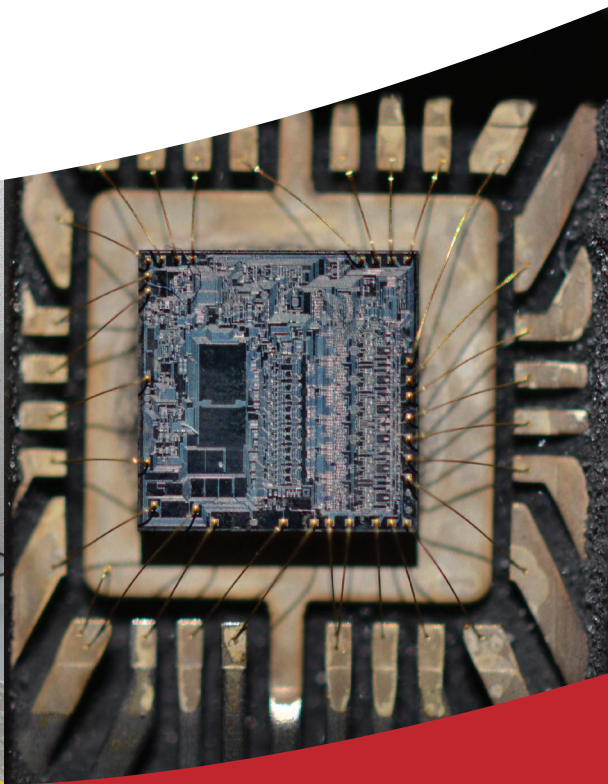
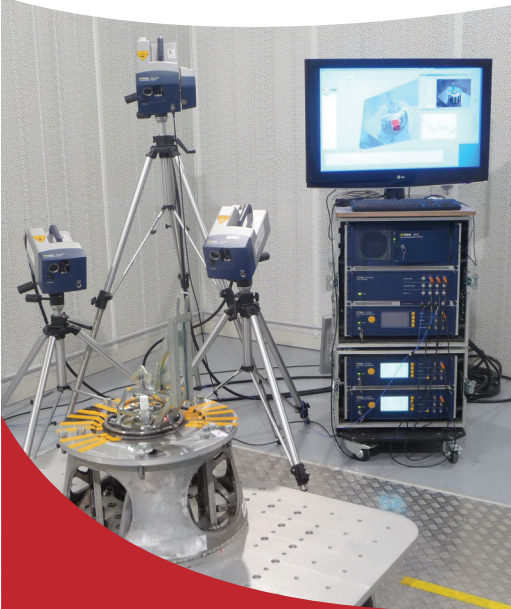




Normandie  
**AeroSpace**  
La passion de l'Excellence

**mov'eo**  
Imagine mobility



novembre  
**2014**

# **Feuille de route stratégique** sur la fiabilité des systèmes et des composants électroniques embarqués.

**Dans le cadre de ses activités en matière de Recherche, Technologie et Innovation, Normandie AeroEspace et MOV'EO définissent leur stratégie concernant la fiabilité des systèmes et des composants électroniques embarqués.**

Les éléments retenus dans ce document sont notamment issus d'entretiens menés auprès d'industriels (Safran-Aircelle, Thales Air systems, Safran-Labinal Power systems), et à l'occasion de la table ronde du 5 février 2014 lors des Normandy Motor Meetings.

Ils prennent en compte également la réflexion du Domaine d'Activité Stratégique (DAS) de MOV'EO « Système Mécatronique pour l'Électrification des véhicules ». Ce dernier est piloté par un groupe de travail composé d'une quinzaine d'experts issus du monde de la recherche, de PME innovantes ou de grands comptes équipementiers ou constructeurs automobiles.

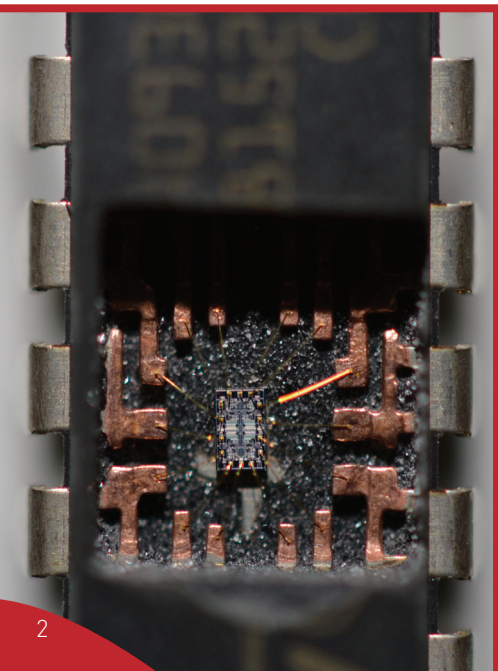
Il s'appuie également sur les nombreux travaux menés dans le cadre de la réflexion de la plateforme / PFMI AUDACE, portée principalement par les acteurs du technopôle du Madrillet tel que le CEVAA et le GPM.

L'objectif consiste à proposer, en conclusion du travail d'analyse mené de décembre 2013 à octobre 2014 et à l'occasion de la journée événement du 25 novembre 2014, les orientations prioritaires à donner aux actions de Normandie AeroEspace et MOV'EO dans le domaine de la fiabilité des systèmes et des composants électroniques. De plus, des apports

complémentaires (DGA, Sagem DS, VALEO et Thales) permettent d'étendre la vision aux domaines défense et automobile.

Nous tenons avant tout à remercier :

- Martial BELHACHE du CEVAA pour son investissement de longue haleine qui a permis d'arriver où nous en sommes aujourd'hui
- Patrick GIRAULT pour son rôle de synthèse et de rapporteur
- Michel AMIET pour son regard extérieur et son expertise
- Philippe EUDELIN, Régis MEURET, Vincent LECOQ, Olivier HENRIOT, Kamel MAAZIZ pour leur disponibilité, leur vision et leur apport à la construction de cette feuille de route
- Claudine BARRUET, Hichame MAANANE, Philippe POUQUET et Julien RIGO pour leur disponibilité et leurs échanges lors de la table ronde du 25/11/2014
- Les acteurs de FISYCOM, point central de cette dynamique en région.



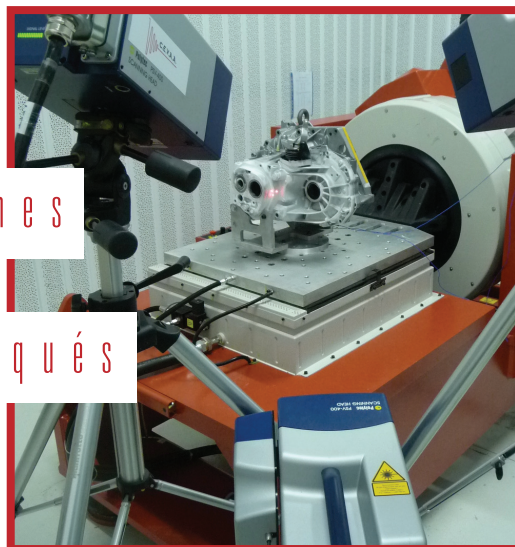
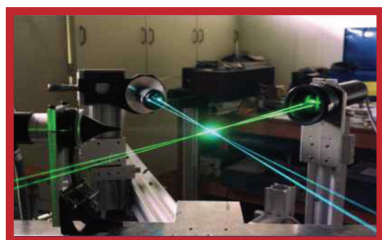
# Fiabilité des systèmes et des composants électroniques embarqués

## VISION GÉNÉRALE

**Respectivement filière d'excellence et pôle de compétitivité, Normandie AeroEspace (NAE) et MOV'EO s'engagent afin de relever les défis technologiques du véhicule du futur plus électrique et plus décarboné, problématique inhérente aux systèmes électroniques embarqués.**

Les secteurs impliqués sont nombreux, ouvrant la voie à de multiples champs de travaux et opportunités.

L'aéronautique est entre autres particulièrement concernée. L'avion de demain fera de plus en plus de place aux systèmes embarqués, avec notamment d'importants travaux concernant l'électrification de la nacelle, la gestion centralisée de ses systèmes électriques, et au-delà, la mise en réseau des systèmes et gestion de la puissance électrique.



Le domaine spatial, avec la propulsion des lanceurs, et la propulsion plasmique des satellites, est aussi touché. Les hyperfréquences, et par extension les secteurs dans lesquels elles sont utilisées, font également partie des domaines impliqués.

Pour le secteur automobile, les travaux autour de la fiabilité des composants sont déclinés selon différents niveaux :

- La maîtrise de la fiabilité dès la conception et en intégrant les processus industriels.
- La quantification de la fiabilité des produits par des études de vieillissement.
- L'analyse des défaillances précipitées (approche statistique et physique de la défaillance).

# Enjeux et problématiques

**Bien que les milieux d'application soient nombreux, plusieurs difficultés liées à l'intégration de ces systèmes, et souvent communes à chaque domaine, subsistent. Les environnements sévères, voire parfois extrême, génèrent des températures et des vibrations qui peuvent avoir des conséquences sur les éléments intégrés.**

Par ailleurs, la bonne compatibilité électromagnétique des systèmes entre eux et avec leur environnement suscite également des difficultés.

Des sujets tels que la compréhension des modes de défaillance, et par corollaire le développement de méthodologie d'essais permettant d'assurer davantage de fiabilité, sont à optimiser.

De même, le retour d'expérience, au niveau quantitatif mais aussi et surtout qualitatif, nécessite un perfectionnement.

Disposer d'un référentiel commun et validé le plus largement possible (initiative FIDES portée par la DGA et déjà soutenue par de grands industriels) s'avère également fondamental.



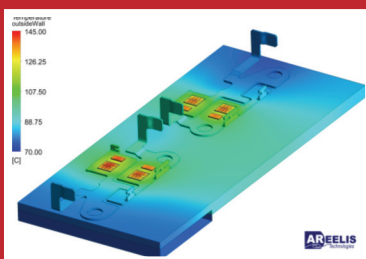
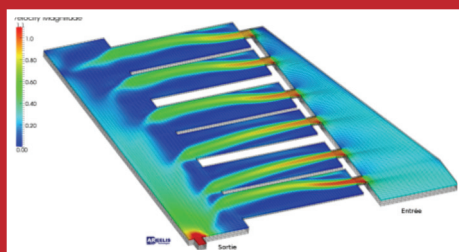
Enfin, la garantie de solutions efficaces en connectique interne ou externe dans un contexte croissant de miniaturisation, et les innovations en termes de packaging et de dissipation thermique, font aussi partie des challenges à relever.

Le niveau de fiabilité atteint par ces composants, organes et systèmes mécatroniques est déterminant pour assurer leur introduction sur le marché. Tous les acteurs s'accordent à dire que l'évaluation des mécanismes physiques de défaillance des matériaux utilisés pour l'électronique et la mécatronique, est absolument cruciale dans la maîtrise de la fiabilité.

# Des compétences scientifiques reconnues mises au service des industriels

L'ensemble des compétences dont disposent NAE et MOV'EO est à mettre en parallèle avec les nombreux acteurs qui donnent toute sa dimension au réseau :

- Le consortium FISYCOM qui regroupe 6 laboratoires normands : ANALYSES & SURFACE, GPM, CEVAA, LOFIMS, AREELIS Technologies, IRSEEM, et dont les domaines de prédilection sont nombreux (expertise et contrôle du vieillissement pour la mécatronique, analyse de défaillance adossée à des moyens rares, CEM, robustesse ESD & EOS, thermique, modélisation et optimisation multi-physique...).
- Le pôle universitaire de Caen avec le regroupement du LAMIPS, NXP, Presto Engineering, ainsi que le LUSAC et le GREYC, dont l'offre recoupe et complète la précédente (analyse de défaillance, caractérisation électrique, test et fiabilité de systèmes électroniques, fluide, thermique, spectroscopie RAMAN...).
- La plateforme SESAMES dédiée à l'étude des EOS, qui regroupe des acteurs de Normandie et des industriels tels que VALEO, RENAULT, ST Microelectronics.
- Le GRR-EEM, réseau de recherche électronique en Haute-Normandie qui est constitué du regroupement de 5 laboratoires : IRSEEM, GPM, GREAH, CORIA et LITIS. Ils apportent des compétences complémentaires en électronique de puissance, systèmes de contrôle pour les énergies renouvelables, et systèmes de vision.



Enfin, dans une optique constante de mise en commun des ressources et des qualifications, NAE et MOV'EO accompagnent régulièrement des missions conduites par d'autres pôles leaders, concernant des thématiques qui entrent dans leurs secteurs de recherches. C'est précisément cette volonté de fédérer des acteurs reconnus dans leurs domaines d'expertise, et d'investir sans réserve ses compétences dans l'élaboration de projets ambitieux, qui caractérise les deux acteurs dans la poursuite de leurs objectifs d'excellence.



# Déclinaison de la feuille de route Fiabilité des Composants et des Systèmes Electroniques Embarqués

La filière NAE et le pôle de compétitivité MOV'EO poursuivent un objectif d'Excellence...

...qui est atteignable sur les points forts qui lui sont déjà reconnus

...mais NAE et MOV'EO ne peuvent être concurrentiels seuls sur toutes les thématiques de la fiabilité.

## Première thématique : Les connaissances et les moyens d'investigation sur les matériaux « électriques » et les composants.

Des connaissances pointues et reconnues concernant les moyens d'investigation sur les matériaux « électriques » et les composants sont déjà identifiés au travers du GPM (Groupe de Physique des Matériaux). De plus, un rapprochement déjà effectif avec d'autres laboratoires a permis l'émergence de laboratoire commun (CEVIMAT – CECOVIM...) et s'est concrétisé à travers des projets collaboratifs récents comme AUDACE – First MFP, ou encore le partenariat FISYCOM. Enfin, la proximité d'acteurs

académiques et industriels du domaine comme AREELIS Technologies présent dans FISYCOM, Presto Engineering et NXP avec le LAMIPS, le LUSAC et le GREYC, sont autant de compétences pertinentes sur la thématique de la fiabilité qui prennent sens dans le consortium FISYCOM, d'où un rapprochement prévu courant 2015.



Objectifs proposés :

- Positionner la Normandie comme un acteur de premier plan dans les **démarches de fiabilité prédictive** :
  - La compréhension des modes de défaillance (en particulier les nouveaux composants grand gap
  - L'analyse statistique/probabiliste
  - La modélisation multiphysique
  - Les méthodes d'essais et de qualification
- Jouer un rôle actif dans l'élaboration, la validation et le rayonnement du guide FIDES en vue de mettre à disposition des acteurs du domaine un référentiel reconnu en remplacement du domaine référentiel obsolète actuel (MIL-HDBK-217-F) :
  - Participation au GTR FIDES
  - Alimentation des bases de données
  - Adjonction d'un volet FIDES dans la mesure du possible dans les projets à venir.

## Deuxième thématique : L'électronique de puissance.

L'électronique de puissance compte aussi parmi les points forts, avec la présence de l'ESIGELEC/IRSEEM qui offre des compétences de premier plan dans ce domaine.

L'industrie locale met déjà en œuvre des systèmes électroniques de puissance embarqués via ce centre de compétences, et formule des besoins en termes de

gestion de l'énergie électrique entre différents systèmes.

Objectifs proposés :

- Développer des études de fiabilité et les méthodologies associées pour les architectures « multisources-multicharges » dont la défaillance devient particulièrement critique.
- Poursuivre les travaux CEM (domaine d'excellence de l'IRSEEM), y compris capacités de simulation.

### Troisième thématique :

#### Les technologies liées à la connectique.

La maîtrise des technologies liées à la connectique légitime pleinement la volonté de s'engager dans des projets de développement technologiques, afin de positionner le territoire comme pôle d'excellence en connectique. Bénéficiant déjà du rayonnement de la société Hypertac Smith Connectors qui dépasse largement la Région normande, et en capitalisant sur les compétences de laboratoires « matériaux » comme le GPM, le CNRT Matériaux, ou Analyses et Surface, tout laisse à penser que les besoins exprimés par les industriels tels que Thales Air Systems peuvent trouver une réponse pertinente à cet enjeu.

Objectifs proposés :

- Engager des projets de développement technologique qui positionnent le territoire en pôle d'excellence sur la connectique.
- Faciliter la synergie potentielle avec d'autres acteurs comme Gauthier Connectique – TE Connectivity.
- Mener une réflexion afin de ne pas se limiter au connecteur mais étendre cet enjeu au câble (présence de ACOME en région).

### Quatrième thématique :

#### Le packaging des électroniques miniaturisées et la dissipation thermique

Le packaging des électroniques miniaturisées et la dissipation thermique

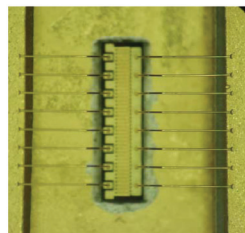
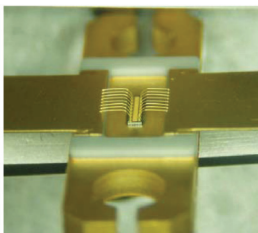
sont également des domaines de compétences de la Normandie au travers :

- D'industriels concernés et impliqués tel que Thales, Arelis...
- De moyens et compétences en thermique avec AREELIS Technologies, le LUSAC sur les aspects matériaux à changement de phase, microfluidique et surfaces nanostructurées.
- Des potentialités de la fabrication additive via MB Proto.

Objectif proposé :

- Promouvoir le développement de solutions innovantes de packaging et de dissipation thermique :
  - Développement de solutions type caloducs (Lusac), spray cooling (AREELIS Technologies) en collaboration entre les laboratoires et les industriels.
  - Exploration de solutions à base de matériaux à changement de phase, échangeur biphasique en s'appuyant sur une démarche collaborative entre le LUSAC et AREELIS Technologies.
  - Outils de modélisation incluant une connaissance plus fine du comportement des composants.
  - Solutions nouvelles de packaging : surfaces nanostructurées, recours éventuel à la fabrication additive, connectique inter-couches adaptée...

Cette feuille de route a pour vocation d'être évolutive afin de s'adapter au besoin industriel, dans un souci de convergence des objectifs et orientations des industriels et des laboratoires.



# Les acteurs et partenaires de cette feuille de route



**1)** Fondé en 1998, **Normandie AeroEspace (NAE)** est le réseau normand des acteurs du domaine aéronautique, spatial, défense et sécurité, impliqués dans les grands projets d'avenir. Présidée par Philippe Eudeline, la filière NAE, dont le siège est basé sur le Technopôle du Madrillet à St-Etienne du Rouvray (76), est présente en Haute et Basse-Normandie. Elle est constituée de 100 membres : grands groupes industriels, aéroports, une base militaire, PME et PMI, laboratoires de recherche et d'établissements d'enseignement supérieur. Son objectif est de développer l'économie régionale, et de donner à la filière aéronautique et spatiale un rôle majeur, capable de répondre aux défis de demain.

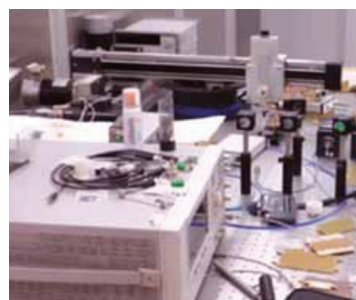
Afin de soutenir ses membres dans toutes les dimensions de leur développement, le réseau NAE est structuré autour de quatre axes fondamentaux :

- Recherche, Technologie & Innovation (RTI)
- Business & Performance
- Emploi & Formation
- Communication

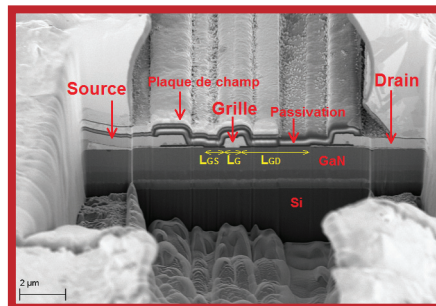
Sur le volet « Recherche, Technologie et Innovation » (RTI), l'ambition est de garder une longueur d'avance en favorisant l'émergence de projets collaboratifs innovants. Pour cela NAE s'est fixée comme objectif de préparer les technologies du futur sur des thématiques de pointe, d'animer un réseau de partenaire et de favoriser les projets collaboratifs en interface avec les pôles de compétitivité.

C'est dans cette optique que s'inscrit cette feuille de route sur la fiabilité des systèmes et des composants électroniques embarqués.

**2)** Pôle de compétitivité en R&D Automobile et Transports publics, **MOV'EO** mobilise depuis 2006 son énergie au service de ses membres, afin de répondre aux objectifs spécifiquement définis par l'État. Lieu d'excellence scientifique et technique où se construisent des collaborations durables entre différents acteurs, MOV'EO favorise l'élaboration de projets collaboratifs, contribue au développement en région des entreprises, en particulier des PME, et anime l'innovation de la filière. Par ailleurs,







bénéficiant d'une solide implantation dans les régions Basse-Normandie, Haute-Normandie et Île-de-France, le pôle contribue activement à la dynamique de ces territoires.

Avec 370 membres, le Pôle MOV'EO est l'une des plus larges communautés françaises de métiers en innovation de produits et de services dans le domaine de la mobilité. Ce sont de grands industriels, des PME de pointes, des structures de recherche prestigieuses, des acteurs territoriaux, des réseaux européens, qui participent tous ensemble à la concrétisation de projets ambitieux et innovants dans six domaines d'activités stratégiques :

- Solutions de mobilité intelligente
- Empreinte environnementale du véhicule
- Chaînes de traction thermiques
- Sécurité des usagers de la route
- Systèmes mécatroniques pour l'électrification du véhicule
- Démonstrateurs et stockage d'énergie

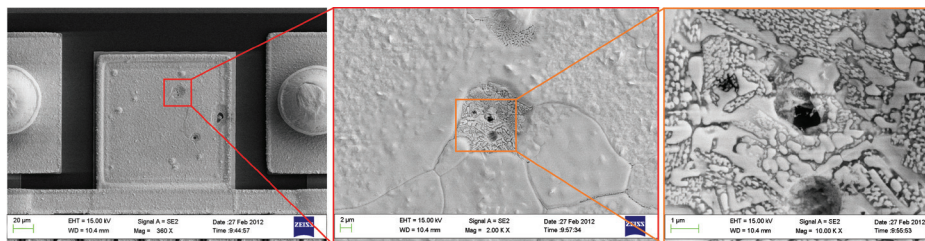
L'accompagnement des entreprises vers le marché fait aussi partie des priorités du pôle via notamment la création de groupements de PME ou Mov'eo développement : aide personnalisée et suivie selon différentes problématiques du développement d'entreprises : communication, export, propriété industrielle... Quatre outils transversaux permettent aussi de couvrir tous les besoins spécifiques rencontrés par les adhérents : MOV'EO PME, MOV'EO International, MOV'EO Compétences, et

MOV'EO Intelligence Économique. Des valeurs telles que l'ouverture, l'excellence, le service, le dynamisme, et la responsabilité, animent le réseau depuis sa création, afin de développer les capacités, de renforcer la compétitivité, et de fédérer les membres impliqués.

**3) Le consortium FISYCOM** (Fiabilité des Systèmes et des Composants) affiche comme objectif premier la fédération des acteurs impliqués autour de la thématique de la fiabilité des systèmes et composants mécatroniques en Normandie. Ce sujet touche de nombreux domaines, notamment l'aéronautique, l'aérospatiale, la sécurité défense, l'automobile et l'éolien (off-shore). Dans un environnement où performances et productivité constituent les principales exigences du monde industriel, FISYCOM s'emploie à apporter des réponses adaptées et des solutions pertinentes, en adéquation avec les attentes des entreprises. Cette ambition s'exprime au travers de deux axes clairement définis :

- Mieux concevoir le développement des composants et des systèmes en vue d'accroître leur efficacité
- Mieux prédire le niveau de fiabilité des composants et des systèmes.

Afin de concrétiser ses objectifs et d'encourager la mutualisation des ressources, FISYCOM a permis la création de 4 briques technologiques sous formes de laboratoires communs. Ces 4 briques favorisent l'émergence d'une « zone de convergence favorable » au sein de laquelle les spécificités du territoire normand apparaissent.



**CEVIMAT**, laboratoire commun sur l'étude du vieillissement des matériaux qui regroupe les acteurs suivants :

- **Analyses et Surface** par l'expertise dans l'ingénierie des matériaux liée à des problématiques d'analyse de défaillance, d'identification de particules ou d'études de vieillissement.
- **Le GPM** (Groupe de Physique des Matériaux) par la spécialisation en métallurgie physique et mécanique des matériaux, l'instrumentation scientifique, et le pilotage d'une plateforme de techniques d'observations et de caractérisations chimiques à l'échelle atomique.

**CECOVIM**, laboratoire commun sur l'expertise et le contrôle du vieillissement pour la mécatronique qui regroupe les acteurs suivants :

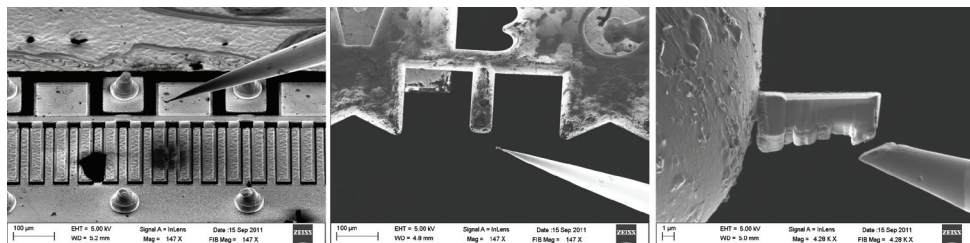
- **Le CEVAA** (Centre d'Etudes Vibro-Acoustique pour l'Automobile et les Transports) par la coordination d'un front office concernant le marché de la fiabilité des systèmes mécatroniques, et l'analyse dynamique vibratoire de systèmes mécatroniques.
- **Le GPM** par la fiabilité des matériaux grand gap (SiC et GaN) jusqu'aux échelles ultimes des composants électroniques, et la maîtrise de la chaîne d'analyse de défaillance, depuis la conception jusqu'à l'analyse physique.
- **Le LOFIMS** par la modélisation et l'optimisation multi-physique, la mesure optique de déplacement (interférométrie speckle) sur composants ou petits systèmes, et la corrélation mesure-simulation et l'analyse des risques de défaillance.

**CECOtherM**, laboratoire commun sur l'expertise et le contrôle de la thermique pour la mécatronique qui regroupe les acteurs suivants :

- **AREELIS Technologies** par l'expertise thermique privilégiant l'approche système (simulation numérique et expérimentale), le thermomanagement, la mise en œuvre et la conception de banc d'essai thermo-fluidique, et le développement et la conception d'échangeurs thermiques pour les composants mécatroniques et systèmes de stockage d'énergie.
- **Le LOFIMS** par la modélisation et l'optimisation multi-physique, la mesure optique de déplacement (interférométrie speckle) sur composants ou petits systèmes, et la corrélation mesure-simulation et l'analyse des risques de défaillance.

Et l'**IRSEEM** et son campus **CISE** par le lien entre CEM (Compatibilité Electro Magnétique) et fiabilité (moyen de stress et de caractérisation) des composants et systèmes électroniques, le développement d'expertise ESD et EOS et la fiabilisation des essais, et le diagnostic avancé des systèmes complexes.

Cette mise en commun de moyens, de connaissances et de savoir-faire se traduit également par l'ouverture à d'autres acteurs principalement établis en Basse-Normandie tels que LAMIPS, NXP, Presto Engineering, le LUSAC et le GREYC, ce qui permettra une meilleure identification des composants et de leur intégration dans les systèmes mécatroniques sur le long terme, et garantira davantage de



fiabilité par une analyse précise de leur vieillissement en opérationnel. Les acteurs industriels bénéficieront par conséquent d'un niveau optimal de qualité et de compétitivité, indispensable au succès des innovations qu'apportent les systèmes électroniques embarqués.

En favorisant le développement de projets collaboratifs et ambitieux, et en mutualisant les compétences humaines et technologiques de haut niveau via un dispositif facilement accessible, le consortium FISYCOM s'inscrit pleinement dans la continuité du projet AUDACE [Analyse des Causes de Défaillances des Composants des Systèmes Electroniques embarqués].

**4)** Créée en 1972, **3AF** (Association Aéronautique et Astronautique de France) est la Société Savante Française de l'Aéronautique et de l'Espace. Elle a pour objet la progression et la promotion des sciences et techniques aérospatiales. Son activité est en grande partie liée à

celle de l'industrie et de la recherche, aéronautiques, spatiales et hautes technologies associées. L'association 3AF est également en relation étroite avec les services et organismes d'État.

Plusieurs missions, telles que rassembler les acteurs concernés par les sciences et techniques de l'Aéronautique et de l'Astronautique, distinguer les meilleurs spécialistes au niveau international, créer d'importantes sources de connaissances, favoriser les contacts, et encourager la synergie des compétences, sont au cœur de l'association et convergent toutes

vers une même ambition : représenter l'ensemble de ses membres et leur donner accès à des moyens leur permettant de développer leur travaux et leurs aspirations.

**5)** Porté par l'association JESSICA France et avec le soutien financier de l'État, **CAP'TRONIC** aide les PME, quel que



soit leur secteur d'activité, à améliorer leur compétitivité en favorisant l'intégration de solutions

électroniques et de logiciels embarqués dans leurs produits. Le programme a pour objectif la diffusion des technologies de l'électronique dans l'ensemble des secteurs industriels.

Ce soutien aux entreprises se traduit notamment par un accompagnement tout au long des projets, le plus en amont possible, afin d'effectuer les choix les plus pertinents en matière d'intégration de l'électronique, et de surmonter les obstacles technologiques et industriels éventuels. Un réseau de compétences et d'ingénieurs spécialisés, des séminaires techniques, des ateliers de formation, sont autant d'atouts à partir desquels CAP'TRONIC fonde sa valeur ajoutée. Programme de diffusion technologique, il constitue le complément naturel du soutien public à la R&D industrielle en micro-nanoélectronique.



mov'eo  
Imagine mobility

