

3. SYSTEMES EMBARQUES

- IFSE
- TORRENTS
- OPTIM*
- CAPAGREM*

* Chantier en cours de demande de labellisation

IFSE (Ingénierie Formelle des Systèmes Embarqués)

Démarrage : Avril 2011

Animateur : François Vernadat (LAAS-CNRS) – Contact : francois.vernadat@laas.fr

Partenaires : Institut de Recherche en Informatique de Toulouse - IRIT (Contact : M. Pantel)
Laboratoire d'Analyse et d'Architecture de Systèmes – LAAS-CNRS (Contact : F. Vernadat)
Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales - ONERA (Contact : V. Wiels)

Objectif : Animation et réflexions sur l'application des Méthodes Formelles et de l'Ingénierie Dirigée par les Modèles pour le développement de systèmes critiques embarqués et temps réels.

Approche : Sémantiques dédiées aux systèmes et propriétés « métier »

Domaines d'étude :

- Intégration de techniques hétérogènes de Validation et Vérification
- Systèmes Cyber Physiques : Couplage modèles continus et discrets
- Démarche formelle d'Ingénierie Dirigée par les Modèles
- Qualification des techniques de Vérification Formelle et de Transformation de Modèles
- Passage à l'échelle des techniques de Vérification et Modélisation

Moyens :

- Invitation chercheurs confirmés
- Organisation journées
- Visibilité électronique : projects.laas.fr/IFSE, sympa.laas.fr/sympa/info/ifse
- Intégration prototype atelier TOPCASED, FIACRE, GeneAuto, Framac, ...

Actions :

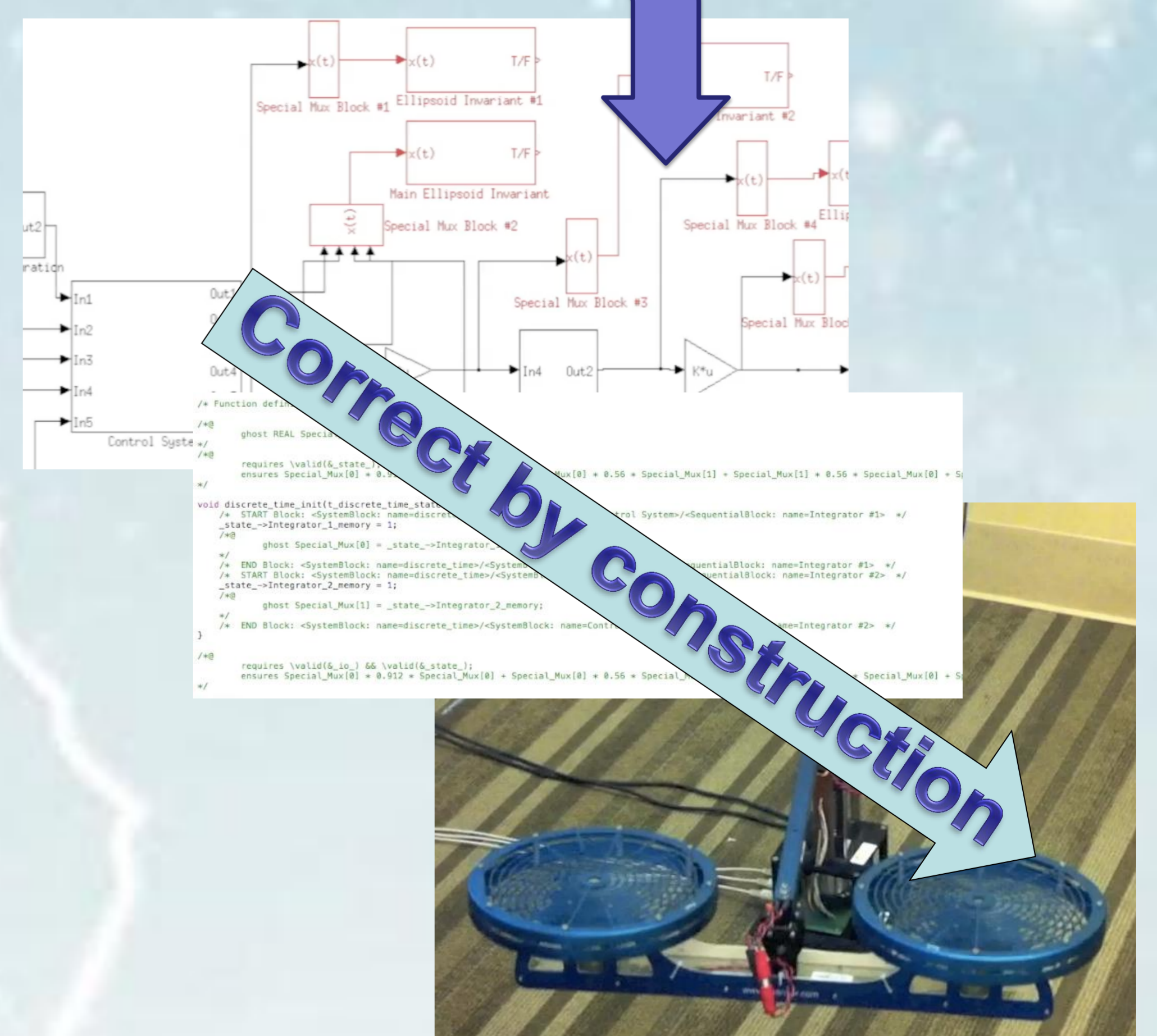
- Journées annuelles « Formalisation des Activités Concurrentes (FAC) »
- Séminaire Vérification de Toulouse (seminaire-verif.enseeiht.fr)
- Séminaires « Méthodes formelles de développement » (avec DAS SE du pôle AESE)
- Participation rédaction feuilles de route ARTEMIS (EICOSE), AirSys
- Participation rédaction dossier IRT AESE

Un exemple : Vérification formelle de bout en bout de Systèmes Cyber Physiques

- Séjour Eric Féron, professeur Aéronautique et Contrôle, Georgia Tech', USA
- Echange doctorants (R. Jobredeau, T. Wang, A. Dieumegard, P. Roux)
- Développement chaîne outils vérification (GeneAuto, framaC, ...)
- Publications communes
- Rédaction projet accepté par ANR ASTRID : VORACE (IRIT, LAAS-CNRS, ONERA)
- Cas d'étude Quanser

Journées FAC 2011
6 et 7 avril 2011 au LAAS-CNRS
51 participants
16 présentations
Invités :
• Jean-François Raskin (ULB, Belgique)
• Laurent Fribourg (LSV)

Journées FAC 2012
4 et 5 avril 2012 à l'IRIT-UPS
64 participants
17 présentations
Invités :
• Kevin Hammond (St Andrews, UK)
• Benoît Caillaud (IRISA)



Futures manifestations

Journées FAC 2013
10 et 11 avril 2013 à l'ONERA

Ecole d'Eté Temps Réel (ETR'2013)
26 au 30 août 2013 à l'ENSEEIHT

Un projet RTRA s'inscrit dans le cadre du chantier: **BRIEFCASE**
Basic Research In System Engineering

TORRENTS (Time ORiented Reliable Embedded NeTworked Systems)

Démarrage : Mai 2011

Animatrice : Claire Pagetti (ONERA) – Contact : claire.pagetti@onera.fr

Partenaires : Institut de Recherche en Informatique de Toulouse - IRIT (Contact : C. Rochange)
Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace - ISAE (Contact : J. Cardoso)
Laboratoire d'Analyse et d'Architecture de Systèmes - LAAS (Contact : M. Roy)
Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales- ONERA (Contact : C. Pagetti)
Thales (Contact : M. Faugère)

Objectif : animation autour de la thématique de l'implantation sûre de systèmes embarqués temps réel stricts et tolérants aux fautes sur les prochaines générations de plateformes (multicore / many-core sur étagère, architectures distribuées).

Domaines d'étude :

- langages de spécification / programmation
- étude détaillée du comportement temps réel des plateformes cibles
- développement d'OS temps réel dédié
- orchestration par une approche orientée par le temps

Moyens :

- activités visibles sur le web: www.irit.fr/torrents
- mailing list: <https://sympa.laas.fr/sympa/info/torrents>

Programme d'action :

- 4 séminaires annuels (déjà 7 séminaires donnés par des industriels et académiques)
- 1 workshop annuel sur une thématique donnée
- participation ponctuelle à des événements organisés sur Toulouse
- venue ponctuelle de chercheurs travaillant avec des membres du chantier



1st Workshop 2010: langages formels
Paul Caspi (VERIMAG), Edward A. Lee (U. of California),
Wolfgang Pree (U. of Salzburg), Jean-Pierre Talpin (IRISA)



2nd Workshop 2011: prédictabilité de plateformes embarquées
Stanley Bak (University of Illinois), Madeleine Faugère et Sylvain Girbal (Thales), Christian Fidi (TTTech), Klaus Havelund (NASA)

14 décembre 2012 à l'IRIT-UPS

3rd Workshop: langages programmation parallèle pour l'embarqué temps réel

- Raymond Namyst (INRIA)
- Luís Miguel Pinho (ISEP-IPP, Porto)
- Benoît Dupont de Dinechin (Kalray)
- Bertrand Marquis (Sysgo)



Événement associé: Intel MARC Symposium 2012

Un projet RTRA s'inscrit dans le cadre du chantier: **TOAST** (Time Oriented critical Systems)

2 post docs:

- Wolfgang Puffitsch - Mapping a Multi-Rate Synchronous Language to a Many-Core Processor
- Gilles Lasnier - Modelling, simulation and execution of distributed systems with Ptolemy/Ptides

OPTIM: OPTIQUE ET TRAITEMENT D'IMAGES

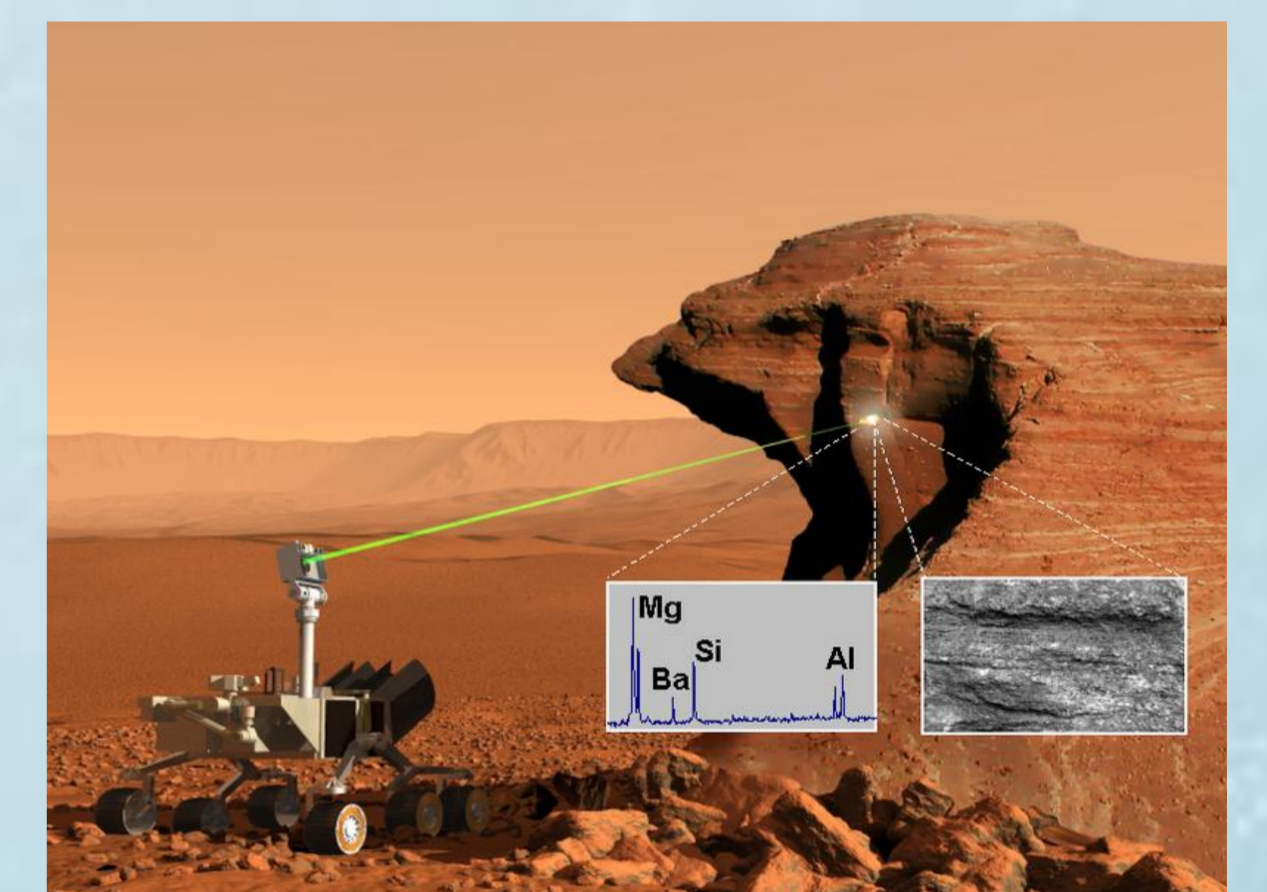
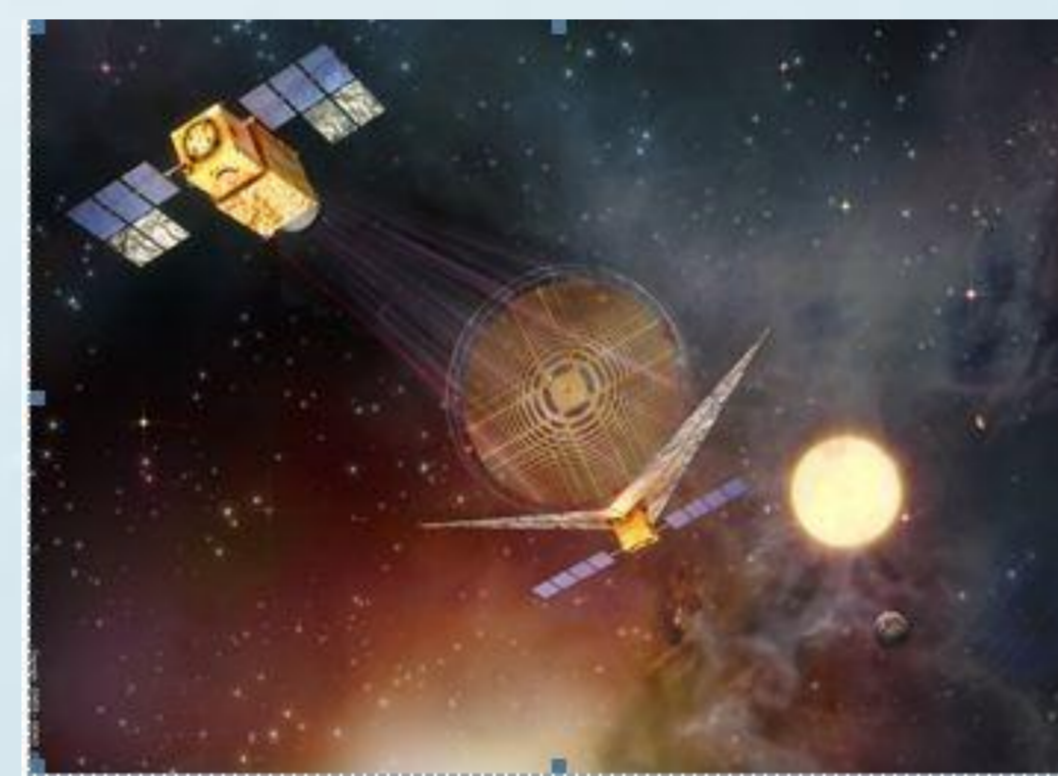
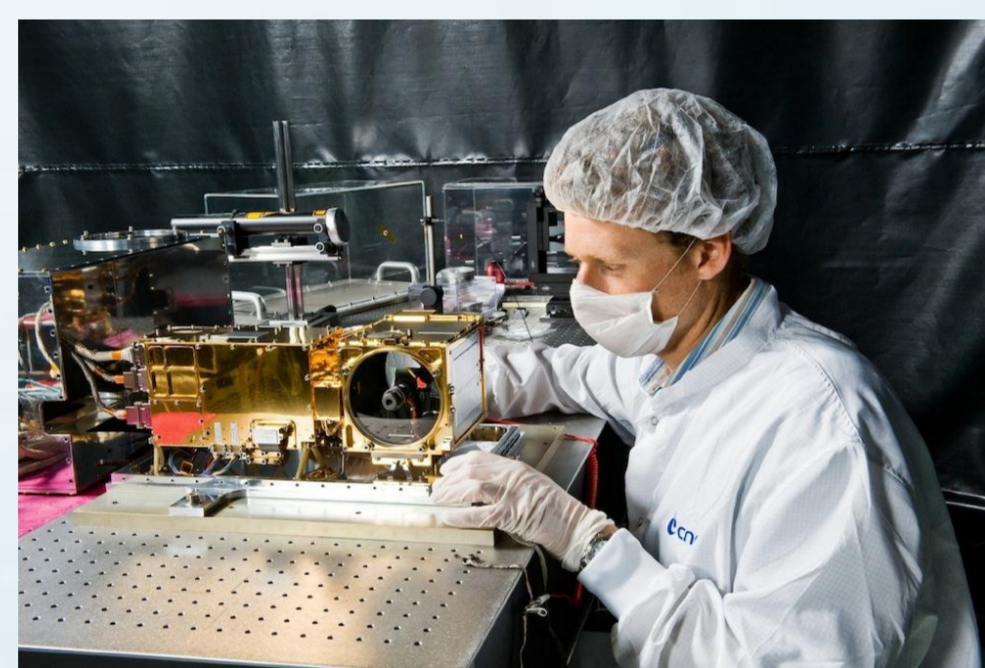
Démarrage : décembre 2012

Françoise LOZES-DUPOUY, Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes
Martin GIARD, Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie
Bruno CUGNY, Centre National d'Etudes Spatiales
Hussein YAHIA, INRIA Bordeaux Sud-Ouest
Patrick AMESTOY, Institut de Recherche en Informatique de Toulouse
Angélique RISSONS, ISAE Micro-Ondes et Optronique pour Systèmes Embarqués
Jacques VIGUE, Laboratoire Collisions Agrégats Réactivité
Isabelle SASAKI, Laboratoire de Chimie de Coordination
Véronique GARCON, Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiale
Xavier MARIE, Laboratoire de Physique et Chimie de Nano-objets
Marc TERNISIEN, Laboratoire Plasma et Conversion d'Energie
Bernard ROSIER, ONERA Optique Théorique et Appliquée

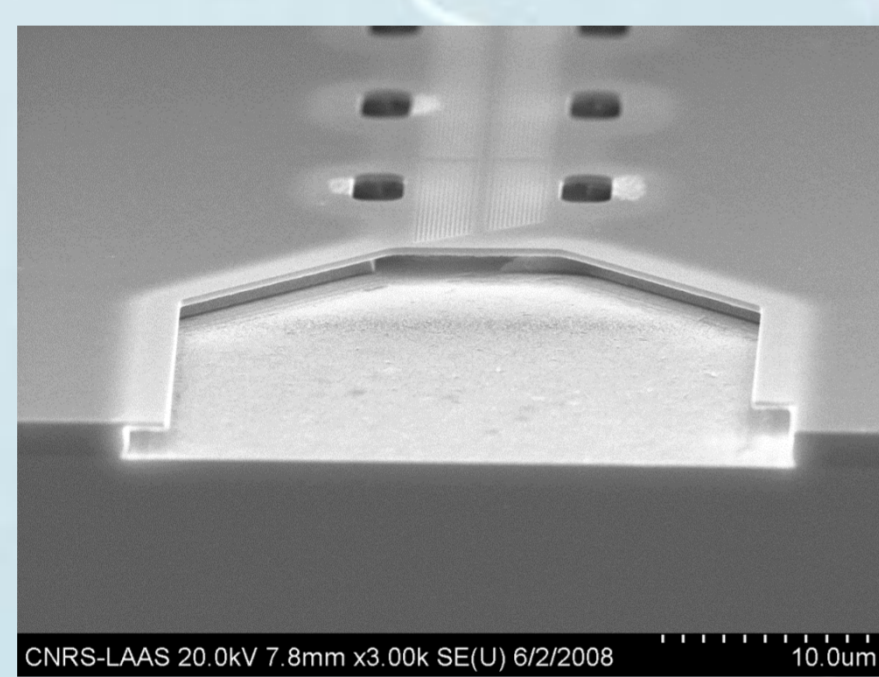
OBJECTIFS GENERAUX

- Réunir et animer la communauté pluridisciplinaire du domaine de l'optique et du traitement d'images pour l'aéronautique et l'espace
- Favoriser l'élaboration de projets anticipant sur les futurs besoins aéronautiques et spatiaux
- Offrir une compétence en optique embarquée et en traitement d'images dans la Région Midi-Pyrénées

MOYENS et PROGRAMME D' ACTIONS

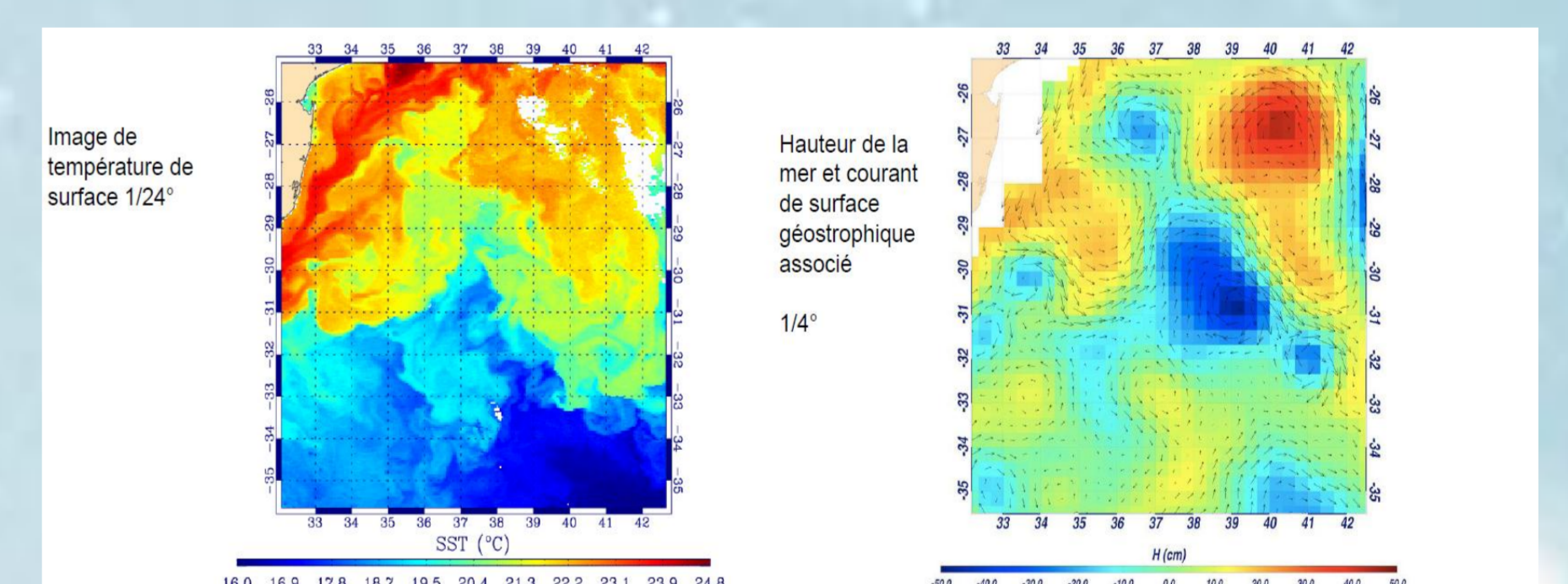


composants et nouvelles technologies



systèmes de détection

traitement d'images



▪ Première phase d'actions : 2013-2014

- ✓ Rencontres et visites des différents acteurs, séminaires, veille technologique
- ✓ Préparation de la réponse à l'AO du RTRA : consolidation des collaborations existantes et élaboration de projets
- ✓ Feuille de route pour l'optique embarquée et le traitement d'images s'appuyant sur un atelier international de type Gordon Conference

▪ Deuxième phase d'actions : 2015-2016

- ✓ Animation scientifique : avancées scientifiques, veille technologique, formation
- ✓ Elaboration de projets innovants issus de la prospective menée antérieurement et de consortiums interdisciplinaires
- ✓ Diffusion des travaux : atelier international à Cargèse (2015), congrès de clôture (2016)

PERSPECTIVES

- Communauté interdisciplinaire active, synergie autour des problématiques de l'optique embarquée et du traitement d'images pour l'aéronautique et l'espace, partage d'outils et de méthodes, expériences communes sur projets ambitieux, retombées industrielles AESE et au-delà (santé, environnement, agroalimentaire, ...)
- Reconnaissance régionale, nationale et internationale, rayonnement de la Région Midi-Pyrénées

Chantier CAPAGREM : Capteurs EM et Agressions Electromagnétique sur composants ou systèmes

Démarrage : janvier 2013

Animateur de chantier : Vincent Gobin (ONERA)

Principaux partenaires :), Patrick Hoffmann (CEA), Jean-François Bobo (CEMES), Patrick Pons (LAAS), XX (CNES) ...

Des spécialistes à approcher ...

Missouri Univ Sciences & Technology, Emcc, Infineon, Xlim, IES Montpellier, Georgia Institute of Technology, Darmstadt Technical University, Fraunhofer FHR Wachtberg, Polytechnic National University en Ukraine, INA, UMR Thalès (Palaiseau)

L'évolution rapide de la technologie des systèmes électronique et des composants a pour effet d'augmenter leur sensibilité propre à toutes formes d'agressions EM en particulier transitoires, c'est-à-dire d'affaiblir leur immunité. Lorsqu'un système embarqué dysfonctionne, il est très difficile de **corrélér la défaillance avec une éventuelle cause électromagnétique** et a fortiori avec la source de la perturbation.

Dans ce contexte, l'objectif du chantier est d'étudier un problème non résolu : **le diagnostic électromagnétique in situ**

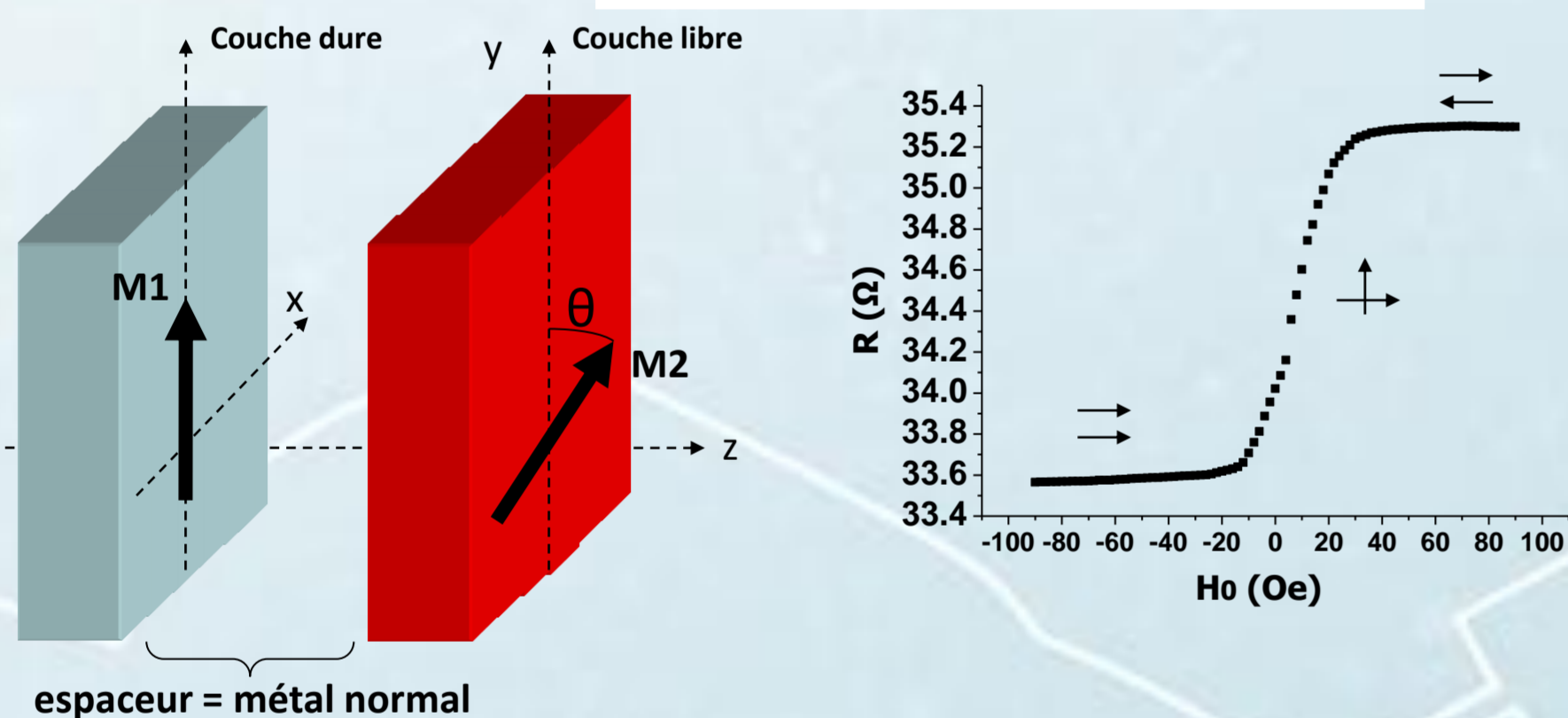
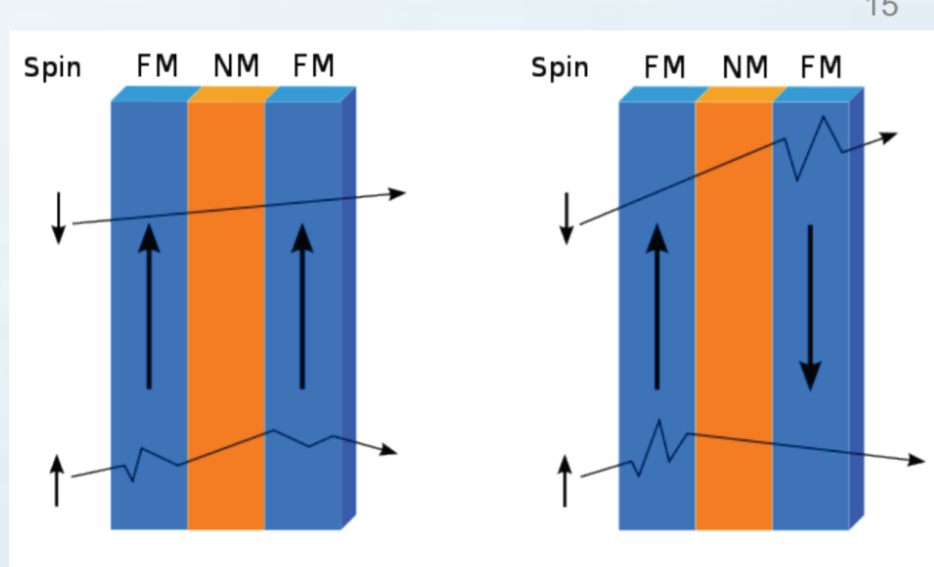
Il implique d'explorer deux verrous scientifiques :

- le diagnostic de l'environnement électromagnétique avec des capteurs appropriés
- la corrélation entre risque de défaillance et agression EM des systèmes électroniques embarqués en impliquant la modélisation de leur susceptibilité.

Diagnostiquer l'ambiance électromagnétique

État de l'art sur les capteurs EM

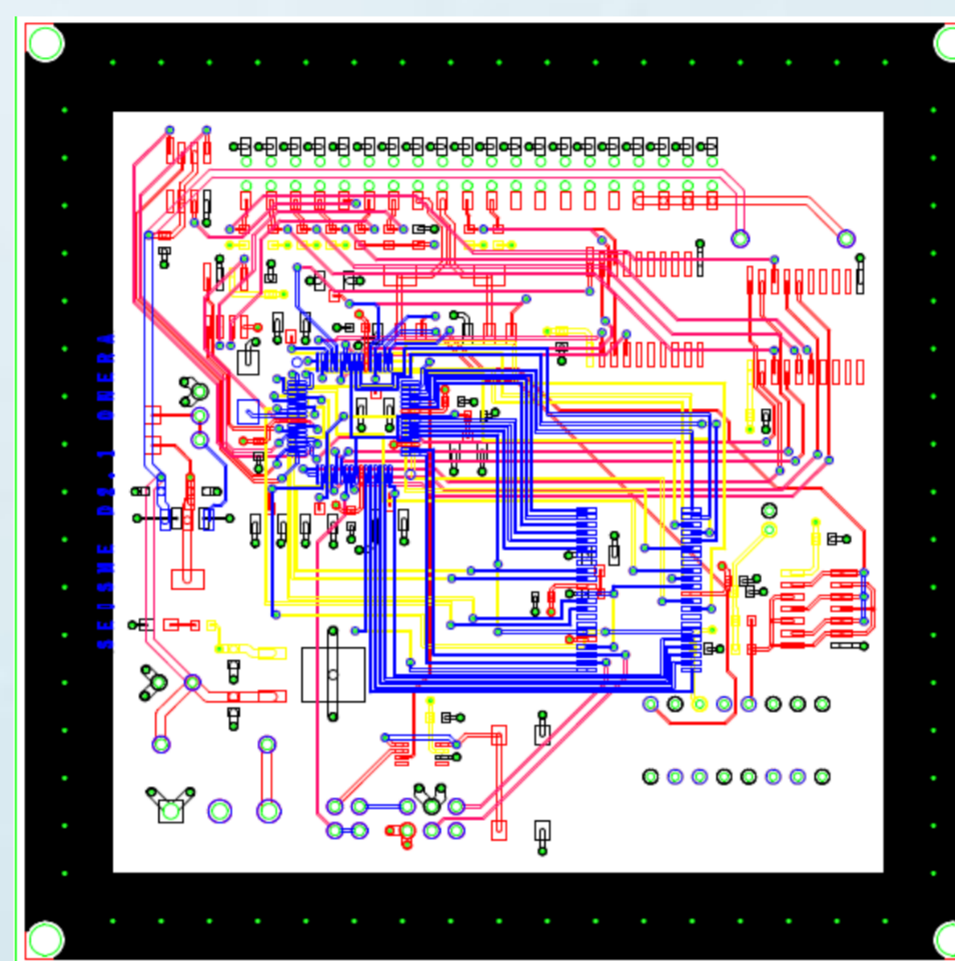
- principe physique du capteur
- bande passante
- avec/sans énergie
- avec/sans circuit électronique
- sensibilité
- fonctionnement actif/passif
- mémorisation (ou pas) de l'information,
- mode d'interrogation, à distance
- capacité d'intégration ...



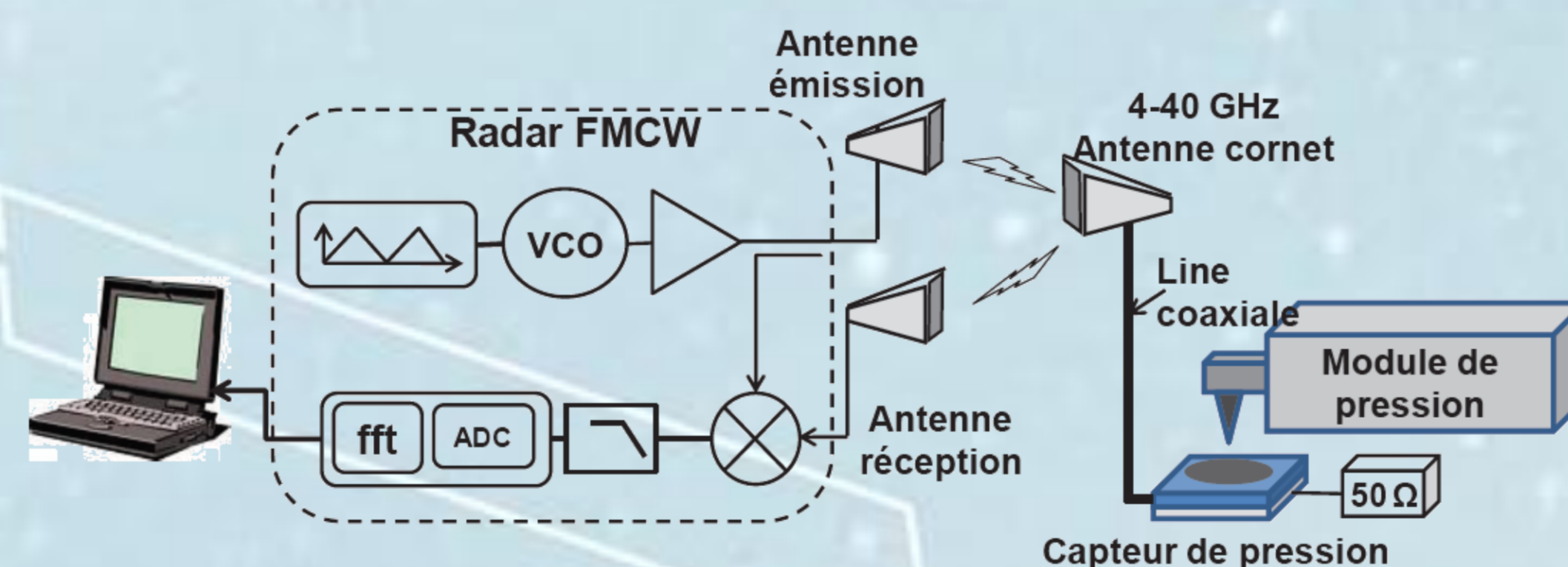
Un principe possible de capteur (GMR : Magnéto Résistance Géante) à mémoire : mesure de la résistance d'un empilement de couches magnétiques sensible à un champ magnétique

Corréler le risque de défaillance avec l'agression EM

Déterminer la susceptibilité du système dans une ambiance EM maîtrisée
→ nécessité d'effectuer des mesures de champs



L'observation en temps réel des défaillances fonctionnelles permet d'établir un lien entre l'agression EM et le niveau de susceptibilité du système

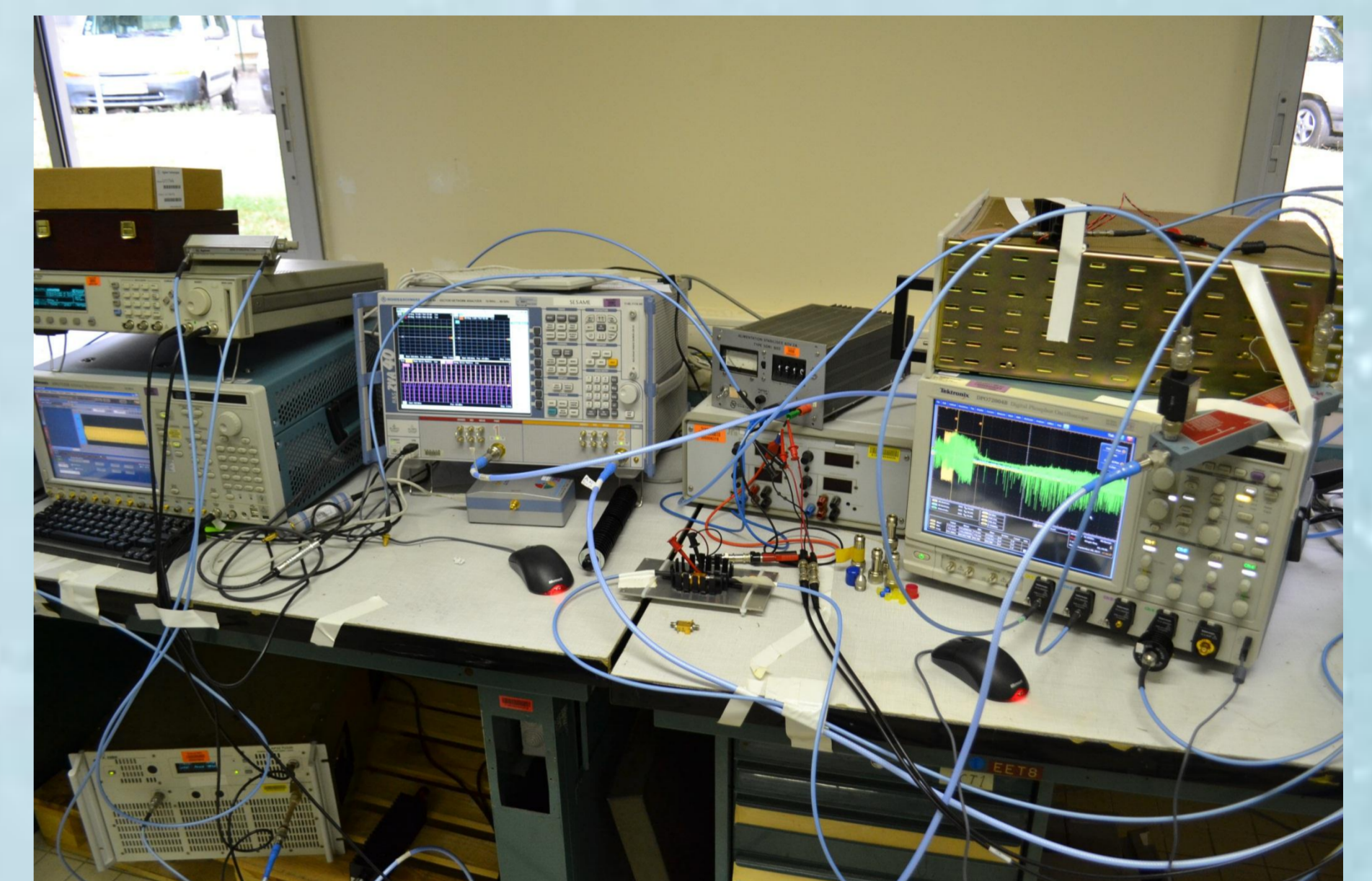


Une piste pour le diagnostic à distance in situ : mesurer la variation de la Surface Equivalente Radar d'un capteur en fonction de son environnement

Connaître les niveaux de susceptibilité des composants

Synthèse sur l'immunité des composants en transitoire

- les familles de composants analogiques (amplificateur, filtres, ...)
 - les familles de composants numériques (mémoire, processeur, ...)
 - les technologies des composants (CMOS, bipolaire, hybrides ...)
 - les dysfonctionnements possibles (fugitifs, temporaires, définitifs)
- Ce travail permettra d'identifier les besoins de modèles non satisfaits et faire état de l'état de l'art des normes IEC en immunité, aspects mesure et modélisation



La caractérisation de composant nécessite des dispositifs expérimentaux et une analyse pour obtenir une modélisation de leur susceptibilité aux agressions transitoires

Moyens, programme :

- Mise en relation de scientifiques n'ayant qu'une connaissance partielle du domaine
- Organisation annuelle d'ateliers dédiés aux capteurs EM et aux agressions électromagnétique sur composants ou systèmes
 - comment modéliser le comportement de composants sensibles aux impulsions électromagnétiques ?
 - comment diagnostiquer l'environnement EM dans les systèmes avec quels capteurs et quelles performances ?
 - comment interroger les capteurs pour établir un diagnostic non intrusif dans un système complexe ?
- Invitation de spécialistes nationaux ou internationaux
- Une session dédiée lors du congrès CEM de 2014 à Clermont-Ferrand
- Une journée scientifique sur la susceptibilité EM des composants
- Une journée scientifique sur les capteurs EM
- Emergence de points durs → construction de projets pour les résoudre, soit à un niveau encore fondamental et technologique, soit en relation avec les industriels concernés par la problématique.

4. SIMULATION NUMERIQUE

- MOMA
- PHYSCALE

* Chantier en cours de demande de labellisation

Chantier MoMA

Méthodes MATHématiques pour le couplage modèles et données dans les systèmes non-linéaires stochastiques à grand nombre de degrés de liberté (MoMA)

Aspects Mathématiques

- ✓ **Filtrage non-linéaire** pour le couplage modèle-données en grandes dimensions et modélisation stochastique
- ✓ **Algorithmes HPC** pour l'assimilation de données
- ✓ Applications vers l'aéronautique, la prévision du temps et de l'océan, le champ de gravité terrestre

Animation scientifique dans le chantier MoMA

- ✓ **Atelier international** autour de l'assimilation, de l'optimisation, du contrôle des incertitudes en 2013
- ✓ Visite d'**experts** sur la conception multidisciplinaire en aéronautique
- ✓ Démarrage d'un **projet de recherche** FILAOS (Filtrage et optimisation en géosciences) en 2012
- ✓ Organisation d'une **école d'été** sur le filtrage stochastique en 2014
- ✓ Mise en place d'une **formation de master** ENSEEIHT/ENM "modélisation et gestion des risques" depuis 2012

Partenaires régionaux et internationaux

Membres fondateurs du projet : CERFACS, CNES, IMT, IRIT, Météo-France, OMP
Partenaires extérieurs: CEPMMT, INRIA, Université du Colorado, NCAR...

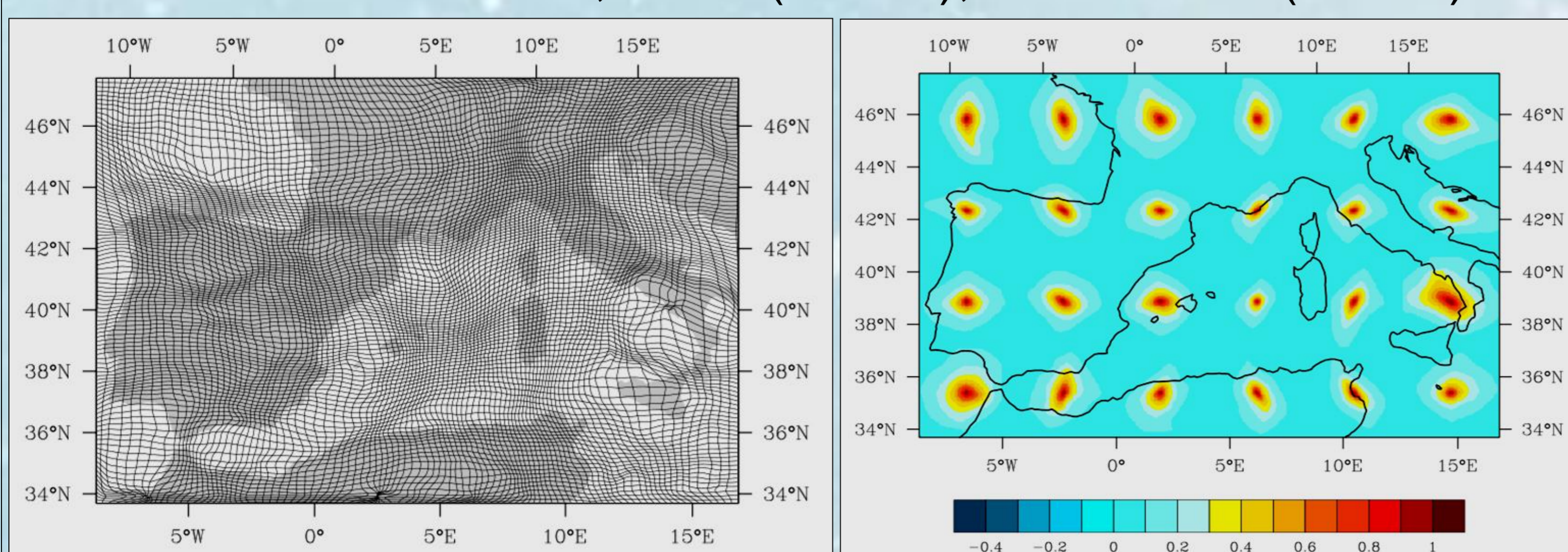
Zooms sur quelques actions spécifiques

Déformation de processus aléatoires pour la modélisation des covariances d'erreurs

- Modélisation des signaux comme **processus aléatoires déformés** $F=R(d(x))$ avec R spatialement stationnaire
- **Algorithmes d'estimation** de d à partir de quelques réalisations de F en grandes dimensions d'espaces (10^8)
- Application aux **erreurs de prévision** (météo, océan)

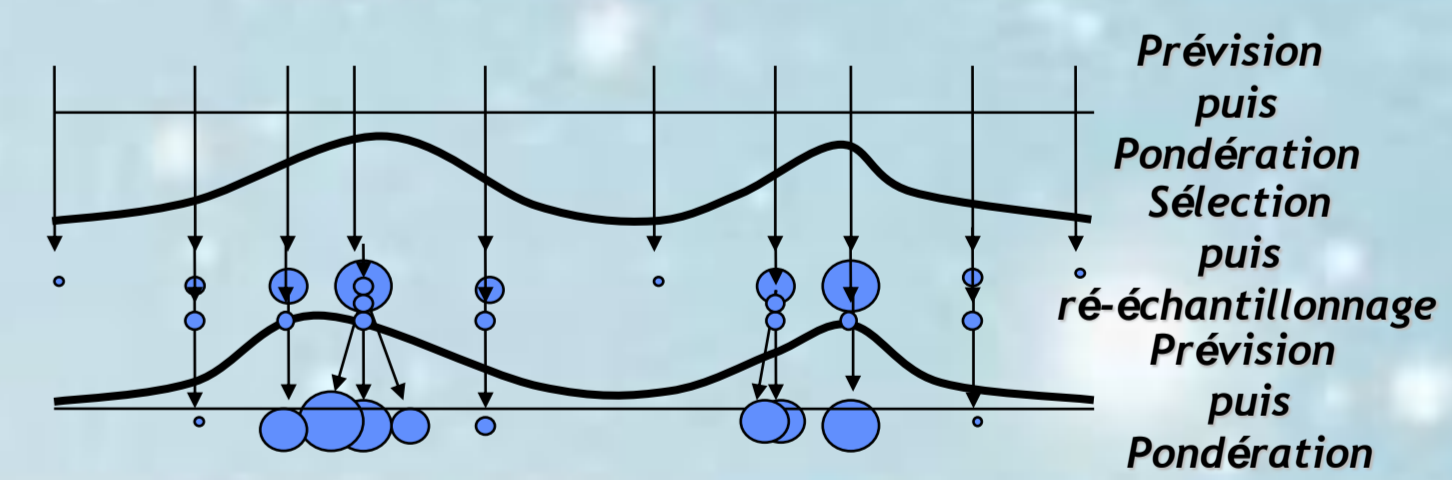
Transfert vers les applications

- Développement en géométrie sphérique et 3D
- Utilisation pour représenter ou filtrer les covariances d'erreurs dans un filtre de Kalman pour **l'assimilation**
- Faisabilité dans des **systèmes opérationnels** ARPEGE/IFS/AROME, WRF (Météo), NEMOVAR (océan)



Filtrage, Optimisation, HPC

- Utilisation de filtres stochastiques dans l'assimilation de données pour le filtrage ou la modélisation des erreurs
- Etude de la convergence des méthodes d'ensemble et des approches par réduction de modèle



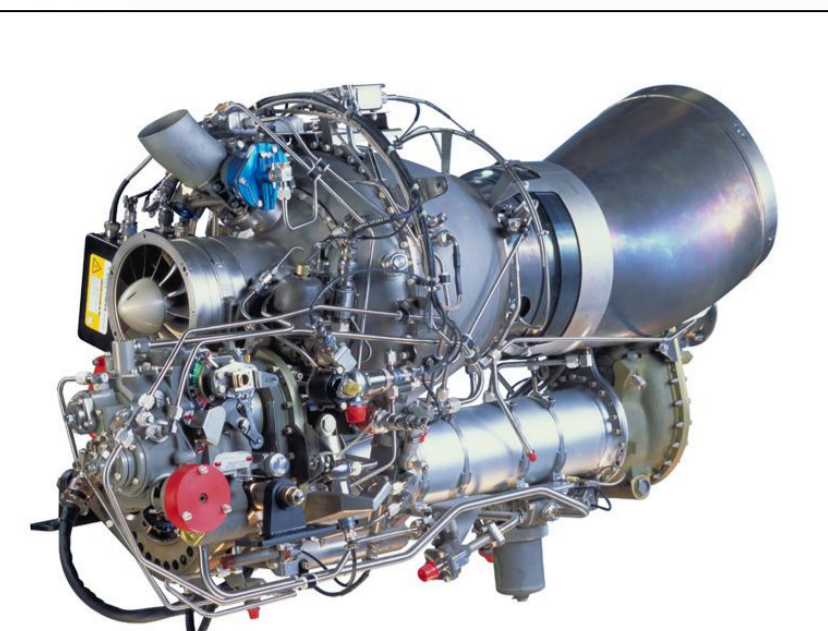
- **Algorithmes d'optimisation** sans gradient et extension aux fonctionnelles **stochastiques non linéaires**

Transfert vers l'aéronautique :

Assimilation de données issues de simulation numériques pour **accélérer** les calculs sur des configurations proches

Transfert vers la météorologie

Etude des **hybridations** entre méthodes ensemblistes et méthodes variationnelles



COFFECI: Couplage Fluide/Fluide entre Codes Instationnaires Calcul d'une turbine à gaz complète

G. Wang, F. Duchaine, N. Gourdain
CERFACS, Ave. Coriolis
31057 Toulouse

T. Poinso
Institut de Mécanique des Fluides
de Toulouse 31400 Toulouse

P. Villedieu, JL Estivalezes
ONERA, Toulouse

Début du projet : Juillet 2011 pour 3 ans

Objectif : calculer une turbine à gaz complète (compresseur, chambre, atomisation du carburant, turbine) et étudier des mécanismes mettant en jeu tous les éléments du moteur (démarrage, pompage)

Moyens : coupler des codes de turbomachines existants avec le code de combustion (AVBP)

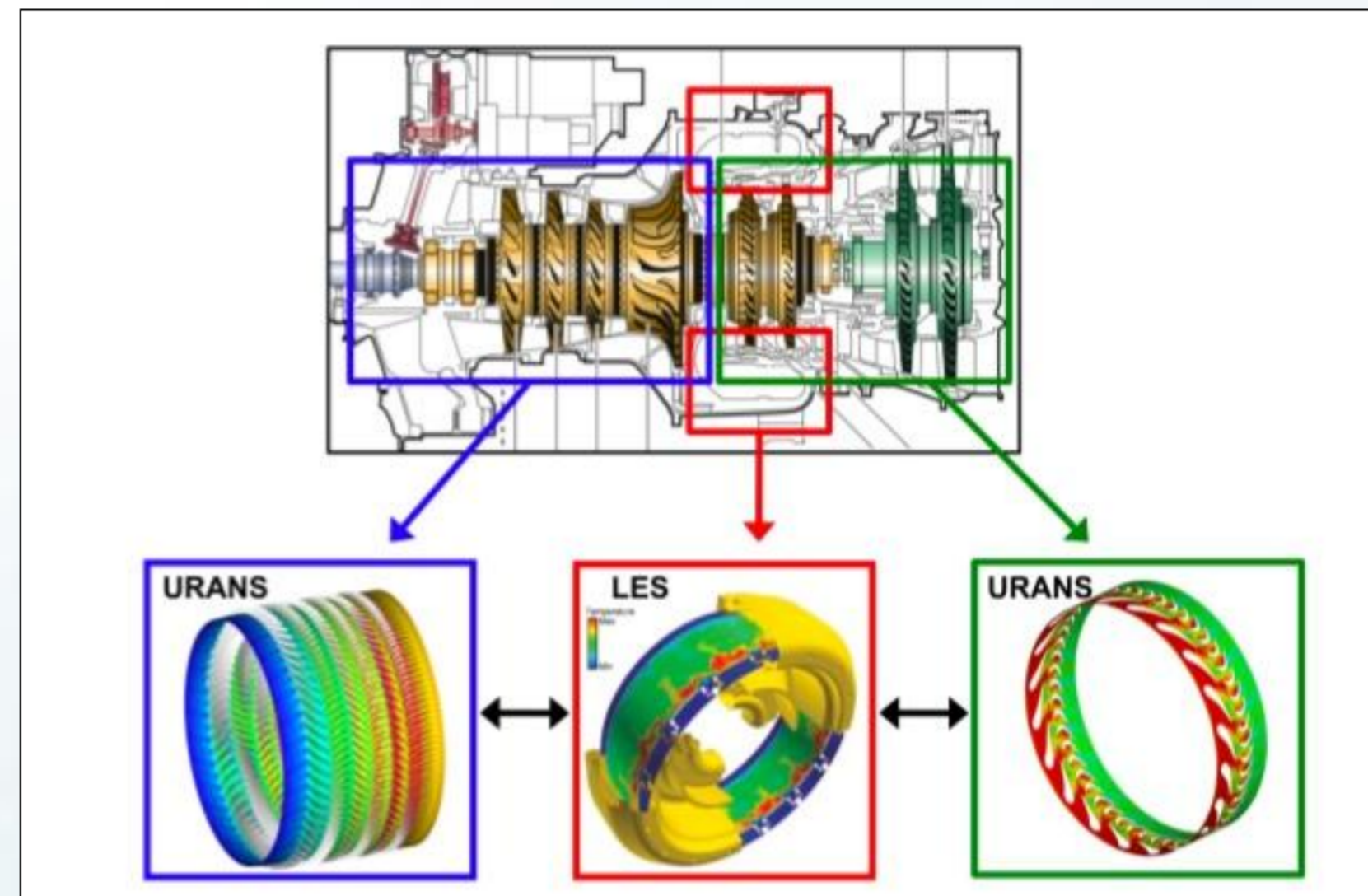
Difficultés physiques : savoir quelle information échanger entre les deux codes

Difficultés numériques : calcul impossible sans un supercalculateur parallèle. Il faut donc faire communiquer deux gros codes de calcul sur des machines massivement parallèles

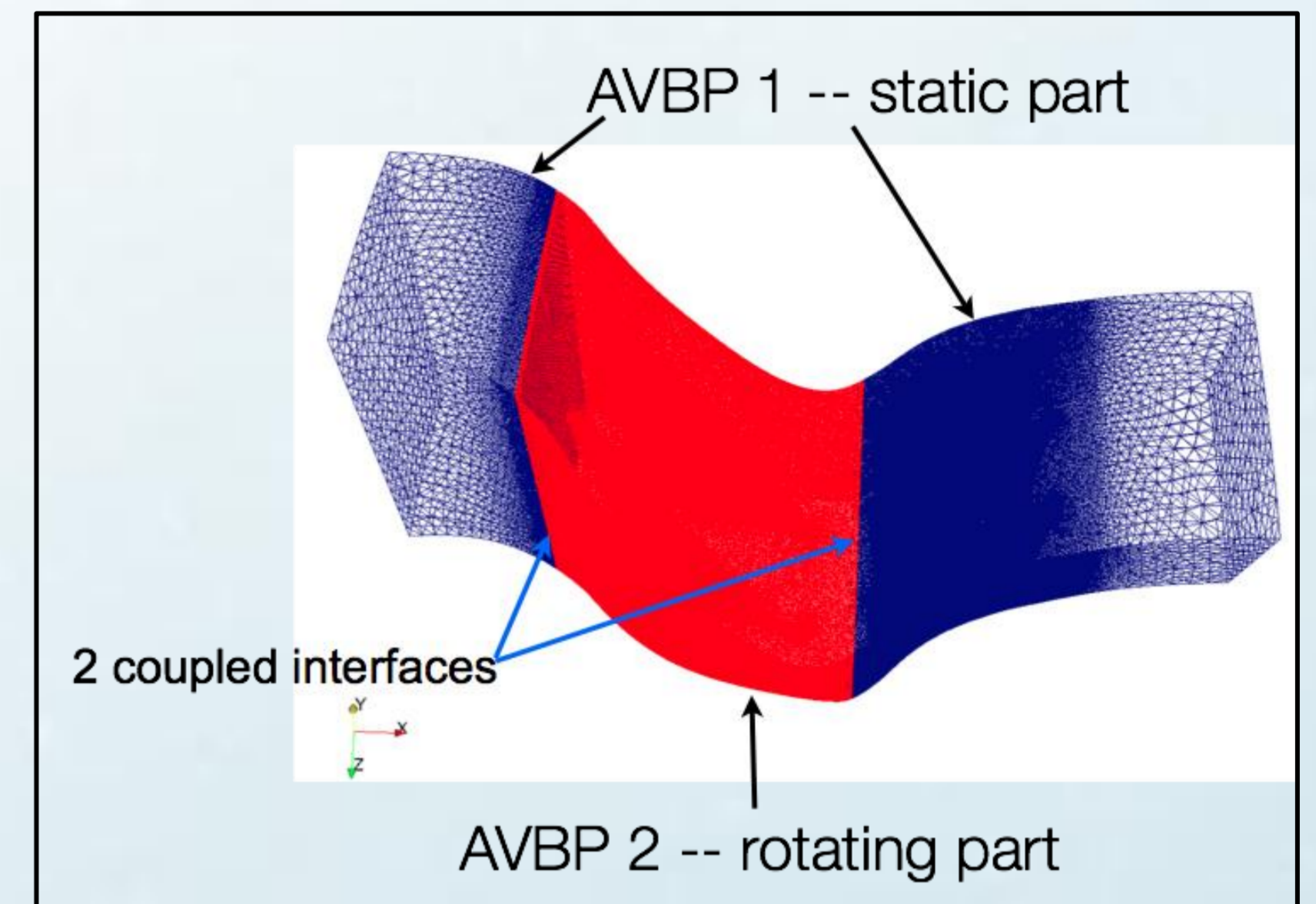
Solution : utiliser un « coupleur » développé par CERFACS et ONERA (initialement par la communauté 'Climat') : OpenPALM. Ce coupleur distribue les tâches sur les milliers de processeurs nécessaires.

Partenariat : SNECMA, TURBOMECA, ONERA, Communauté Européenne

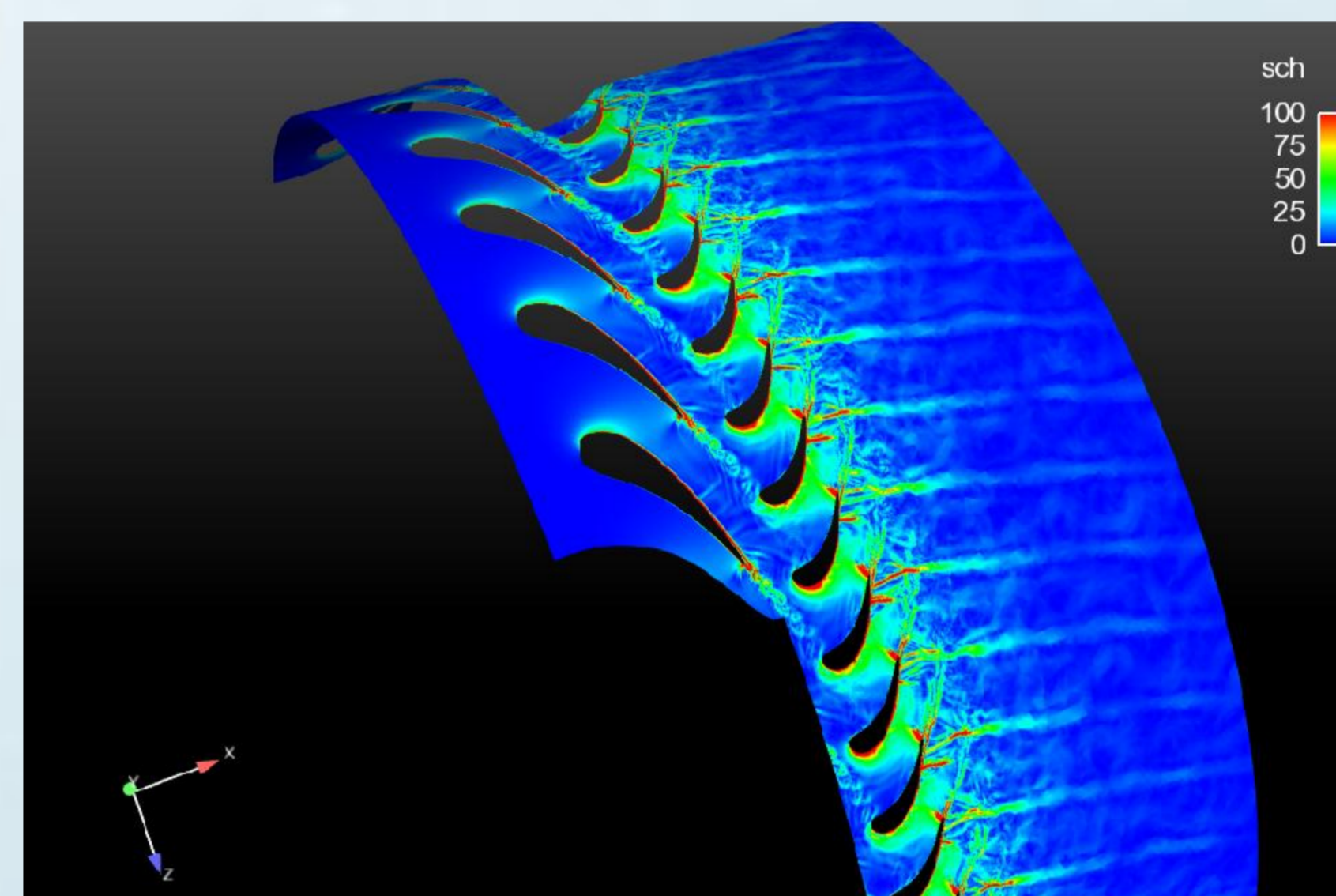
Etat actuel du projet : prototype prêt et déjà appliqué à de nombreuses situations. Discussions en cours avec SAFRAN pour application à des cas industriels.



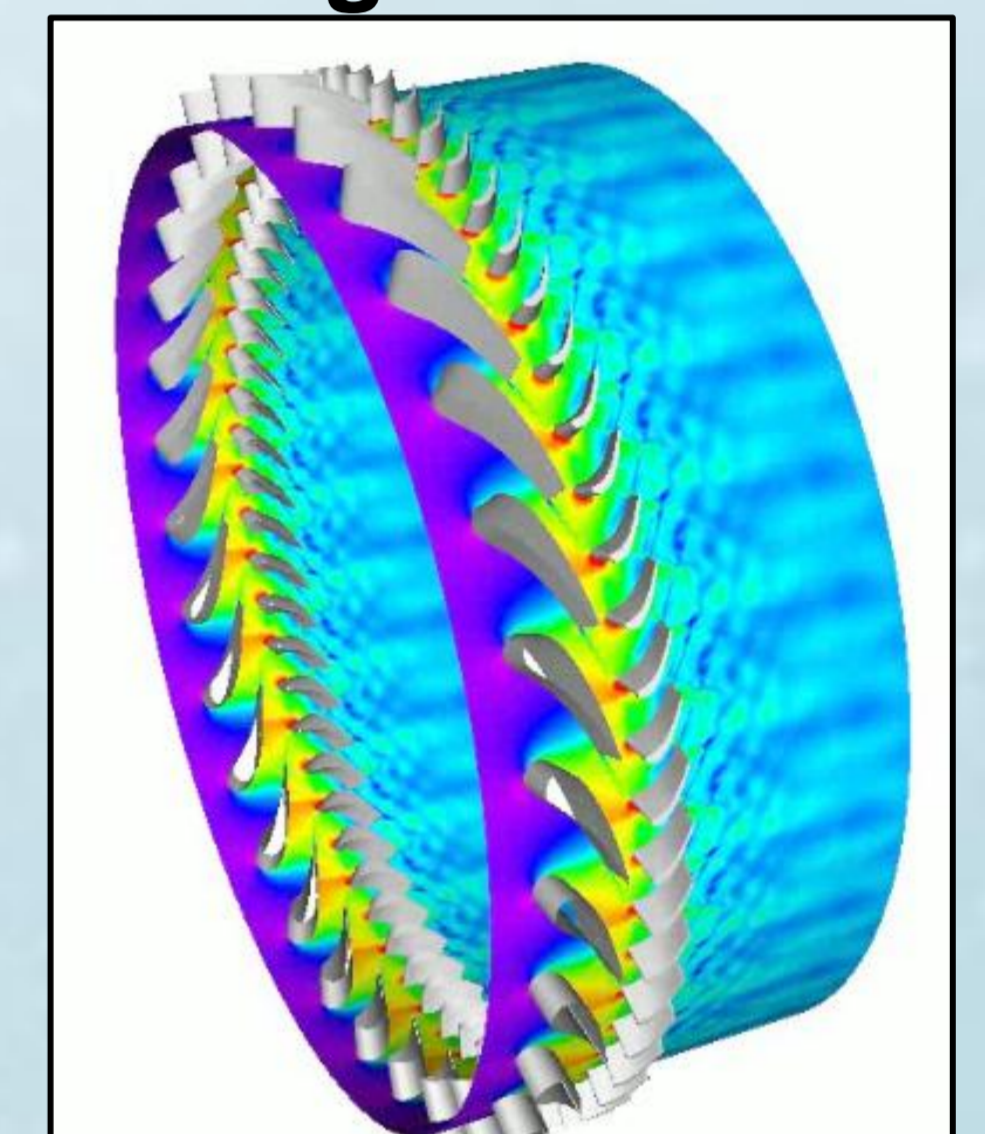
Principe du couplage de codes CFD pour une turbine complète



Exemple de codes couplés pour un étage rotor/stator



Application à un étage rotor/stator (Juin 2012)



Vers l'étage entier

AGRÉMÉL : AGRégation d'Échelles pour les processus de MÉLange et de transport

O. Thual et al
Institut de Mécanique
des Fluides de
Toulouse

A. Lozinski et al
Institut de
Mathématiques
de Toulouse

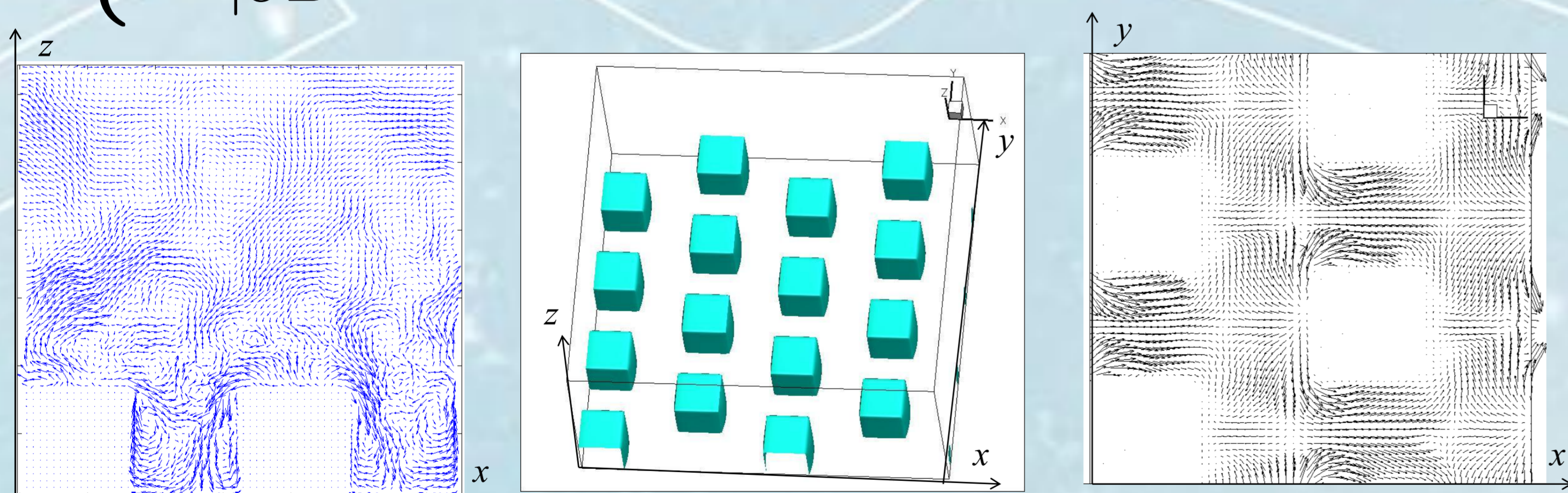
Temps de réponse numérique très rapides grâce à la décomposition multi-échelles et au pré-calcul des petites échelles. Applications de type temps réel et opérationnelles.

Simulations multi-échelles sur fonds rugueux

$$\begin{cases} \nabla \cdot \underline{u} = 0, & \frac{d\underline{u}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \underline{g} + \nu \Delta \underline{u} \\ \underline{u}|_{\partial B} = 0 & \text{sur le fond rugueux } \partial B \end{cases}$$

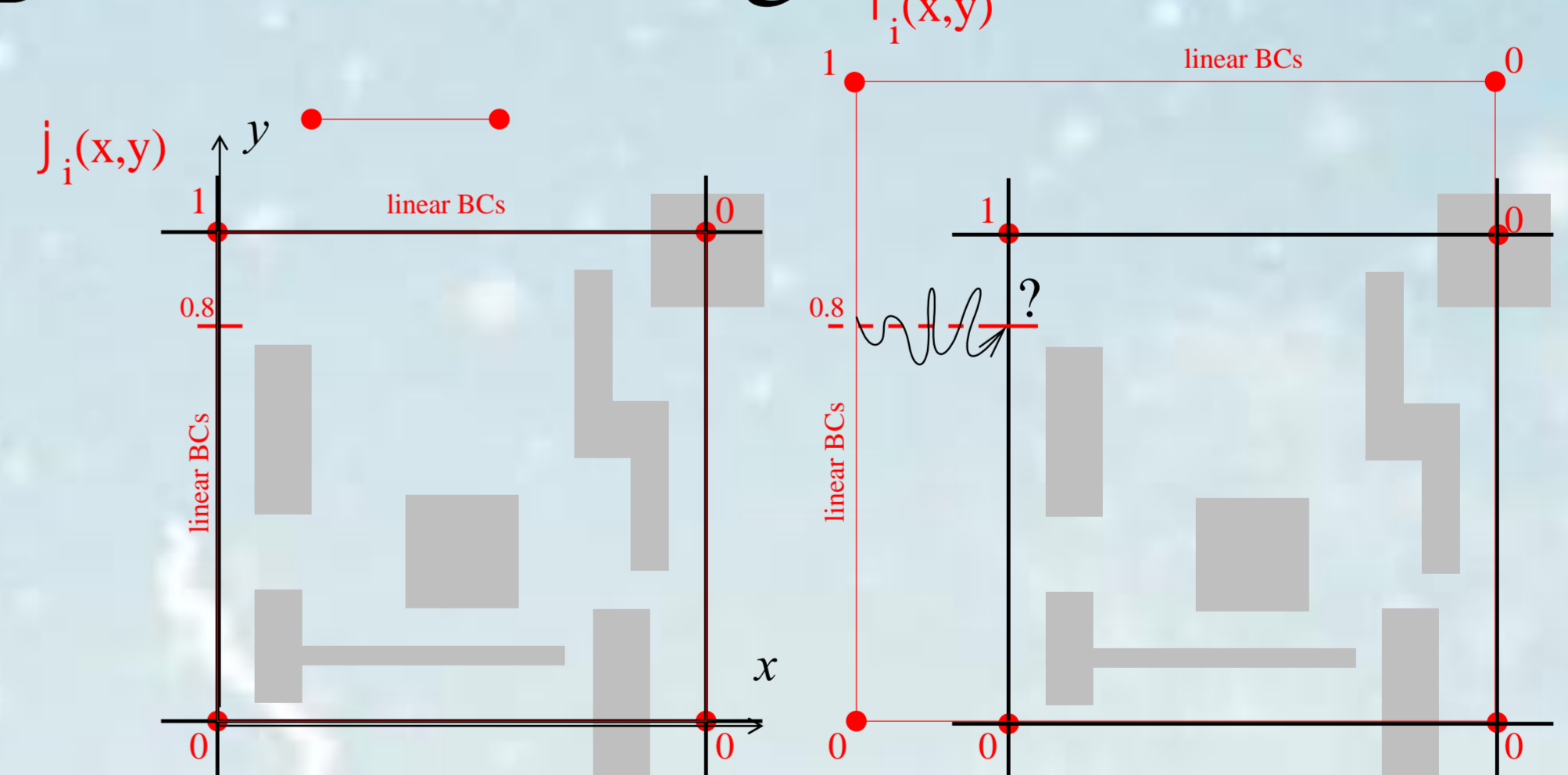
Éléments finis multi-échelles en domaine perforé

$$\begin{cases} -\nabla \cdot (\nu \nabla u) = f \text{ dans } \Omega^\varepsilon, & u|_{\partial \Omega} = g \text{ sur } \partial \Omega \\ u|_{\partial B^\varepsilon} = 0 & \text{le long des bâtiments } \partial B^\varepsilon \end{cases}$$



Simulations numériques directes à petite échelle

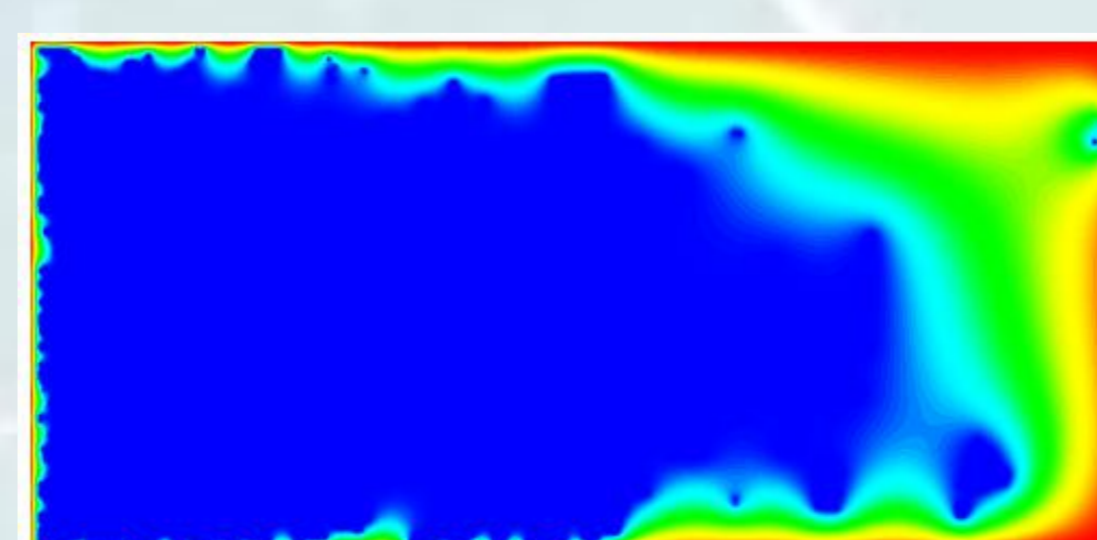
2013-14



Méthode de pénalisation avec ou sans sur-échantillonnage



Simulation à grande échelle utilisant des interpolations dans des bibliothèques issues des simulations à petite échelle



Performances de la méthode sur un cas test

	Maillage	Temps
Référence	8 10 ¹¹	700 s
MsFEM 1	4 10 ⁶	9 10 ⁻² s
MsFEM 2	2 10 ⁴	10 ⁻³ s