours de réalisation. Une perspective d’évolution de cet observatoire unique multidisciplinaire sera présentée.

*Intervenant

† Auteur correspondant: carl.gojak@cnrs.fr

‡ Auteur correspondant: karim.mahiouz@cnrs.fr

§ Auteur correspondant: zouhir.hafidi@cnrs.fr

¶ Auteur correspondant: dominique.lefevre@mio.osupytheas.fr

Subglacior and Sub-Ocean : two instrumental developments for in-situ trace gas measurements in "extreme" environments

Roberto Grilli *† 1

¹ Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Institut de Recherche pour le Développement, Institut Polytechnique de Grenoble - Grenoble Institute of Technology, Institut national des sciences de l'Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université – UGA - IGECS 4070038
058 Grenoble Cedex 9, France

In this talk I will describe two of the different developments that I have been working on the last few years. They both consist of taking an optical spectrometer designed for high sensitive trace gas detection and readapting it in order to fit the constraints to be used for in-situ measurements. On one hand, with Subglacior we embedded the spectrometer on a drilling tool, capable of drilling Antarctica ice-sheet continuously, down to 3000 m of depth analyzing concentration of CH₄ and δD of H₂O. This tool will be key for identify a site in Antarctica where ice older than 1 Myrs can be found. Thanks to the work of a team of 20 researchers and engineers, the probe is now assembled and under test (in the laboratory as well as in the field). There are therefore multiple aspects to discuss related to the engineering of the whole probe, which will have to work in an extreme environment as Antarctica. The second part will be on a similar development, but this time for measuring in-situ dissolved gases in the ocean. Here the environment is less extreme, but there are still few points to consider for designing a probe for precise dissolved gases measurements. Results from a cruise on the West coast of Svalbard will be presented showing for the first time an high resolution profile of methane degassing from the seabed in this unstable hydrate degassing zone.

*Intervenant

†Auteur correspondant: Roberto.GRILLI@cnrs.fr

Systemes automatiques & robotiques

CHAMbres benthiques AUTomatiques en milieu côtier : vers des mesures hautes-fréquences (Projet CHAMAUT)

Romain Davy * ¹, Cécile Cotty * † ¹, Vincent Ouisse ‡ ², Dominique Munaron ², Inès Le Fur ², Marion Richard ², Emilie Le Floc'h ², Gregory Messiaen ², Marine David ², Martine Fortune ², Elise Bellamy ², Thomas Stieglitz ³, Valenti Rodellas ³, Sébastien Mas ⁴, David Parin ⁵, Laurent Delauney ¹, Agathe Laes-Huon ¹, David Le Piver ¹, Patrick Rousseaux ¹, Laurent Gautier ¹, Florence Mazeas ¹, Loïc Dussud ¹

¹ IFREMER - Centre de Brest – Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer – Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France

² UMR MARBEC – Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, CNRS : UMR9190, Institut de recherche pour le développement [IRD] : UR248, Université de Montpellier – Station de Sète - Avenue Jean Monnet - CS 30171 - 34203 Sète Cedex, France

³ Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Institut de Recherche pour le Développement :

UMR_D161, AixMarseilleUniversit : UM34, CollgedeFrance :

UMR7330, Institutnationaldessciencesdelnivers, CentreNationaldelaRechercheScientifique : UMR7330, Institutnationaldessciencesdelnivers, Institutnationaldessciencesdelnivers, Institutnationaldessciencesdelnivers – EuropeMediterranendelrbois – AvenueLouisPhilibert – BP80 – 13545Aix – en – Provencecedex4, France

⁴ UMS MEDIMMER – Université Montpellier 2 (FRANCE), CNRS : UMR3301 – Station Méditerranéenne de l'Environnement Littorale – 2 Rue des Chantiers – 34200 Sète, France

⁵ UMS MEDIMEER – Université Montpellier 2 (FRANCE), CNRS : UMR3301 – Station Méditerranéenne de l'Environnement Littorale – 2 Rue des Chantiers – 34200 Sète, France

Le compartiment benthique côtier, défini comme le substrat et l'ensemble des organismes vivants associés, jouerait un rôle important dans la régulation des cycles de la matière. Or les bilans de matière aujourd'hui disponibles sont basés sur des mesures ponctuelles qui ne prennent souvent pas en compte la variabilité temporelle à petite échelle des conditions environnementales. L'objectif du projet CHAMAUT, basé sur un réseau interdisciplinaire, est de développer trois systèmes automatiques et autonomes (sur 24 à 48h). Ces systèmes peuvent être déployés à partir d'embarcations côtières légères en milieu peu profond (inférieur à 10 mètres) et permettent de mesurer *in situ* et à haute fréquence des flux benthiques. Ces systèmes sont évolutifs et incluent déjà des sondes et capteurs de mesures (température, oxygène, pH, salinité, lumière) ainsi que des analyseurs *in-situ*, les CHEMINs (CHEmical MINiaturized analyser), permettant de mesurer des concentrations en Ammonium, Nitrate/Nitrite et Phosphate.

*Intervenant

†Auteur correspondant: cecile.cotty@ifremer.fr

‡Auteur correspondant: vincent.ouisse@ifremer.fr

Les différentes mesures ont été réalisées au sein d'enceintes benthiques dans trois lagunes méditerranéennes (l'étang de Thau, l'étang du Prévost et l'étang de l'Ayrolle). Pour chaque site d'étude, la période de suivi est de 24 heures avec des mesures de nutriments toutes les 20 minutes. L'automatisation du système permet de faire se succéder des périodes d'incubation de 90min et des périodes de renouvellement de l'eau de 30min. Chaque déploiement a permis d'acquérir environ 400 mesures de nutriments par analyseur, dont en moyenne 200 mesures dédiées à l'étalonnage et la qualification des appareils. Les différentes mesures, axées sur la qualification des appareils, respectent un plan d'expérience décidé en amont du projet et destiné à qualifier les incertitudes de mesures ainsi que leur justesse.

Les analyseurs sont programmés en amont des déploiements et exécutent de manière autonome leurs mesures au sein de structures étanches. Chaque structure abrite l'énergie nécessaire au fonctionnement des analyseurs ainsi que les réactifs et standards indispensables aux mesures et à leur étalonnage.

L'ensemble du travail réalisé au sein du projet CHAMAUT sera présenté en deux parties, une première partie sur l'infrastructure et une deuxième autour des mesures.

Projet Chamaut

Cécile Cotty * ¹, Romain Davy * † ¹, Vincent Ouisse ², Dominique Munaron ³, Inès Le Fur ³, Marion Richard ³, Emilie Le Floc'h ⁴, Gregory Messiaen ³, Marine David ³, Martine Fortune ³, Thomas Stieglitz ⁵, Valenti Rodellas ⁵, Sebastien Mas ⁶, David Parin ⁷, Patrick Rousseaux ¹, David Le Piver ¹, Agathe Laës ⁸, Laurent Delauney ⁹, Loïc Dussud ¹, Florence Mazeas ¹, Laurent Gautier ¹, Elise Bellamy ²

¹ IFREMER - Centre de Brest – Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer – Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France

² UMR MARBEC – Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, CNRS : UMR9190, Institut de recherche pour le développement [IRD] : UR248, Université de Montpellier, Université de Montpellier – Station de Sète - Avenue Jean Monnet - CS 30171 - 34203 Sète Cedex, France

³ UMR MARBEC – Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, CNRS : UMR9190, Institut de recherche pour le développement [IRD] : UR248, Université de Montpellier – Station de Sète - Avenue Jean Monnet - CS 30171 - 34203 Sète Cedex, France

⁴ MARine Biodiversity, Exploitation and Conservation (UMR MARBEC) – CNRS : UMR9190, Institut de recherche pour le développement [IRD] : UMR248, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc – Station IFREMER, av. Jean Monnet, 34200 Sète, France

⁵ Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Institut de Recherche pour le Développement :

UMR_D161, AixMarseilleUniversité : UM34, Collège de France :

UMR7330, Institut national des sciences de l'univers, Centre National de la Recherche Scientifique :

UMR7330, Institut national des sciences de l'univers, Institut national des sciences de l'univers, Institut national des sciences de l'univers – Europe Méditerranée du bois – Avenue Louis Philibert – BP80 – 13545 Aix – en – Provence cedex 4, France

⁶ Mediterranean centre for Marine Ecosystems Experimental Research – UMS 3301 – COSYM : UMR 5119 - Cc093, Bat. 24. Université Montpellier 2, Place Eugène Bataillon – 34095 Montpellier Cedex 5, France

⁷ UMS MEDIMEER – Université Montpellier 2 (FRANCE), CNRS : UMR3301 – Station Méditerranéenne de l'Environnement Littoral – 2 Rue des Chantiers – 34200 Sète, France

⁸ Ifremer – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Centre de Brest – Station de la pointe du Diable CS10070 29280 PLOUZANE, France

⁹ IFREMER - Centre de Brest (Ifremer) – Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer – Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France

CHAMBRES benthiques AUTomatiques en milieu côtier : vers des mesures hautes-fréquences (Projet CHAMAUT)

Le compartiment benthique côtier, défini comme le substrat et l'ensemble des organismes vivants associés, jouerait un rôle important dans la régulation des cycles de la matière. Or les bilans de matière aujourd'hui disponibles sont basés sur des mesures ponctuelles qui ne prennent souvent pas en compte la variabilité temporelle à petite échelle des conditions environnementales.

*Intervenant

†Auteur correspondant: romain.davy@ifremer.fr

L'objectif du projet CHAMAUT, basé sur un réseau interdisciplinaire, est de développer trois systèmes automatiques et autonomes (sur 24 à 48h). Ces systèmes peuvent être déployés à partir d'embarcations côtières légères en milieu peu profond (inférieur à 10 mètres) et permettent de mesurer *in situ* et à haute fréquence des flux benthiques. Ces systèmes sont évolutifs et incluent déjà des sondes et capteurs de mesures (température, oxygène, pH, salinité, lumière) ainsi que des analyseurs *in-situ*, les CHEMINIs (CHEmical MINIaturized analyser), permettant de mesurer des concentrations en Ammonium, Nitrate/Nitrite et Phosphate.

Les différentes mesures ont été réalisées au sein d'enceintes benthiques dans trois lagunes méditerranéennes (l'étang de Thau, l'étang du Prévost et l'étang de l'Ayrolle). Pour chaque site d'étude, la période de suivi est de 24 heures avec des mesures de nutriments toutes les 20 minutes. L'automatisation du système permet de faire se succéder des périodes d'incubation de 90min et des périodes de renouvellement de l'eau de 30min. Chaque déploiement a permis d'acquérir environ 400 mesures de nutriments par analyseur, dont en moyenne 200 mesures dédiées à l'étalonnage et la qualification des appareils. Les différentes mesures, axées sur la qualification des appareils, respectent un plan d'expérience décidé en amont du projet et destiné à qualifier les incertitudes de mesures ainsi que leur justesse.

Les analyseurs sont programmés en amont des déploiements et exécutent de manière autonome leurs mesures au sein de structures étanches. Chaque structure abrite l'énergie nécessaire au fonctionnement des analyseurs ainsi que les réactifs et standards indispensables aux mesures et à leur étalonnage.

L'ensemble du travail réalisé au sein du projet CHAMAUT sera présenté en deux parties, une première partie sur l'infrastructure et une deuxième autour des mesures.

Datalogger Tinyduino

Hélène Guyard * ¹, Celine Duwig ², Jean-Martial Cohard ¹, Christophe Brun ³

¹ Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Institut de Recherche pour le Développement, Institut Polytechnique de Grenoble - Grenoble Institute of Technology, Institut national des sciences de l'Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université – UGA - IGECS 4070038 058 Grenoble Cedex 9, France

² Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5001, Institut de recherche pour le développement [IRD] : UR252, Université Grenoble Alpes – UGA - IGE CS 40700 38 058 Grenoble Cedex 9, France

³ Laboratoire des écoulements géophysiques et industriels (LEGI) – Université Joseph Fourier - Grenoble 1, Institut National Polytechnique de Grenoble, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5519 – 1025 Rue de la piscine - BP 53 38041 GRENOBLE CEDEX 9, France

Dans nos domaines d'activités, la plupart des recherches s'appuient sur des suivi temporel de différentes variables, tels que la pluie, l'humidité du sol, le niveau des rivières, la température etc. Même si de nombreuses solutions techniques sont commercialisées la conception et la réalisation d'un système d'acquisition universel, modulable et miniaturisé à un cout modéré, permettrait la multiplication des points de mesures et représenterait de ce fait un réel avantage pour nombre d'applications. Le concept Arduino et plus largement Duino est intéressant par le fait qu'il est open hardware et software, ce qui nous permet de maîtriser toutes les étapes de la fabrication et de l'utilisation du data logger.

A partir de ces constats, un système d'acquisition autonome à base de cartes Tinyduino empilables a été développé (une carte microcontrôleur, une carte horloge et une carte mémoire). On associe à cette base commune à tous les montages une carte interface qui permet l'alimentation du montage et l'interfaçage avec les capteurs choisis.

Pour sa première application, ce système a été associé à un pluviomètre et à des sondes capacitatives. Il permet de mesurer, toutes les heures, la teneur en eau dans le sol à trois profondeurs différentes. Le déclenchement du pluviomètre accélère la cadence des mesures pendant 48h après la fin du dernier déclenchement. Le nombre de basculement du pluviomètre est aussi enregistré. Les données sont horodatées et enregistrées sur une carte micro SD au format texte.

Une deuxième application a associé ce système à un capteur ES-2 Decagon. Elle permet la mesure horaire de la conductivité de l'eau d'une rivière. Ces deux applications sont déployés sur l'Altiplano bolivien depuis l'automne 2014.

La troisième application consistait à instrumenter un ballon captif. Dans ce cas l'avantage de notre système est son poids léger ce qui nous a permis de multiplier les capteurs. Le système d'acquisition Tinyduino enregistre à une fréquence de 0.5Hz, la température et l'humidité de l'air, la direction et la vitesse du vent, la pression atmosphérique avec laquelle on déduit l'altitude du

*Intervenant

ballon. Une boussole électronique et un GPS permettent quant à eux de localiser précisément les mesures effectuées.

BioArgoMed : un réseau de flotteurs profileurs biogéochimiques en Méditerranée

Vincent Taillandier ^{*† 1}, Fabrizio D'ortenzio ¹, Thibaut Wagener ²

¹ Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (LOV) – CNRS : UMR7093 – 181 chemin du Lazaret
06230 Villefranche-sur-Mer, France

² Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO) – Institut de Recherche pour le Développement :
UMR_D235, AixMarseilleUniversit : UMR110, Institutderecherchepourledveloppement[IRD] :
UMR235 :

UMR_D235, Université de Toulon : UMR7294, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7294 –
– M.I.O. Institut Méditerranéen d'Océanologie Campus de Luminy Case 90113288 MARSEILLE cedex 09, France

La variété des cycles saisonniers phytoplanctoniques qui caractérise de vastes bassins océaniques peut être observée dans l'emprise de la Mer Méditerranée. Cette biogéographie établie à partir de l'observation satellitaire est aujourd'hui étudiée par une approche in-situ mieux à même d'identifier les mécanismes physiques-chimiques-biologiques qui sont à l'origine de la structuration des écosystèmes pélagiques méditerranéens.

Ce réseau d'observation in-situ a été mis en place avec l'avènement des flotteurs profileurs biogéochimiques, plateformes autonomes capables d'effectuer périodiquement (programmable de 1 à 10 jours) des relevés océanographiques jusqu'à 1000m de profondeur. Ces flotteurs embarquent en effet un jeu de capteurs permettant de mesurer la température et la salinité, les concentrations en oxygène dissous, chlorophylle, nitrate, substance jaune, ainsi que les propriétés optiques de rétrodiffusion et d'éclaircissements. Les profils verticaux ainsi collectés sont transmis en temps réel aux centres de données.

Initié en Novembre 2012, le réseau BioArgoMed est actuellement constitué d'une douzaine de séries temporelles pluriannuelles échantillonnant l'ensemble de la biogéographie méditerranéenne. Le maintien de ces séries est assuré par la mise à disposition de flotteurs via les programmes nationaux (principalement Equipex-NAOS) et européens (Euro-Argo, ERC RemOcean), leur déploiement et récupération via les efforts d'observation récurrente (SNO MOOSE) ou ponctuels (chantier MERMEX, campagnes dédiées BioArgoMed).

Ce dispositif expérimental a permis de mettre en place des protocoles uniformes de mise à l'eau des flotteurs et d'étalonnage instrumental, qui serviront de référence pour le réseau BioArgo global quant au traitement des paramètres biogéochimiques, au contrôle qualité des données collectées et leur indexation aux standards internationaux. D'autre part, les instruments récupérés fournissent une évaluation de grande ampleur et de forte valeur ajoutée des performances des capteurs embarqués et des plateformes (durée effective d'utilisation, tenue aux bio-salissures, procédures de reconditionnement et de réutilisation, évaluation des dérives instrumentales). Ces retours d'expérience permettront d'asseoir et d'apporter du crédit à l'observation biogéochimique par plateforme autonome.

*Intervenant

†Auteur correspondant: taillandier@obs-vlfr.fr

Développement de l'analyse, à haute résolution spatiale et temporelle, de " proxy ", par analyse directe du solide ETV-ICPOES

David Baque * ¹

¹ Université de Toulouse ; INP, UPS; EcoLab (Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement) – ENSAT – Avenue de l'Agrobiopole, 31326 Castanet Tolosan, France

L'acquisition de séries de " proxy " à haute résolution spatiale et temporelle, est un défi scientifique et technologique aux enjeux multiples. Il s'agit d'ouvrir de nouvelles perspectives vers des études plus fines du changement climatique, à travers les tourbières véritables archives paléo-environnementales, sur la contamination des milieux aquatiques, et en écotoxicologie. Dans le cadre de la plateforme PANGEE l'OMP, EcoLab a choisi de développer l'analyse directe à haute fréquence de matériaux solides naturels par spectrométrie d'émission de plasma couplé à un four à vaporisation électrothermique (ETV-ICP-OES), particulièrement efficace pour des échantillons organiques (financement CPER, réception juillet 2017).

La mise œuvre de cette technologie, pour des mesures de routine à haute fréquence de MO végétales diverses (en qualité et quantité) nécessite, un standard interne et une calibration versatile, une sensibilité optimale et un plasma robuste

Deux études préliminaires ont été menées à l'aide de diverses matières organiques végétales certifiées : l'une à Pau au LCABIE, en collaboration avec Jérôme FRAYRET en mode flux HNO₃2% + Y, additionné au flux ETV (Frayret & Gleyzes, 2015) ; l'autre à Kingston Canada, dans l'équipe de Diane Beauchemin (Kaveh & Beauchemin, 2014 ; Sadiq & Beauchemin, 2014), en mode " robuste " (flux d'eau UP, additionné au flux ETV, évacuation du CO₂ à 420°C, chauffage IR en aval du plasma).

Les principaux résultats sont :

- La standardisation par Y est là plus appropriée, comparée à celle par raie Ar sec,
 - Deux matériaux de référence IAEA-336 et GBW07603, permettent d'obtenir une calibration versatile,
 - L'introduction d'un flux aqueux additionné au flux ETV accroît la robustesse du plasma,
 - Le mode " robuste " permet d'analyser jusqu'à 13 mg de solide sans extinction de plasma.
- Le transfert technologique de ces résultats sur l'appareil d'ECOLAB doit s'opérer d'aout à octobre. La nouvelle génération d'ICP-OES qui offre une visée axiale et un plasma de 2000 W doit

*Intervenant

nous permettre d'aller au-delà de ces performances. La perspective 2017/2018 est d'automatiser le mode " robuste " à travers une thèse SIFRE en collaboration avec l'UMS instrumentation de l'OMP. Nous devrions pouvoir atteindre l'introduction 18 mg de solide en routine.

Package R pour une modélisation markovienne semi-supervisée de la dynamique phytoplantonique à partir de données multi-paramètres acquises à haute fréquence.

Alain Lefèbvre *[†] ¹, Emilie Poisson Caillault *[‡] ², P. Ternynck *[§] ³, A.
Bigand *[¶] ³

¹ IFREMER laboratopire Environnement et Ressources – Institut français de Recherche pour
l’Exploitation de la Mer – France

² Laboratoire d’Informatique Signal et Image de la Côte d’Opale – Université du Littoral Côte d’Opale –
France

³ Laboratoire d’Informatique Signal et Image de la Côte d’Opale (LISIC) – Université du Littoral Côte
d’Opale – France

La mise en œuvre des systèmes de mesures automatisées à haute fréquence nécessite des développements numériques afin de pouvoir extraire de ces bases de données importantes, multiparamètres, à valeurs manquantes toute l’information motivant des mesures à fréquences infrajournalières.

Nous proposons de présenter les développements méthodologiques récents, initialement prévus pour (pré)traiter les données issues du système instrumenté de mesures à haute fréquence MAREL Carnot (Manche orientale) et d’un Pocket Ferry Box. L’approche hybride non supervisée de modélisation Markovienne permet de définir des états environnementaux caractéristiques de la combinaison de plusieurs paramètres physico-chimiques et biologiques et de la dynamique de ces états. Afin d’améliorer la définition de ces états et d’envisager une meilleure prédiction de leurs occurrences, des approches semi-supervisées sont en cours de développement.

Nous proposons un package R nommé uHMM dont l’interface guide l’utilisateur pour les différentes étapes d’importation de son jeu de données, de sélection des paramètres, de classification des états environnementaux et de modélisation Markovienne. Le programme permet une sauvegarde automatique des fichiers de résultats, figures et tableaux de synthèse associés. La méthode et l’interface associée sont parfaitement adaptées pour une application à d’autres jeux de données multi-paramètres basses ou hautes fréquences sous réserve d’une simple mise au format du fichier de données brutes.

*Intervenant

[†] Auteur correspondant: Alain.Lefebvre@ifremer.fr

[‡] Auteur correspondant: emilie.caillault@lisic.univ-littoral.fr

[§] Auteur correspondant: ternynck@lisic.univ-littoral.fr

[¶] Auteur correspondant: bigand@lisic.univ-littoral.fr

Nouvelles applications instrumentales sur profileur Argo

Edouard Leymarie * ¹, Christophe Penkerch ¹, Hervé Claustre ¹

¹ Laboratoire d'océanographie de Villefranche (LOV) – Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, Institut national des sciences de l'Univers, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7093, Institut national des sciences de l'Univers – Observatoire Océanologique Station zoologique 181, chemin du lazaret BP 28 06230 VILLEFRANCHE SUR MER Cedex, France

Depuis plus de quinze ans, les profileurs du programme Argo sont devenus des vecteurs privilégiés pour l'observation des océans. Permettant aujourd'hui la mesure de la grande majorité des profils Température-Salinité, ils deviennent également essentiels dans l'observation des cycles biogéochimiques au travers du programme BGC-Argo (biogeochemical-argo.org). Ces programmes démontrent la grande performance de ces plateformes en termes de coût et de capacité d'échantillonnage.

Aujourd'hui, de nouvelles applications, de plus en plus ambitieuses, se profilent pour ces plateformes comme par exemple l'imagerie de particules ou l'acoustique passive. Ces applications nécessitent des capteurs performants mais également des performances accrues et une grande souplesse d'utilisation du profileur en tant que vecteur. Depuis plusieurs années, le LOV développe en partenariat avec les entreprises NKE et OSEAN un profileur adapté à ces nouvelles applications. Une nouvelle carte électronique nous permet d'être autonome sur l'intégration de nouveaux capteurs ou traitements in-situ. Cette carte est associée à une nouvelle électronique pilotant le profileur. Elles échangent leurs données et un mécanisme de rétroactions permet à la " science " de piloter la " navigation ".

Trois applications de ce concept seront présentées ici.

- Le ProIce est un profileur BGC-Argo destiné à évoluer en milieu polaire. Le mécanisme de rétroaction permet de tester des algorithmes de détection de glace pour stopper le profileur. Onze de ces profileurs ont été déployés en Baie de Baffin par l'UMI Takuvik.

- Le ProVal est un profileur équipé de 4 capteurs radiométriques déportés sur deux bras. Il est destiné à la validation de données satellites " couleur de l'eau ". Trois ProVal ont été à ce jour déployés sur Kerguelen et en Méditerranée occidentale.

- Enfin, le ProPAM est un profileur équipé d'un système acoustique passif associé à un traitement embarqué. Il permet de nombreuses applications comme le suivi des bruits anthropiques ou l'estimation du vent et de la pluie depuis la profondeur de parking.

*Intervenant

ELVIDOR: ELectrode VIbrante à micro-fil D'OR, mesure in-situ des concentrations en cuivre en milieu marin

Agathe Laës * ¹, Cathalot Cécile ², Maija Heller ², Gabriel Dulaquais ³,
Matthieu Waeles ³, Jean-Yves Coail ², Kerboul André ², Grégoire Deplace
², Damien Le Vourch ², Cécile Cotty ², Loic Dussud ², Karnfelt Camilla ⁴,
Riso Ricardo ³, Pierre-Marie Sarradin ²

¹ Ifremer – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Centre de Brest
ZI de la pointe du Diable CS10070 29280 PLOUZANE, France

² Ifremer – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), Institut Français
de Recherche pour l'Exploitation de la MER - IFREMER – France

³ IUEM – Laboratory IUEM LEMAR Technopole Brest – France

⁴ Département Micro-ondes, IMT Atlantique Bretagne Pays de la Loire – IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire – France

Les capteurs *in situ* représentent actuellement le futur de l'observation océanographique, notamment dans le domaine de la chimie marine et plus particulièrement des métaux traces. Ces instruments permettent d'augmenter les résolutions spatiales et temporelles d'acquisition des mesures par rapport aux approches traditionnelles : les données *in situ* sur la composition chimique de l'eau de mer constituent ainsi des informations essentielles dans les milieux contrastés tels que les milieux côtiers ou hydrothermaux qui sont caractérisés par une forte variabilité spatio-temporelle. L'activité hydrothermale des dorsales océaniques est depuis peu considérée comme une source non négligeable d'éléments chimiques à l'océan ouvert, incluant les métaux traces, avec des panaches s'étendant sur plusieurs milliers de kilomètres [1 ,2]. Le cuivre est un élément trace essentiel à la croissance du phytoplancton car il intervient dans de nombreux processus métaboliques clés (protéines, oxydases) mais peut devenir toxique à des concentrations même faibles. Portés par la nécessité de disposer d'un outil capable de détecter, suivre et éventuellement monitorer les apports hydrothermaux en cuivre afin d'en prédire l'impact éventuel sur les cycles biogéochimiques des écosystèmes environnants, nous présentons le développement d'un microcapteur *in situ* pour la mesure des concentrations en cuivre, basé sur la voltamétrie anodique (Anodic Stripping Voltammetry) entre 3 électrodes : une électrode de travail vibrante en or, une contre électrode en iridium, et une électrode de référence solide composée de chlorure d'argent (AgCl), recouverte d'un électrolyte et protégée par un film de Nafion [3]. Ce prototype de capteur *in situ* testé pour l'instant au laboratoire permet de détecter des concentrations nanomolaires de cuivre en eaux côtières ($2 \pm 0.5\text{nM}$) et permet aussi de réaliser des mesures de spéciation. Divers tests sur la variation des paramètres environnementaux ont été réalisés (T°C, pH) et des tests en caisson hyperbare sont programmés dans un future proche, pour les applications potentielles de ce système *in situ* en milieu côtier et hydrothermal [4].

Resing, J. A. *et al. Nature* **523** (2015).

*Intervenant

Fitzsimmons, J. N. *et al.* *Nature Geosci* **10** (2017).

Gibbon-Walsh, K. *et al.* *Journal of Physical Chemistry A* **116** (2012).

Sander, S. G. & Koschinsky, A. *Nature Geoscience* **4** (2011).

Développements de méthodes automatisées d'analyse et d'extraction de micro et nanofossiles au CEREGE

Yves Gally * 1

¹ Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Aix-Marseille Univ, CEREGE, UMR 6635, 13545 Aix en Provence cedex 4, France, CNRS, CEREGE, UMR 6635, 13545 Aix en Provence cedex 4, France, IRD, CEREGE, UMR 161, 13545 Aix en Provence cedex 4, France, Collège de France, CEREGE, 13545 Aix en Provence cedex 4, France – Europôle de l'Arbois, BP 80, 13545 Aix-en-Provence Cedex 04, France, France

L'étude des microfossiles (micropaléontologie) est un outil fondamental pour les reconstructions paléoclimatiques. Au CEREGE, dans l'équipe Climats, nous développons des logiciels de reconnaissance et de biométrie automatisés à haut débit pour obtenir des enregistrements environnementaux à haute résolution et excellente précision. L'analyse biométrique automatisée et le deep-learning sont des techniques qui évoluent et font évoluer très rapidement les disciplines fondamentales de notre équipe, et ce sur différents indicateurs : coccolithophores, foraminifères, diatomées, microcharbons.

Parmi les outils développés au CEREGE, SYRACO est devenu un standard dans notre discipline : il est le premier logiciel de reconnaissance et de biométrie utilisé pour les nanofossiles calcaires. Il met en œuvre des techniques de parallélisations des calculs de reconnaissance et permet également le calcul de la masse de nanofossiles par utilisation des propriétés de réfringence de la calcite. SYRACO est actuellement utilisé dans 10 laboratoires de recherche fondamentale (France, Chine, Suède, Espagne, etc...). Ces applications et ces procédures sont également utilisées dans l'industrie : TOTAL s'en sert pour la datation des puits de forages pétroliers. L'ensemble des travaux a été réalisé dans le cadre d'une thèse (N. BARBARIN) et a fait l'objet d'un dépôt de brevet : " PROCÉDE D'ANALYSE D'ECHANTILLONS SEDIMENTAIRES AVEC RECONNAISSANCE AUTOMATIQUE DE NANNOFOSSILES - BFF130616 " déposé par TOTAL en Mars 2014.

Nous développons également un prototype de tri automatisé des foraminifères (planctoniques et benthiques). Ce projet est financé par un ANR-PRCE qui inclut une PME (ATG Technologies) de robotique et qui est gérée par le CEREGE. Pour la reconnaissance de ces objets tridimensionnels, plusieurs images sont reconnues par deep-learning après qu'ils aient été individualisés par des robots. Les foraminifères sont ensuite séparés individuellement pour des analyses géochimiques ultérieures.

Nous présenterons l'état d'avancement de ces outils développés au CEREGE, et des perspectives d'évolution envisagées.

*Intervenant

Mermaid floating seismometer : A versatile Oceanographic profiler dedicated to the Earthscope Ocean Program.

Yann Hello ^{*† 1}, Bonnieux Sebastien ^{* ‡ 2}, Guust Nolet ^{* § 1}

¹ Géoazur (GEOAZUR) – Université Nice Sophia Antipolis, Institut national des sciences de l’Univers, Observatoire de la Cote d’Azur, Université Côte d’Azur, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7329, Institut national des sciences de l’Univers, Institut national des sciences de l’Univers, Institut national des sciences de l’Univers, Institut national des sciences de l’Univers, Institut national des sciences de l’Univers, Institut national des sciences de l’Univers, Institut national des sciences de l’Univers – Bât 1, 250 rue Albert Einstein Les Lucioles 1, Sophia Antipolis 06560 VALBONNE, France

² Laboratoire d’Informatique, Signaux, et Systèmes de Sophia Antipolis (I3S) – Université Nice Sophia Antipolis, Université Côte d’Azur, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7271 – 2000, route des Lucioles - Les Algorithmes - bât. Euclide B 06900 Sophia Antipolis, France

Mermaids have been developed to improve seismic data coverage in the oceanic domain for imaging of the Earth’s interior. The first generation of Mermaids was housed in conventional Argo-type floats, while hardware and software was developed to analyze acoustic signals, determine whether an earthquake has been recorded, and whether the Mermaid should come up to the surface and transmit to the satellite. Since 2012, we have deployed small test networks of Mermaids in the Indian Ocean, and in the Mediterranean sea, and we present at this meeting the summary result from a main network of 9 Mermaids deployed since mid 2014 in the Galapagos archipelago to image the deep plume structure. Since then, we have moved from typical cylinder container, which equips most of the Argo Floats, to a more suitable spherical design, which allows for a larger power supply and more versatile payload. The life time of the new Mermaids is 6 years if sampling continuously for seismic signals, e.g. for seismic tomography by providing worldwide coverage of P wave arrival times. The passband can be widened to allow for monitoring of whale and dolphin sounds. An interface board allows to connect up to 8 external sensors to serve other goals (bio-Argo, geochemical, meteorological). This year we have started collaboration with Sea-Trec to equip the Mermaids with an optional new green renewable power source to guaranty its 6 years lifetime even with a full payload. The Mermaids monitor continuously during the parking phase when drifting freely at a depth down to 3000m, but also provide Argo profiles during the descent. We are collaborating with Sea-Bird to customize an SBE37 to equip the Mermaid for salinity measurements. The new Mermaid has all the features to answer many scientific goals, and a project to develop a user-friendly, adaptable, software system has begun in collaboration with i3s a computer school based at Sophia Antipolis. The first stage of a global network, EarthScope-Oceans, will be launched in 2017, and is planned to grow to 500 units to image the deep interior of the Earth

*Intervenant

†Auteur correspondant: yann.hello@geoazur.unice.fr

‡Auteur correspondant: bonnieux@i3s.unice.fr

§Auteur correspondant:

Téléométrie sous-marine à ondes électromagnétiques

Thierry Deschamps De Paillette *[†] ¹, Alain Gaugue *[‡] ¹, Etienne Migot *[§] ²,
Etienne Migot *[¶] ³

¹ Laboratoire Informatique, Image et Interaction (L3I) – Université de La Rochelle – France

² département réseaux et télécommunications – Université de La Rochelle – France

³ FLEX-SENSE SAS – sans affiliation – France

Cet article décrit la conception d'un modem électromagnétique utilisable dans un réseau de téléométrie sous-marine à courte distance, principalement appliqué à l'analyse de données environnementales. Le choix de la gamme de fréquence porteuse repose sur une analyse du paramètre de propagation de l'onde électromagnétique dans l'eau de mer, tandis que l'antenne est optimisée à l'aide du logiciel de simulation FEKO. Les premiers tests ont permis de réaliser une transmission sur une dizaine de mètres.

*Intervenant

[†] Auteur correspondant: thierry.deschampsdepaillette@univ-lr.fr

[‡] Auteur correspondant: alain.gaugue@univ-lr.fr

[§] Auteur correspondant:

[¶] Auteur correspondant: etienne.migot@univ-lr.fr

Le rôle des robots sous-marins dans la caractérisation multi-paramètres des sites sous-marins

Viorel Ciausiu ^{*† 1}, Jan Opderbecke ^{* ‡ 1}

¹ ifremer/unité des systèmes sous-marins – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – France

L'unité des Systèmes Sous-Marins de l'Ifremer assure les opérations d'ingénierie pour le développement et les évolutions techniques d'une flottille d'engins sous-marins très variés : deux AUV 3000 m (AsterX, IdefX), un AUV 6000 m en développement, un ROV 6000 m (Victor 6000), un robot hybride 2500 m (HROV Ariane) et un engin habité 6000 m (Nautilie). Tous ces engins constituent des plateformes mobiles pour le déploiement simultané des nombreux capteurs physico chimiques et d'équipements de prélèvement capables d'apporter une caractérisation multi-paramètres du milieu sous-marin exploré. On identifie des capteurs fixes, qui font partie de la configuration de base des engins et des capteurs mobiles qui sont intégrés à la demande.

Parmi les capteurs fixes on retrouve de sondes de température, capteurs de pression, capteurs vidéo, DVL, CTD, etc. Dans la plus part des cas, les informations fournies par ces capteurs sont exploitées par le système de navigation des engins. Chaque engin dispose d'un compartiment modulable qui peut accueillir une large panoplie de capteurs externes: préleveurs, analyseurs in situ, sondeurs, spectromètres, gravimètres, ...

Un atout important des engins sous-marins de l'Ifremer est représenté par leur grande capacité d'emport de capteurs fixes ou mobiles. Leur fonctionnement à bord des engins peut être en continu, peut être programmé, peut être déclenché depuis la surface ou depuis l'engin. Les engins qui disposent de bras manipulateurs peuvent positionner les sondes de mesure ou les outils de prélèvement avec précision sur les sites explorés.

L'accès aux données peut être en temps réel (engins à câble, sous-marin Nautilie) ou en temps différé pour les engins autonomes. Toutes les données sont co-référencées avec précision grâce au système de navigation des engins.

Les robots sous-marins ont un rôle important dans le déploiement et la maintenance des observatoires sous-marins. L'enjeu de ce point de vue est de réduire le coût des interventions par des engins et de procédures optimisés. Lors des opérations de maintenance périodiques, les engins sous-marins peuvent effectuer l'inspection des capteurs, le nettoyage in situ, la récupération des données, les opérations de connexion/déconnexion, le déploiement des nouveaux capteurs, la récupération des capteurs pour une maintenance en surface suivie du redéploiement...

*Intervenant

†Auteur correspondant: viorel.ciausiu@ifremer.fr

‡Auteur correspondant:

POMAC. Conception de drones marins autonomes multicateurs connectés.

Bruno Lescalier ^{*† 1}, Alain Boujou ^{* ‡ 1}, Alain Gaugue ^{* § 1}, Guillaume Chiron ^{* ¶ 1}

¹ Laboratoire Informatique, Image et Interaction (L3I) – Université de La Rochelle : EA2118 – Bâtiment Pascal Avenue Michel Crépeau F-17042 La Rochelle Cedex 1, France

L'objet du projet POMAC est la conception de véhicules marins électriques, autonomes (Autonomous Surface Vehicles), multicateurs et connectés à une infrastructure adaptée au monde marin pour l'observation du littoral. Le drone marin étant positionné à l'interface entre le monde marin et sous-marin, il est particulièrement adapté, pour d'une part, communiquer avec des capteurs sous-marins et, d'autre part, transmettre simultanément les informations à une station à terre ou recevoir des informations satellitaires. De nombreux verrous technologiques et scientifiques sont au cœur du projet : algorithmes d'analyse d'images et d'intelligence artificielle, conception d'une infrastructure réseaux et de protocoles pour les objets connectés et les réseaux de capteurs. Une problématique majeure concerne la conception de modules innovants d'intelligence embarquée pour une navigation autonome.

*Intervenant

† Auteur correspondant: bruno.lescalier@univ-lr.fr

‡ Auteur correspondant: alain.bouju@univ-lr.fr

§ Auteur correspondant: alain.gaugue@univ-lr.fr

¶ Auteur correspondant: guillaume.chiron@univ-lr.fr

Les opérations de l'instrument Chemcam à bord du Rover martien CURIOSITY.

Vivian Lafaille *† ¹

¹ CNES (CNES) – Centre national d'études spatiales - CNES (FRANCE) – DNO/SC/EO- BPi 923 18
avenue Edouard Belin - 31401 Toulouse, France

Le Rover Curiosity de la mission NASA/JPL MSL (Mars Science Laboratory) a atterri sur la planète Mars le 5 Août 2012 avec à son bord 2 instruments à fortes contributions françaises en vue de caractériser sa surface et confirmer l'habitabilité passée, présente et future de la planète. Après les 90 premiers jours martiens d'opérations passés au JPL, les instruments ChemCam (Chemistry Camera) et Sam (Sample Analysis of Mars) sont opérés depuis le FIMOC (French Instruments Mars Operations Centre) au centre spatial de Toulouse. L'objet de la présentation est de décrire le système et l'organisation opérationnelle pour réaliser ces opérations tactiques fortement contraintes, au jour le jour, avec un pilotage humain depuis la Terre.

*Intervenant

†Auteur correspondant: Vivian.Lafaille@cnes.fr

COSTOF2, a smart multisensor marine observation platform

Julien Legrand *† ¹

¹ IFREMER - Centre de Brest – Institut français de Recherche pour l’Exploitation de la Mer – Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France

Les observatoires sous-marins fixes constituent aujourd’hui un outil indispensable pour la surveillance du milieu marin, aussi bien dans le domaine hauturier que dans le domaine côtier. Devant la grande diversité des capteurs utilisés, l’Ifremer a développé un système d’acquisition, de stockage et de transmission de données permettant d’interfacier toutes sortes de capteurs en facilitant leur intégration et leur utilisation et en leur fournissant un ensemble de services. Ce nouvel outil adapté à tous types de plateformes est le COSTOF2 (“Communication and Storage Front-end 2nd generation”).

*Intervenant

†Auteur correspondant: julien.legrand@ifremer.fr

Session dédiée industriels

Etalonnage et test des courantomètres et profileurs de courant au Shom

Marc Le Menn * ¹

¹ Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) – Ministère de la Défense – 13 rue du Chatellier 29200 BREST, France

Les courantomètres et profileurs de courants sont utilisés pour créer des cartes et des modèles de courants, déterminer le débit des grands courants océaniques ou des sites favorables aux énergies renouvelables.

Le Shom étant certifié ISO 9001, il doit pouvoir apporter la preuve que les mesures qu'il réalise sont conformes à des spécifications et raccordées à des étalons. Les mesureurs de courant sont dotés de compas et de capteurs d'inclinaison. Les compas sont sensibles à leur environnement magnétique.

Une plateforme d'étalonnage des compas magnétiques et des capteurs de tilts a été fabriquée et elle est opérationnelle depuis 2012. Elle permet d'étalonner les courantomètres dans leur configuration instrumentale d'utilisation, et elle a permis d'établir des statistiques sur les réponses de ces instruments.

Il restait à mettre en place un moyen permettant de contrôler l'amplitude des vitesses mesurées. Si des procédures d'étalonnage sont applicables en bassin pour les courantomètres, elles sont limitées en gamme à environ ± 1 m/s (alors que les spécifications vont de ± 3 à ± 10 m/s) et elles ne sont pas applicables aux profileurs dont les portées peuvent être de plusieurs centaines de mètres.

Partant de ce constat, un banc a été mis en place basé sur l'utilisation d'un transducteur piloté par un générateur de fréquence. Ce transducteur est posé successivement sur les 3 ou 4 transducteurs de l'instrument à tester et des écarts de vitesse sont établis par utilisation de la formule de l'effet Doppler. Les instruments AQD 2 MHz, AQP 400 kHz, 600 kHz, 1 MHz et Continental de la marque Nortek peuvent être interfacés et testés automatiquement à l'aide de programmes développés sous le progiciel Labview, ainsi que les WorkHorse de la société RDI Instruments. Ce banc ne permet pas encore de réaliser un étalonnage selon la définition normalisée de ce terme, mais il permet de tester ces instruments avant leur mise à l'eau afin de s'assurer de leur bon fonctionnement, et, l'étude réalisée ouvre la voie à une possibilité d'étalonnage en vitesse.

*Intervenant

DEXMES : Dispositif expérimental de quantification des matières en suspension

Romaric Verney * ¹, Alan Bocher * † ², Alain Crave ³, France Floch ⁴,
Frédéric Jourdin ⁵, Adrien Vergne ⁶, Hervé Lintanf ², David Le Piver ²,
Matthias Jacquet ⁷

¹ Dynamiques de l'Environnement Côtier (DYNECO) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Technopole Brest-Iroise, BP 70, 29280, Plouzané, France

² IFREMER - Centre de Brest – Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer – SI2M Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France

³ Géosciences Rennes (GR) – Université de Rennes 1, Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Bâtiment 15 - Université de Rennes 1 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France, France

⁴ Laboratoire Géosciences Océan (LGO) – Université de Bretagne Sud, Université de Brest, Centre National de la Recherche Scientifique – Laboratoire Géosciences Océan - CNRS UMR 6538 - Institut Universitaire Européen de la Mer, rue Dumont d'Urville, 29280 PLOUZANÉ, France

⁵ Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) – Ministère de la Défense – 13 rue du Chatellier 29200 BREST, France

⁶ IRSTEA Villeurbanne, Unité de Recherche HHLY – Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture - IRSTEA (FRANCE) – 5 rue de la Doua, CS70077 69 626 Villeurbanne Cedex - FRANCE, France

⁷ IFREMER - Centre de Brest – Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer – DYNECO/DHYSED Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France

Le suivi qualitatif et quantitatif des matières en suspension (MES) représente un enjeu majeur pour la compréhension du fonctionnement des écosystèmes côtiers, et notamment pour la quantification des flux de MES. Actuellement, la quantification de la MES est effectuée de manière indirecte à l'aide de capteurs optiques ou acoustiques, associée à une calibration par prélèvements. Le principal objectif du projet DEXMES (Financement EC2CO 2015-2016) repose sur le développement d'une plateforme expérimentale unique et innovante qui permet de tester la réponse et la sensibilité de ces capteurs à une large gamme de MES, leur capacité à quantifier les propriétés des MES et la définition de protocoles de mesure *in situ* via l'association optimale de capteurs. Il s'inscrit dans une approche intégrée allant de la théorie au laboratoire puis du laboratoire au terrain.

Afin d'être le plus modulable possible et de pouvoir accueillir une large gamme d'instruments, DEXMES repose sur des caractéristiques uniques : une cuve de grande taille (~1m³) avec un double système de mélange (pompage et brassage par hélice) permettant de garantir une homogénéité des suspensions, associé à un berceau mobile accueillant les instruments (Figure 1). Ce dispositif relève trois défis techniques majeurs :

- Bénéficier d'une cuve transparente, afin de rendre visible les mélanges sédimentaires et le positionnement des instruments, et de vérifier visuellement le bon déroulement des expériences,

*Intervenant

†Auteur correspondant: alan.bocher@ifremer.fr

- Présenter un volume utile de mesure libre d'obstacle dans la partie supérieure de la cuve,
- Permettre une désolidarisation de la paroi verticale et du fond de cuve, de façon à autoriser un nettoyage complet du dispositif.

Les conditions opérationnelles de fonctionnement du dispositif ont été étudiées, consistant à quantifier les plages d'utilisation du dispositif expérimental en eau seule et en présence de sédiment. Différents types de sédiments ont été utilisés pour ensemercer le dispositif : des billes de verre calibrées entre 40 et 60mm, de la kaolinite à 4mm et trois sables de diamètre médian à 22mm, 91mm et 210mm. Ces matériaux couvrent une gamme très large de tailles de grains susceptibles d'être remis en suspension en milieu côtier et estuarien.

Étude et développement d'un Système de Caractérisation des Agrégats et Flocs (SCAF)

Bernard Mercier * ¹, Cédric Legout[†] ², Nicolas Gratiot[‡] ³

¹ Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS : UMR5001 – UGA - IGE CS 40700 38058 Grenoble Cedex 9, France

² Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Université Grenoble Alpes – UGA - IGE CS 40700 38058 Grenoble Cedex 9, France

³ Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) – Institut de Recherche pour le Développement – UGA - IGE CS 40700 38058 Grenoble Cedex 9, France

Les cours d'eau transportent de nombreux matériaux d'origine minérale et biologique qui affectent les installations hydrauliques, les écosystèmes et la qualité de l'eau. De ce fait, l'étude du transport des matières en suspension pour en déterminer les impacts revêt un intérêt grandissant. S'il existe des techniques de mesure in-situ de grandeurs caractérisant la vitesse de chute (taille, forme, densité) pour les zones côtières, fluviales et estuariennes, on ne trouve pas d'instrument capable d'effectuer des mesures de vitesse de sédimentation en temps réel et pour des régimes très concentrés, tels ceux des bassins de amont, a fortiori en situation de crue. Pour répondre à ce besoin, un Système de Caractérisation des Agrégats et Flocs (SCAF) a été développé. Il est basé sur l'étude de la décantation des matières en suspension par turbidimétrie directement après prélèvement d'échantillons dans des flacons de collecte.

Le principe retenu consiste à mesurer l'absorbance optique des matières en suspension le long d'une colonne verticale contenant un prélèvement, et d'en étudier la variation pendant toute la durée de la décantation. La mesure a lieu sur site, dès le prélèvement. Pour cela, l'instrument a été conçu pour être incorporé dans les stations de suivi hydro-sédimentaire, d'une part pour permettre aux scientifiques et opérateurs possédant déjà ce type d'appareil d'accéder également à la mesure de vitesse de dépôt, d'autre part pour bénéficier de la fonctionnalité de prélèvement des échantillons d'eau. Cet élément du cahier des charges constitue une difficulté en termes de miniaturisation et d'étanchéité. En effet, les stations de suivi sont équipées de flacons en plastique (24 sur notre modèle) d'une contenance d'environ 1 litre, d'ordinaire remplis par prélèvement sur le terrain pour effectuer au laboratoire l'analyse des échantillons. Il a donc fallu modifier ces flacons pour y incorporer l'électronique de mesure.

Ce poster se propose de décrire le dispositif conçu et la réalisation qui en a été faite.

*Intervenant

[†]Auteur correspondant: cedric.legout@univ-grenoble-alpes.fr

[‡]Auteur correspondant: nicolas.gratiot@ird.fr

Réseau TECHMAR

Emmanuel De Saint-Léger ^{*† 1}

¹ Division technique INSU/SDU (DTI) – INSU, CNRS : UPS855 – 1, Place Aristide Briand 92195 MEUDON CEDEX, France

Le réseau Technologies Marines s'adresse aux ingénieurs, techniciens, chercheurs et doctorants travaillant sur les technologies marines dans les établissements publics de recherche soutenus par l'INSU et plus généralement par le CNRS. Le réseau couvre un large éventail de disciplines de l'océanographie : physique (optique, acoustique, ...) et chimie pour les capteurs, hydrodynamique, métrologie, traitement du signal, mécanique, électronique, science des matériaux, communications, informatique (réseau, programmation, gestion de la donnée, ...), imagerie appliquée à la biologie, géologie, géographie, géomatique, biochimie.

De même, cette thématique recouvre une grande variété de métiers complémentaires : électroniciens, mécaniciens, chimistes, instrumentalistes, métrologues, informaticiens, biologistes, géologues...

D'autres points tels que les relations avec les industriels, la démarche qualité, la place des ingénieurs et techniciens dans les laboratoires y ont également leur place.

Les objectifs et les missions de ce réseau consistent à confronter et développer les compétences liées aux divers aspects des technologies marines au sein des laboratoires sous tutelle de l'INSU et plus largement du CNRS. Le réseau intègre également de nombreux échanges avec des organismes partenaires de la recherche publique tels que l'IFREMER, le SHOM, l'IRD, l'IPEV et les universités.

L'objectif de cette communication est de faire connaître le réseau Techmar en présentant les acteurs, les actions initiées par le passé et en évoquant sa future structuration.

*Intervenant

† Auteur correspondant: emmanuel.desaint-leger@cnsr.fr

Le Laboratoire National d'Étalonnage de capteurs de pCO₂ à la DT INSU : évolution et améliorations. Les différents types de capteurs pCO₂ étalonnés

Laurence Beaumont *†¹

¹ Division technique INSU/SDU (DTI) – INSU, CNRS : UPS855 – 1, Place Aristide Briand 92195 MEUDON CEDEX, France

En service depuis une vingtaine d'année, le Laboratoire d'Étalonnage de capteurs de pCO₂ évolue constamment. Afin de faire face à une demande de plus en plus élevée d'étalonnages pour des capteurs de type différents (capteurs immergés ou installés dans des bouées), un 2^e banc a été construit.

Ainsi ces bancs sont capables d'étalonner des capteurs de type " Carioca " installés sur des bouées Pirata ou Marel Iroise, tout comme les capteurs de type Biocarex qui sont immergés et fixés sur la bouée Boussole ou encore sur des mouillages de subsurface (campagne SOCLIM et STEP).

Afin de continuer à obtenir des mesures de qualité et de fiabiliser les étalonnages, il est nécessaire d'effectuer une maintenance régulière des bancs. Les dernières améliorations portent sur l'automatisation des 2 bancs d'étalonnage, puis ultérieurement sur le traitement automatique des données d'étalonnage.

*Intervenant

†Auteur correspondant: laurence.beaumont@cnrs.fr

Liste des auteurs

- Abchiche, Abdelkader, 41
Aguzzi, Jacopo, 53
AMAROUCHE, Nadir, 56
Ammann, Jerome, 12
André, Kerboul, 71
Aouji, Oualid, 41
arrigoni, michel, 52
Auriol, Frederique, 24
- BACHELIER, Céline, 21
Baque, David, 67
Baray, Jean-Luc, 28
Barbier, Rémi, 53
Bauer, François, 52
BEAUMONT, Laurence, 86
BELLAMY, Elise, 60, 62
Benabdelmoumene, Hassane, 21
Bertin, Vincent, 53
Bertran, Emmanuel, 35
Bezombes, Yannick, 8
Bigand, A., 69
BLAREL, Luc, 7
BOCHER, Alan, 82
Bombed, Bruno, 41
Bonfond, Pascal, 6
Boujou, Alain, 77
BOUKERMA, KADA, 40
Bourras, Denis, 4
Bovchaliuk, Valentyn, 26
Bréon, François-Marie, 43
Brachet, Cédric, 6
Branger, Hubert, 4
BRETHOUS, Laurie, 41
BRIOTTET, Xavier, 37
Brousse, Emmanuel, 33
BROWN, Philip, 27
Brun, Christophe, 64
Buchholtz, Gilles, 41
Busto, José, 53
- Cécile, cathalot, 71
Calzas, Michel, 6
Camilla, Karnfelt, 71
Canut, Guylaine, 10
Catalfamo, Maxime, 24
CHAPPELLAZ, Jérôme, 55
Charvis, Philippe, 49
Chatton, Eliot, 5
Chazette, Patrick, 43
Chiron, Guillaume, 77
CHOËL, Marie, 7
- Ciaus, Viorel, 53, 76
CLAUSTRE, Hervé, 70
Coail, Jean-Yves, 71
Cohard, Jean-Martial, 64
Colas, Florent, 46
Combaz, Delphine, 43
Compère, Chantal, 46
Coppola, Laurent, 49
Cornet, Celine, 24
Cotty, Cécile, 60, 62, 71
Coyle, Paschal, 53
Crave, Alain, 82
Crevoisier, Cyril, 43
Cuny, Philippe, 53
Currier, Philipp, 34
- D'Ortenzio, Fabrizio, 66
Danis, François, 43
DAVID, Marine, 60, 62
DAVY, Romain, 60, 62
de Saint-Léger, Emmanuel, 85
DELAUNEY, LAURENT, 40, 62
DELAUNEY, Laurent, 60
Delegove, Cyril, 24
DELMOTTE, Marc, 43
Deplace, Grégoire, 71
DEROO, Christine, 7
deroo, Christine, 26
Derrien, Solène, 8
Deschamps de Paillette, Thierry, 75
Deschamps, Anne, 53
Djellali, Mohamed Salah, 24
Drezen, Christine, 6
Dulaquais, Gabriel, 71
Durand, Pierre, 8
Durrieu de Madron, Xavier, 53
DUSSUD, Loïc, 60, 62
Dussud, Loïc, 71
DUWIG, Celine, 64
- Enet, Séverine, 32
Estrampes, Jean-Bernard, 8
Evrard, Justine, 46
- Faimali, Marco, 40

Ferreira, Frédéric, 33, 35
 FLOCH, France, 82
 FORTUNE, Martine, 60, 62
 Fréville, Patrick, 28
 FUDA, Jean-Luc, 20, 21

 Gabella, Omar, 8
 Gally, Yves, 73
 Garel, Marc, 47
 GARROUSTE, Olivier, 16
 Gaudy, Thomas, 48
 Gaugue, Alain, 75, 77
 GAUTIER, Laurent, 60, 62
 Gazeau, Frédéric, 17
 GERARD, Elisabeth, 27
 Gheusi, Francois, 8
 Gojak, Carl, 53, 57
 GOLOUB, Philippe, 7
 Goloub, Philippe, 26
 Goujard, Adrien, 53
 Gratiot, Nicolas, 84
 Grenz, Christian, 53
 GRILLI, Roberto, 58
 GRISONI, Jean-Michel, 17
 Guieu, Cecile, 17
 Guillot, Antoine, 6
 Guyard, Hélène, 64

 Hafidi, Zouhir, 57
 Harvey, Mike, 14
 Heller, Maija, 71
 HELLO, Yann, 74
 Hello, Yann, 49, 53
 HU, QIAOYUN, 26

 Ibos, Laurent, 9

 Jacquet, Matthias, 82
 jeseck, pascal, 43
 Jossoud, Olivier, 43
 Jourdin, Frédéric, 82
 Julien, Marmain, 34

 kerampran, steven, 52
 Kombo, Joëlle, 41

 Laës, Agathe, 62, 71
 LABAZUY, Philippe, 13
 LAES-HUON, Agathe, 60
 Lafaille, Vivian, 78
 Lalanne, Nicolas, 9
 Lamare, Patrick, 53
 Lansard, Bruno, 41
 Laurent, Olivier, 43

 Laurent, Sébastien, 46
 Law, Cliff, 14
 LE Clanche, Julien, 52
 LE FLOC'H, Emilie, 60
 Le Floc'h, Emilie, 62
 Le Fur, Inès, 60, 62
 Le Gac, Christophe, 35
 Le Menn, Marc, 81
 LE PIVER, DAVID, 60, 62
 Le Piver, David, 82
 Le Vourch, Damien, 71
 Lefèbvre, Alain, 69
 Lefèvre, Dominique, 53, 57
 LEFEVRE, Dominique, 51
 Lefevre, Dominique, 47
 Legout, Cédric, 84
 LEGRAND, Julien, 79
 LEMAITRE, Yvon, 35
 Leprêtre, Julien, 43
 LESCALIER, Bruno, 77
 Lett, Céline, 43
 Leymarie, Edouard, 70
 LINTANF, Hervé, 82
 Llido, Olivier, 43
 Lohou, Fabienne, 8
 Loisil, Rodrigue, 7, 24
 Lopez, Morgan, 43
 Lothon, Marie, 8

 Médina, Patrice, 8
 Mahiouz, Karim, 57
 Marais, Joyce, 43
 Marcellin, M'Bassa, 41
 Marchetti, Mario, 9
 Mariage, Vincent, 33
 Martini, Audrey, 35
 Martini, Séverine, 53
 MAS, Sébastien, 60
 Mas, Sebastien, 62
 Matar, Christian, 24
 MAZEAS, Florence, 60, 62
 McDonald, Adrian, 14
 Membrive, Olivier, 43
 Mercier, Bernard, 84
 MESSIAEN, Gregory, 60, 62
 Migot, Etienne, 75
 Militon, Cécile, 53
 Monchau, Jean-Pierre, 9
 monloubou, martin, 52
 Montoux, Nadège, 28
 MORTIER, Augustin, 7
 Munaron, Dominique, 60, 62

Nicolas, Jean-Marc, 24
 Nolet, Guust, 74

 Opderbecke, Jan, 76
 OUISSSE, Vincent, 60, 62

 Parent du Chatelet, Jacques, 38
 PARIN, David, 60, 62
 Parol, Frederic, 24
 Pauwels, Nicolas, 35
 Pavanello, Giovanni, 40
 PELON, Jacques, 36
 Penkerch, Christophe, 70
 Picard, David, 13
 picheral, marc, 45
 PODVIN, THIERRY, 7, 26
 Poinsignon, Patrick, 35
 Poisson Caillault, Emilie, 69
 Ponte, Aurelien, 11
 POPOVICI, Ioana, 7

 Quentin, Céline, 29

 Rabouille, Christophe, 41, 53
 ramonet, Michel, 43
 RAVETTA, François, 33
 Riédi, Jérôme, 24
 Ricardo, Riso, 71
 RICHARD, Marion, 60, 62
 Rivier, Léonard, 43
 Robert, Claude, 19
 RODELLAS, Valenti, 60, 62
 Rousseaux, Patrick, 60, 62
 Royer, Jean-Yves, 49

 Séverine, Martini, 47
 Saintot, Bruno, 9
 Sarradin, Pierre-Marie, 71
 Sciare, Jean, 7
 Sebastien, Bonnieux, 74
 Sellegri, Karine, 13, 14
 STIEGLITZ, Thomas, 60, 62
 Sultan, Yann, 34

 Té, Yao, 43
 Taillandier, Vincent, 49, 66
 Tamburini, Christian, 47, 53
 Tardivel, Morgan, 46
 Ternynck, P., 69
 Thibault, Delphine, 53
 Thouret, Valérie, 43
 Tisé, Lou, 21
 Totems, Julien, 43

 Ulanowski, Joseph, 13

 Van Baelen, Joël, 28, 30, 31
 vergne, adrien, 82
 Verney, Romaric, 82
 Veselovskii, Igor, 26
 VICTORI, Stéphane, 7
 Villani, Paolo, 13
 Viltard, Nicolas, 35

 Waeles, Matthieu, 71
 Wagener, Thibaut, 66
 Waquet, Fabien, 24
 Warneke, Thorsten, 43

 Yegikan, manuk, 49

