



Appel à projet Blanc - JCJC - FRAE/ANR 2013

MATERIAUX, PROCÉDES, STRUCTURES

CONTEXTE

L'innovation en matière de matériaux, de procédés de fabrication et de propriétés structurales pour des applications dans les secteurs de l'aéronautique et du spatial nécessite la maîtrise de modèles, de techniques expérimentales et numériques capables de répondre efficacement à la complexité des problèmes à résoudre.

Pour lever les verrous récurrents il faudra des avancées notables, conceptuelles et méthodologiques, se plaçant au carrefour de la physique, la chimie, la science des matériaux, la mécanique, la technologie numérique et le calcul scientifique.

Les programmes matériaux-procédés ou cosinus de l'ANR ont permis des avancées notables, mais en général très ciblées. Dans ces appels, des concrétisations technologiques ou numériques sont visées, parfois au détriment de la recherche de nouvelles méthodologies efficaces et transversales, qui pourraient être utiles à de nombreux domaines applicatifs.

Ainsi, différentes actions autour des matériaux, des procédés et des structures pour l'aéronautique et le spatial, capables d'être transférées vers d'autres secteurs, doivent être structurées dans le cadre du programme blanc de l'ANR. Ces actions envisagent pour certaines une rupture qualitative voire même un changement de paradigme, qui nécessitent la définition de projets ambitieux, assumant un certain risque (ce qui est pleinement justifiable et acceptable dans le cadre du programme blanc) et mobilisant les moyens matériels et humains nécessaires à leur aboutissement.

THEMES

Les thématiques prioritaires à retenir concernent :

- I. Matériaux, surfaces et structures fonctionnelles (matériaux à gradient de propriétés ; contrôle des propriétés électriques, magnétiques, thermiques, anticorrosion, aérodynamiques, mécaniques, de résistance à l'usure, autoréparation, intégration de fonctionnalités pour la surveillance de la santé matériau –e.g. corrosion- et structure –e.g. fissuration-, ...), matériaux

architecturés, nouveaux matériaux pour des nouvelles applications, ... caractérisation avancée et dédiée. Cette thématique devrait permettre le dialogue entre différentes communautés scientifiques : physique, chimie, physico-chimie, science de matériaux, mécanique théorique, appliquée et numérique, mathématiques appliquées et informatique, avec comme but, définir des matériaux à la carte. Les compétences scientifiques à réunir et les approches méthodologiques dépendront du système considéré.

- II. Microstructures évolutives : description, observation et contrôle,
- III. Couplage intégré multi-physique aux différentes échelles ; modélisation et caractérisation des modèles couplés aux différentes échelles ; vieillissement et effets du rayonnement atmosphérique et spatial.
- IV. Transition endommagement / rupture à différentes échelles dans le cas de comportements fortement dissipatifs. Cette thématique devrait être déclinée vers des matériaux des structures aéronautiques et spatiales, qui présentent des spécificités propres.
- V. Comportement dynamique des structures multi-matériaux aux différentes échelles. Une attention spéciale sera portée sur les interphases fonctionnelles.
- VI. Conception, optimisation et aide à la décision à travers l'utilisation d'abaques numériques et modèles multi-fidélité. Les abaques numériques construits off-line doivent permettre d'explorer « on-line » des espaces paramétriques de conception larges avec des moyens de calcul « raisonnables ».
- VII. Surveillance et contrôle basés sur la simulation des modèles thermomécaniques décrits et résolus avec toute leur richesse. Cette thématique est intimement liée avec la thématique I ci-dessus et devrait permettre l'intégration de la communauté autour du contrôle et l'automatique autour des problématiques matériaux et procédés.
- VIII. Vérification des modèles numériques ; validation de modèles physiques ; modélisation et simulation conduite dynamiquement par les mesures expérimentales du système simulé ; modélisation des incertitudes et évolution en fonction des connaissances ; maintenance ; certification virtuelle ; décision sur le besoin de réaliser des tests supplémentaires ; ...
- IX. Développement de nouvelles technologies expérimentales et numériques adaptées et capables de lever les verrous cités ci-dessus

DOMAINES D'APPLICATION

Les recherches en amont, à fort caractère conceptuel et méthodologique, devront permettre de faire des avancées significatives dans le domaine des technologies aéronautiques et spatiales, permettant de lever un certain nombre de verrous récurrents, notamment : (i) augmenter la tenue au choc des résines thermodurcissables ; (ii) améliorer la conductivité électrique des composites ; (iii) permettre l'amortissement vibro-acoustique ; (iv) réduire la température de process pour les thermoplastiques ; (v) éviter la corrosion aux interphases métal/composite ; (vi) réussir l'assemblage des multi-matériaux ; (vii) réduire le cycle de mise en œuvre des composites TD et TP ; (viii) améliorer la durée de vie ; (ix) définir des matériaux à la carte, des matériaux pour la protection de surfaces s'appuyant sur les nanotechnologies, intégrant nombreuses fonctionnalités, capacité de surveiller et agir en conséquence, de s'auto-réparer, ... et (x) en matière de simulation, explorer des espaces de conception larges, faire dialoguer les physiques à travers les échelles, quantifier l'information et propager l'incertitude, avoir un accès efficace aux solutions des modèles complexes, permettre une prise de décision dans un cadre multicritère et avec incertitude, enfin, pousser les limites de la simulation numérique des matériaux, procédés et structures pour des applications aérospatiales.

Appel à projet Blanc - JCJC - FRAE/ANR 2013

Modélisation complexe physique

CONTROLE AERODYNAMIQUE DE SILLAGE DE CORPS EPAIS (*BLUNT BODIES*) ET ARRIERE-CORPS

Les corps épais (*blunt bodies*) et les arrière-corps sont le siège de décollements fortement instationnaires qui induisent des sollicitations aérodynamiques intense. La maîtrise et la réduction de ces effets nuisibles passent par le développement de stratégies avancées de contrôle des écoulements massivement décollés.

Il est donc souhaité des progrès sur la thématique exploratoire du contrôle actif à la source, en boucle ouverte ou fermée, du sillage de corps épais ou d'arrière-corps engendrant des sillages intenses. Ces travaux auront vocation à être multidisciplinaires (mathématiques appliquées, mécanique des fluide, modélisation des systèmes).

En raison de la complexité des phénomènes étudiés, la modélisation et la simulation des techniques de contrôle envisagées doivent être complétées par des validations expérimentales. Celles-ci nécessitent le développement de capteurs et d'actionneurs spécifiques.

Dans le cadre du présent appel à projets, on pourra aborder tant les aspects de modélisation et de simulation que ceux relatifs aux développements expérimentaux.

Thématiques

Plus précisément, les projets sélectionnés porteront sur des recherches concernant le contrôle aérodynamique et en interaction fluide-structure, notamment lorsque soumis à des chargements dynamiques. Les projets pourront développer un ou plusieurs des points suivants :

1. Les approches théoriques
 - Contrôle des modes de stabilité des écoulements
 - Forçage extérieur, instationnaire et non-linéaire
 - Réceptivité, sensibilité des écoulements vis-à-vis de perturbations

- Prise en compte des non-linéarités à travers les couplages forts, loi de contrôle non-linéaire
 - Réduction de modèle (prise en compte des modes de stabilité et de sillage)
2. Les méthodes et modélisations numériques
- Modélisation des écoulements massivement décollés
 - Modélisation à complexité réduites
 - Simulation de systèmes instationnaires tridimensionnels de grande dimension (dimension du problème, dimension des paramètres de contrôle)
 - Analyse des signaux numériques courts et représentativité physique dans les grands calculs CFD
3. Les développements expérimentaux
- Mise en œuvre de stratégies de contrôle fondées sur chaîne complète (capteurs, actionneurs, boucle dynamique de contrôle)
 - Estimation et reconstruction d'un état de sillage à partir d'informations et de capteurs pertinents

SIMULATION MULTIDISCIPLINAIRE INSTATIONNAIRE HAUTE PERFORMANCE

La capacité à modéliser fidèlement et à simuler efficacement les écoulements complexes et leurs interactions constitue un enjeu scientifique majeur. L'évolution permanente des performances des calculateurs conduit à de nouvelles perspectives en la matière mais ouvre aussi de nouvelles problématiques.

Ces moyens de calculs – dont les calculateurs massivement parallèles – incitent au développement et à l'emploi de nouvelles méthodes numériques et de nouveaux algorithmes qui doivent être adaptés à de gros volumes de données.

A termes, l'implémentation de nouvelles méthodes sur ces calculateurs de hautes performances doit conduire à une compréhension plus fine des phénomènes multiphysiques et de leur interaction, mais aussi à une capacité accrue en termes d'optimisation robuste.

Thématiques

Plus précisément, les projets répondant au présent appel porteront sur des recherches concernant :

1. La modélisation multiphysique ou multi-échelle
 - De la transition et de la turbulence
 - Des phénomènes aérothermiques et compressibles (convection, rayonnement, chocs ...)
 - De l'aéroélasticité et l'aéroacoustique
 - Des phénomènes de combustion
 - Des phénomènes multiphasiques

2. La simulation numérique sur calculateurs à hautes performances
 - Le traitement de très grandes quantités de données
 - Le passage à l'échelle des schémas numériques et des algorithmes de couplage
 - L'adaptation aux calculateurs multi-cœurs
 - La simulation haute fidélité (schémas, maillages) sur géométries curvilignes
 - Les méthodes innovantes (particulières) pour le calcul à haute performance
 - La robustesse des méthodes numériques, quantification et maîtrise des incertitudes

Appel à projet Blanc - JCJC - FRAE/ANR 2013

SYSTEMES

Les domaines visés couvrent :

- Systèmes ou fonctions embarqués avioniques ou spatiaux (niveau global)
- Capteurs embarqués complexes, les SoC, les nouvelles architectures de calcul (niveau local)
- Les systèmes de systèmes embarqués (niveau macro) (par exemple un réseau d'avion)

Les sujets proposés couvrent les thèmes ANR suivant :

- les techniques pour le génie électrique (SIMI9 à l'ANR)
- les techniques pour le traitement de l'information (SIMI2)
- les matériels et logiciels et les systèmes et les communications, micro et nano technologies (SIMI3)
- les interfaces homme-système (SIMI ?)

Les enjeux généraux sous-tendus par l'ensemble des propositions de recherches sont :

- la sûreté de fonctionnement (safety), incluant la robustesse aux défaillances, anomalies, incluant la correction ou la qualité des services rendus
- la sécurité de l'information (security)

dans le cadre général des contraintes du domaine applicatif (aéronautique et spatial)

- efficacité, performance...

Introduction générale. Les systèmes avenir (l'ATM, les nouvelles fonctions embarquées, les nouveaux capteurs, les nouvelles architectures de calculateurs...) vont vers toujours plus de complexité. L'impact prévisible de cette croissance serait, à techno constante, une baisse du niveau de safety. Il est donc nécessaire d'accompagner cette évolution par de nouvelles recherches pour garantir un bon niveau de safety. Ces recherches doivent porter sur :

- les technologies embarquées, en particulier le génie électrique (réseaux de puissance...);
- les techniques de health monitoring embarquées adressant les aspects physiques et fonctionnels;

- et les techniques de conception d'analyse de systèmes / fonctions / architectures embarquées.

Cet appel est structuré en 3 parties. La première aborde la question de la résilience des systèmes complexes. La seconde aborde la question de la présentation de la situation à l'équipage. Enfin la troisième adresse le thème des nouvelles architectures répondant aux évolutions mentionnées ci-dessus.

1. Nouvelles techniques de FDIR pour les systèmes complexes

Introduction, problème posé. La complexité croissante des systèmes dans de nombreux domaines (aéronautique, automobile, spatial, nucléaire, ferroviaire, ...) pose le problème du risque technologique et de sa maîtrise. La mise en œuvre de techniques de sûreté de fonctionnement éprouvées (certification avion, approches formelles ...) permet d'adresser ce risque, en liaison avec celles dites Health Management (« surveillance de santé », parfois référencée par l'acronyme FDIR – Failure Detection Isolation & Recovery) qui sont apparues dans le domaine physique (contrôle des structures et des moteurs aéronautiques - fatigue, criques, ... - et des composants électroniques - vieillissement, dégradation de performances -). L'augmentation de la complexité fonctionnelle des systèmes, requise par la nécessité de satisfaire des besoins plus étendus, déplace le problème vers le domaine fonctionnel. Il faut donc développer de nouvelles approches permettant la conception de systèmes « quasi résilients », c'est-à-dire susceptibles de maintenir un domaine d'utilisation identifié comme « sûr ».

Thèmes scientifiques couverts par cet appel :

- technique d'analyse de déviation par rapport à la normale, pronostic avant occurrence de défaillance, diagnostic pour systèmes complexes embarqués, détection / confirmation de situations anormales
 - o anormales = pour cause de défaillance
 - o anormales = pour cause d'intrusion (security)
 - o anormales = pour cause d'erreur de conception
- mécanismes embarqués pro-actifs pour anticiper les risques (pour des systèmes à la fois data centrés, ou des systèmes physiques tels que les composants actifs, réseaux de puissance, réseaux de capteurs, ...)
- techniques de reconfiguration sûre
- technique formelle pour l'analyse de correction / robustesse d'architectures (détecter dès la conception les erreurs de conception, et les modes de défaillance auxquels le système n'est pas robuste)
- principe d'architecture des systèmes d'analyse et de détection / confirmation de défaillance (architecture centralisée versus architecture distribuée)
- technique d'analyse probabiliste versus technique d'analyse pire cas.

2. Ergonomie des systèmes pilotés

Introduction, problème posé. L'environnement auquel l'équipage d'un système piloté est soumis est composé de plusieurs éléments : l'environnement physique, les conditions dynamiques et les autres systèmes susceptibles d'interagir (dans le cas d'un aéronef, il s'agit par exemple du terrain : relief / repères / obstacles, de la météo, des autres aéronefs). La synthèse de toutes ces composantes et le suivi de leur évolution dynamique est un enjeu de sécurité pour l'équipage qui doit garantir (au-delà de la machine) que le système est toujours en situation « sûre » par rapport à ces éléments. L'équipage est aidé en cela par un certain nombre de perceptions/observations

généérées par la machine elle-même, ou diffusées par un superviseur ou par d'autres systèmes. L'enjeu est donc la constitution d'une image mentale systémique de l'espace, c'est à dire d'une représentation 4D (x,y,z,t) de cet environnement dans le « cockpit ».

Thèmes scientifiques couverts par cet appel :

- Analyse de la situation présente de l'ensemble homme-système (incluant la situation interne, externe, et l'état de sollicitation des opérateurs) et de sa situation future ;
- Nouvelles techniques de présentation de la situation présente et future aux opérateurs ;
- Aide à la prise de décision en temps réel.

3. Nouvelles architectures embarquées

Introduction, problème posé. Découpler de manière croissante les applications logicielles des matériels physiques supportant l'exécution des processus constitue un enjeu important des futures architectures embarquées. Une tendance forte vers la distribution des systèmes (physiques ou systèmes de données) s'observe actuellement. Dans le cas des systèmes de systèmes embarqués (ensemble d'avions par exemple, constellation de satellites, ...), on peut également envisager à terme la délocalisation des fonctions. Ces tendances nécessitent l'étude de nouvelles architectures.

Thèmes scientifiques couverts par cet appel :

- nouveaux paradigmes d'architecture de puissance (pour aller vers des avions plus électriques) (architecture distribuée, de type multi-agents...)
- nouveaux paradigmes d'architectures, embarquées : notamment architecture orientée services, architectures haute performance ;
- architectures de systèmes de systèmes embarqués, par exemple pour la gestion en temps réel de flotte de véhicules ;
- architecture de capteurs embarqués, ou de réseaux de capteurs.