

**PROTOCOLE PLURI-ANNUEL D'ACCORD RELATIF AU FINANCEMENT
COMPLEMENTAIRE PAR LA FRAE DE L'APPEL A PROJETS ANR
CONCERNANT LE PROGRAMME BLANC
EDITION 2011 A 2017**

ENTRE

d'une part,

La Fondation de Recherche pour l'Aéronautique et l'Espace,
23, Avenue Edouard Belin, 31 400 TOULOUSE
représentée par son Président, **Monsieur Jean-Marc THOMAS**

Ci-après désignée « **FRAE** »

ET

d'autre part,

L'Agence Nationale de la Recherche,
212, rue de Bercy 75012 PARIS
représentée par son directeur général, **Madame Jacqueline LECOURTIER**

Ci-après désignée « **ANR** »

IL A ETE PREALABLEMENT EXPOSE CE QUI SUIV

L'ANR a pour mission de financer et de promouvoir le développement des recherches fondamentales, appliquées et finalisées, l'innovation et le transfert technologiques et le partenariat entre le secteur public et le secteur privé.

Le programme Blanc de l'ANR a pour but de donner une impulsion significative à des projets scientifiques ambitieux qui se positionnent favorablement dans la compétition internationale et qui présentent des objectifs originaux, en rupture avec les itinéraires de recherche traditionnels. Ce programme est ouvert à toutes les thématiques et à tous types de travaux de recherche, depuis les projets les plus académiques jusqu'aux recherches menées dans le cadre de partenariats avec les acteurs socio-économiques.

Cette année, le programme Blanc prend une dimension plus importante avec une augmentation de son budget afin de mieux répondre aux attentes de la communauté

scientifique. Les programmes non thématiques devraient représenter 50% du budget d'intervention de l'ANR.

La FRAE, Fondation de recherche d'intérêt public a pour mission de définir, promouvoir et financer, pendant six ans au minimum, des programmes de recherche en partenariat, notamment public-privé, dans le domaine de l'aéronautique et de l'espace. Ces programmes véhiculent des enjeux fondamentaux de développements durables, de sécurité, de sûreté et d'environnement.

Ils sont notamment axés sur :

La sécurité et la sûreté du transport aérien ;

Le développement des technologies minimisant l'impact sur l'environnement ;

L'efficacité globale du système de transport aérien ;

L'essor des applications spatiales au service du développement durable et de la gestion des risques ;

Le renforcement de la base technologique nécessaire à l'indépendance stratégique des industries aérospatiales.

Pour renforcer son action par le biais de synergies avec l'ANR, la FRAE souhaite participer au financement de projets sélectionnés dans le Programme Blanc et partager à égalité avec l'ANR le financement de projets retenus conjointement.

La FRAE et l'ANR ont décidé de concrétiser cette collaboration par un protocole d'accord, qui prévoit les modalités de financement de ces projets. Dans cette perspective la FRAE a décidé d'une participation au financement de l'édition 2011 de ce programme à hauteur de 1.500.000€.

Un avenant annuel (par édition du Programme Blanc) au présent protocole sera co-signé chaque année par le Président de la Fondation et par la Directrice de l'ANR, lors de la finalisation du processus de sélection des projets retenus, ceci afin de fixer :

- la liste des projets aidés par la Fondation de Recherche en Aéronautique et Espace
- le montant précis de l'enveloppe accordée à ces projets



MEMORANDUM RELATIF A L'EDITION 2012 DU PROTOCOLE ANR - FNRAE

La FNRAE et l'ANR affirment leur volonté de renforcer l'action commune engagée dans le cadre du protocole.

Les évolutions attendues ont notamment pour objectif d'accroître l'attrait de la communauté scientifique et des établissements pour cette opération de cofinancement.

Domaines d'intérêt pour le cofinancement

LA FNRAE et l'ANR prévoient de revoir les domaines qui touchent plus spécifiquement les problématiques de la FNRAE et sur lesquels les priorités de cofinancement seront données.

Voir à la suite, les trois thèmes prioritaires proposés par la FNRAE pour l'édition 2012 de l'appel à projets Blanc



AEROACOUSTIQUE

DE L'APPEL A PROJET BLANC ANR/FNRAE 2012

Les enjeux de réduction du bruit des aéronefs sont au cœur du développement durable de l'aviation dans les prochaines décennies dans toutes ses composantes, avions de ligne, avions d'affaires, hélicoptères, voire même aéronefs pour la défense. La prévision des performances acoustiques devra être accessible par les outils du concepteur au même titre que celle des performances énergétiques des aéronefs et de leurs moteurs.

Ces enjeux sont autant environnementaux qu'industriels. Ils nécessitent des progrès sur la compréhension fondamentale des phénomènes, sur les techniques de mesure associées et sur la perception des bruits spécifiques engendrés. A cet effet, le présent appel à propositions incite à des développements sur les quatre thèmes décrits ci-après. Les projets proposés en réponses pourront combiner des aspects relatifs à ces différents thèmes.

Modélisation et simulation de sources aéroacoustiques en interaction

Interactions de sillages pour les machines tournantes

L'objectif des travaux de recherche ici proposés est d'aboutir à l'amélioration des méthodes de modélisation et de simulation de sources aéroacoustiques en interaction. On vise en particulier :

- à obtenir des descriptions physiques fines de mécanismes de génération de bruit tel que ceux rencontrés dans les aubes de compresseurs ou dans les interactions rotor-stator
- à décrire la propagation interne et en champ proche du bruit généré par ces sources

Interactions de jets avec des parois solides

Les travaux visés s'attacheront à améliorer les descriptions existantes des sources acoustiques de jets modifiées par la présence de parois solides. Sont visés des cas d'application tels que les interactions jet/volets, jets/pylône, jet/jet et les effets de masquage. On s'attachera en particulier aux champs intermédiaires typiquement jusqu'à 20 diamètres de sortie et au développement des méthodes associées.

Méthodes de diagnostic avancées et caractérisations associées

Afin de progresser dans les techniques de caractérisation acoustique, il est nécessaire de développer de nouveaux outils et de nouvelles méthodes de diagnostic. Les recherches porteront en particulier sur :

- les dispositifs d'antennerie adaptés aux turbomachines
- les capteurs en couche mince pour l'aéroacoustique
- les méthodes de mesure en environnement non anéchoïque

Métriques dédiées à la qualité sonore et à la gêne liées au bruit des aéronefs

Ce thème vise à dégager à terme des métriques de qualité sonore plus représentatives de la gêne perçue que les différentes moyennes intégrées de niveaux sonores qui se pratiquent actuellement. La thématique est ouverte aux spécialistes de l'acoustique physique et à ceux de la psychoacoustique et les projets intégrant ces différentes compétences seront privilégiés.

Nouveaux absorbants acoustiques

Les travaux requis se focaliseront sur des structures actives ou passives permettant l'absorption sous écoulement d'ondes acoustiques de basses fréquences (<500 Hz) dans des épaisseurs limitées (<10cm) et sur la compréhension des phénomènes physiques associés.

La mise au point et la validation combinées des propriétés acoustiques de ces structures nécessiteront l'association de compétences différentes au sein de recherches fortement interdisciplinaires.



GENIE ELECTRIQUE

DE L'APPEL A PROJET BLANC ANR/FNRAE 2012

L'avion plus électrique et les systèmes qui le constituent devront être globalement plus compacts, plus efficaces, plus fiables, tout en respectant au mieux les contraintes environnementales. Une voie pour y parvenir est l'intégration de ces systèmes considérés individuellement ou de manière collective et qui seront amenés à fonctionner dans des environnements plus contraints en termes de température, altitude, CEM... Cette thématique d'intégration fait l'objet principal de cet appel à projet dont les principaux objectifs sont le développement de constituants ou d'ensembles de constituants fonctionnant à température et fréquence élevées.

Ces orientations peuvent se décliner selon les 3 thèmes suivants :

- **L'intégration de puissance** (convertisseurs statiques, filtres, systèmes de refroidissement) dans leur environnement applicatif (intégration système : convertisseur + application) est un facteur clé du succès de l'électrification dans les aéronefs. Les orientations doivent passer par :
 - o De **nouvelles structures de conversion de puissance** optimisant le compromis rendement - densité de puissance - EMC. Les orientations vont vers la recherche de hautes fréquences de commutation (100kHz ... 1MHz) à l'aide des nouveaux composants grands gap, de nouvelles architectures et modes de contrôle, de nouveaux matériaux avec l'objectif de repousser les limites en température de fonctionnement.
 - o De nouvelles voies pour l'interconnexion, **l'intégration fonctionnelle** et l'assemblage 3D
- les contraintes d'un système embarqué nécessitent le développement d'actionneurs électromécaniques compacts et fiables vis-à-vis de nouvelles contraintes combinées apportées d'une part par l'alimentation et la dynamique de l'électronique de puissance et d'autre part par l'environnement sévère dans lequel évolue l'actionneur :

- les contraintes (augmentation des tensions, dV/dt , température, pression, humidité) doivent être prises en compte afin de définir l'utilisation de nouveaux matériaux et technologies des systèmes d'isolation.
 - L'augmentation de la température au-delà des standards actuels reste un des enjeux majeurs pour lequel des progrès significatifs sont attendus : matériaux isolants, conducteurs et magnétiques.
 - La compréhension des mécanismes de dégradation et de vieillissement ainsi que leur monitoring sont des enjeux importants pour la fiabilisation de ces systèmes.
- Vers l'**intégration mécatronique** de l'électronique de contrôle et de puissance, et des actionneurs (convertisseurs intégrés électromécaniques, électrohydrauliques,...).
- Une recherche d'optimisation du couplage fonctionnel permettant d'augmenter les performances globales du système
 - Une meilleure **maîtrise de la CEM** dans le contexte du couplage électronique-actionneur.

Les collaborations multi disciplinaires seront encouragées.



HEALTH MANAGEMENT FONCTIONNEL ROBUSTE

DE L'APPEL A PROJET BLANC ANR/FNRAE 2012

Contexte et motivations

De nombreux systèmes, dans tous les domaines (aéronautique, automobile, spatial, nucléaire, ferroviaire, ...), bénéficient aujourd'hui de nouvelles technologies en matière de matériels et de logiciels. Cette complexité croissante, naturellement induite par des capacités fonctionnelles et des performances accrues, pose le problème du risque technologique et de sa maîtrise – pour laquelle les attentes deviennent de plus en plus exigeantes. Dans le même temps la course à la compétitivité amène à innover (induisant des risques nouveaux souvent méconnus d'ailleurs) et entraîne des contraintes fortes sur les coûts de production et d'opération (disponibilité système, ...).

Des exemples récents montrent à l'évidence que, malgré la mise en œuvre de techniques de sûreté de fonctionnement éprouvées (certification avion, approches formelles ...), subsistent des situations, certes rares, mais dont les conséquences ont un impact économique important, voire inacceptable.

La notion de « Health Management » (« surveillance de santé », parfois référencée par l'acronyme FDIR – Failure Detection Isolation & Recovery-) d'un système repose sur la mise en œuvre coordonnée de trois grandes fonctions que sont le *diagnostic* (détection et localisation des pannes), le *pronostic* (surveillance et observation des tendances) et la *reconfiguration* (mise en œuvre de redondances ou de sauvegardes, maintien d'un mode de fonctionnement acceptable du système). Elles assurent la gestion et le contrôle des anomalies, optimisant, au plan opérationnel, la disponibilité et la fiabilité des systèmes complexes, incluant ou non l'homme dans la boucle.

Il apparaît que les techniques classiques de Health Management sont mises en défaut soit en présence d'événements nouveaux générés par le recours à l'innovation soit en présence de combinaisons imprévues d'événements liées à la complexité.

Approche fonctionnelle

Historiquement, cette notion de Health Management est apparue dans le domaine de la mécanique (contrôle des structures et des moteurs aéronautiques : fatigue, criques, ...) et plus récemment dans celui des composants électroniques (vieillesse, dégradation de performances). Dans les deux cas, on se situe dans le domaine *physique*.

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*. En effet, les utilisateurs de systèmes de plus en plus automatisés se placent davantage dans le domaine *comportemental*, en cherchant à détecter et anticiper l'apparition de comportements « anormaux ». De ce point de vue, le lien avec les moyens de surveillance et contrôle dans le domaine physique devient plus complexe et plus diffus voire insuffisant.

Le thème proposé Health Management Fonctionnel Robuste a pour objet de développer de nouvelles approches et technologies permettant la conception de systèmes « quasi-résilients », c'est-à-dire susceptibles de maintenir un domaine d'utilisation identifié comme « sûr ».

Les approches à examiner reposent sur une analyse des écarts comportementaux par rapport à ceux attendus, pour être en mesure de réagir sur le modèle ou la statistique des erreurs. De ce point de vue, les préoccupations du Health Monitoring Fonctionnel rejoignent les techniques d'apprentissage statistique, pour ce qui concerne l'analyse des écarts comportementaux, et celles de l'automatique robuste, pour ce qui est de la correction des erreurs, ou plus généralement de la résilience recherchée.

Robustesse

Le concept de robustesse recouvre différentes acceptions qu'il convient de définir rigoureusement dans le cadre de l'étude proposée.

Rapportée au domaine de la sûreté de fonctionnement la robustesse est la capacité d'un système à garantir le respect de certaines propriétés considérées comme essentielles ou vitales en présence d'événements non prévus, les événements prévus (et spécifiés) étant quant à eux couverts par les techniques classiques de tolérance aux pannes et aux fautes.

Dans le domaine de l'automatique, la commande et le contrôle des systèmes se fondent sur l'alimentation d'un modèle par des mesures. Le modèle est réputé représentatif du comportement - supposé raisonnablement connu - du système. Si le comportement du système n'est pas bien connu ou si le modèle n'est pas adapté à la statistique des mesures, le processus de contrôle et commande peut induire un comportement non conforme aux attentes. Il serait donc utile, dans le cadre du Health Monitoring Fonctionnel, de disposer de la capacité à analyser les écarts comportementaux par rapport à ceux attendus, pour être en mesure de réagir sur le modèle ou la statistique des erreurs.

De ce point de vue, le Health Monitoring Fonctionnel rapproche les objectifs de robustesse au sens de la sûreté de fonctionnement des préoccupations de l'automatique « robuste ».

Les propositions devraient en premier lieu s'attacher à définir de façon formelle les propriétés du système exprimées en fonctions et performances de façon vérifiable. Par principe même l'énumération des événements imprévus à envisager est irréaliste : il s'agira au-delà des causes, de définir les concepts de maintien en conditions opérationnelles (dans la gamme de propriétés spécifiées) à partir des conséquences finales sur le système.

L'approche consiste alors à accepter l'idée qu'un système complexe pourrait disposer d'un « espace d'autonomie de fonctionnement », à l'intérieur duquel son *comportement* n'est plus nécessairement déterministe. Les « frontières » de cette espace représentent alors les limites au-delà desquelles le système entre dans des comportements « anormaux ». Un système de Health Monitoring Fonctionnel se concentrera donc sur la détection de ces franchissements et sur la reconfiguration – au moins temporaire - vers des processus de sauvegarde en vue d'une restauration d'un état sûr.

Domaines concernés

Tous les domaines qui mettent en œuvre des systèmes complexes, partiellement ou complètement autonomes (sur un horizon temporel donné), sont candidats au concept de Health Management Fonctionnel Robuste.

- Aéronautique : l'interaction matériel-logiciel-pilote confrontée aux conditions de l'environnement extérieur nécessite une capacité embarquée de gestion des situations « anormales » avec boucle de réaction court-terme
- Spatial
 - Les lanceurs ou véhicules autonomes comme l'ATV (Automatic Transfer Vehicle) exigent une disponibilité exceptionnellement élevée en phase critiques (lancement, approche station spatiale, ..) où le temps de réaction de l'homme est inapproprié
 - Satellites : les exigences en termes de disponibilité opérationnelles des satellites de télécommunications, de navigation (Galiléo), des sondes interplanétaires (durée de blackout) imposent une réactivité bord extrême
- Drones : le système drone requiert une autonomie court-terme compatible avec la boucle de contrôle des opérateurs, dans des conditions d'environnement souvent difficiles (météo, brouillage, etc)
- Transports terrestres (trains, automobiles, ...)
- Générateurs d'énergie

Les propositions auront ainsi pour objet l'exploration des méthodes et technologies support permettant de définir des concepts génériques de Health Management Fonctionnel Robuste en rapport avec au moins l'un des domaines cités.

Axes potentiels d'étude

- Cadres formels (modèles et outils) pour la représentation des comportements, métrique dans l'espace des comportements, représentation de l'incertitude
- Notion de normalité, caractérisation des comportements normaux et anormaux (méthodes d'apprentissage, modélisation et simulation d'événements rares, ...)
- Observabilité des comportements, pronostic (systèmes hybrides, méthodes de filtrage, fusion de données, ...)
- Cadre formel pour la représentation du risque et de la gestion du risque (théorie des jeux, POMDP, théorie de la viabilité, ...)
- Commande robuste aux pannes (dont commande prédictive)
- Interaction homme-système : suivi de l'activité de l'opérateur et partage d'autorité. Cadre formel (modèles et outils) pour la représentation des activités, des intentions, ...
- Evaluation et validation d'un système de Health Management (dont cas particulier des méthodes non déterministes)