

# FALL MEETING

## Présentation des projets Appel à projets 2013

Toulouse - 13 novembre 2014  
Hôtel d'Assézat - Fondation Bemberg

## 1. Matériaux et agrégats

page 3

- VIMA
- 3PCKEYS

## 2. Systèmes embarqués

page 6

- ATRIUM
- SKYSCANNER

## 3. Systèmes complexes : Assimilation des données

page 9

- AVENUE

## 4. Systèmes Terre et Espace

page 11

- CRUE-SIM
- MIACTIS
- MICROREX
- MUSICQA
- PRISM
- REGARD

## 5. Défis aéronautiques

page 18

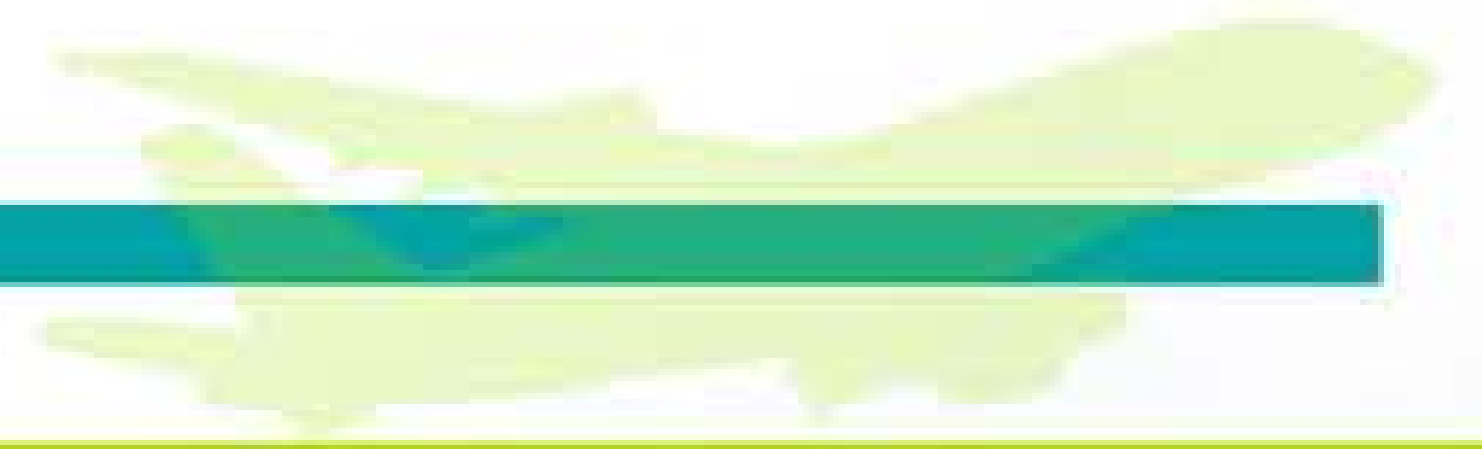
- CARPE
- SIMACO3FI



## 1. Matériaux et agrégats

- VIMA
- 3PCKEYS





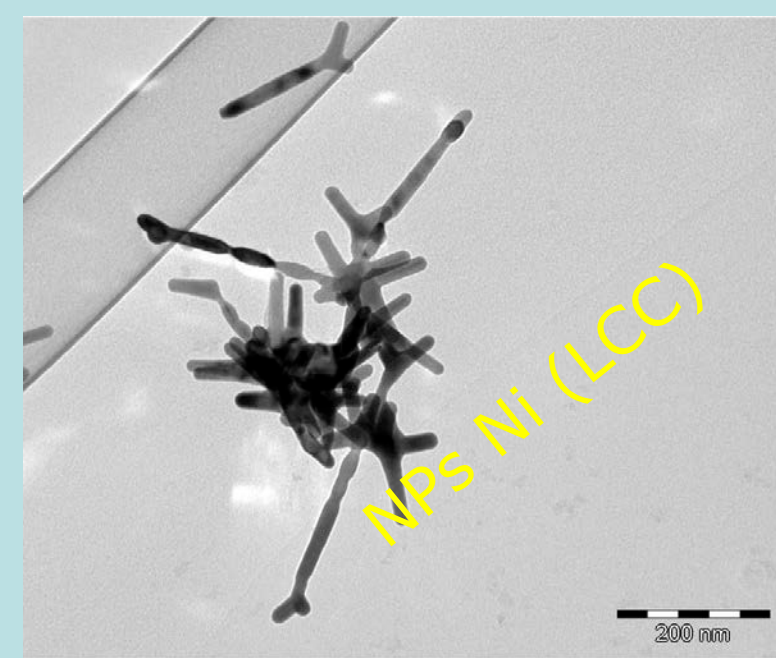
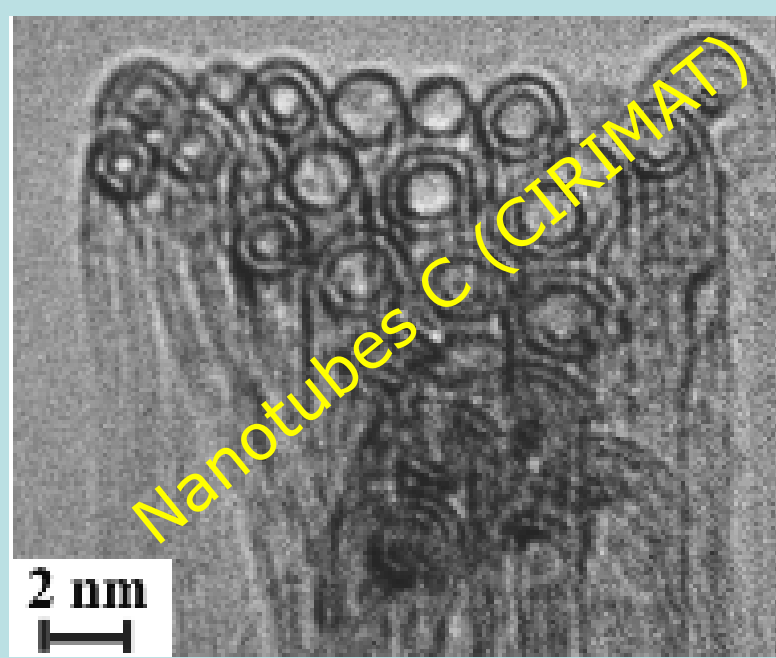
# Vieillessement des Matériaux Avancés (VIMA)

Démarrage: 05/2014, Durée: 3 ans, Montant: 585 k€, Moyens humains: 66 mois post-doc, 6 mois IR  
 Laboratoires: CEMES, CERTOP, CIRIMAT, IMRCP, LAAS, LAPLACE, LCC, LGC  
 Coordination: Constantin Vahlas, CIRIMAT ([constantin.vahlas@ensiacet.fr](mailto:constantin.vahlas@ensiacet.fr))  
 Objectif: Contribuer à l'intégration, au renforcement et à la reconnaissance de la communauté académique toulousaine dans le domaine de la science et du génie des matériaux pour l'aéronautique et l'espace.  
 Moyen: Etude de la problématique interdisciplinaire du vieillissement des matériaux et sa remédiation.  
 Matériaux: (a) Polymères et composites, (b) Alliages légers

## Composites Nanotubes de carbone – Nanoparticules de Ni (LGC, LCC, IMRCP, CIRIMAT)

Dépôt d'un film ou de nanoparticules (NPs) de nickel sur nanotubes de carbone (NTC) pour la préparation de coupons composites carbone/époxy conducteurs électriques.

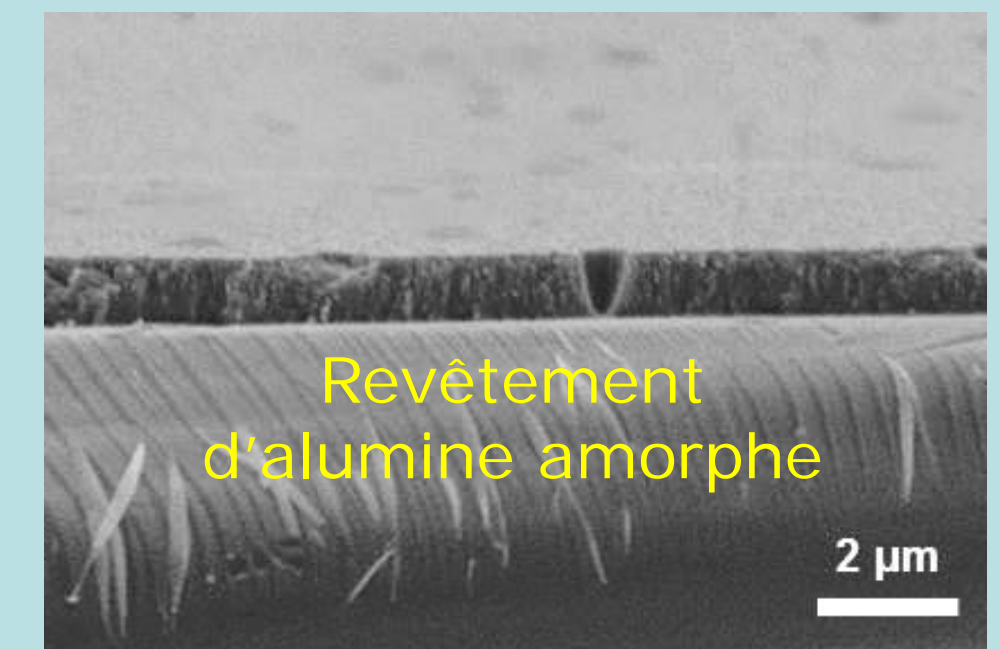
- ✓ 2 voies de préparation : - CVD en lit fluidisé de NPs Ni  
- Synthèse organique de NPs Ni
- ✓ Analyse écotoxicologique des NTC



Post-doctorante : Dr. Glenna Drisko

## Protection d'alliage légers (Ti, Mg) par de l'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> amorphe (LGC, CERTOP, CIRIMAT)

- ✓ Mise au point de procédés MOCVD à partir d'isopropoxyde d'aluminium et de diméthyl isopropoxyde aluminium sous atmosphère oxydante ou non, entre 150 ° C et 700 ° C
- ✓ Etude de la réactivité interfaciale Ti/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de couches d'alumine obtenues par ALD et CVD post-recuites, en utilisant XPS, NR et MET
- ✓ Détermination de l'ordre à courte distance de l'alumine par RMN et EXAFS en fonction de la dépôt/recuit
- ✓ Etude de la cinétique d'oxydation par ATG
- ✓ Etude de l'acceptabilité industrielle (EHS, ...)



Post-doctorant: Dr. Loïc Baggetto

## Vieillessement écologique (CERTOP, CIRIMAT, ECOLAB, entreprise Acceptables Avenir)

La recherche examine le passage ✓ d'une dynamique de la *prévention* (traitement des conséquences environnementales et sanitaires de l'activité industrielle)

✓ à une dynamique de la *précaution* (anticipation des enjeux sociétaux pour adopter une technologie)

Deux voies de recherche sont suivies (dans l'aéronautique)

- ✓ Le processus de renoncement au Cr VI
- ✓ Le mode de prise en compte des risques associés aux nanomatériaux



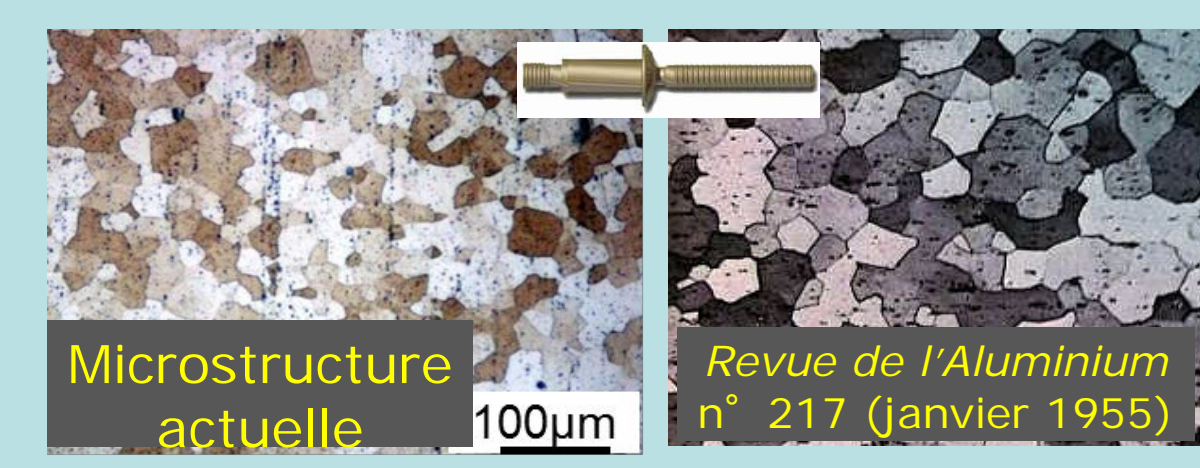
Surfaces traitées sans Cr VI (société VILLARD)

Ingénieur de Recherche : Eliott Klein

## Approche multi-disciplinaire d'anciens alliages aéronautiques :

Étude d'alliage Al-Cu utilisé en aéronautique avant 1960 (CEMES, CIRIMAT)

- ✓ Peu d'informations reliant directement ces alliages et les avions conçus à la même époque
- ✓ Croisement de l'étude de documents d'archives et de laboratoire de pièces ayant naturellement vieillis  
→ Informations sur l'évolution (microstructure et propriétés mécaniques) de ces alliages sur une longue période

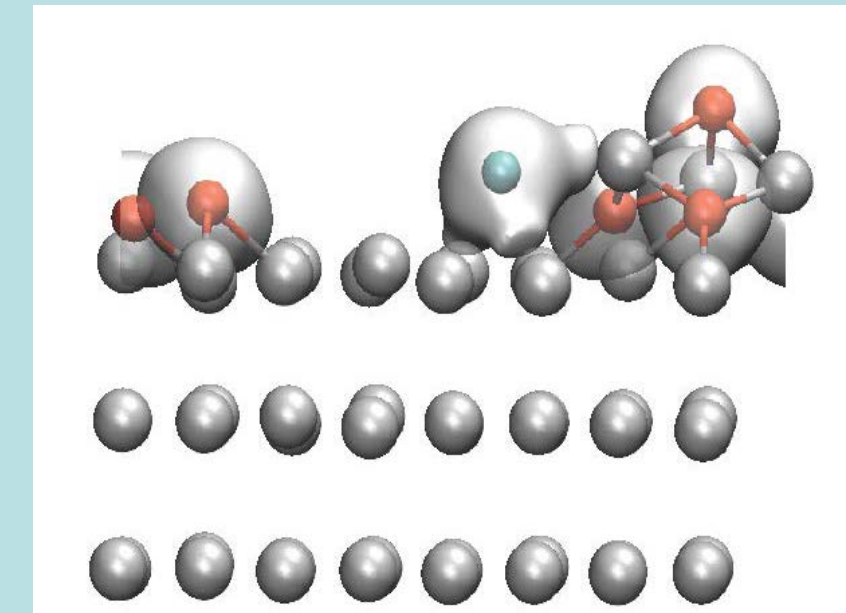


Thèse de doctorat : Audrey Anne Cochard

## Modélisation de la corrosion (LAAS, CIRIMAT)

- Fédérer une action régionale et nationale sur la modélisation de la corrosion des alliages métalliques légers: LAAS-CIRIMAT-ENSCP
- Réflexion sur une modélisation multi-échelle, des mécanismes fondamentaux à la croissance de films minces et des phénomènes d'initiation de la corrosion.

Calculs en cours sur l'influence du cuivre sur le phénomène de passivation de l'aluminium, calculs DFT et Monte Carlo



Post Doctorant: recrutement en décembre 2014

## Nanocomposites assistés plasma (LAPLACE, LCC, IMRCPs, CIRIMAT)

Revêtements multifonctionnels pour limiter le vieillissement sans affecter les propriétés de la structure

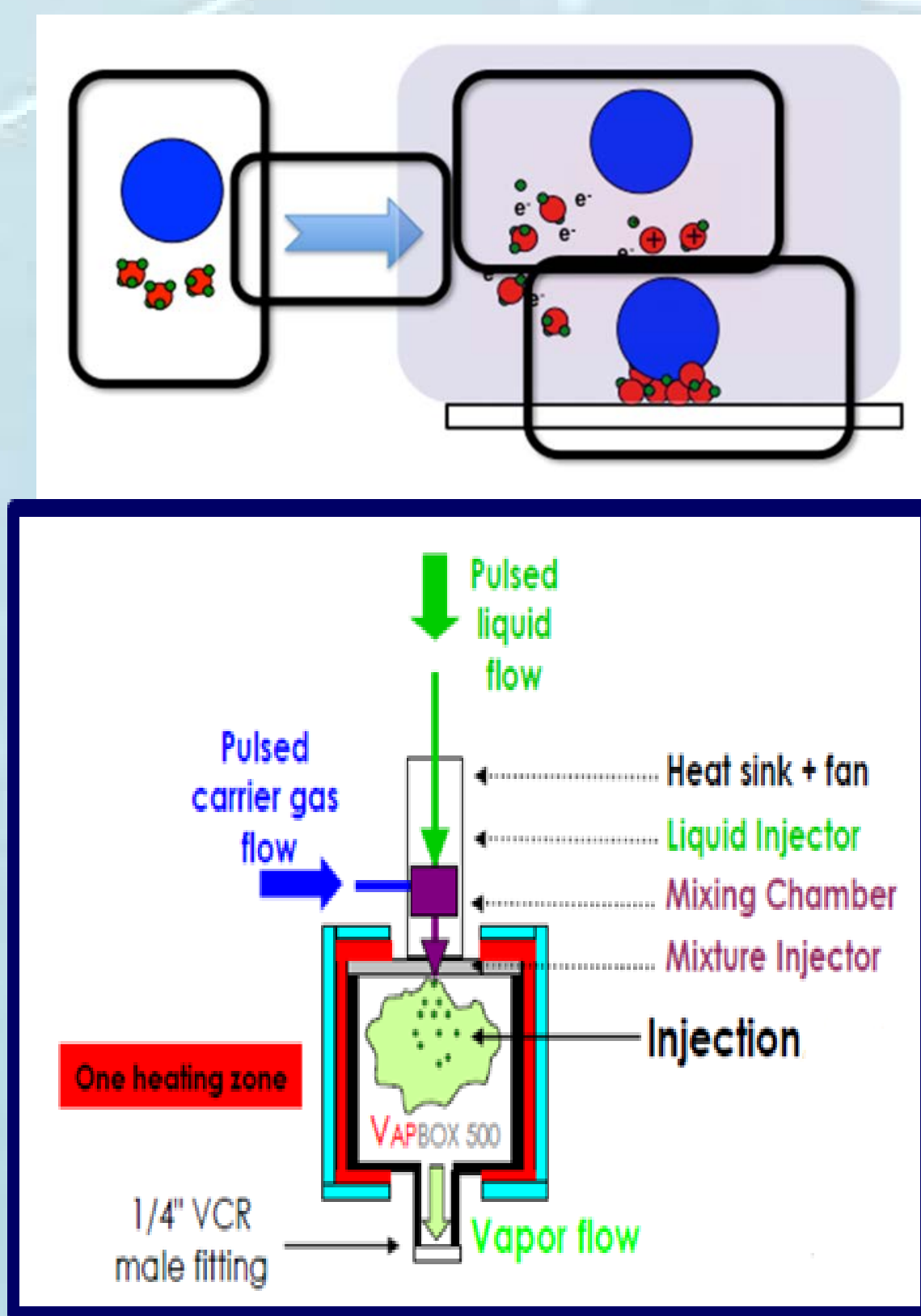
Exemple : Nanoparticules de ZnO dans matrice silice.

→ Couche anti-UV, anti-bactérienne, hydrophile, transparente

4 étapes :

- Synthèse des nanoparticules,
- Injection,
- Effet sur le plasma,
- Structure et propriétés des couches

Post Doctorant: recrutement en octobre 2014







# 3PC keys - *Processus clés dans la croissance des poussières en réacteurs plasmas et dans les étoiles*

Date démarrage : Avril 2014, Durée : 24 mois

Coordinateur : Christine JOBLIN, IRAP, UMR 5277, Université de Toulouse et CNRS

Laboratoires partenaires du projet :  Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie - IRAP, UMR 5277, Université de Toulouse et CNRS - <http://www.irap.omp.eu/index.php/irap>  
 Laboratoire PLAsma et Conversion d'Énergie - LAPLACE, UMR 5312, Université de Toulouse, (UPS, INPT) et CNRS - <http://www.laplace.univ-tlse.fr/>

Le projet 3PCkeys est dédié à la compréhension des processus fondamentaux à l'origine de la nucléation, la croissance et l'altération des poussières dans les réacteurs plasmas de laboratoire et dans les enveloppes d'étoiles évoluées. Il regroupe des moyens expérimentaux sur le campus toulousain: réacteurs plasmas au LAPLACE et Plateforme Nanograins à l'IRAP-OMP. Le projet 3PCkeys a pour ambition de démontrer la richesse de la synergie entre les communautés astrophysique/astrochimie et plasmas poussiéreux, en accord avec les objectifs du chantier 3PC (Plasmas Poussiéreux et Poussières Cosmiques).

## Objectifs principaux

### Impulser des études synergétiques entre communautés plasmas et astrophysiques

- des problématiques très similaires mais une synergie quasi-inexistante
- pas d'évaluation à ce jour de la pertinence des conditions des plasmas froids pour former des poussières cosmiques

### Explorer de nouveaux processus dans la formation des poudres et des grains cosmiques

- jouer sur la nature des précurseurs et les conditions expérimentales
- mettre en évidence les réactions clés dans la nucléation et la croissance de ces nanograins
- vers une meilleure description des réseaux chimiques dans les modèles
- vers une production contrôlée des poudres

## Méthodologie, moyens et diagnostics expérimentaux mis en jeu

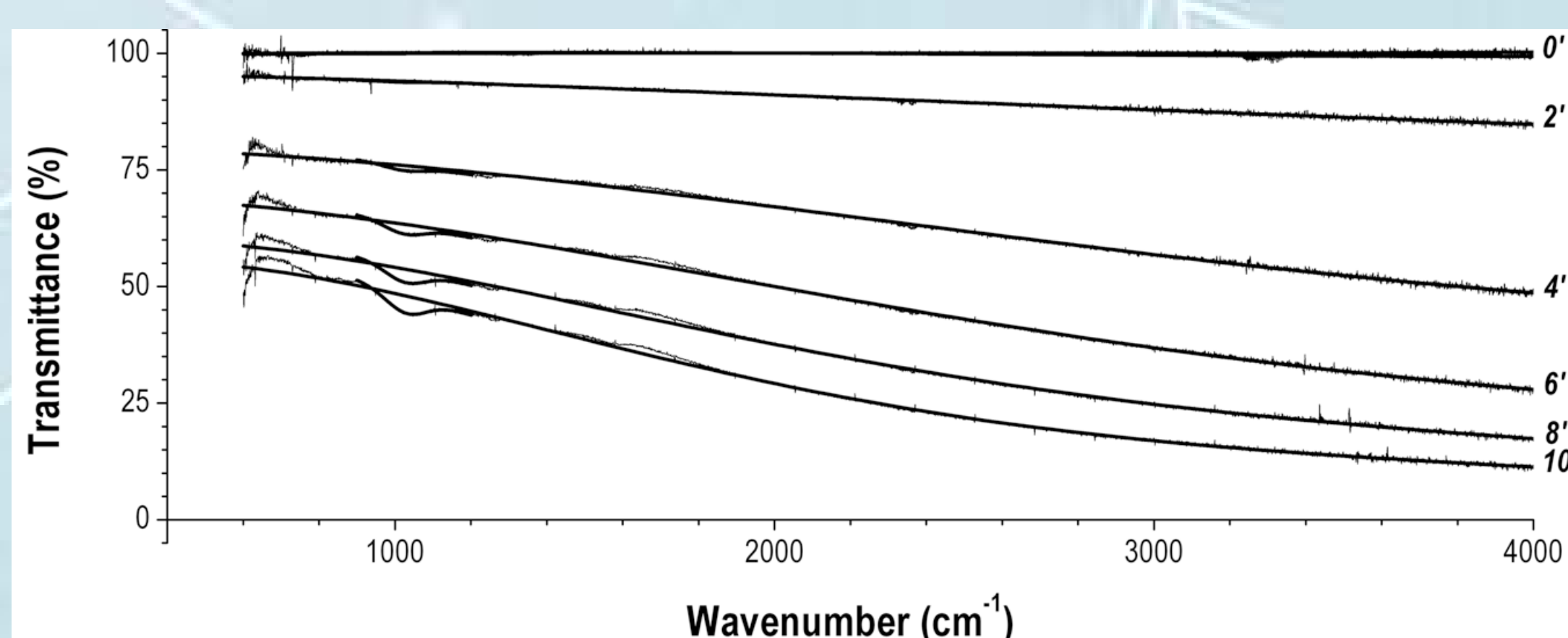
### Réacteurs plasmas (LAPLACE) – Production et caractérisation *in situ*

- Différentes décharges micro-onde à résonance cyclotronique électronique et radio-fréquence permettant d'explorer différentes compositions et différentes conditions expérimentales (par ex. confinement électrostatique vs magnétique).
- Méthodes *in situ*: spectroscopie d'émission optique, spectroscopie infrarouge, spectrométrie de masse du gaz

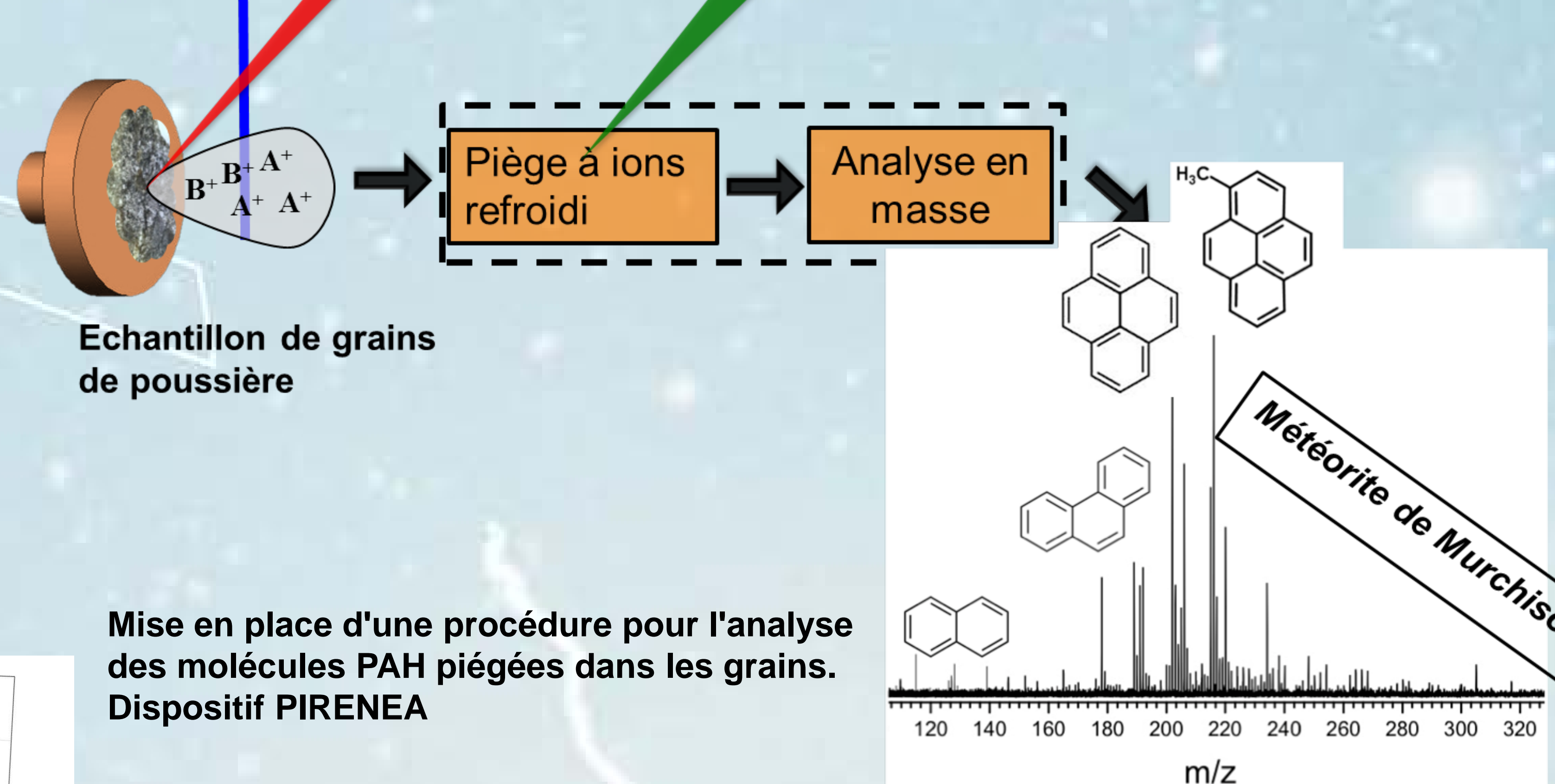
### Plateforme Nanograins (dispositifs PIRENEA et ESPOIRS à l'IRAP/OMP) – Propriétés physico-chimiques en ambiance cosmique

- Analyse par spectrométrie de masse des grains. Composante moléculaire
- Réactivité des nanograins isolés en phase gazeuse avec des électrons, atomes et molécules
- Propriétés spectroscopiques en ambiance cosmique

Spectroscopie IR : absorption/ diffusion caractérisation des poudres



Laser UV pulsé Laser IR pulsé Photodissociation sélective / structure



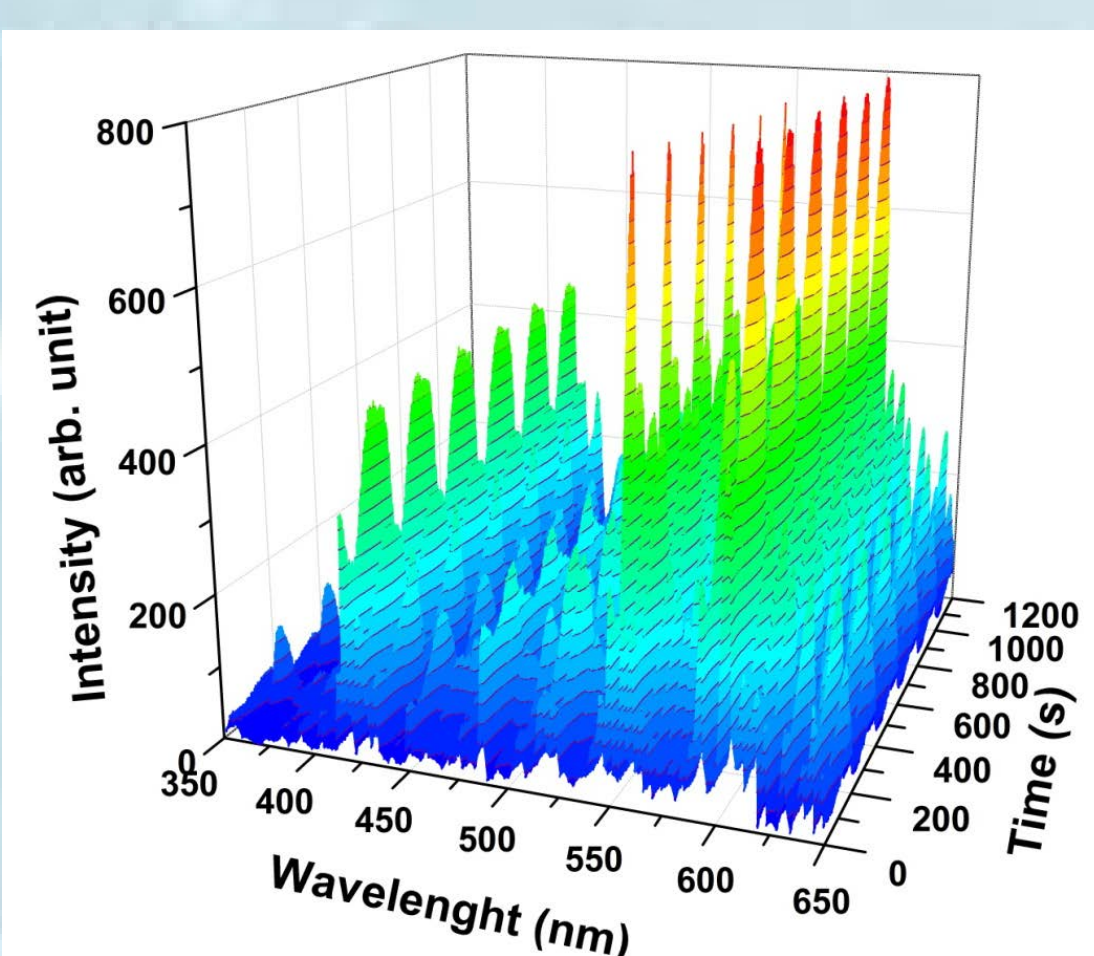
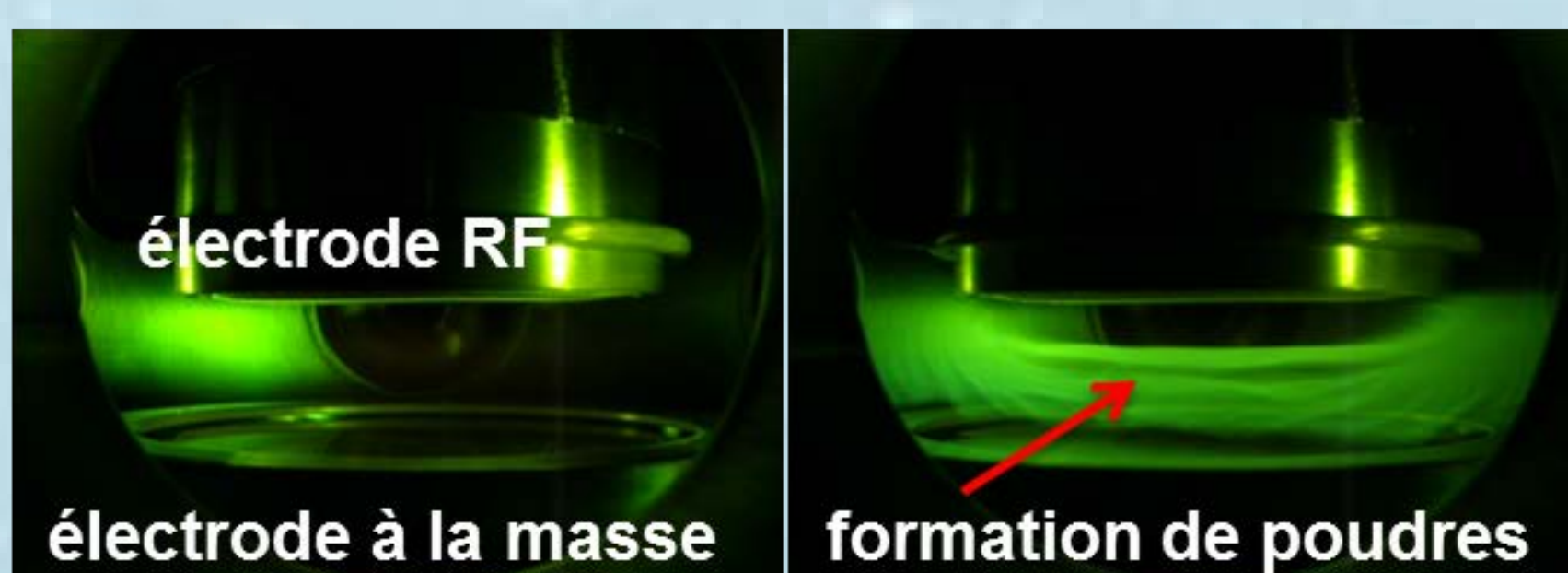
Mise en place d'une procédure pour l'analyse des molécules PAH piégées dans les grains. Dispositif PIRENEA

## Retombées économiques ou sociétales attendues

Les résultats du projet peuvent avoir un impact dans des domaines applicatifs comme les plasmas poussiéreux dans la nébuleuse solaire, les matériaux nanocomposites élaborés par plasmas et les particules de suie générées dans l'atmosphère par le trafic aérien.

Formation de poudres dans un plasma

t = 0 s t = 1 mn 10s



Spectroscopie optique d'émission espèces créées + caractérisation des électrons



## 2. Systèmes embarqués

- ATRIUM
- SKYSCANNER



# ATRIUM - innovActive Three-dimensional laser Imaging for combined Uav guidance and airborne Mapping

Date démarrage : 01/2014

Durée : 36 mois

## Coordinateur :

HESPEL Laurent. ONERA-CMP/DOTA.  
[laurent.hespel@onera.fr](mailto:laurent.hespel@onera.fr)

## Autres laboratoires partenaires du projet :

LAAS – poc : [olivier.gauthier-lafaye@laas.fr](mailto:olivier.gauthier-lafaye@laas.fr)  
ISAE – poc : [Angelique.Rissons@isae.fr](mailto:Angelique.Rissons@isae.fr)

## Rappel des objectifs du projet :

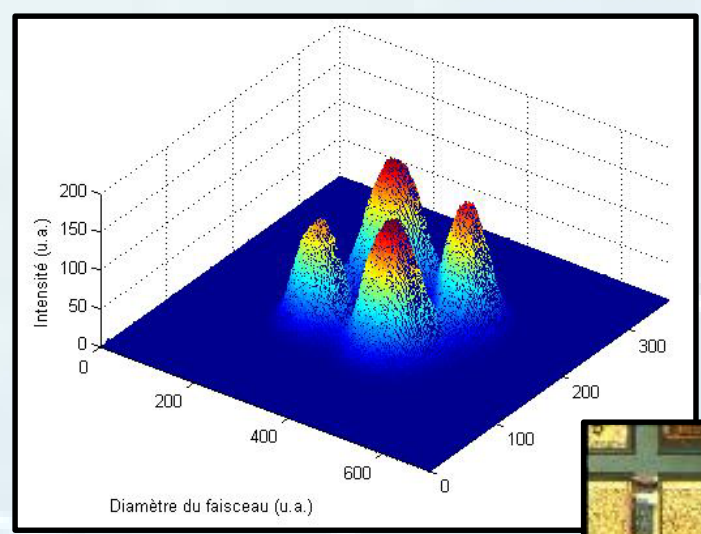
- Proposer une architecture d'imageur 3D en rupture et capable de lever les défis de la haute résolution, combinée à une robustesse et une compacité, compatible d'applications embarquées.
- Introduire des composants optoélectroniques (plan focal 3D) et photoniques (source laser, filtres) émergents :
  - étudier des nouvelles sources laser compactes et peu consommatrices.
  - apporter une sélectivité et un filtrage spectral fin à l'imagerie laser

## Rappel des verrous existant :

- améliorer la résolution « cartographique » => plan focal vs monopixel
- évaluer la reconfigurabilité « opérationnelle » => complémentarité de l'architecture vs d'autres capteurs EO (ex : IR)
- améliorer la portée dans des conditions DVE (Degraded Visual Environment) => réduire les bruits d'environnement (filtre spectral plus étroit et plus efficace) et technologie à comptage de photon fenêtrée
- améliorer la compacité et le coût => s'orienter sur des sources laser plus compacte sur technologie optoélectronique et étudier l'apport des capteurs sur filière silicium.

## Méthodologie envisagée :

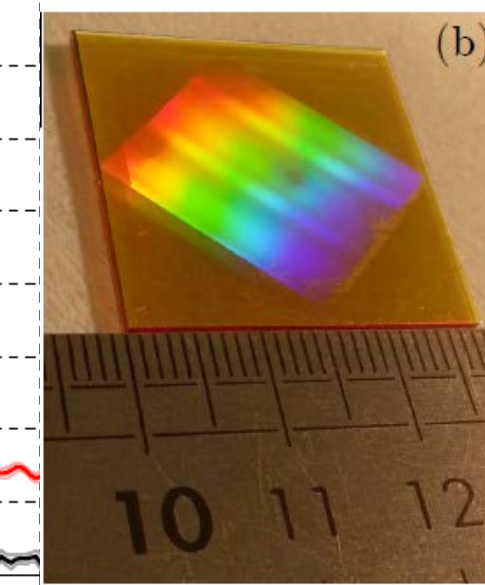
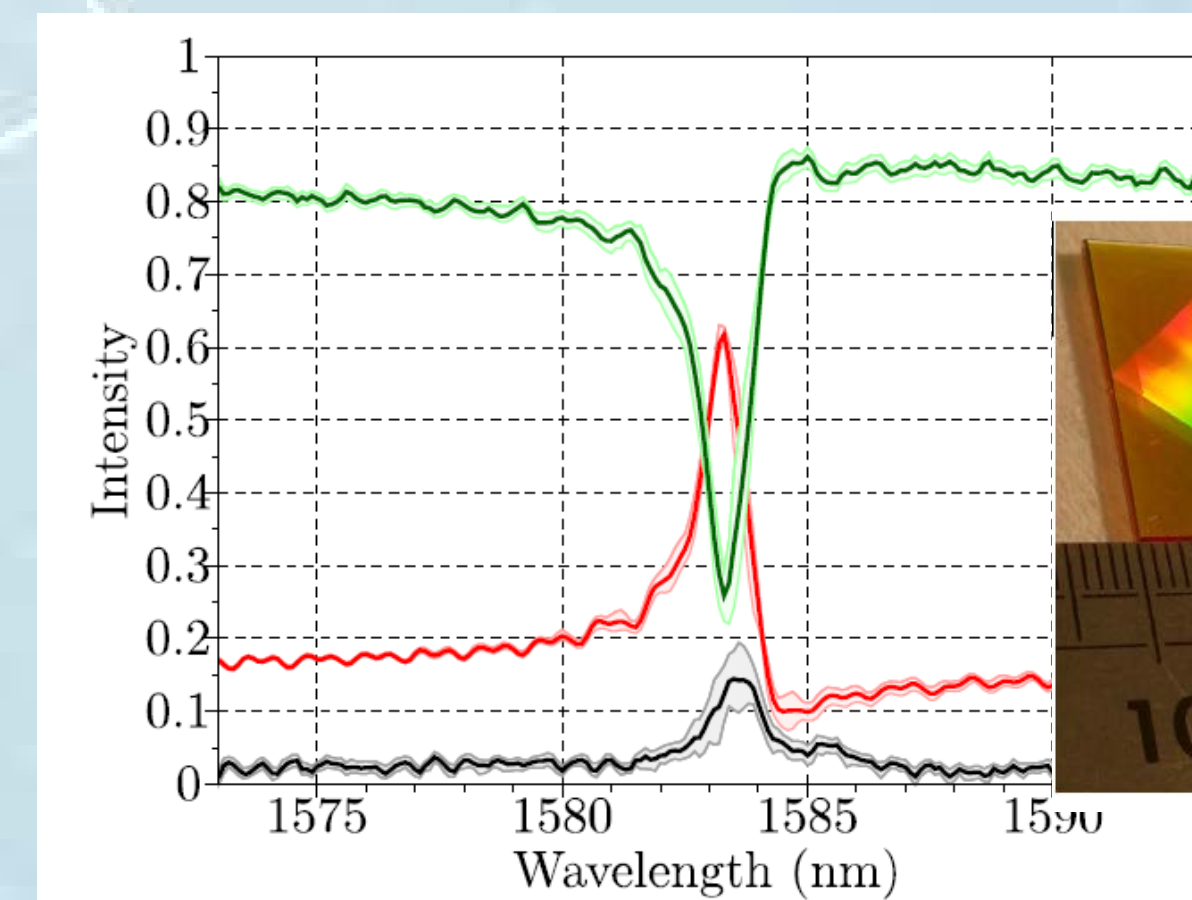
- lot 1 « Développements Technologiques » : étude de nouvelles briques technologiques entre les partenaires



- Intégrer la source laser en utilisant la technologie VCSEL en matrice ou en cavité externe.



L'objectif est d'assurer un compromis entre la réduction d'encombrement, puissance électrique disponible et la puissance pulsée.

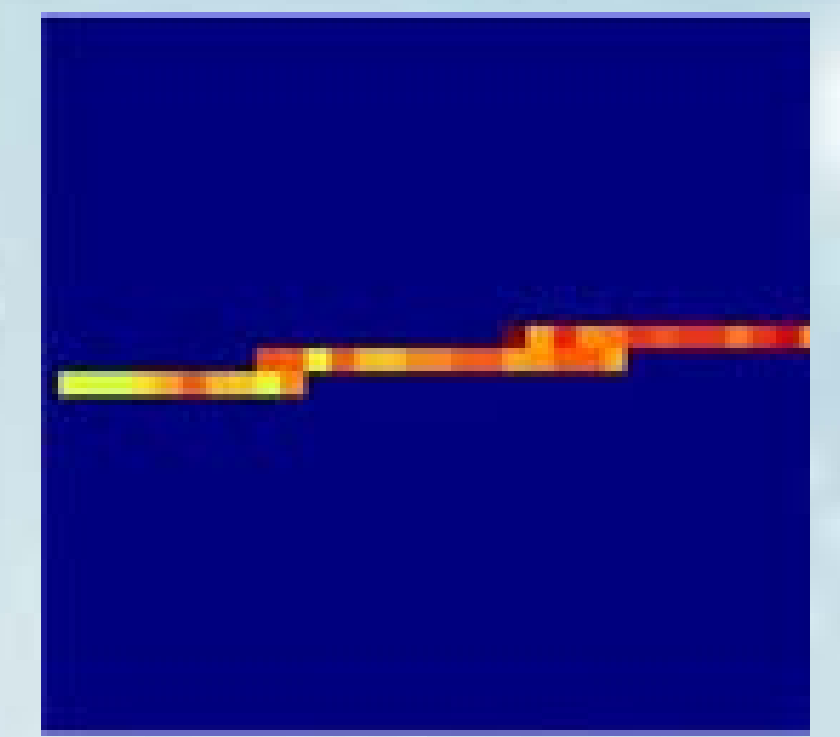
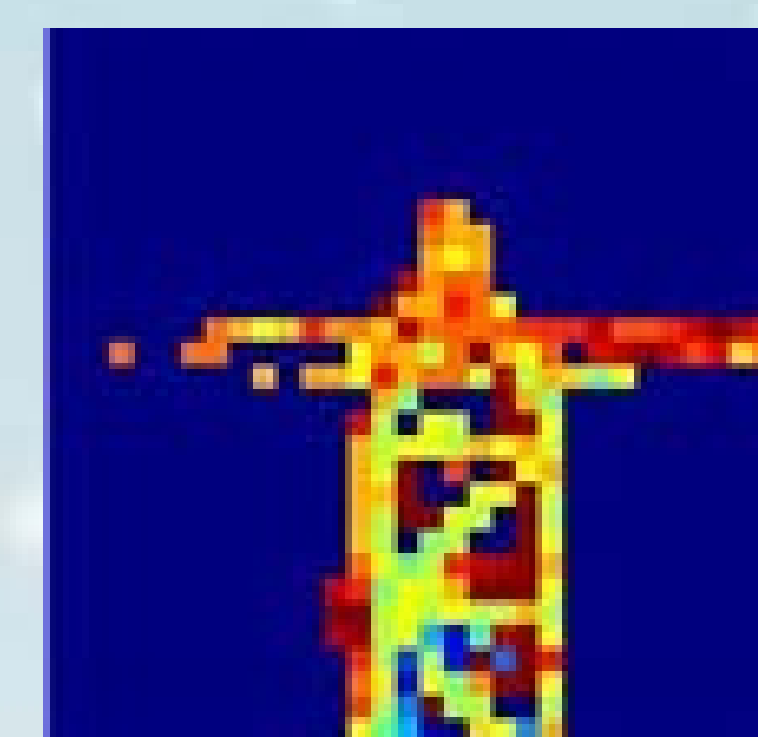
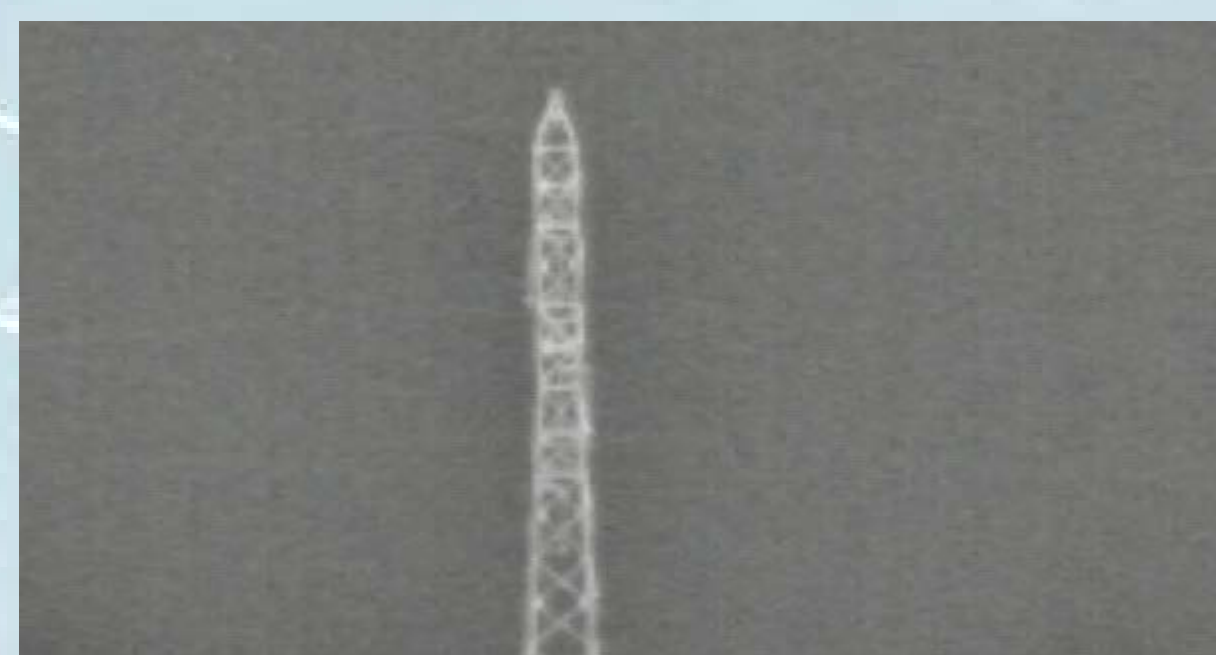


Etudier l'apport des filtres GMRF aux systèmes imageurs et en améliorer la technologie de réalisation, notamment par des technologies de type microélectronique

- lot 2 « Démonstrations » :

- Prototypage d'un imageur laser 3D à plan focal à base de lasers et de composants optiques (objectif et filtre) existants et disponibles à l'Onera, puis test et évaluation des performances.

Détection de câble à longue portée  
2km : comparaison/complémentarité laser 3D et IR



- Introduction des nouvelles briques technologiques puis test et évaluation des performances pour les finalités. Les résultats expérimentaux sont comparés aux modèles de performances développés à l'Onera,

- lot 3 « Etude système » : Etude et définition des architectures systèmes, d'aide à la navigation lors des phases d'atterrissage et décollage; d'imagerie 3D haute résolution pour de la cartographie en vol, pour des UAV à voilure fixe ou tournante.

- lot 4 « Management et Dissémination »

## Retombées économiques ou sociétales attendues :

- Pour des applications spatiales et/ou environnementales, les technologies étudiées pourraient être employées en foresterie, bathymétrie, qualité de l'air et suivi des pollutions anthropiques...
- Les programmes SEFA du PIA2

Préparé pour le Fall Meeting, 13 novembre 2014



## SkyScanner

Fleets of enduring drones to probe atmospheric phenomena within clouds



LAAS / CNRS  
Météo France / GAME  
ISAE / DAEP  
ONERA / DCSD  
ENAC

Simon Lacroix (coord.)  
Greg Roberts  
Emmanuel Bénard  
Carsten Döll  
Gautier Hattenberger

Avril 2014 / Fin 2016  
[www.laas.fr/projects/skyscanner](http://www.laas.fr/projects/skyscanner)



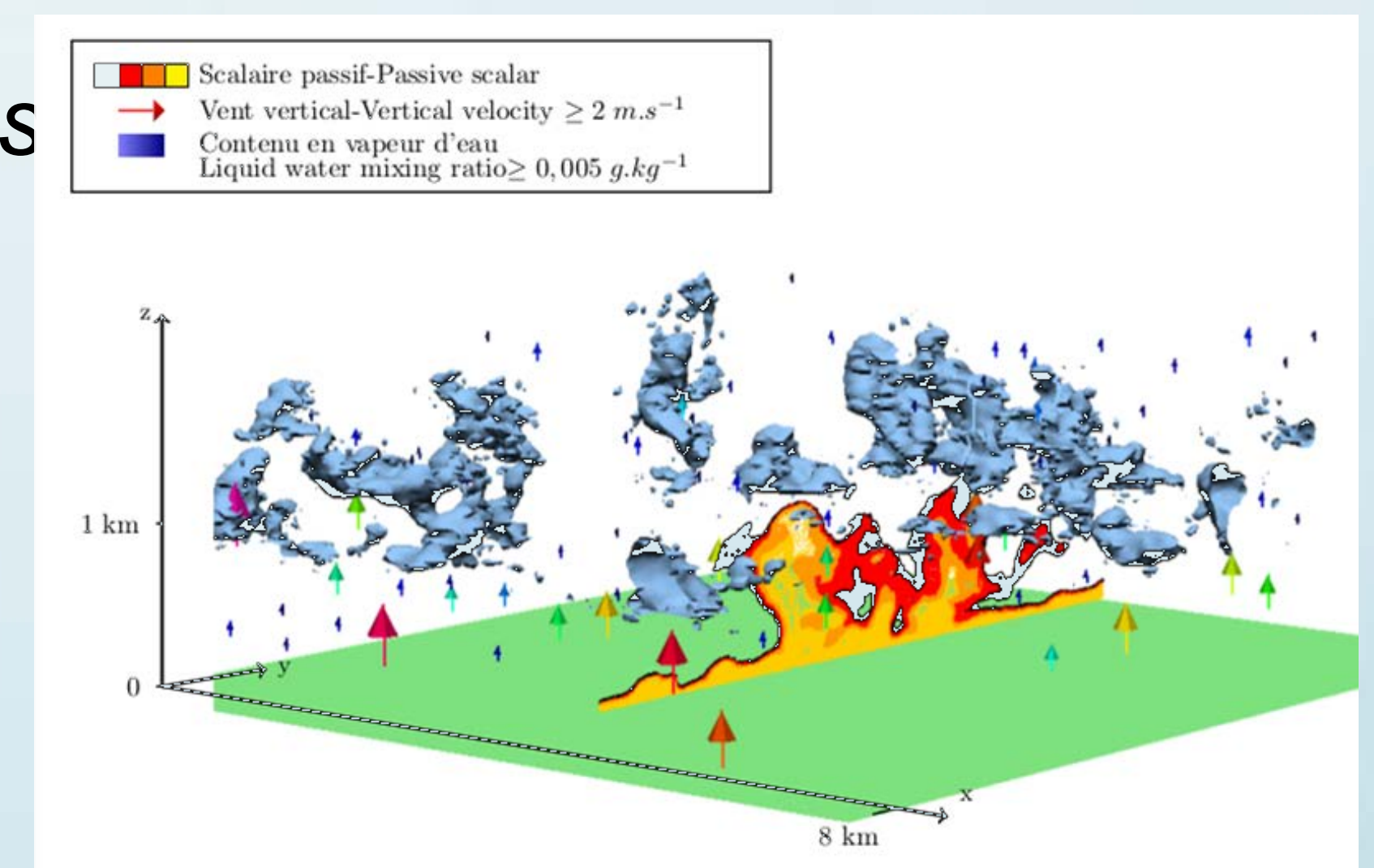
## Trois axes de recherches

- Meilleure caractérisation de la structure atmosphérique

*Comment mieux modéliser les phénomènes microphysiques au sein des nuages ? (entraînement, déclenchement des précipitations)*

Enjeu : amélioration des prévisions numériques du temps et du climat

➔ Besoin de mesures (PTU, vents, rayonnement, gouttelettes, aérosols...) au sein de cumulus avec une résolution spatiale décimétrique, sur une durée de l'ordre de l'heure

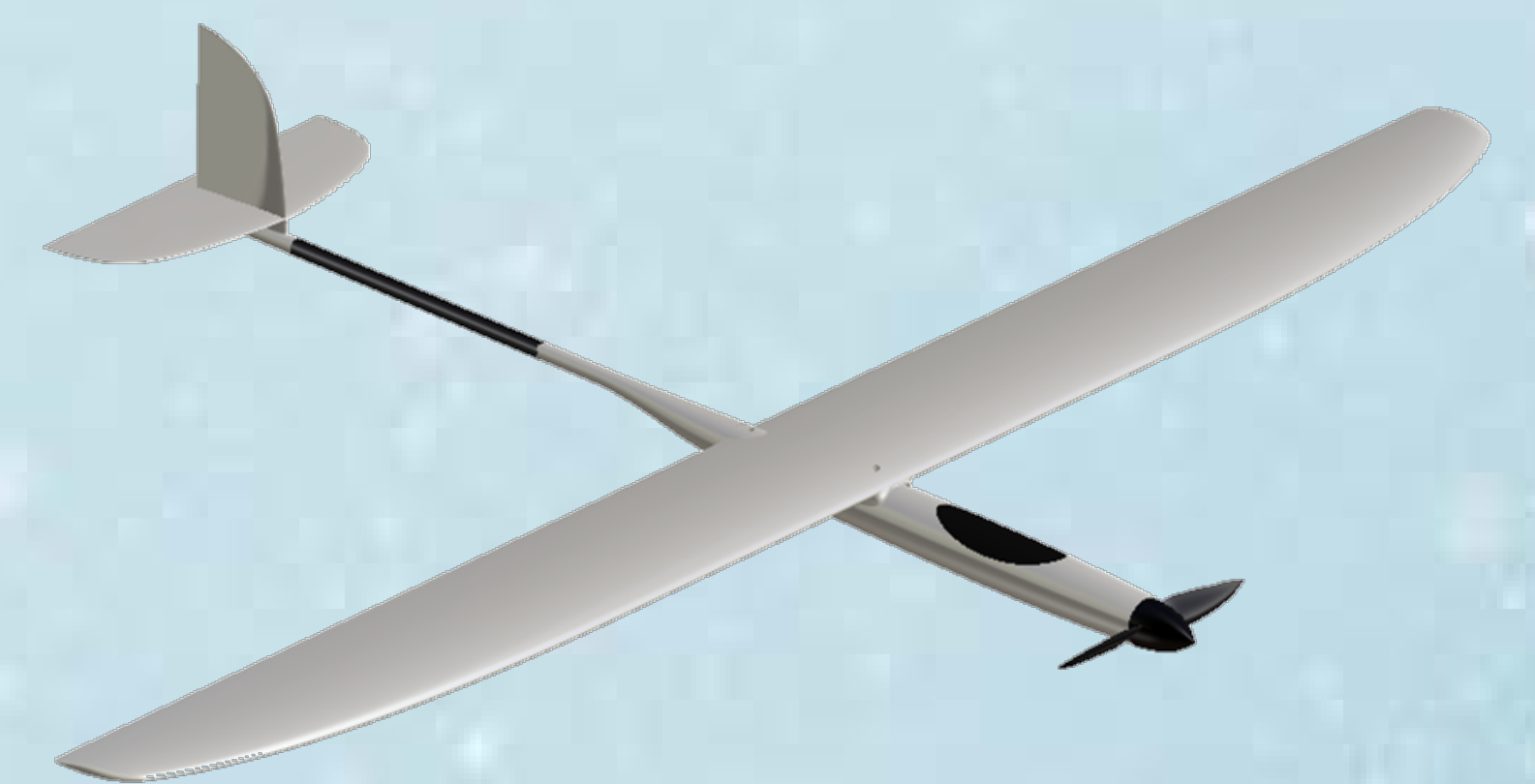


- Conception et commande de mini-drone endurant

*Comment optimiser la conception globale d'un micro-drone ? (incluant contraintes sur la charge utile, la manœuvrabilité, l'endurance et la contrôlabilité)*

Enjeu : développement de méthodologies de conception globales à l'échelle des mini-drones

➔ Identification des modèles aérodynamiques à l'échelle des microdrones, synthèse de lois de commande de vol adaptées

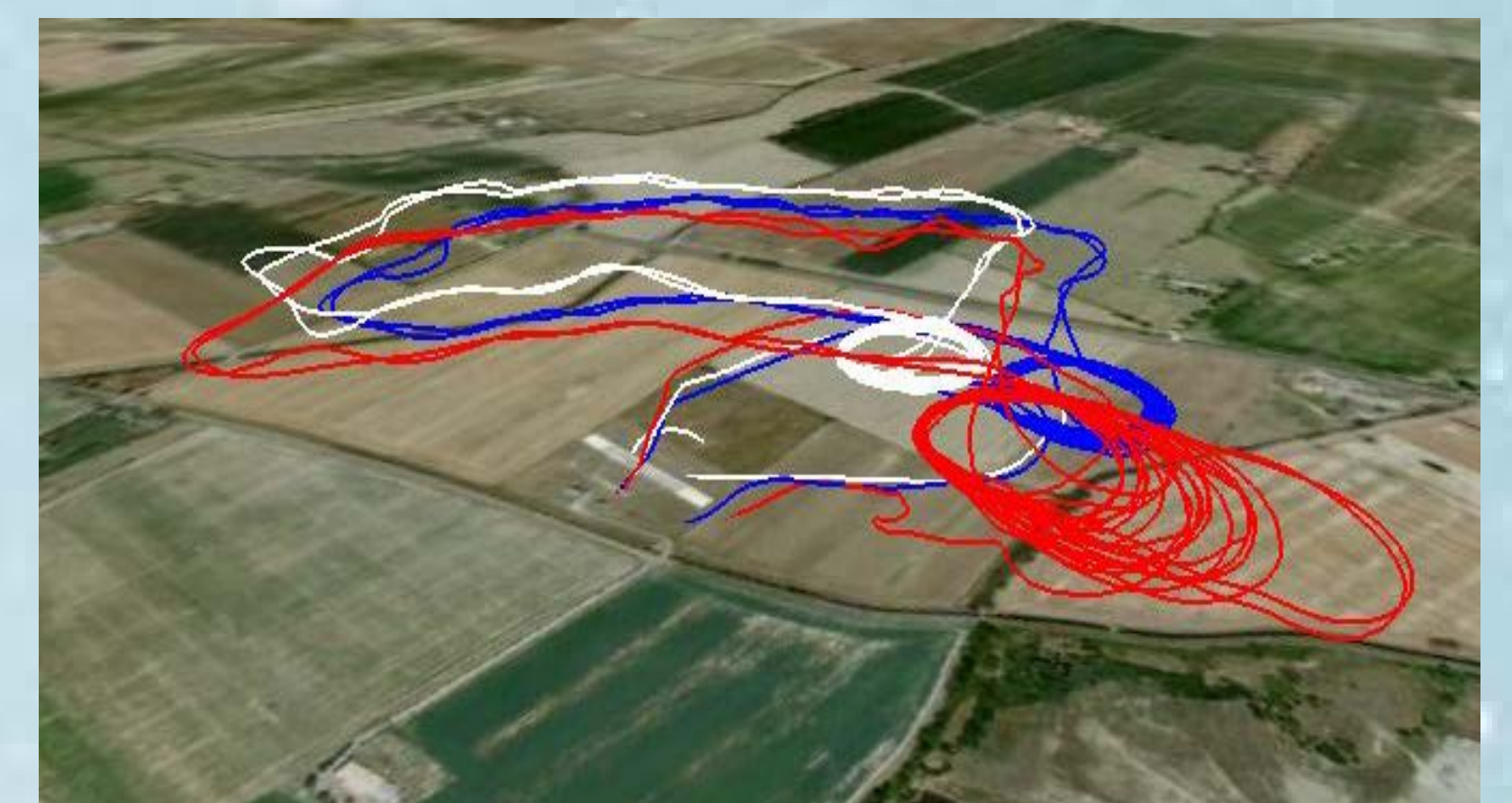


- Pilotage de la flotte

*Comment assurer le pilotage de la flotte pour optimiser l'acquisition de données ?*

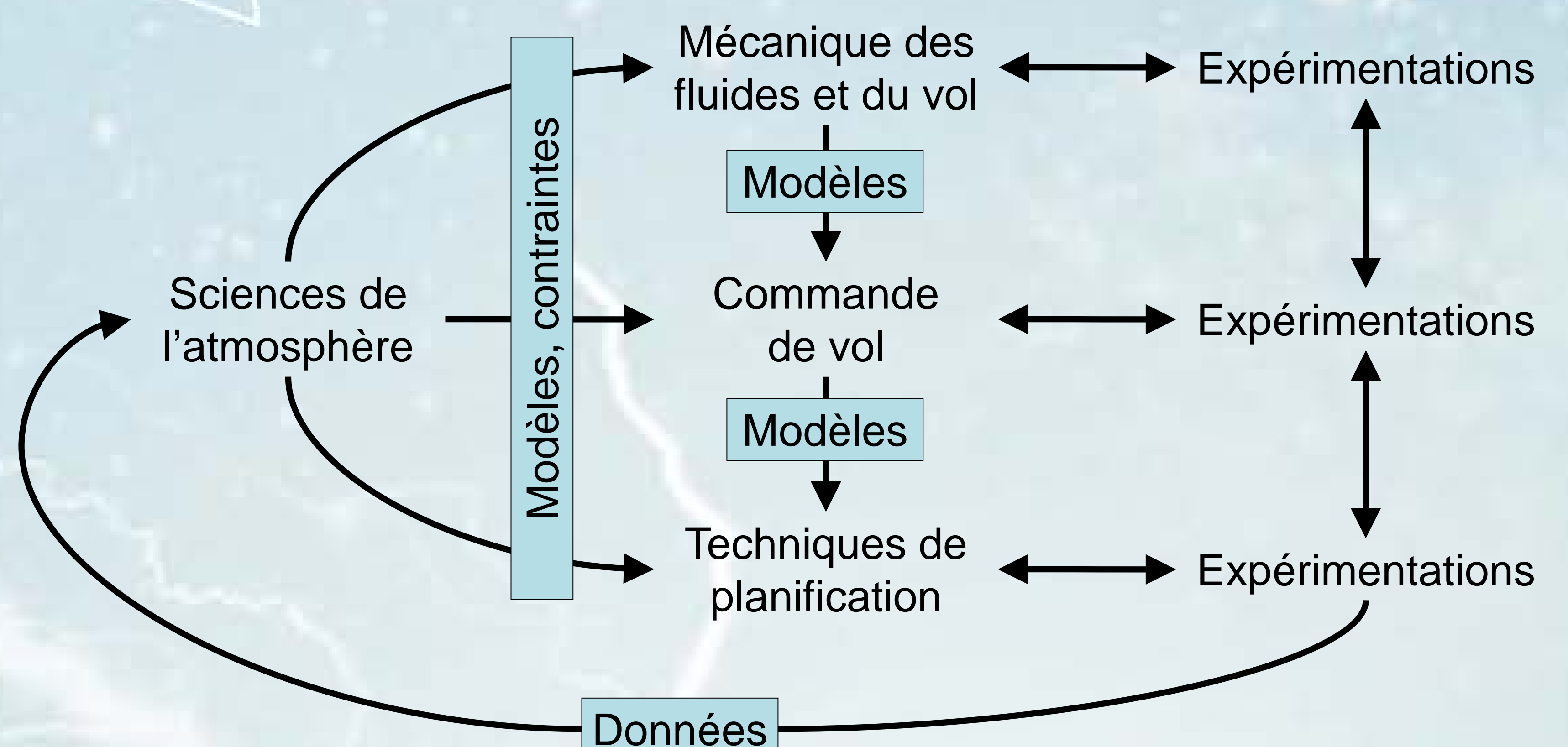
Enjeu : développement de techniques de contrôle coopératif pour systèmes de systèmes

➔ Techniques de planification (d'optimisation?) sous contraintes, distribuées, en environnements dynamiques



## Méthodologie

- Approche pluridisciplinaire *intégrée* : recherches et développements intégrant modélisation, simulations et expérimentations pour l'ensemble des disciplines considérées





### 3. Systèmes complexes : Assimilation des données

➤ AVENUE



# Projet AVENUE

## Assimilation Variationnelle-ENSEMBLE Unifié

Démarrage : septembre 2014

Coordinateurs : David Titley-Peloquin (CERFACS), Ehouarn Simon (INPT-IRIT)

Laboratoires Partenaires : CERFACS, INPT-IRIT, CNRM, CNES-GET

### Objectifs

- ✓ Modélisation stochastique des incertitudes dans les systèmes (conditions initiales, modèles, observations)
- ✓ Estimation non-linéaire ensembliste en grandes dimensions
- ✓ Algorithmes HPC pour l'assimilation de données
- ✓ Applications à la prévision du temps, de l'océan et du champ de gravité terrestre

### Méthodologies

- ✓ Développement d'une approche unifiée de lissage hybride
- ✓ Etude de convergence probabiliste pour les grands échantillons
- ✓ Globalisation de la méthode pour les fortes non-linéarités
- ✓ Filtrage des covariances: petits échantillons *versus* grande dimension

#### Application météorologique

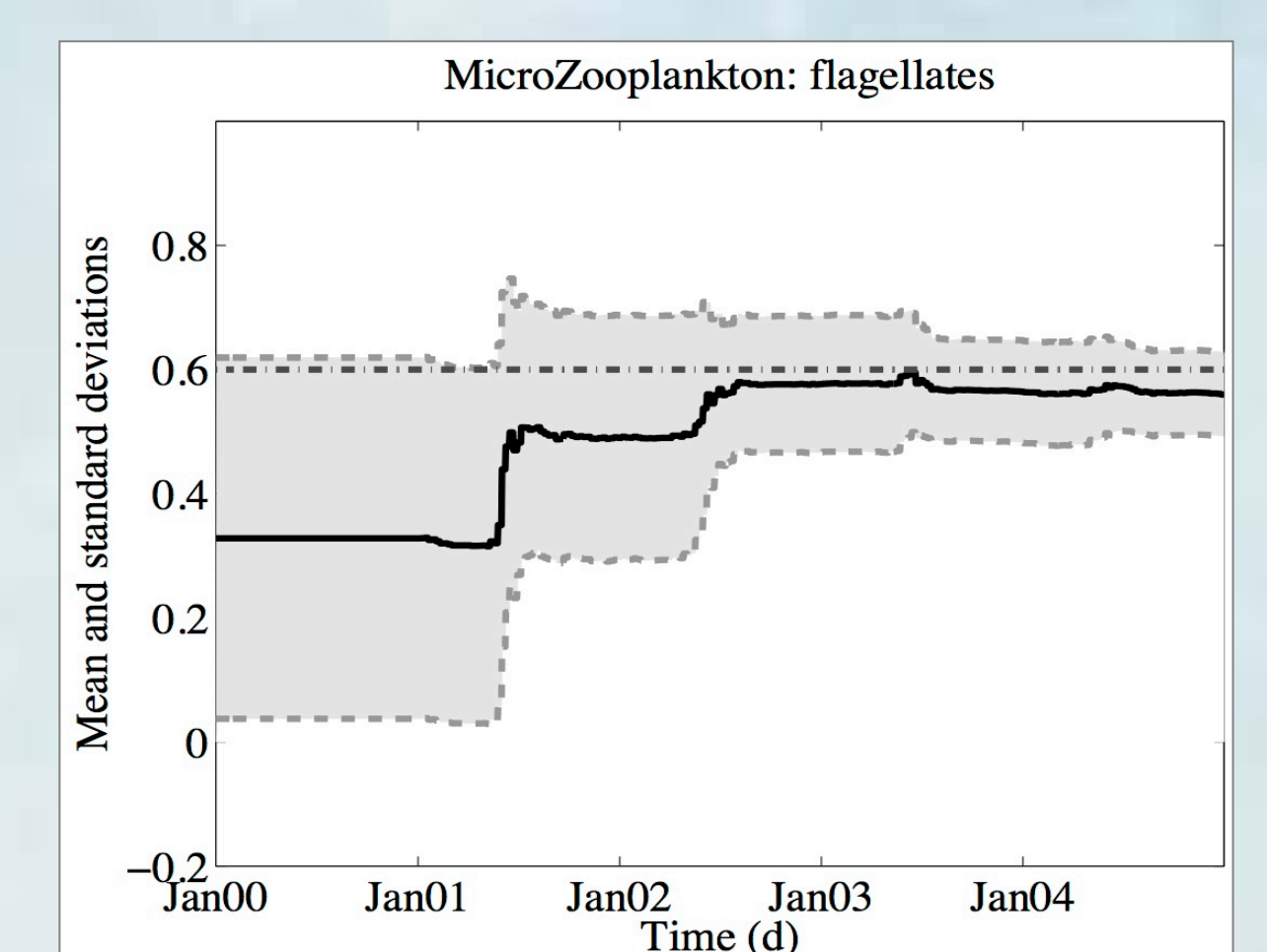
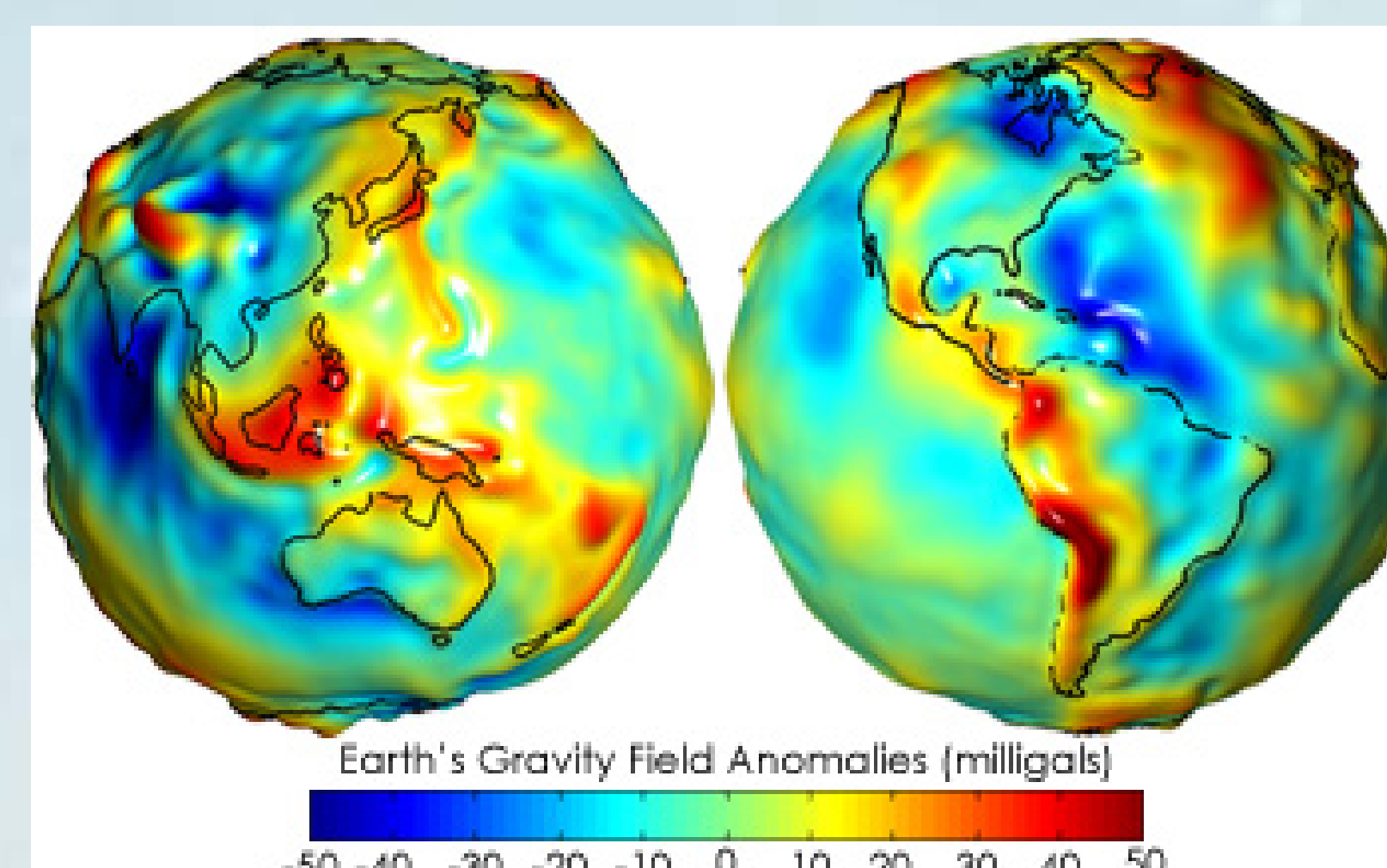
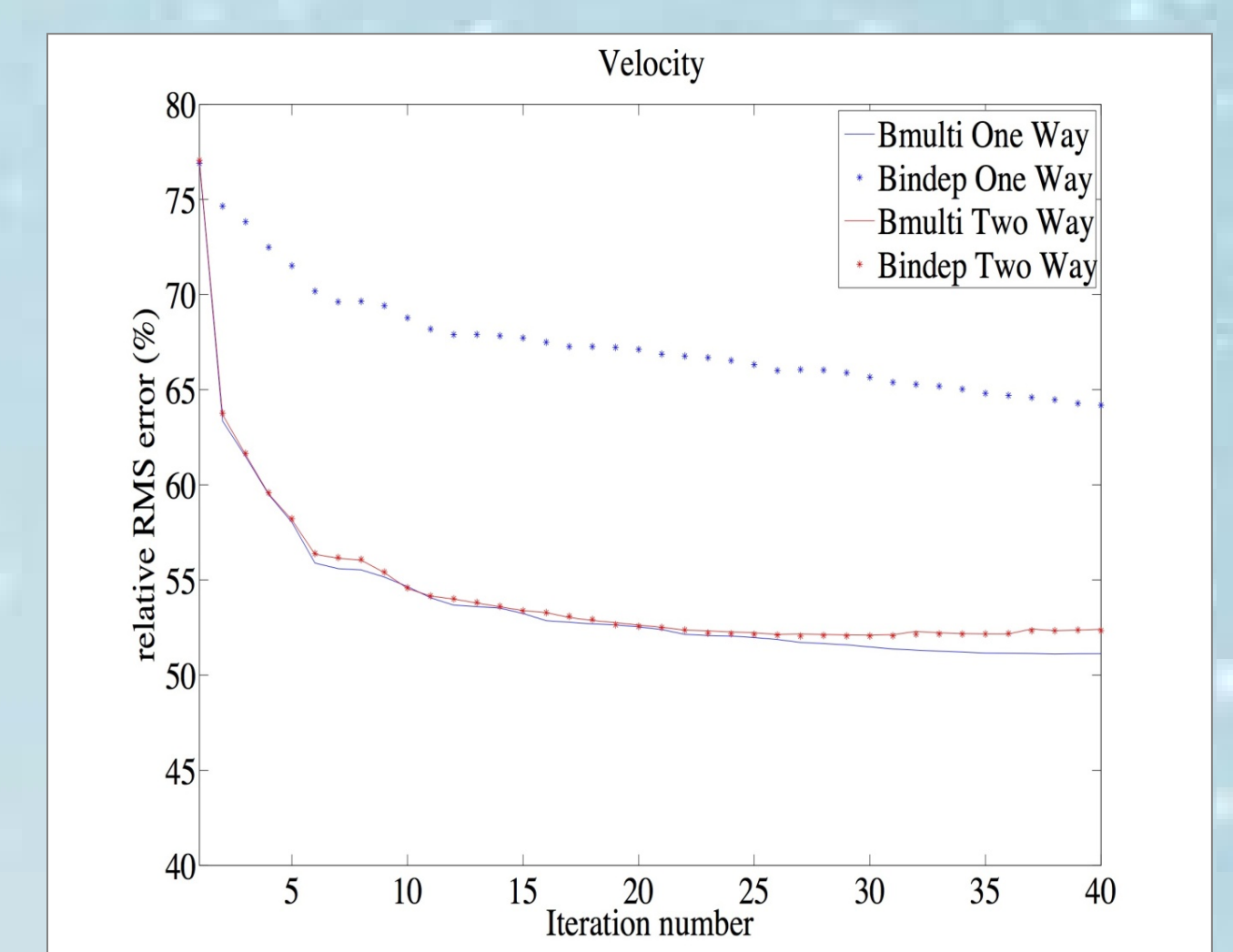
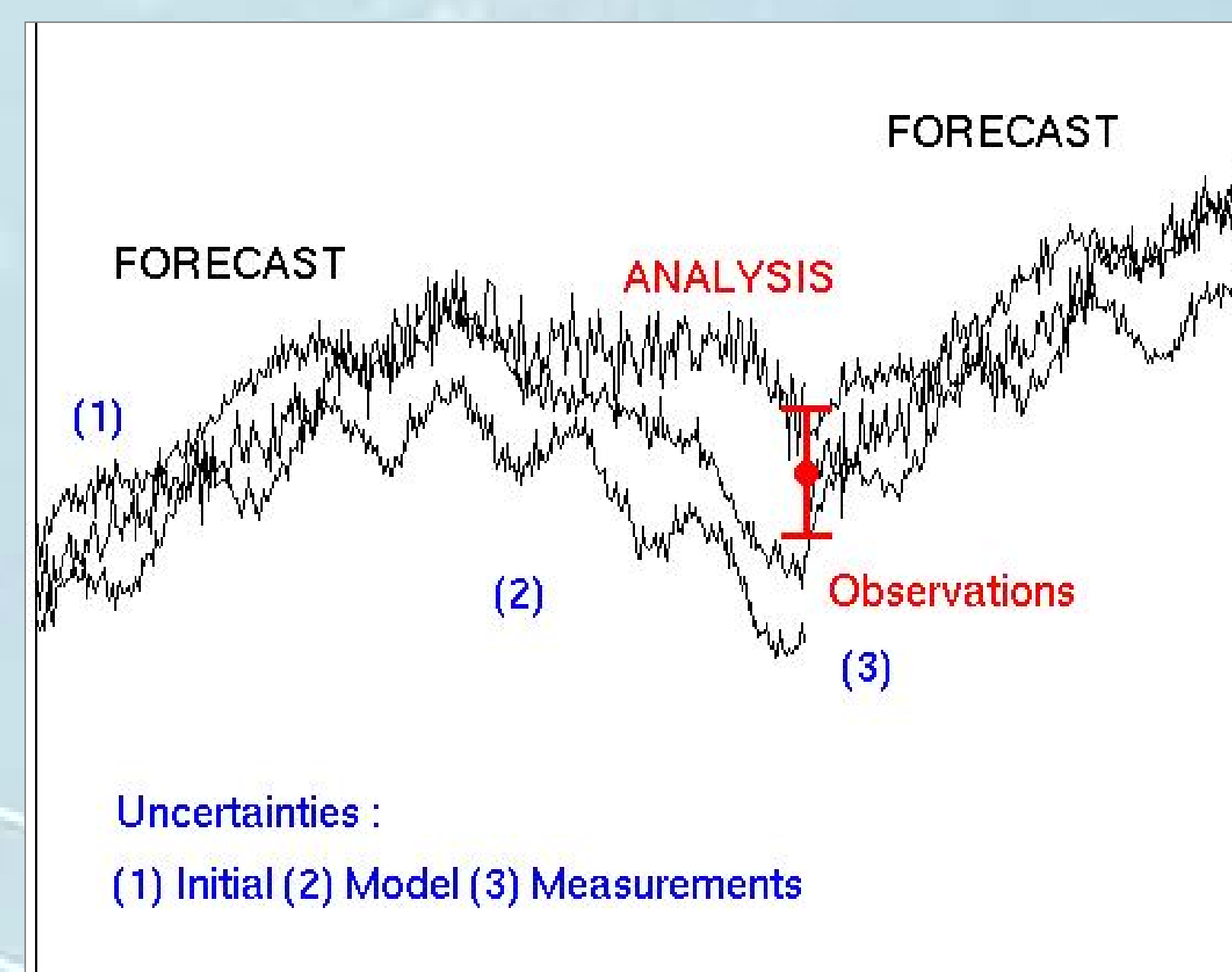
- Modèles de Météo-France ARPEGE (global) et AROME (échelle fine)
- Fortes contraintes opérationnelles
- Comparaison aux 3D/4D-Var existants

#### Application océanique

- Modèle global (NEMO) à basse résolution (1 deg.) et à haute résolution (1/4 deg.)
- Formulation hybride des covariances
- Comparaison au 3D-Var existant

#### Application géodésique

- Restitution du champ de gravité terrestre à partir des données de la mission satellitaire GRACE
- Inversion et analyse spectrale en grandes dimensions
- Comparaison avec l'outil GINS



Source : <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA12146>



## 4. Systèmes Terre et Espace

- CRUE-SIM
- MIACTIS
- MICROREX
- MUSICQA
- PRISM
- REGARD



## CRUE-SIM

# Transport de l'eau et de la matière depuis les bassins versants jusqu'à la mer dans les systèmes Méditerranéens caractérisés par les crues éclairs

Date de démarrage : Juin 2014  
Durée : 36 mois

Chantier SEDILION

**Coordination** : Claude Estournel, Laboratoire d'Aérodynamique

### Partenariat:

- Laboratoire d'Aérodynamique : équipes modélisation atmosphérique (Evelyne Richard) et modélisation océanique (C. Estournel)
- ECOLAB (J.M. Sanchez-Perez)
- IMFT (H. Roux)

### Objectifs

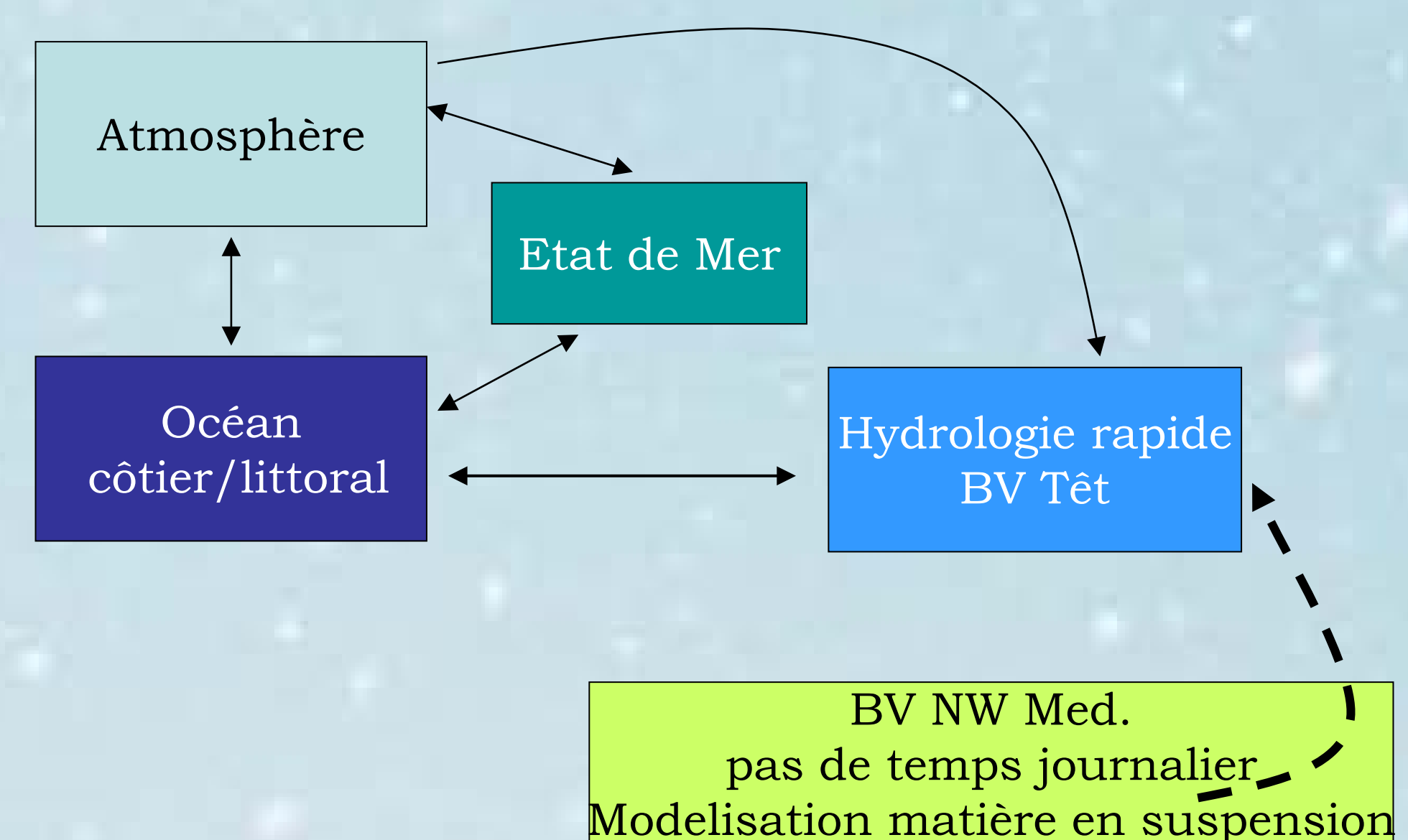
- Modéliser et étudier de manière intégrée les crues éclairs depuis les pluies intenses qui en sont à l'origine, les bassins versants, les fleuves côtiers qui transportent l'eau douce et l'exutoire en mer
- Modéliser le transport de matière charriée par l'eau du bassin versant jusqu'à la mer

### Verrous

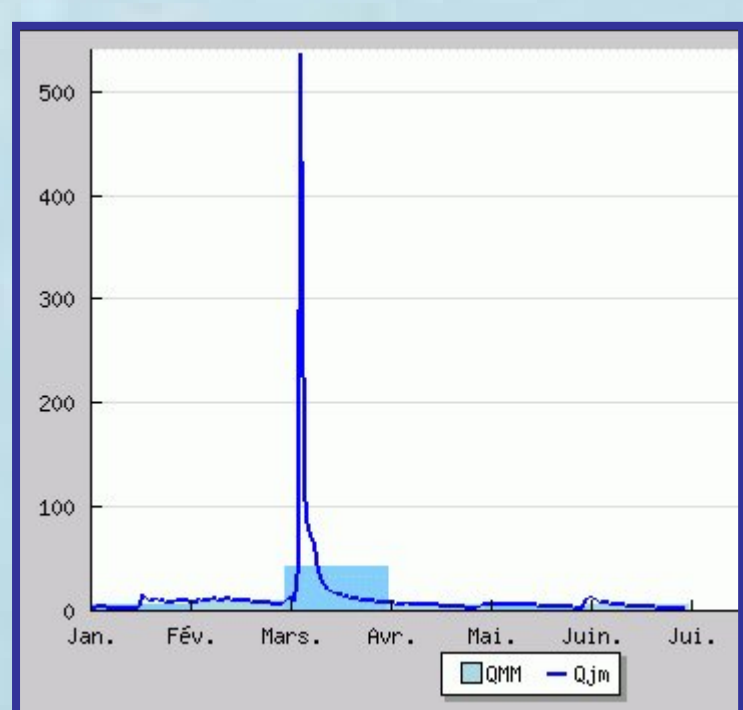
- la localisation des précipitations doit être très précise
- l'écoulement dans les petits fleuves côtiers nécessite une connaissance à haute résolution de sa morphologie
- les barrages ont un impact majeur sur le transport de l'eau et de la matière nécessitant de trouver une approche appropriée
- en période de tempête, le niveau de la mer monte ce qui freine le débit des fleuves

### Méthodologie

Crue-SIM est largement basé sur la modélisation numérique intégrant les différents « maillons modèles » nécessaires pour représenter le continuum du bassin versant à l'océan côtier (Meso-NH pour les précipitations, SWAT et MARINE pour les bassins versants et fleuve, SYMPHONIE pour la mer). Crue-SIM se focalisera sur la région de la Têt dans les Pyrénées Orientales, zone instrumentée dans ses parties fluviale et marine donnant ainsi le potentiel de réglage et validation nécessaire.



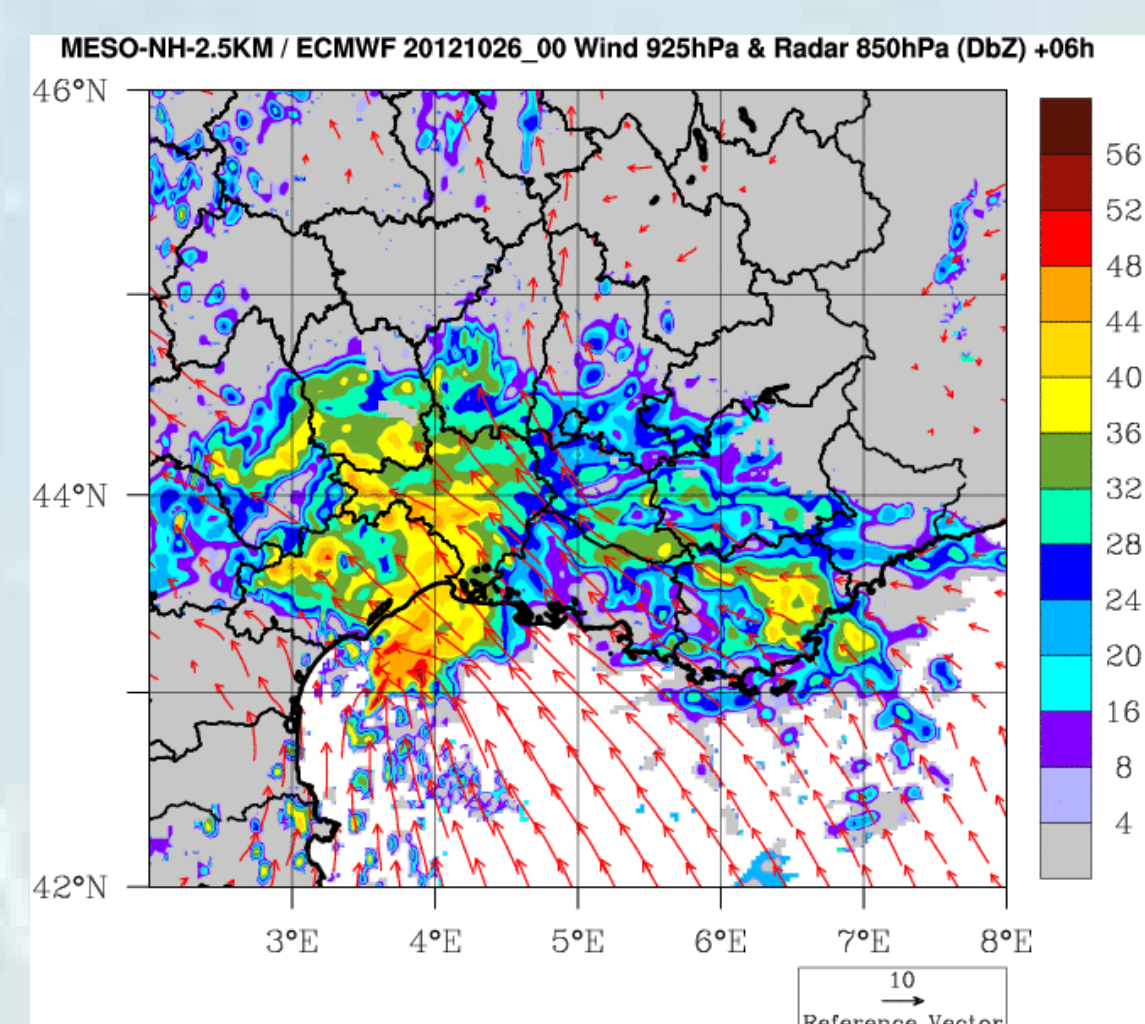
Schématisme de la chaîne de modélisation Crue-SIM



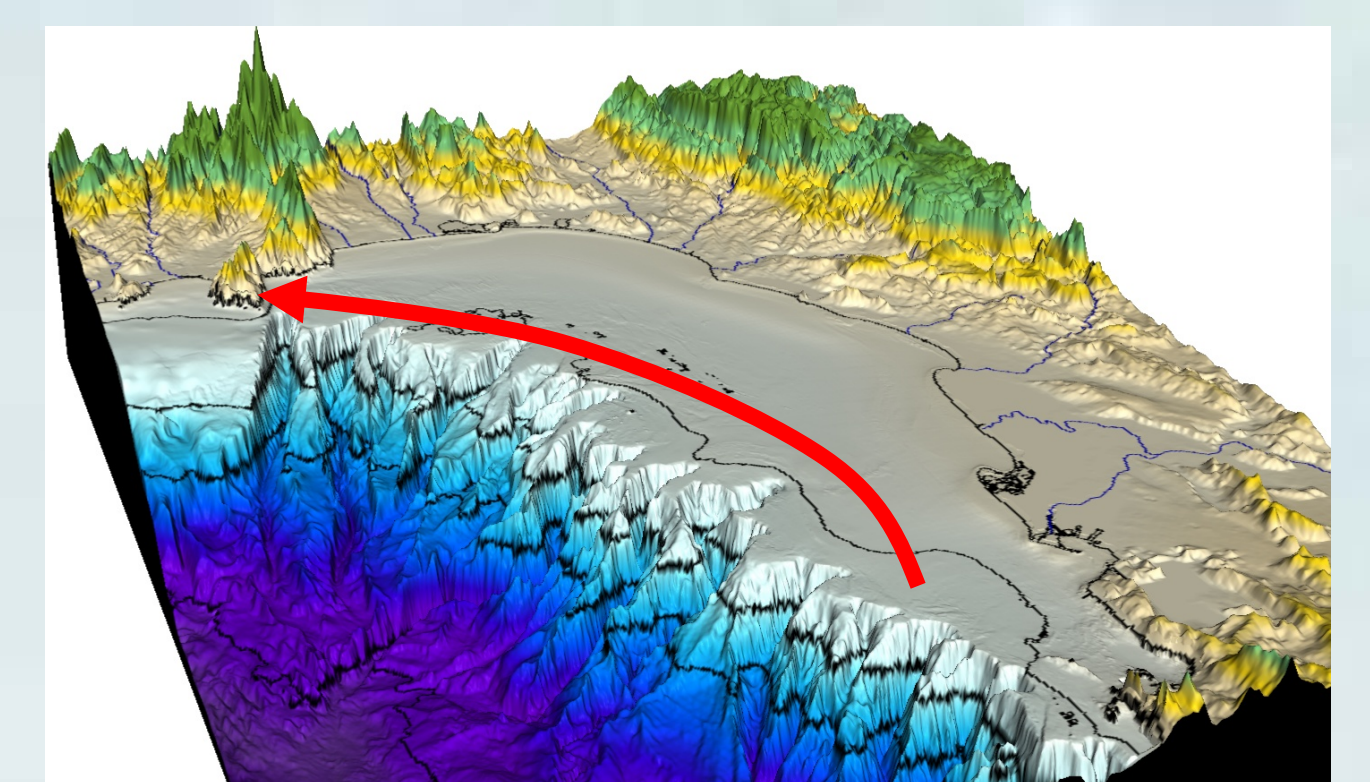
Crue de l'Agly en mars 2013. Le débit représenté ici est multiplié par 50 à 100 en moins de deux jours.



Zones inondables en bleu et de submersion marine en rose dans les Pyrénées Orientales. La vallée de la Têt, zone d'étude de Crue-SIM est indiquée.



Réflectivité radar simulée avec Meso-NH lors d'un événement Cévennois. Les fortes valeurs correspondent aux fortes précipitations



En rouge: circulation marine induite par les tempêtes associées aux crues. Les courants puissants balayent les apports des différents fleuves. Dans le même temps, le niveau de la mer monte ce qui peut contribuer à bloquer l'écoulement fluvial en mer





# MIACTIS « Microsystèmes intégrés pour l'analyse de composés en traces *in-situ* »

Date démarrage : mai 2014 – Durée : 36 mois

Philippe Behra<sup>1</sup> (coordinateur), Carole Barus<sup>2</sup>, Dancheng Chen Legrand<sup>2,3</sup>, Brigitte Dubreuil<sup>1</sup>,  
Katia Fajerweg<sup>4</sup>, Pierre Fau<sup>4</sup>, Véronique Garcon<sup>2</sup>, Myrtil Kahn<sup>4</sup>, Emilie Lebon Tailhades<sup>3,4</sup>, Georges Merlina<sup>5</sup>

1. LCA (INRA/INP-ENSIACET)    2. LEGOS (CNRS/CNES/IRD/UPS)    3. Fondation STAE    4. LCC (CNRS)    5. Ecolab (CNRS/UPS/INPT)

## Détection électrochimique *in situ* des nitrates en milieu marin

**Azote**

- Elément limitant la production primaire biologique dans les écosystèmes marins
- Grande influence sur les autres cycles biogéochimiques

**Nitrate**

- Traceur océanique avec silicate et phosphate
- Surveillance des nutriments → évaluation du mélange des masses d'eaux océaniques et détermination de leur origine
- Concentration des nitrates en milieu marin : entre le nanomolaire et 40 μM
- Détection électrochimique avec une électrode Au modifiée par des nanoparticules d'Ag (AgNPs) → réactions électrocatalytiques (Fajerweg *et al.*, 2010)

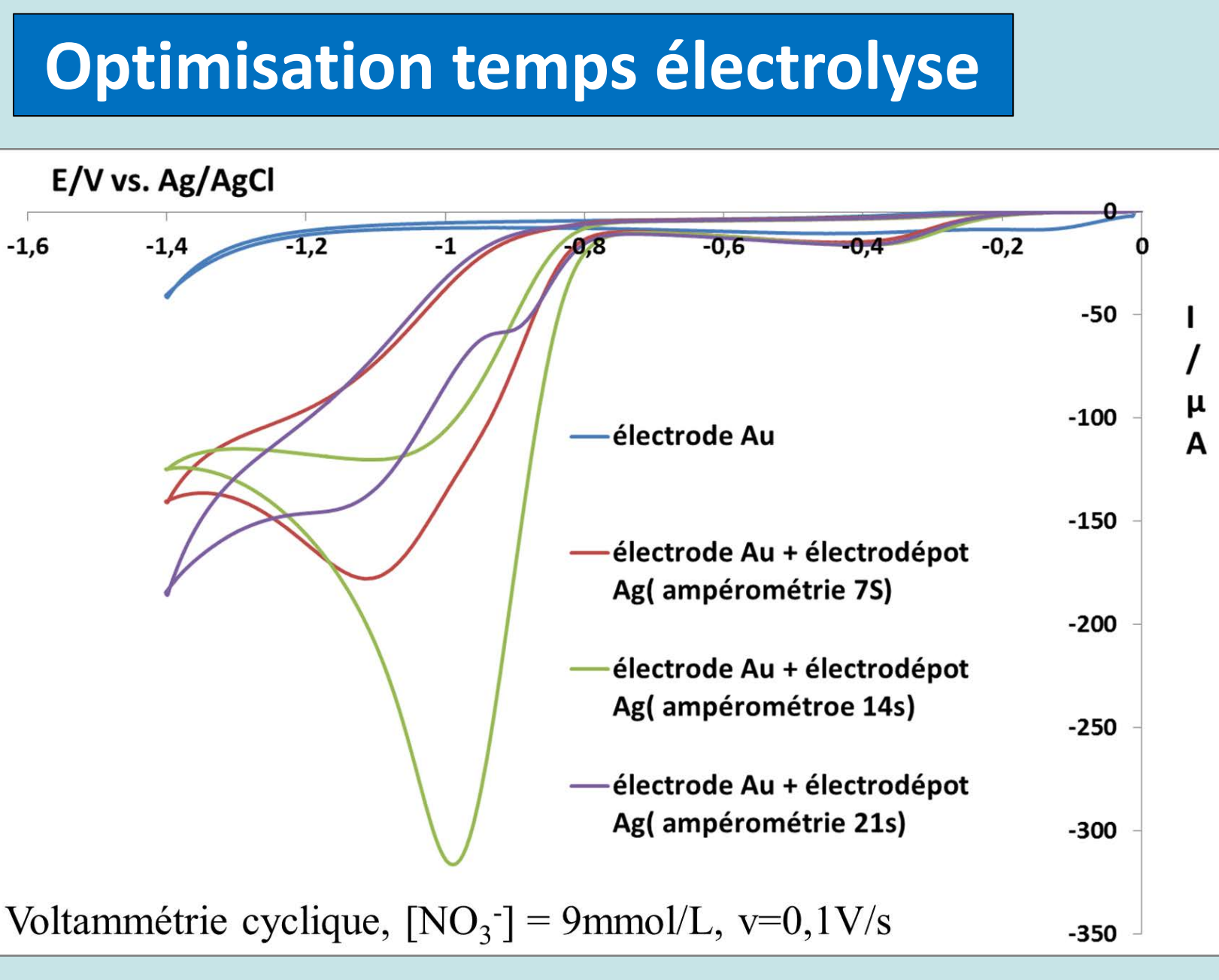
### Electrodépôt de nanoparticules

**Optimisation des différents paramètres**

- Temps d'électrolyse
- Concentrations de AgNO<sub>3</sub>

**Etude de stabilité des dépôts**

- Pourcentage de AgNPs restantes
- Durée de vie



t (électrolyse) ↔ Quantité AgNPs

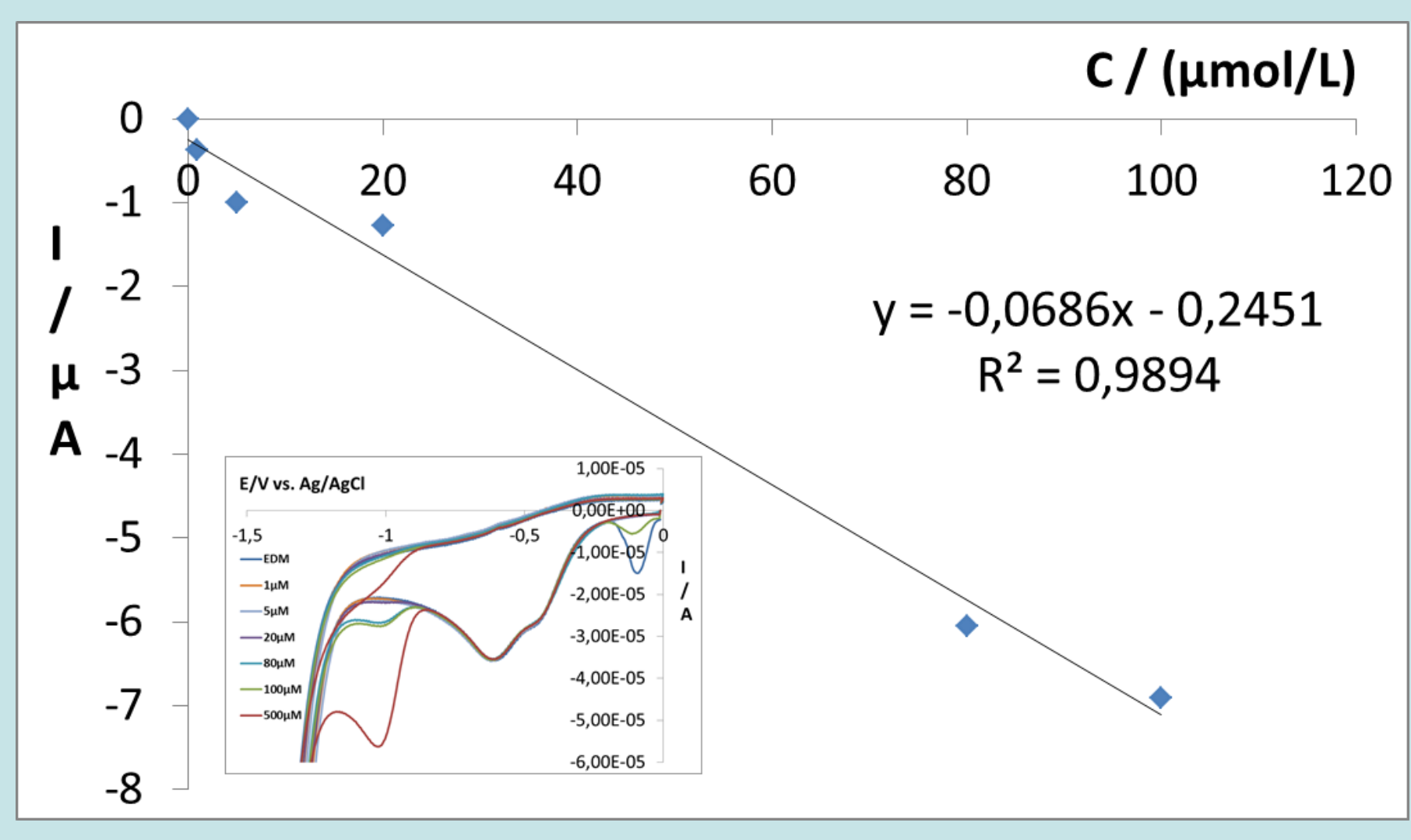
- 7 s d'électrolyse → Intensité ↑
- 14 s d'électrolyse → Intensité ↓
- 21 s d'électrolyse → Intensité ↓

→ Nécessité de sites Au libres pour favoriser la catalyse

**Etude de stabilité des dépôts**

Immersion de l'électrode dans l'eau de mer artificielle (NaCl) ; arrêt de l'expérience après 500 h : 93 % du film de AgNPs restant sur l'électrode

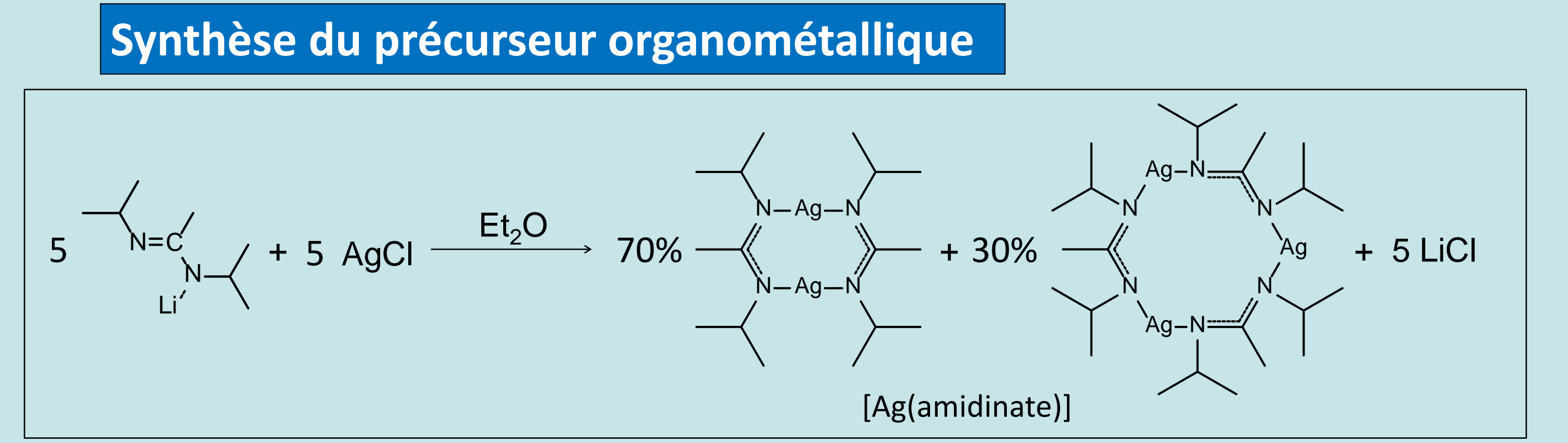
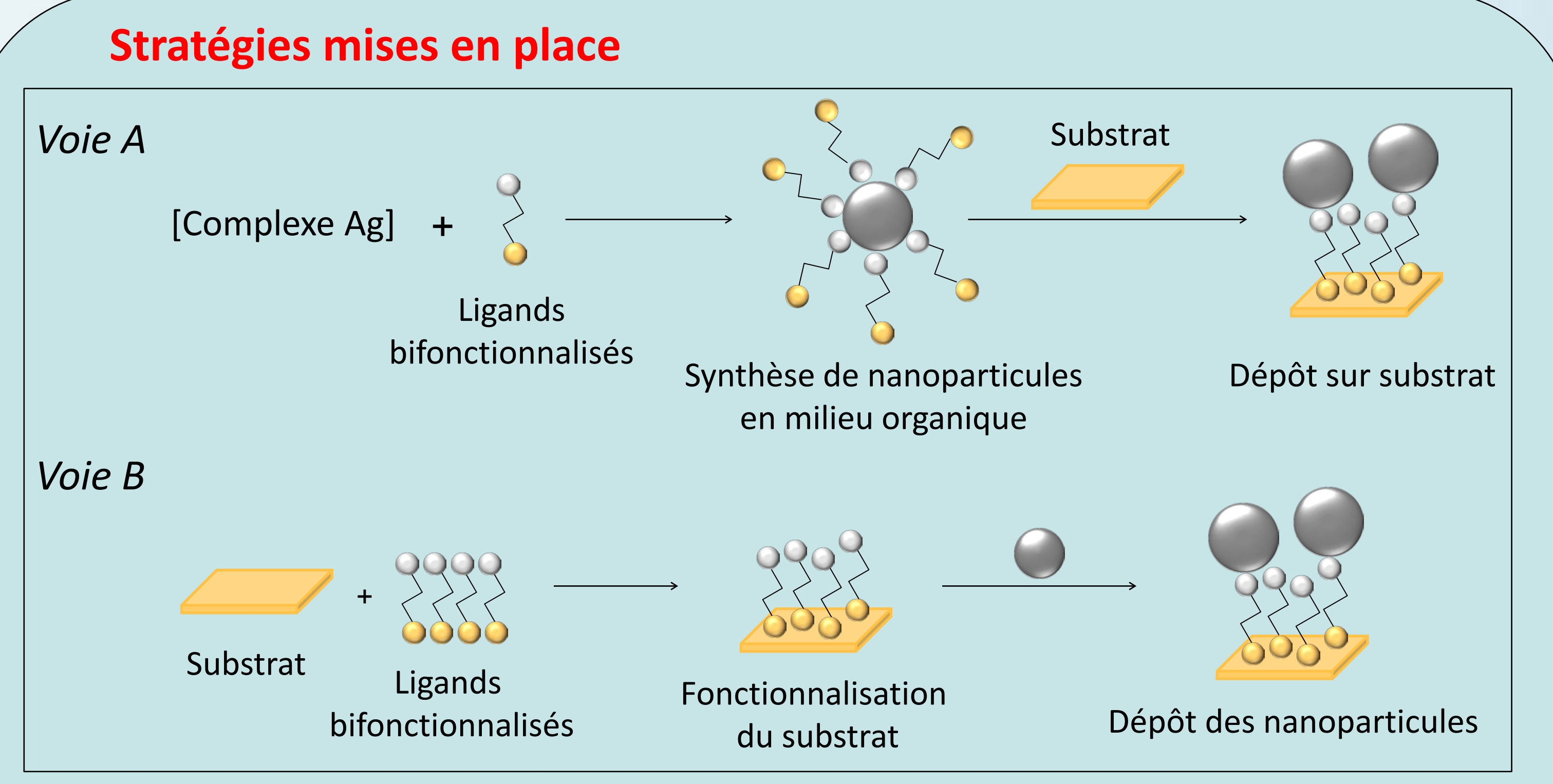
**Etalonnage** : intensité de pic en fonction de la concentration de nitrate pour une électrode de Au/AgNPs (ampérométrie 7 s)



**Conclusion**

- Limite de détection (LD) : 1 μM avec une électrode Au Φ = 3 mm
- Durée de vie de AgNPs : 500 h minimum

### Synthèse organométallique de nanoparticules



**Synthèse de nanoparticules – influence du ligand**

Conditions générales : [Ag(amidinate)] / 1 éq. ; 1eq. HDA / toluène / 3 bar H<sub>2</sub> / nuit

**Choix du substrat**

Proposition de substrat : métallisation d'une plaque conductrice par Au

Exemple de dépôt d'or sur nickel / (1 x 1) cm

**Conclusion**

- Nécessité d'utiliser un co-ligand à longue chaîne pour stabiliser les nanoparticules
- Obtention de AgNPs de taille, formes, dispersion et chimie de surface contrôlées

**Perspectives**

- Augmentation de la surface électrode d'or pour diminuer la LD
- Utilisation d'électrode d'or de surfaces contrôlées
- Caractérisations des Au/AgNPs : MEB, microscopie Raman

- Fonctionnalisation de la surface d'or
- Intégration du substrat dans une électrode : réalisation d'une électrode de travail **amovible** permettant une **étude de la surface** de l'électrode (relation propriétés - réactivité électrochimique)

**Pesticides** → Utilisation des nanoparticules synthétisées pour les nitrates pour la détection d'herbicides (exemples : glyphosate, atrazine, sulfonilurées)  
→ Détection : couplage microscopie Raman, microbalance, électrochimie - Doctorant début 2015, financement USTH (University of Science and Technology of Hanoi)

Référence : Fajerweg *et al.*, 2010. *Electrochem. Comm.* **12**, 1439-1441

Remerciements : Maurice Comtat (Laboratoire de Génie Chimique – UMR 5503) pour son expertise et ses conseils





## MICROREX

# MICROcapteurs pour l'évaluation des Risques liés à l'EXposition à la pollution de l'air

Chantier 2015-2016 (24 mois)

Coordination : Benjamin GUINOT – Laboratoire d'Aérodynamique, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS-Toulouse III  
Laboratoires partenaires : LAAS (microfabrication), CERFACS (modélisation fine échelle), ONERA (télédétection), CHU Hôpital Larrey (pneumologie)

### Motivations

Alors que l'exposition individuelle à la pollution de l'air est une cause avérée de pathologies respiratoires et fait l'objet d'une vigilance croissante de la part du public, les recherches mêlant épidémiologie et physicochimie de l'atmosphère se heurtent à la difficulté technique de la caractériser avec une couverture et une résolution spatiales représentatives. C'est particulièrement vrai pour les aérosols, connus sous leurs appellations réglementaires PM10 ou PM2.5 notamment, dont la distribution dans l'atmosphère très hétérogène plaide pour une grande densité de mesures au sol.

### Objectifs

L'objectif global de MICROREX est d'établir et de valider une méthodologie d'évaluation des niveaux d'exposition individuelle et les risques d'inflammation respiratoire associés.

Les deux années de chantier ont pour objectif de lever les verrous techniques et obtenir les preuves scientifiques de la pertinence des outils proposés dans la méthodologie.

### Approche méthodologique

1 Développement de microcapteurs gaz et particules

2 Evaluation du potentiel inflammatoire des polluants

3 Préparation à la modélisation très fine échelle

4 Cartes de risques

### Verrous identifiés

I - Métrologiques d'abord, en faisant intervenir des compétences en microfabrication et en optique pour le développement d'ici fin 2016 d'un capteur de poche peu cher capable de détecter et quantifier les particules fines.

II - Physicochimiques ensuite, pour la qualification de la mesure issue de ces capteurs en termes de (i) caractérisation des composantes chimiques déterminantes sur la santé, et (ii) d'évaluation du risque inflammatoire des mélanges de polluants inhalés.

III - Numériques enfin, par le développement d'une modélisation de la distribution spatiale des polluants et par suite d'une représentation dynamique en 2D du risque respiratoire à l'échelle de la rue.

### Actions 2015-2016

I – Développement de **microcapteurs de particules fines** (coordination LA et LAAS).

Mise en place d'un groupe de travail composé d'experts nationaux et internationaux et d'acteurs privés pour définir la maquette initiale, puis réaliser un premier prototype en 2015 et viser un démonstrateur validé avant fin 2016.

II – Chimie des polluants : **Augmentation de la capacité analytique** (coordination LA).

a- Acquisition d'un nouvel analyseur et du savoir-faire associé pour la caractérisation des **composés organiques solubles**, l'une des principales composantes oxydantes du mélange de polluants avec les métaux traces dont le protocole d'analyse est, lui, déjà utilisé au LA.

b- Développement d'un protocole novateur pour l'évaluation d'un **indicateur du potentiel oxydant** du mélange de polluants par dosage du DTT, en collaboration avec des experts européens.

III – **Modélisation fine échelle** (coordination CERFACS).

Afin d'affranchir le calcul d'un maillage suivant les bordures de chaque élément, intégration et test de la méthode des "frontières immergées" (Immersed Boundary Method) dans le code existant MesoNH.

### Positionnement SWOT

#### Forces

Synergie toulousaine  
Complémentarité des compétences apportées par chacun des partenaires.

#### Faiblesses

Nécessité de faire appel, pour partie, à des compétences externes sur les microcapteurs de particules.

#### Opportunités

Problématique croissante : 9 urbains sur 10 sont touchés par la pollution de l'air [5].

Besoin identifié : Nécessité d'une information sur les niveaux d'exposition et le risque individuel.

Perspectives de services (bureaux d'études) et industrielles (microcapteurs).

#### Menaces

Approche concurrente en modélisation : Projet AIRCITY (<http://www.aria.fr/projets/aircity/>).

Autorisation d'accéder aux sites d'intérêt (par ex., aéroports) pour les campagnes tests.

### Perspectives d'applications

- Programmes de recherche en épidémiologie.
- Usage grand public du microcapteur, à condition qu'il remplisse les conditions de compacité, fiabilité, robustesse, facilité d'usage et d'entretien visées.





# MUSICQA : Modélisation des mesUres Spatiales pour le Climat et la Qualité de l'Air

Date de démarrage : Mai 2014, durée 2 ans.

Coordinateur : ATTIE Jean-Luc, LA/OMP, 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, jean-luc.attie@aero.obs-mip.fr.

Le projet MUSICQA vise deux objectifs:

1) le principal est de montrer l'apport de la mesure d'ozone et du monoxyde de carbone dans les basses couches de l'atmosphère depuis un satellite GEO sur les systèmes de prévision de la qualité de l'air. Ce point permettra d'apporter une réponse scientifique aux questions soulevées par l'évaluation de la mission MAGEAQ (Instrument GEO proposé à l'ESA dans le cadre de EE8, grâce au soutien du projet mère POGEOA/RTRA). L'influence de l'albédo et des aérosols sera examinée sur la restitution de la mesure de l'ozone et des expériences de simulations de systèmes d'observations (OSSE) seront réalisées afin de conclure sur le bénéfice de telles données dans les modèles

2) de montrer le bénéfice de la mesure du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), gaz à effet de serre dont le pouvoir de réchauffement climatique est 300 fois celui du CO<sub>2</sub>. On examinera l'existant qui concerne le N<sub>2</sub>O en termes de mesures spatiales et de modélisation. C'est une première étape avant de faire des OSSEs pour proposer un instrument capable d'identifier les sources avec une résolution temporelle fine. Ce projet permettra de proposer une mission spatiale plus complète à l'ESA (EE9) pour la mesure des gaz à effet de serre et de la qualité de l'air.



Mesure de la qualité de l'air

Mesure des gaz à effet de serre

Objectifs

- Surveiller et prévenir les risques environnementaux.
- Assurer le bien-être de la population.
- Économiser plusieurs milliards d'euros en Europe sur la santé et les dégâts environnementaux.

Réaliser des mesures complémentaires aux systèmes existants :

Géostationnaires

Satellites défilants

MTG-S :

IRS

LWIR MWIR

Temp., H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> (haute tropo.), CO (tropo)

S4

VIS UV

Albédo, AOD, O<sub>3</sub> (haute tropo.)

MUSICQA :

LWIR

O<sub>3</sub>

Core

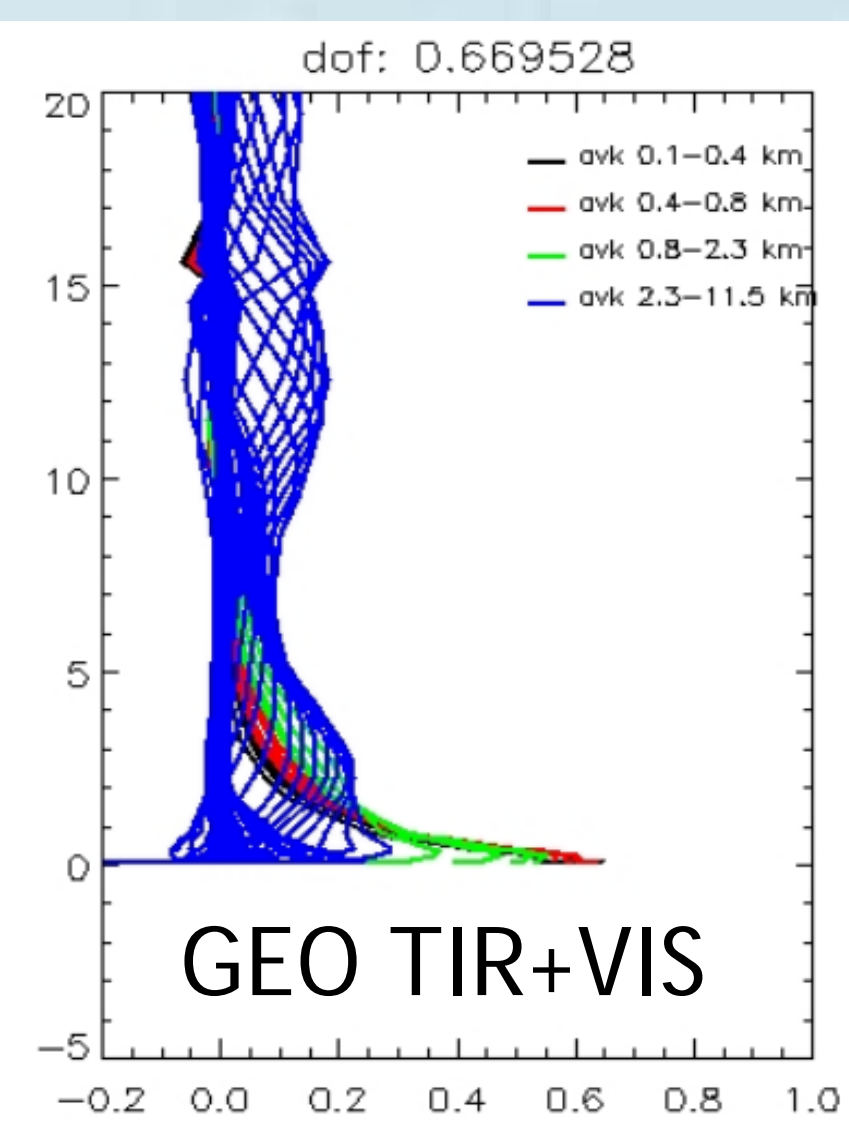
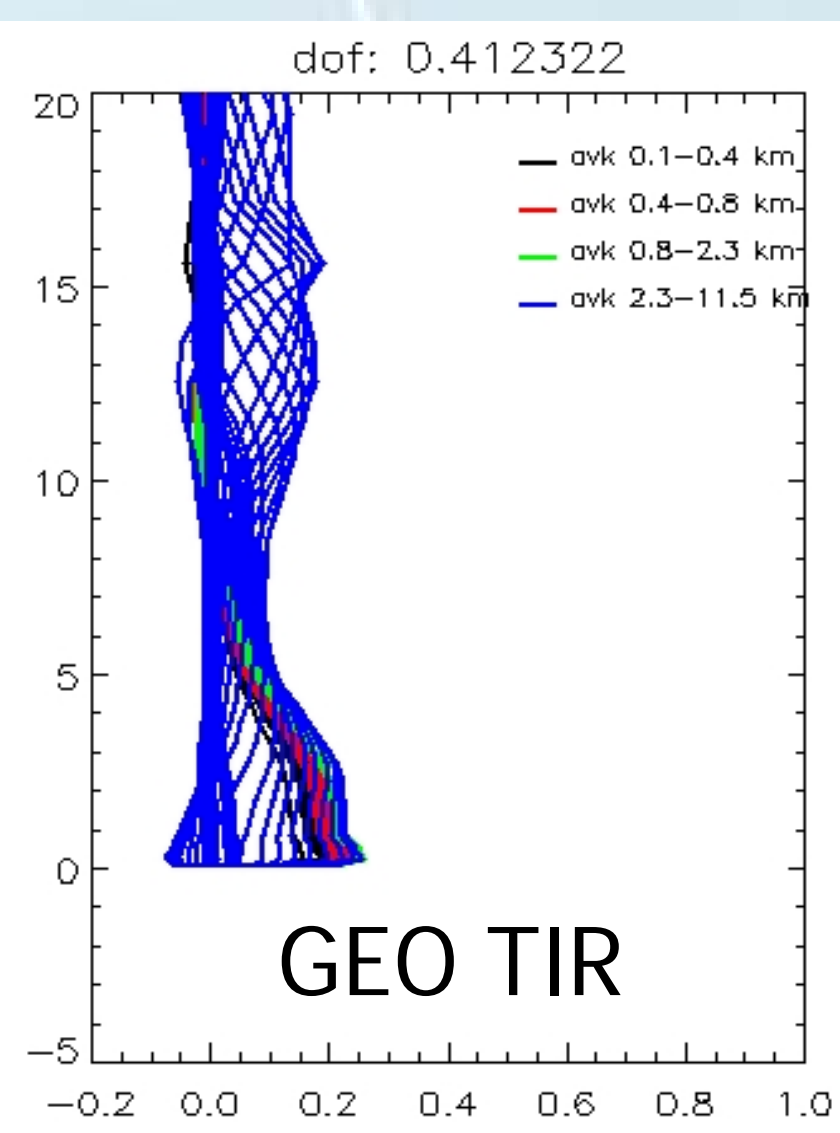
SWIR VIS

CO, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>

LEOs (OCO-2, GOSAT, CarbonSat, Merlin, microCarb)

SWIR

Gaz à effet de serre

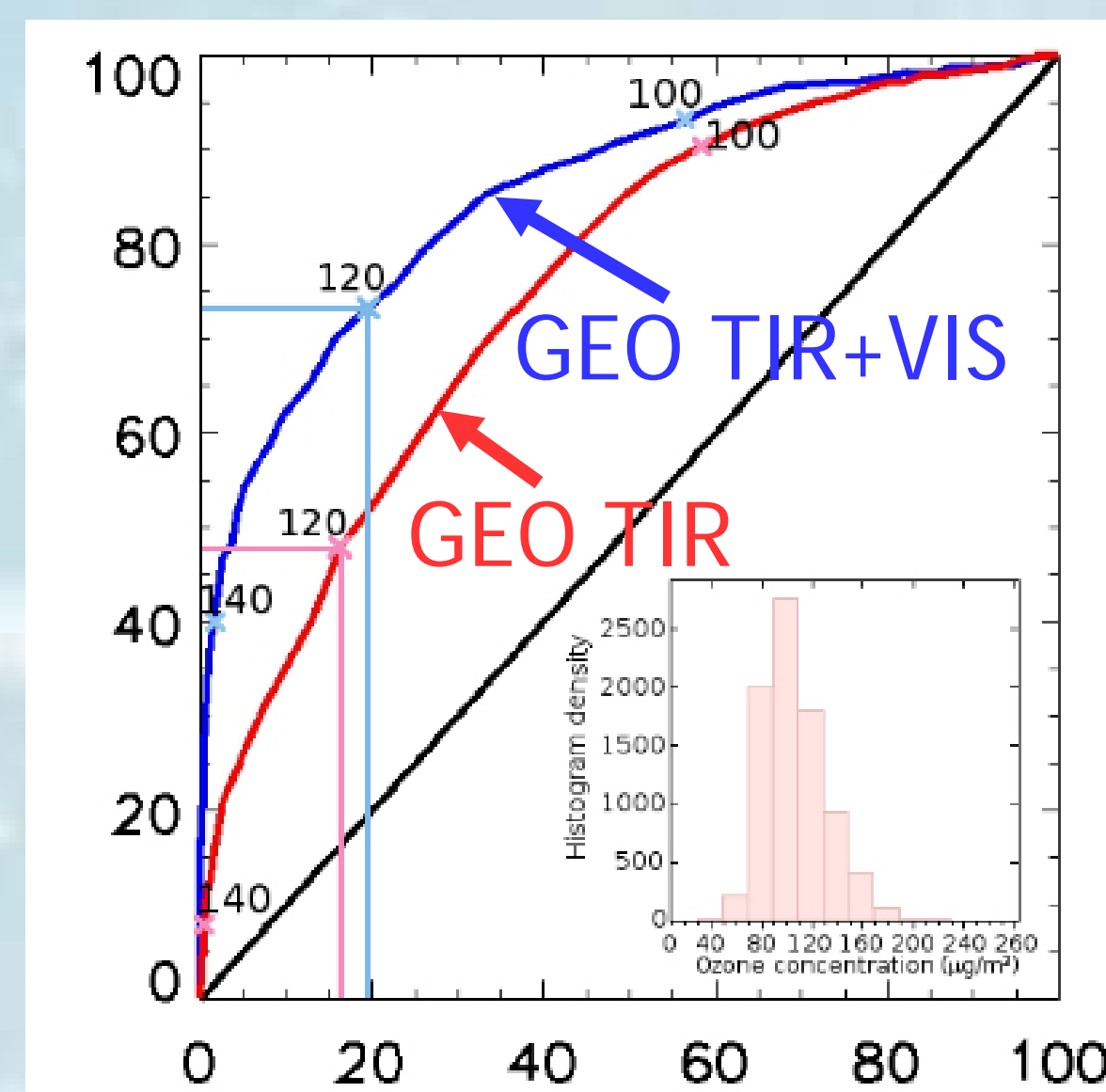


D'ores et déjà des études ont été réalisées pour déterminer la sensibilité de la mesure de l'instrument géostationnaire.

Ces travaux ont montré, dans le cas de la mesure de l'ozone dans la très basse troposphère, une sensibilité considérable lorsque l'on

couplait une bande dans l'infrarouge thermique et une bande dans le visible. Cette sensibilité accrue se traduit par une augmentation significative du nombre de détection des dépassement de seuil de l'ozone.

L'ajout de la bande SWIR va permettre de tester les capacités de l'instrument à mesurer d'autres constituants chimiques.

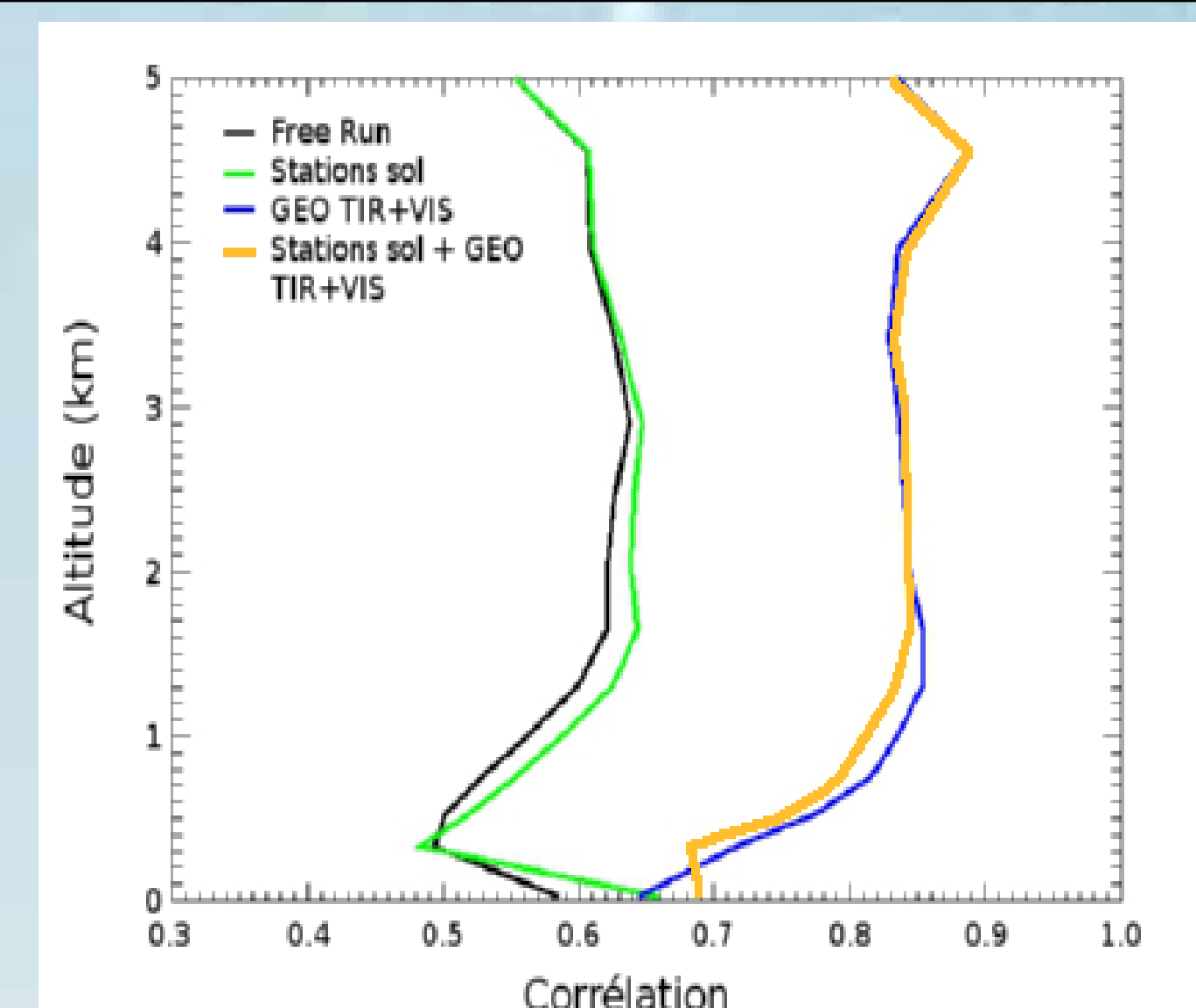


Des expériences de simulation de systèmes d'observations ont été et vont être conduites, pour déterminer l'apport de la mesure d'un géostationnaire au sein du système d'observations global.

Pour plus de détails :

- Hache E., J-L. Attié, C. Tourneur, P. Ricaud, L. Coret, W.A. Lahoz, L. El Amraoui, B. Josse, P. Hamer, J. Warner, X. Liu, K. Chance, M. Höpfner, R. Spurr, V. Natraj, S. Kulawik, A. Eldering, and J. Orphal : *The added value of a visible channel to a geostationary thermal infrared instrument to monitor ozone for air quality*. Atmos. Meas. Tech., 7, 2185-2201, 2014.

- Claeysman M., Attie J.-L., Peuch V.-H., El Amraoui L., Lahoz W. A., Josse B., Joly M., Barre J., Ricaud P., Massart S., Piacentini A., von Clarmann T., Höpfner M., Orphal J., Flaud J.-M., and Edwards D. P. : *A Thermal Infrared Instrument onboard a Geostationary Platform for CO and O<sub>3</sub> Measurements in the Lowermost Troposphere : Observing System Simulation Experiments (OSSE)*. Atmos. Meas. Tech., 4, 1637-1661, 2011.





# Potentialités de la Réflectométrie GNSS In-Situ et Mobile PRISM

Coordinateurs : J. Darrozes, F. Frappart et G. Ramillien  
(GET, OMP, CNRS, GRGS)

Date démarrage : 03/2014

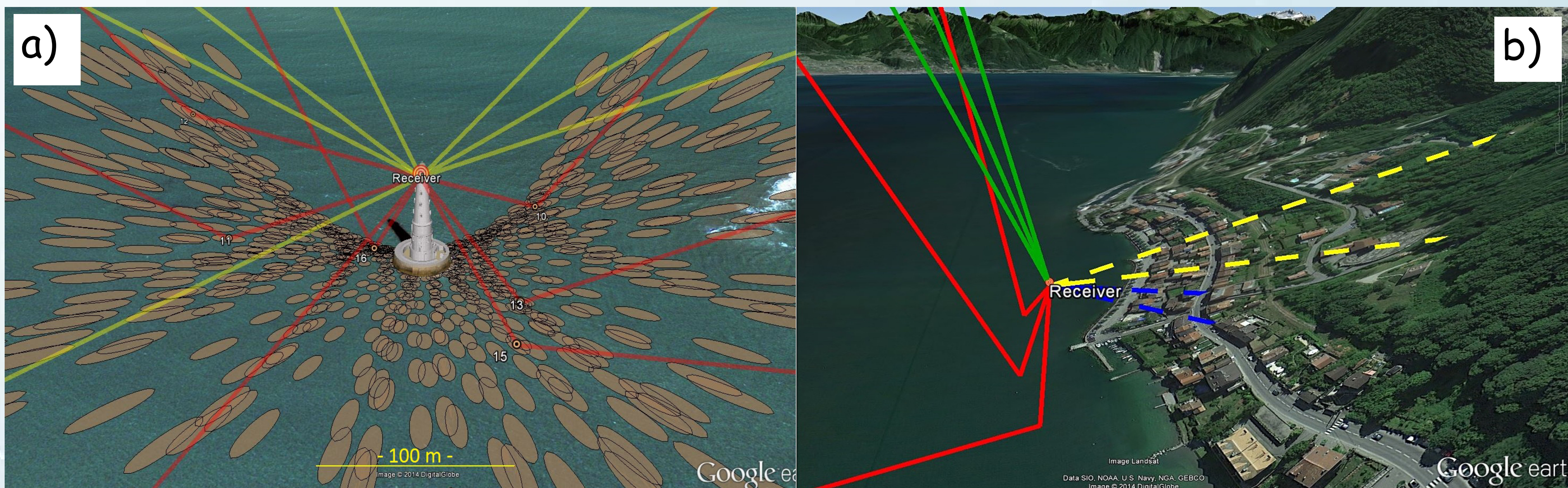
Durée : 36 mois

Laboratoire de Midi-Pyrénées

hors Midi-Pyrénées ou entreprise

GET – CNES (UMR 5563)	EPOC (Bordeaux)
CESBIO - CNES	GEOLAB (Clermont-Ferrand)
CNRM-GAME (UMR 3589)	SILICOM (PME Midi-Pyrénées)
ECOLAB	CLS

Ce projet vise à promouvoir les applications scientifiques de réflectométrie au sein de la région Midi-Pyrénées. Le GPS, premier système de position a fortement évolué depuis sa création dans les années 80 et de nombreuses autres constellations sont apparues : Galileo pour l'Europe, GLONASS pour les russes, Beidou pour les chinois. Le système de positionnement par satellite (GNSS), qui englobe les différentes constellations, a donc vu sa précision s'améliorer à tel point nous nous proposons d'utiliser les signaux GNSS réfléchis à la surface des océans ou des continents pour établir des suivis environnementaux de différentes informations hydrologiques : les variations de hauteurs des eaux continentales ou océaniques voire même de l'humidité des sols ou des hauteurs de neiges.



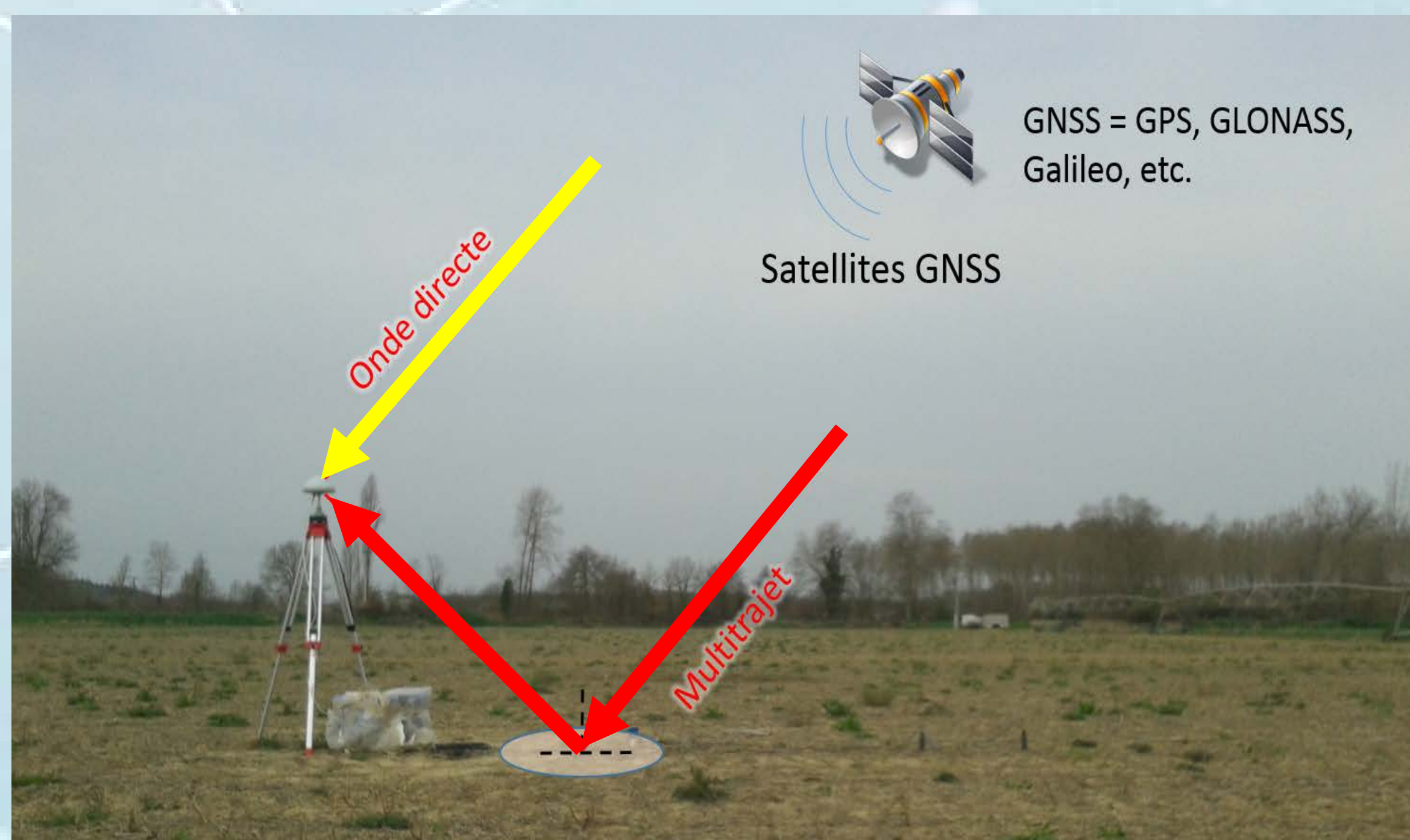
**Simulation des trajets GNSS-R**  
a) au niveau du phare de Cordouan  
b) sur les bords du lac Léman

Les trajets directs sont en **jaune** et en **vert**  
Les multi-trajets en **bleu** et **rouge**

(d'après Roussel et al., 2014)

## Réseau RENASS

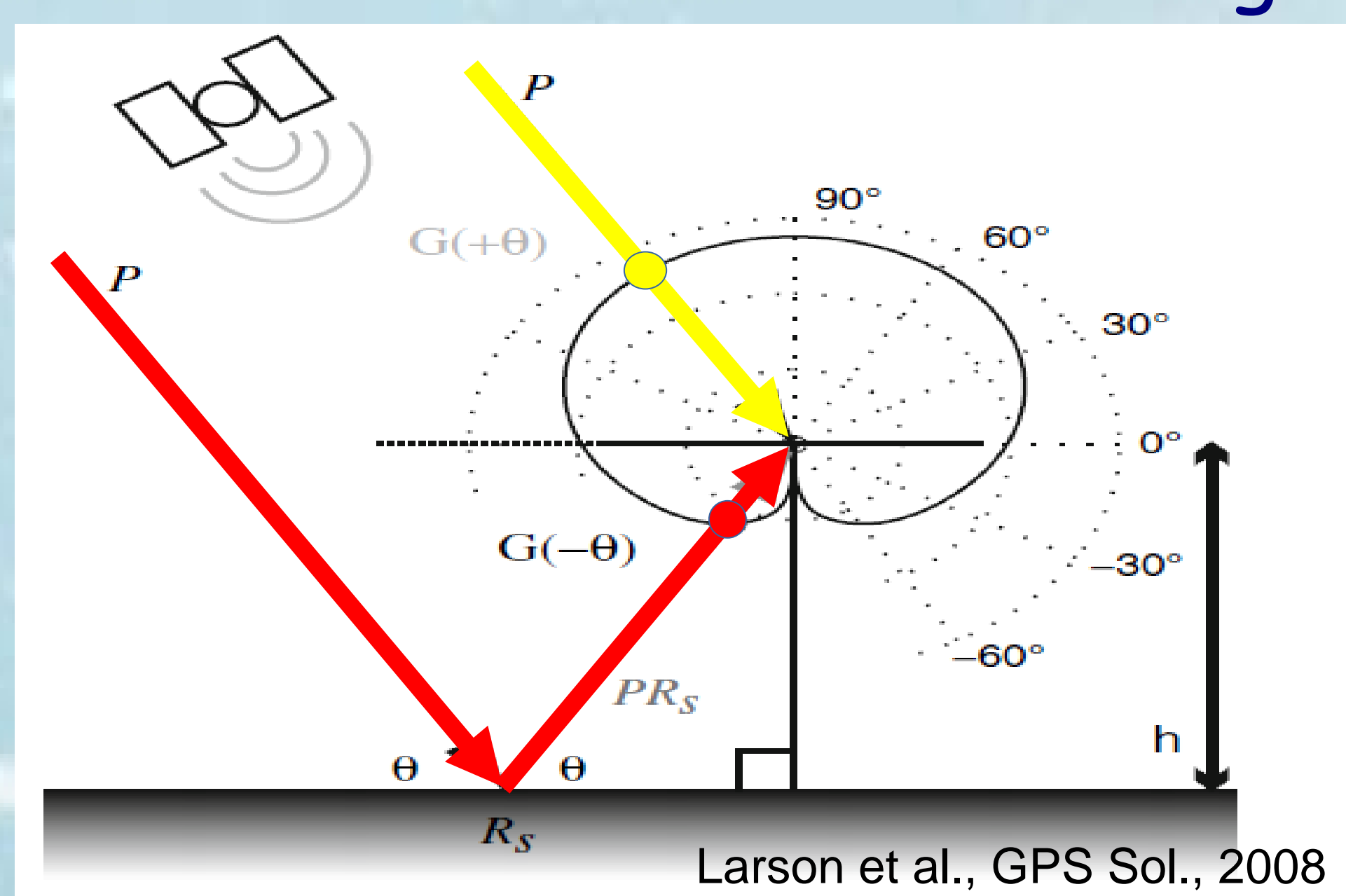
- Surveillance nationale de  $\neq$  paramètres
- Hauteur des fleuves,
  - Flux de matières lors des crues
  - Humidité des sols
  - Hauteurs de neige
  - Surcotes marines



Le multi-trajet rajoute du « bruit » au signal → Analyse du SNR

## Projet H2020 MISTRAL 10/2014

- Surveillance locale  
Nouveau capteur d'humidité embarqué sur drone pour :
- Agriculture raisonnée
  - Surveillance zones inondées
  - Surveillance zones humides



Larson et al., GPS Sol., 2008

$$SNR_{mpi} = A_{mpi} \cos \left( \frac{4\pi H_0}{\lambda} \sin(\theta) + \phi_{mpi} \right)$$

Amplitude et phase : f(réflectivité du sol)





# REGARD : Modélisation des ressources en eau sur le bassin de la Garonne : interaction entre les composantes naturelles et anthropiques et apport de la télédétection

**Démarrage** : janvier 2014, **durée** : 36 mois

**Coordinateur** : Eric MARTIN, CNRM-GAME

**Laboratoires participants** : **CNRM-GAME** (E. Martin, P. Le Moigne, V. Häfliger), **AGIR** (O. Therond, D. Leenhardt), **CESBIO** (S. Gascoïn, V. Rivalland, M. Coustau), **ECOLAB** (S. Sauvage, J.-M. Sanchez Perez, Y. Grusson, G. Espitalier-Noël), **IMFT** (H. Roux), **LEGOS** (S. Biancamaria, A. Cazenave), **CERFACS/SUC** (S. Ricci), **BRGM** (M. Bardeau).

## Objectifs du projet :

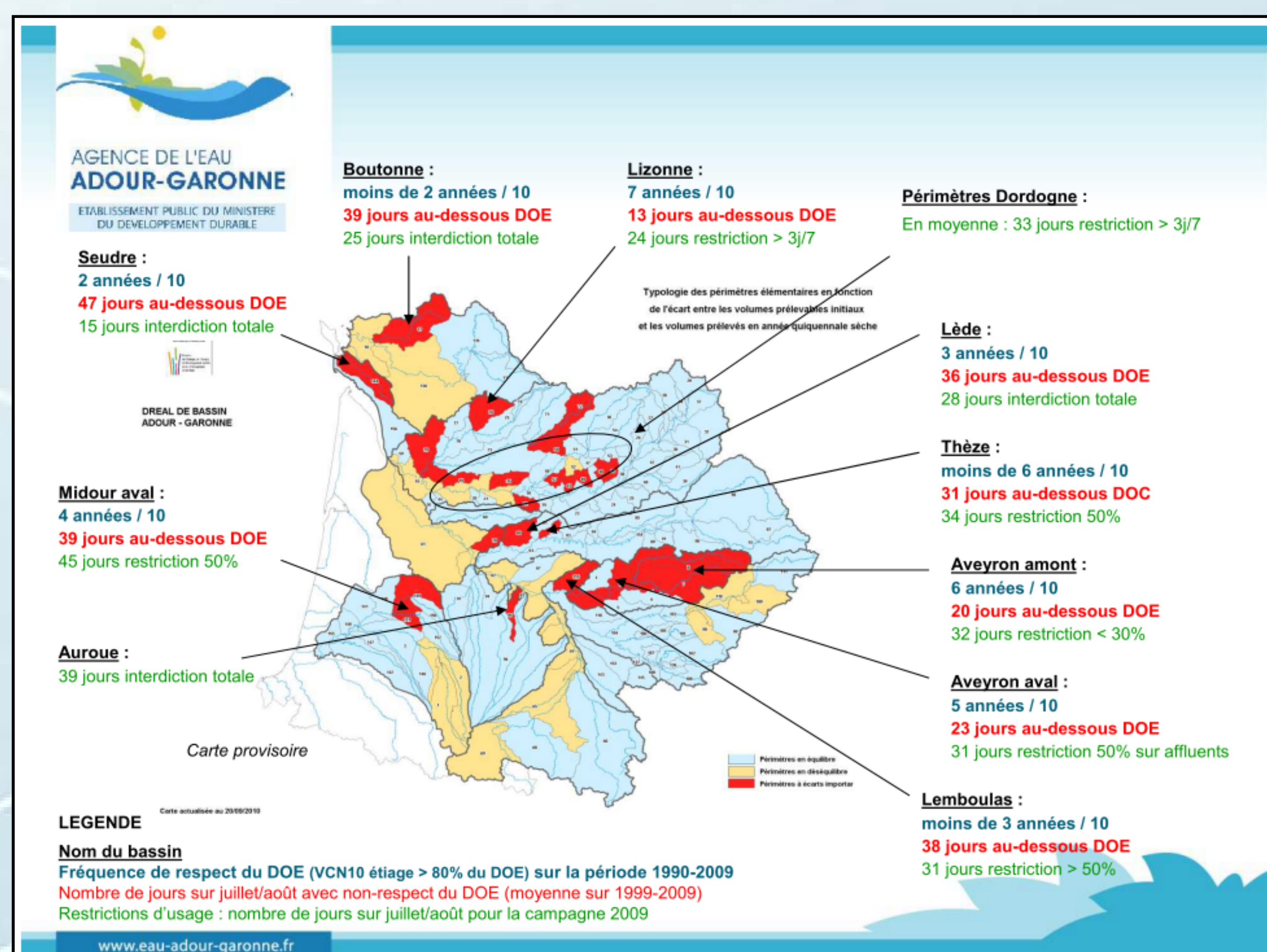
Le projet a pour objectif de simuler l'hydrologie du bassin de la Garonne en intégrant de la manière la plus complète possible **l'activité humaine**, et en s'appuyant sur des **données de télédétection**.

Il s'agit de montrer comment les informations satellitaires sur l'activité humaine, associées aux données traditionnelles (météorologie, débits, ...), combinées à de la modélisation, peuvent fournir une vision cohérente spatialisée des ressources en eau – et de leur variabilité sur l'ensemble du bassin.

## Méthodologie envisagée

Le projet est divisé en 3 étapes principales :

1. Sélection des données pertinentes, mise en cohérence et modélisation des processus anthropiques et biophysiques
2. Intégration des processus manquants au sein des différentes plateformes de simulation
3. Simulations, validation évaluation des incertitudes et études d'impact.



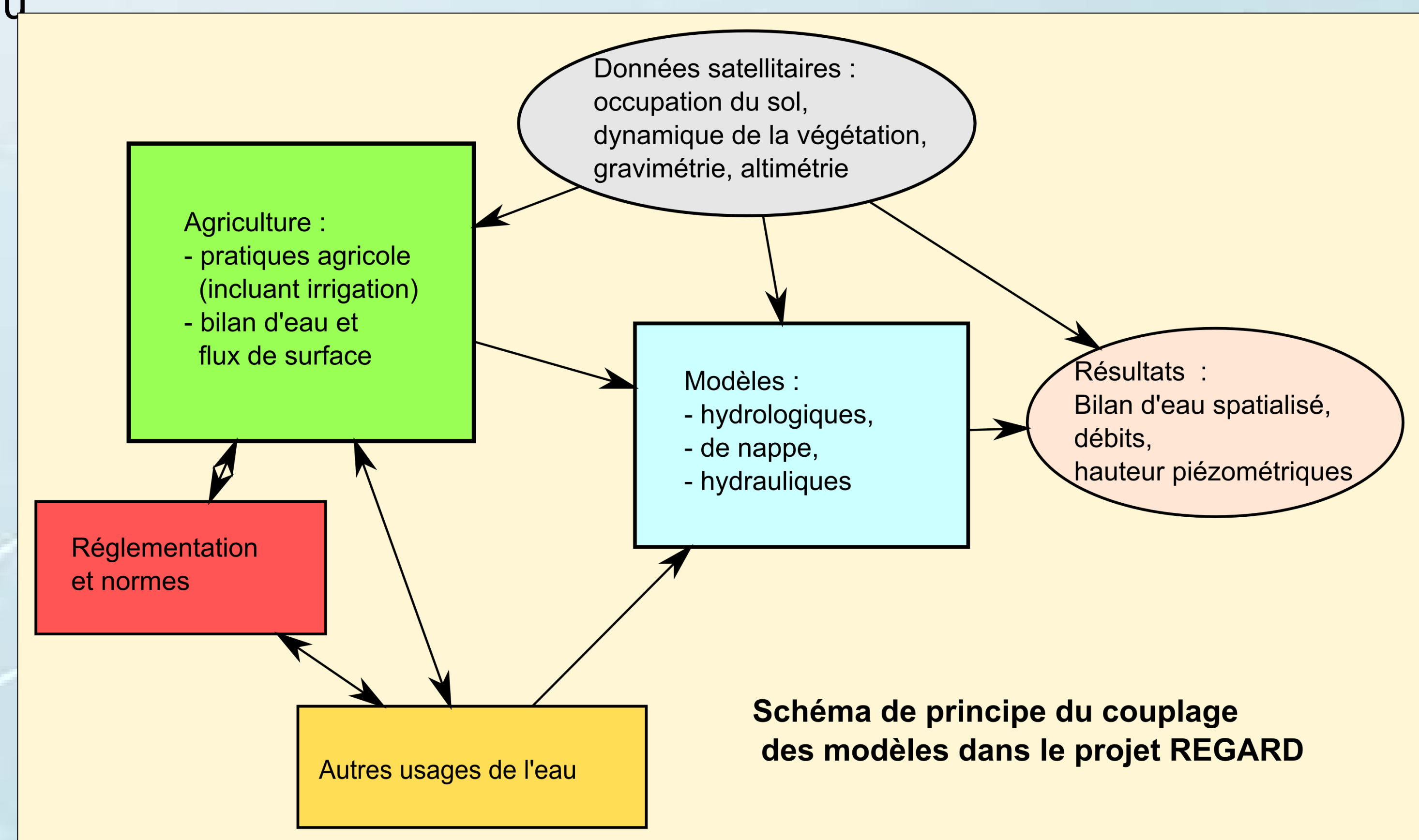
Bilan des difficultés de gestion des ressources en eau du bassin

Les bassins en rouge et jaune présentent un déficit entre ressource et demande

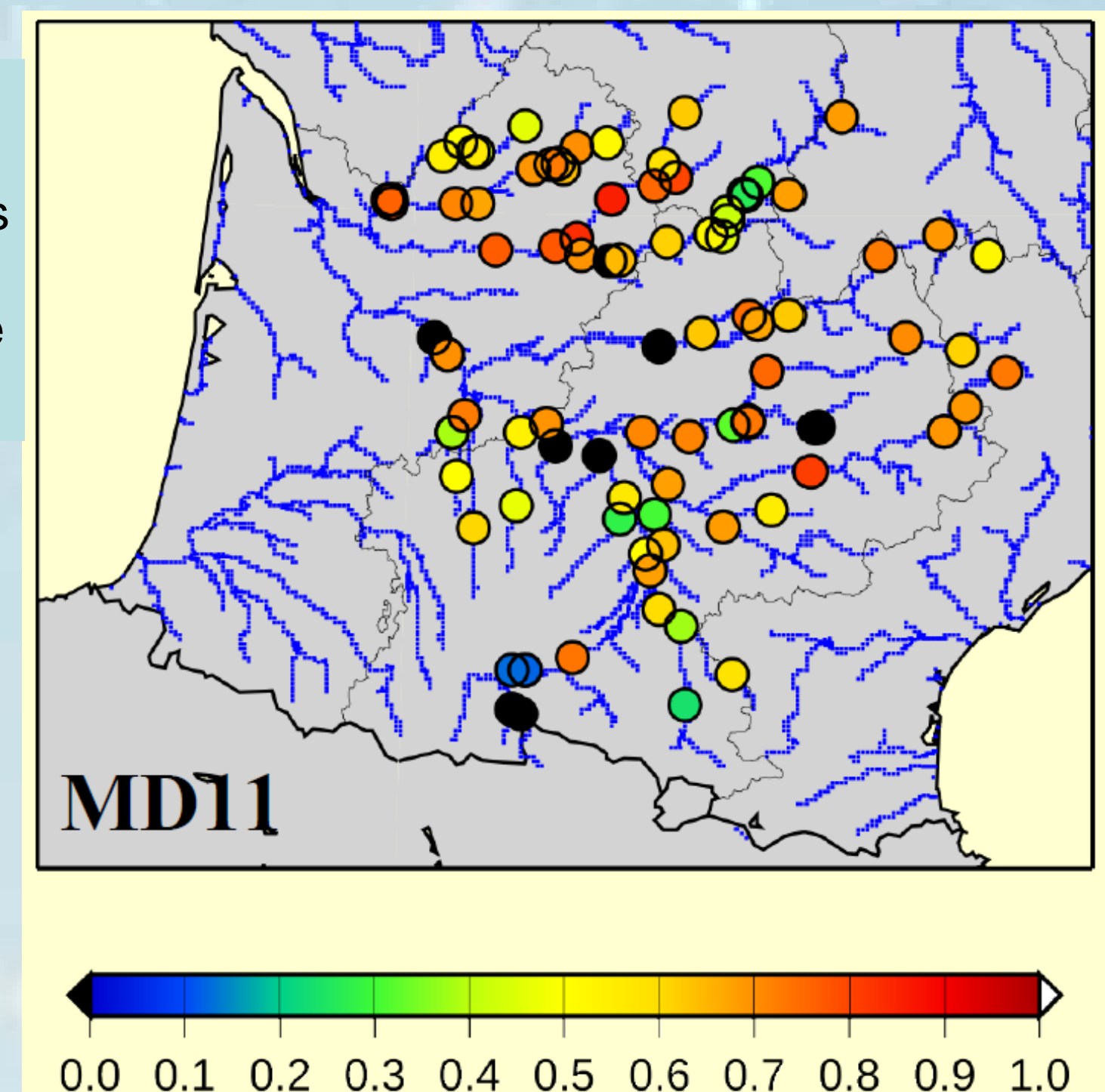
(source agence de l'eau Adour-Garonne)

## Le projet :

- vise une résolution fine (quelques km ou moins) et un pas de temps de l'ordre de la journée
- se concentre sur la modélisation du « socio-hydro » système sur une période récente de 10 ans (2003-2013), qui comprend des années contrastées sèches ou humides.
- cherche à décrire précisément les différents compartiments de la ressource (neige, sol/végétation, rivières, lacs, retenues collinaires et barrages, nappes).



Validation des débits simulés par ISBA-MODCOU sur le bassin versant sur une période de 10 ans Comparaison avec les stations du réseau hydrographique (critère de Nash)



## Les modèles du projet

- SURFEX/MODCOU (CNRM-GAME) : simulation des processus de surface et de l'hydrologie. Description fine de certains processus biophysiques et hydrologiques.
- SWAT : modèle hydro-agronomique à base physique, semi-distribué. Simulation de l'hydrologie en interactions avec les activités humaines, intégrant les réservoirs identifiés sur le secteur (neige, nappe d'accompagnement, retenues collinaires...).
- Modèles de nappe d'accompagnement (BRGM) pour les bassins de l'Ariège, la Garonne et du Tarn-Aveyron.
- Modèle multi-agents MAELIA (financé par le STAE, projet 2009-2013) : formalismes génériques pour représenter ces activités humaines et des bases de données sur les relations hydrauliques entre parcellaire agricole et ressources en eau.
- Modèle hydraulique 1D d'un tronçon de Garonne (HEC-RAS). Description fine de l'hydrodynamique du cours d'eau

## Retombées économiques et sociétales attendues

- Base de données cohérente décrivant les processus anthropiques, biophysiques et hydrologiques.
- Production simulateurs intégrés des processus anthropiques, biophysiques et hydrologiques à l'échelle du bassin de la Garonne
- Évaluation de l'apport des données satellitaires pour le suivi de la ressource en eau sur le bassin.
- Démonstration de l'intérêt des approches de modélisation pour des applications opérationnelles de suivi des ressources en eau, et pour l'évaluation de scénarios climatiques et autres.



## 5. Défis aéronautiques

- CARPE
- SIMACO3FI



## Projet CARPE

# Contrôle Actif Robuste d'écoulement de Plaque Epaisse

Démarrage : seconde semestre 2014,

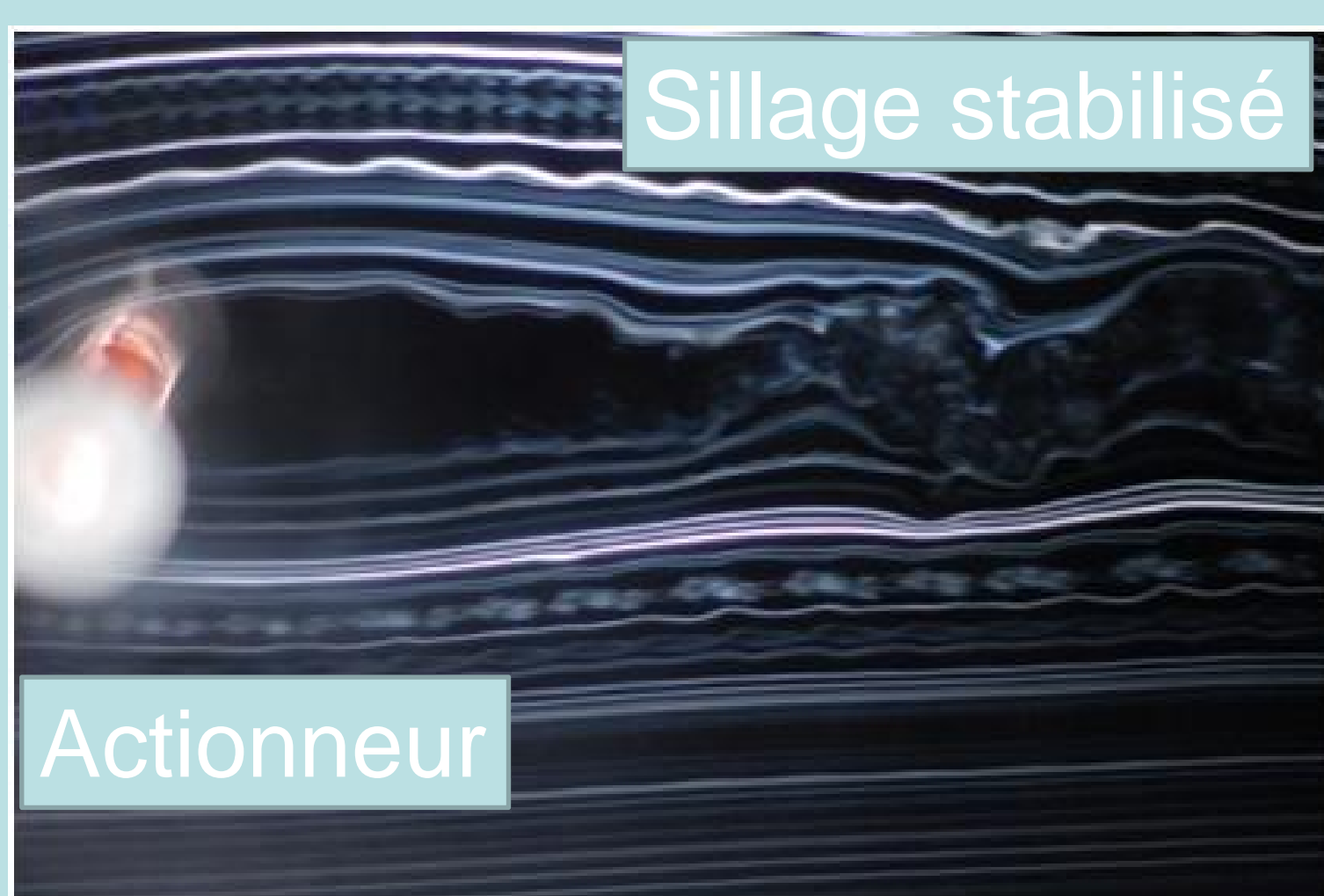
Période : 2014-2016

Christophe AIRIAU (IMFT, coordinateur), Jean-Pierre RAYMOND (IMT), Denis ARZELIER (LAAS), Daniel CARUANA (ONERA), Laurent JOLY & Denis Matignon (ISAE)

### 1- Objectifs

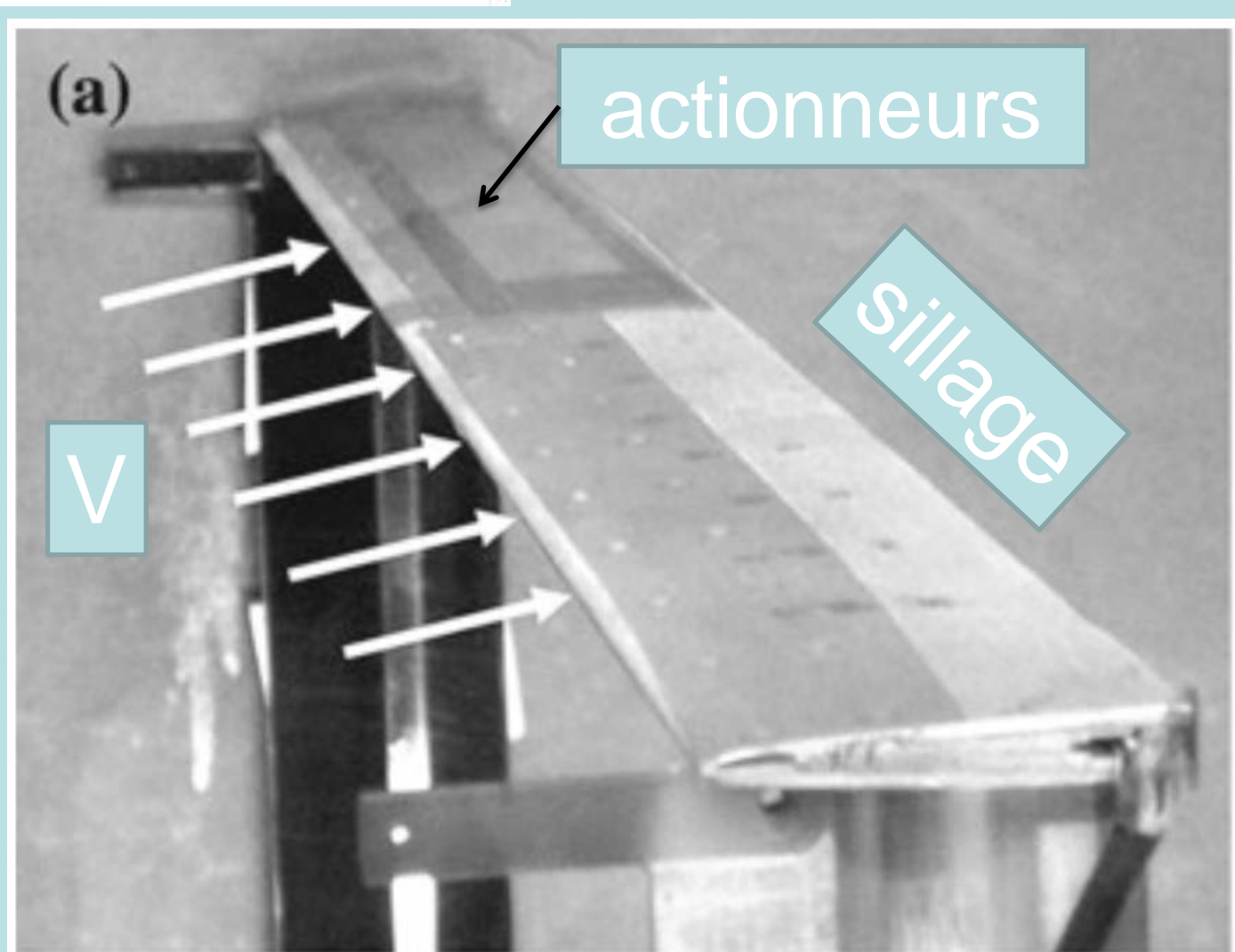
1. Concevoir un contrôle en boucle fermée du sillage d'un corps épais (plaque avec culot)
2. Implémentation d'une loi **robuste**, test d'approches 'systèmes' et algorithmes originaux (pour la méca. flu.), test de **stratégies optimales** de contrôle (coll. Univ. Gênes).
3. Utilisation de la simulation numérique pour développer un démonstrateur (ONERA, ISAE) :
  - Positionnement optimal d'actionneurs/capteurs
  - Modélisation d'actionneurs fluidiques ou plasmas
  - Conception de la loi de contrôle pour la maquette (vitesse de 5 à 20 m/s)

### Exemples

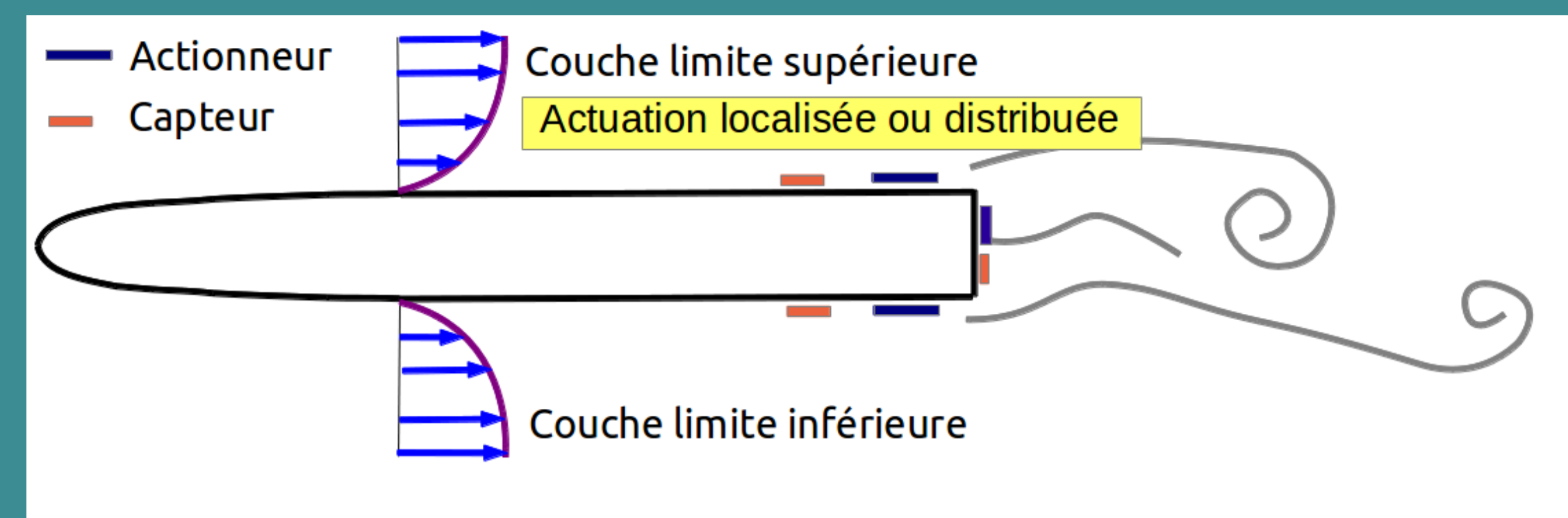


Contrôle du sillage d'un cylindre, actionneur plasma Ohio State University

Contrôle du sillage d'une forme en D, actionneur fluidique HF, Université de Tel-Aviv



Maquette et configuration de calcul identiques



**Projet Pluridisciplinaire** : mécanique des fluides numérique et expérimentale, mathématiques appliquées, contrôle des systèmes

### 2- Verrous

- Définition d'un modèle réduit valide et robuste
- Simulations au plus proche de l'expérimentation
- Implémentation expérimentale de la loi « numérique »
- Modélisation des actionneurs plasmas
- Modèle d'estimation pertinent pour l'expérience

### 3- Méthologie

#### 1) Simulations numériques (IMFT, IMT) :

- réduction de modèle (POD\*, modes globaux)
- algorithmes de feedback + robustesse (+ LAAS)

#### 2) Expérimentation (ONERA, ISAE):

- 2 types actionneurs : fluidique et plasmas
- 2 souffleries pour couvrir la plage de vitesse, capteurs de pression instationnaires
- Analyse par POD\* et DMD\*

#### 3) Lien simulation / démonstrateur :

- dès la conception des maquettes
- capteurs/actionneurs positionnés en fonction de la physique attendue (étude de **sensibilité**)
- la **robustesse** devra amortir les effets associés aux différences entre la simulation et l'expérimentation

### 4 – Retombées attendues

- ✓ Développement d'une méthodologie de contrôle d'écoulement industrialisable à terme
- ✓ Réduction de traînée des véhicules de transports aériens et terrestres : consommation et pollution faible, performances élevées
- ✓ Preuve de la fonctionnalité du contrôle des écoulements => autres types de financement

\*POD : Proper Orthogonal Decomposition

\*DMD : Dynamic Mode Decomposition



# SIMACO<sup>3</sup>FI: vers la Simulation d'un Moteur Aéronautique Complet par COuplage de COdes Fluide Instationnaires

**F. Duchaine & L. Gicquel**  
CERFACS, 42 Ave. Coriolis  
31057 Toulouse CEDEX 1

**X. Carbonneau, G. Dufour & N. Garcia-Rosa**  
ISAE, 10, Ave. Édouard-Belin  
BP 54032 - 31055 Toulouse CEDEX 4

**J.-L. Estivalezes & D. Zuzio**  
ONERA, 2, Ave. Édouard-Belin  
31055 Toulouse CEDEX 4

Début du projet : Juillet 2014 - Durée 36 mois

**Contexte** : la conception des turbines à gaz est réalisée en prenant très peu en compte les interactions entre ses composants principaux (fan, compresseur, chambre, turbine) qui interagissent pourtant fortement. Il n'existe aujourd'hui aucun outil numérique capable de simuler ces couplages.

**Motivation** : proposer un code instationnaire pour analyser des phénomènes qui mettent en jeu de façon couplée tous les éléments du moteur tels que l'acoustique, la thermique, les instabilités ...

**Objectifs**: adresser deux problématiques essentielles

1/ Développement d'un injecteur numérique instationnaire permettant d'alimenter un code de simulation de chambre de combustion par couplage fluide/liquide (code DyJeAt de l'ONERA)

2/ Simulation intégrée des divers éléments fan, compresseur, chambre de combustion et turbine par couplage fluide/fluide (code AVBP de CERFACS/IFPEN)

→ Application au banc DGEN (mesures ISAE)

**Quelques verrous / Solutions et Méthodologies** :

- Prise en compte des interactions spray / paroi et atomisation
  - Méthodologie de type interface immergée
- Gestion des simulations intégrées
  - Ressources de calcul haute performance (HPC)
  - Codes massivement parallèles
  - Coupleur HPC OpenPALM (ONERA/CERFACS)
  - Outils et méthodes de mise en données
- Précision des simulations intégrées
  - Intégration d'algorithmes d'interpolation d'ordre élevé compatibles avec le HPC et les maillages non structurés
  - Comparaisons aux mesures sur un moteur réel

Références:

D. Zuzio and J.-L. Estivalezes. An efficient block parallel amr method for two phase interfacial flow simulations, *Computers and Fluids*, 44(1):339-357, 2011  
P. Trontin, S. Vincent, J.L. Estivalezes, J.P. Caltagirone, A subgrid computation of the curvature by a particle/level-set method. Application to a front-tracking/ghost-fluid method for incompressible flows, *Journal of Computational Physics* 231 (2012) 6990-7010

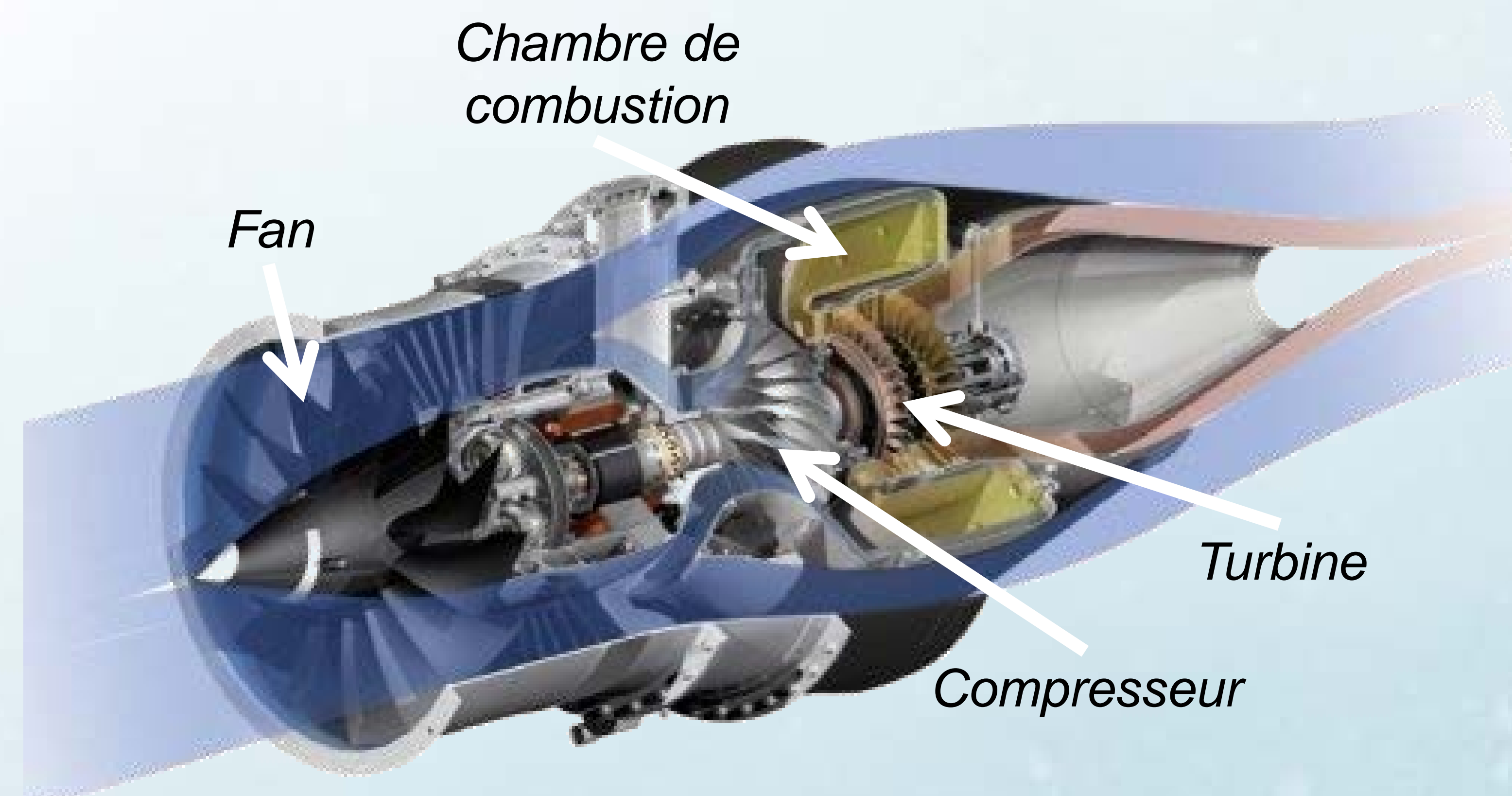
G. Wang, F. Duchaine, D. Papadogiannis, I. Duran, S. Moreau and L.Y.M Gicquel. An overset grids method for large eddy simulation of turbomachinery stages. *Journal of Computational Physics*, 274:333-355. 2014.

A. Bonhomme, G. Wang, L. Selle, F. Duchaine and T. Poinsot. A parallel multidomain coupled strategy to compute turbulent flows in fan-stirred bombs. *Computers and Fluids*, 101:183-193. 2014.

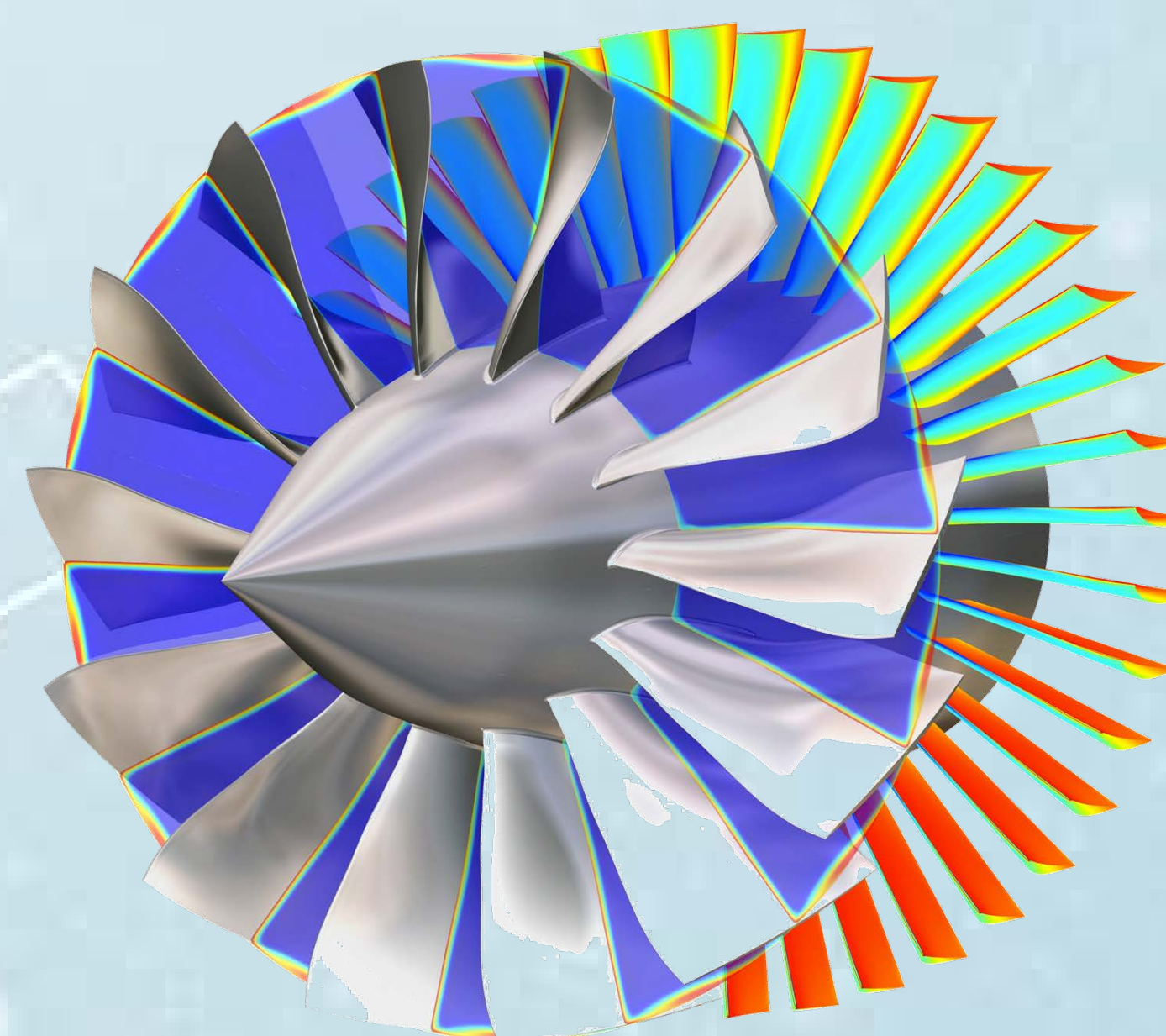
G. Dufour, X. Carbonneau and N. Garcia Rosa. *Nonlinear harmonic simulations of a fan stage section in windmilling conditions*. *Proceedings of ASME Turbo Expo (2013)*

N. García Rosa, G. Dufour, R. Barènes and G. Lavergne. *Experimental Analysis of the Global Performance and the Flow Through a High-Bypass Turbofan in Windmilling Conditions*. In press *Journal of Turbomachinery* (2014)

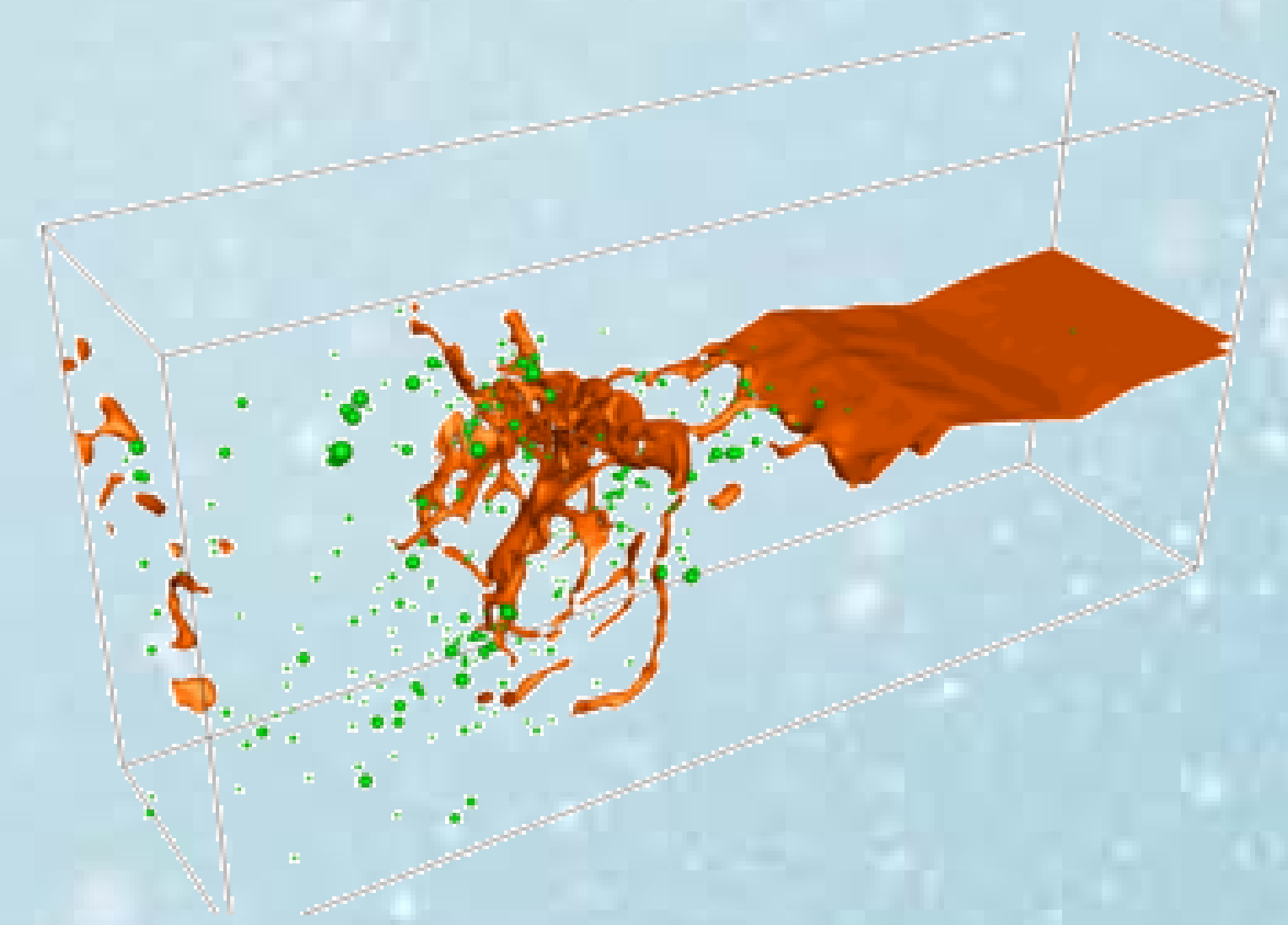
Préparé pour le Fall Meeting, 13 novembre 2014



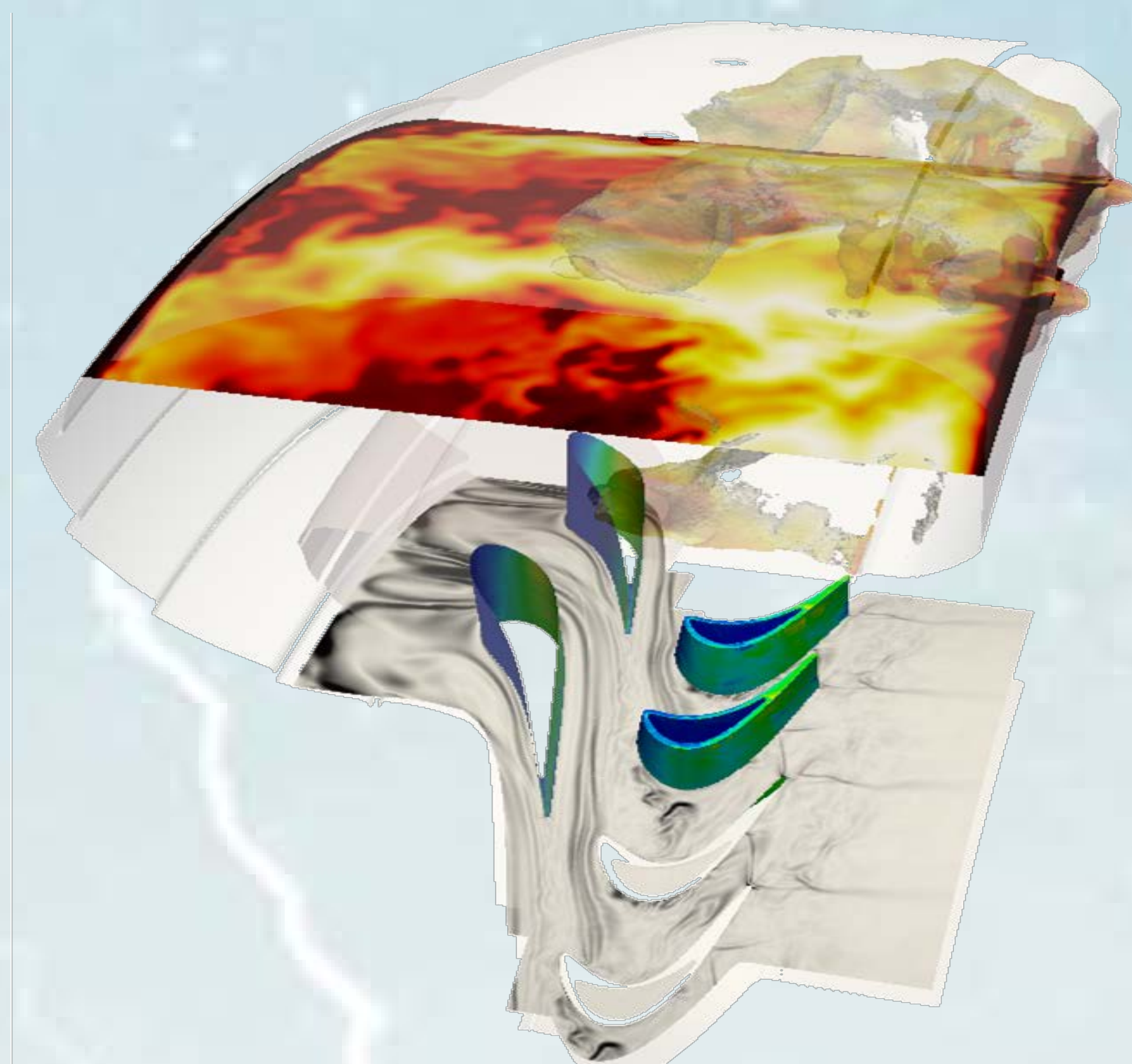
Banc du moteur DGEN installé à l'ISAE



Simulation du fan du moteur DGEN.



Simulation de l'atomisation d'une nappe liquide cisillée.



Simulation intégrée d'un secteur de chambre / turbine.