IRT SAINT EXUPÉRY

# 2024

*IRT Saint Exupéry*

# Rapport d'activité

# axes technologiques


03 édito

04 événements marquants

06 ils ont parlé de nous !

07 comité de direction

08 chiffres clés

**09 technologies intelligentes**

11 projet DEEL 2
12 projet IRMA
13 projet NS³
14 programme FOR
15 annuaire projets

**16 technologies de fabrication avancées**

18 projet ACDC
19 projet GLAD
20 projet CODEX2
21 programme polymères et composites
22 annuaire projets

**23 technologies plus vertes**

25 projet HIGHTVOLT2
26 projet Archimedes
27 projet RepowerDrive
28 programme FILAE
29 annuaire projets

**30 méthodes & outils pour le développement de systèmes complexes**

32 projet EasyMOD
33 projet R-EVOL
34 projet Confiance.AI
35 synergie MDO-V&VUQ
36 annuaire projets

37 nos centres d'essais

41 membres

42 contact


SOMMAIRE

# édito.

L'année 2025 s'ouvre sur une nouvelle étape pour l'IRT Saint Exupéry, que j'ai l'honneur de rejoindre en tant que Directeur Général. Cette mission, je l'aborde avec engagement et ambition. Dans un contexte technologique en constante évolution, et face aux enjeux majeurs de transition écologique, de souveraineté technologique et de compétitivité industrielle, notre institut a un rôle clé à jouer.

2024 aura été pour nous à la fois une année de transition et de projection. Dans un environnement en profonde mutation, il est essentiel de pouvoir s'appuyer sur une vision claire. C'est pourquoi nous avons formulé, dès le début de ce nouveau cycle, quatre grandes ambitions pour guider notre action et renforcer la valeur que nous souhaitons créer avec et pour nos membres.

- **Promouvoir notre position de pôle d'excellence reconnu**
  L'IRT Saint Exupéry est aujourd'hui une référence dans ses domaines d'expertise. Nous devons continuer à faire rayonner cette excellence, en valorisant nos réalisations, en affirmant notre leadership scientifique et technologique, et en renforçant notre place dans l'écosystème national et européen.
- **Accroître notre impact industriel sur la base d'une feuille de route agréée**
  Nous devons poursuivre nos efforts pour garantir un parfait alignement de nos travaux avec les priorités stratégiques de nos partenaires industriels, dans une logique de transfert rapide, concret et mesurable.
- **Renforcer les collaborations et le croisement des expertises**
  La complexité des défis technologiques actuels impose une approche résolument interdisciplinaire. Nous allons poursuivre l'ouverture de l'IRT, en tissant des liens toujours plus étroits avec les acteurs académiques, les pôles de compétitivité et les acteurs de notre écosystème dans une dynamique de fertilisation croisée.
- **Garantir un modèle économique durable et agile**
  Enfin, nous avons à cœur de garantir la stabilité, la lisibilité et la performance de notre modèle. C'est la condition pour continuer à répondre aux attentes de nos membres et partenaires dans la durée, avec agilité et efficacité, dans un cadre économique solide et partagé.

Ces ambitions ne sont pas que des mots : elles sont déjà à l'œuvre dans les nombreux projets et résultats que vous découvrirez dans ce rapport. Je tiens à remercier chaleureusement toutes celles et ceux – collaborateurs, partenaires publics et privés – qui incarnent chaque jour cette ambition collective.

Ensemble, faisons de l'IRT Saint Exupéry un acteur encore plus visible, utile, et durable de l'innovation technologique.

***Jean-Christian BEUCHER,***
*Directeur Général de l'IRT Saint Exupéry*

sommaire

## janvier

- Visite de Dassault Aviation
- **Lancement DEEL 2**

- Implication dans le projet VISIO Alpha
- Atelier MEL : construction d'un projet sur les machines électriques

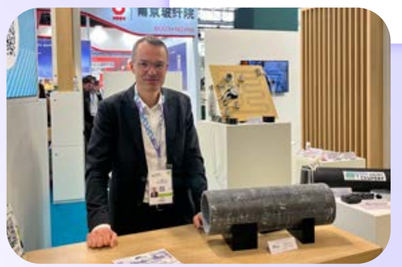
## février

**Présence à l'événement Clean Aviation**

- Conférence MEA 2024 à l'ISAE-SUPAERO
- Visite de Naval Group à l'IRT Saint Exupéry

## mars

**JEC World 2024**



- Top départ pour FREEzING 2
- Publication de notre livre blanc « Composites à Matrice Céramique »
- Présence au Airframe and Industrial Technology
- Centers Annual Conference

## avril

- Participation à la Paris Space Week
- **Journée "démontabilité des assemblages collés"**

- Présence au forum UTIAS
- Lancement du projet CoSMoS

## mai

- Début du projet INTREPID
- Organisation du workshop MDO à l'IRT Saint Exupéry
- Evénement « Talent Talks : Engager les jeunes Talents »
- Journée thématique "polymères et composites"

## juin

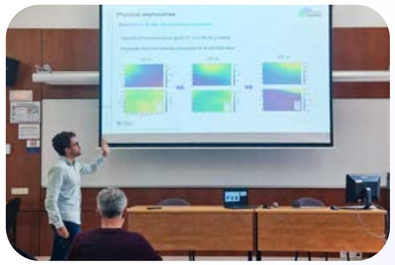
- Workshop Morpheus de l'ESA
- Participation au salon A3TS
- MobiliT.AI 2024
- Accueil des membres de l'ECPE à l'IRT Saint Exupéry
- Visite de AC DISMANTLING
- Participation au Toulouse Space Festival
- **Organisation de la journée vitrimères à l'IRT Saint Exupéry**

- Revue du projet CSS
- Lancement du projet européen Fastlane

2024

## juillet

- Visite de Naval Group
- **Conférence AI4AM2024**



- **Visite du CEA à l'IRT Saint Exupéry**

- Revue finale pour le projet européen 5GMED
- Présence à la conférence PFIA

## août

- Participation à la XAI World Conference
- Le projet IRMA s'envole dans l'espace !

## septembre

- Visite de l'IRT Saint Exupéry à STMicroelectronics
- Clôture du projet OXYGEN
- Lancement du projet COMPINNOV HT+
- Fin du projet EVERGREEN
- Marie Busquet récompensée au "SURFAIR Congress"

## octobre

- **Organisation de la "Journée Matériaux : les technologies de fabrication aérospatiales de demain"**

- Journée des familles
- Participation à l'IAC2024
- **Lancement officiel du programme FILAE**

## novembre

- L'IRT Saint Exupéry 13ème PME française déposante de brevets
- Conférence de Jacques Arnould
- Master Class DEEL : Prédiction Conforme
- Visite de Airbus In-Service Engineering
- Visite chez Nidec Leroy-Somer
- Présence au RTNC 2024

## décembre

- **Journée "IA, opportunités et défis de demain"**

- **Conférence de Philippe Steininger**

- Participation au forum INSA
- **Workshop GEMSE0**

- **Journée transverse technologies de fabrication additive et technologies plus vertes**

- Présence à NeurIPS2024
- Clôture du projet EasyMod
- Conférence d'Yvon Millet expert titane
- Présence à Future Intelligence

2024

sommaire

# ils ont parlé de nous !

**Aviation et Pilote** — Le magazine qui vous donne des ailes

INDUSTRIE — LA RECHERCHE / LES INSTITUTS DE RECHERCHE TECHNOLOGIQUE

## LA RECHERCHE TECHNOLOGIQUE

La recherche peut se faire aux côtés des industriels. Exemple

**LA TRIBUNE**

LA TRIBUNE — RÉGIONS / OCCITANIE - TOULOUSE

## Aéronautique : Toulouse étudie les angles morts des avions électriques

**AIR&COSMOS**

## Le programme de soutien porté par l'IRT Saint Exup lancé

Dans le cadre du programme France 2030, l'Etat franç financement du programme structurant FILAE (FILiliè Electrique) porté par l'Institut de Recherche Technolog pour soutenir les technologies d'électrification d'avion CS23) et préparer l'électrification de l'aviation comme un ensemble de projets de recherche cohérents basés multi-sectorielle (aéronautique, automobile et rail) da l'aviation.

FILAE ou «FILière Aéronautique Electrique»

Dans le cadre du programme France 2030, l'Etat français a officialisé structurant FILAE («FILière Aéronautique Electrique»)po (IRT) Saint Exupéry pour soutenir les technologies d'élect préparer l'électrification de l'aviation commerciale (CS23

**TOULEMPLOI**

## A Toulouse, l'IRT Saint Exupéry accélère son recrutement

Article diffusé le 16 septembre 2024

Publié le lundi 21 octobre 2024 à 18h00min par Ingrid Lemelle

**Créé en 2013, dans le cadre du Programme d'Investissements d'Avenir, l'IRT Saint Exupéry totalise déjà bon nombre de fructueuses collaborations avec divers partenaires académiques et industriels parmi lesquels Airbus, Safran, Thales, le CNRS ou encore le CNES. Un institut en recherche perpétuelle... de talents !**

**LA VIE ÉCONOMIQUE** DU SUD-OUEST

IRT Saint-Exupéry

## L'espoir FILAE

**LA DÉPÊCHE**

## GRAND TOULOUSE

## 60 M€ pour la recherche s « l'avion électrique »

Dans le cadre du plan « France 2030 », l'État français vient d'octroyer 60 M€ à l'Institut de recherche technologique (IRT) Saint Exupéry de Toulouse pour développer l'électrification des avions de demain.

L'IRT Saint Exupéry dispose de 11 000 m2 de locaux dans le bâtiment B612 à Toulouse. / DDM M. S.

Pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, le transport aérien devra s'appuyer sur deux leviers : les carburants alternatifs (SAF, hydrogène…) et l'électricité. C'est dans ce contexte que l'État français a officialisé le financement du programme FILAE (FILière Aéronautique Électrique) porté par l'IRT Saint Exupéry.

Ce programme, qui court jusqu'en 2031, est exclusivement consacré au soutien des technologies d'électrification pour les avions légers et commerciaux. Il dispose pour cela d'une enveloppe de 60 M€.

**Développer des briques technologiques**

Au centre d'innovation B612 à Toulouse, l'Institut a présenté ce 9 octobre sa feuille de route. Elle s'articulera autour de trois thématiques : l'électronique de puissance embarquée, la densification des systèmes électriques, et l'amélioration de leur durée de vie.

Douze projets ont été identifiés. Certains s'intéresseront par exemple au nitrure de gallium (GaN) et au carbure de silicium (SiC) pour augmenter la tension dans les avions. Ces matériaux avancés qui révolutionnent la conversion et la gestion de l'énergie pourraient en effet permettre d'aboutir à une électronique de puissance plus efficace, compacte et performante.

D'autres projets se focaliseront sur l'amélioration des piles à combustible, l'optimisation des câbles aéronautiques de forte puissance, ou encore sur le développement des batteries tout-solide.

Ces batteries du futur permettent de densifier le stockage de l'énergie mais de nombreuses questions persistent. « Aujourd'hui il y en a très peu dans le monde, donc l'idée c'est de voir comment elles se comportent par rapport aux batteries lithium-ion et de voir comment on pourrait s'en servir en toute sécurité, explique Thomas Delsol, le responsable du pro-

**Les batteries du futur permettent de densifier le stockage.**

**la lettre M** — L'INFO ÉCO EN OCCITANIE

**Entretien**

## CHRISTIAN PICOLLET (IRT Saint-Exupéry) : « Conserver le leadership aéronautique et spatial français »

Élu fin mars à la présidence de l'IRT Saint-Exupéry, institut de recherche technologique toulousain spécialisé dans l'aéronautique, le spatial et les systèmes embarqués, Christian Picollet évoque pour *La Lettre M* les grands axes de sa feuille de route.

PROPOS RECUEILLIS PAR ALEXANDRE LÉOTY

**Vous remplacez à la tête de l'IRT Saint-Exupéry Magali Vaissière, qui occupait ces fonctions depuis 2021. Avec une nouveauté : vous êtes secondé par un vice-président, Joël Bertrand, issu du monde académique. Pourquoi ce choix ?**

L'IRT Saint-Exupéry est une structure partenariale associant les industriels et le monde de la recherche, avec le soutien de l'État. Il importe que chacun trouve sa place et son intérêt. C'est ce qui fait l'originalité, mais aussi le succès de l'IRT ; mais c'est un sujet sensible qui nécessite d'y travailler continuellement. Mon parcours a été exclusivement industriel : j'ai réalisé l'ensemble de ma carrière au sein du groupe Safran. Il était donc important que je puisse avoir à mes côtés un représentant – de très haut niveau – du monde académique de façon à renforcer le dialogue entre les deux cultures, dans une logique

**LA TRIBUNE**

RÉGIONS / OCCITANIE - TOULOUSE

## Christian Picollet (Safran) succède à Magali Vaissière à la tête de l'IRT Saint-Exupéry

Joël Bertrand, Magali Vaissière et Christian Picollet. (Crédits : IRT Saint-Exupéry)

Florine Galéron @florinegaleron

Christian Picollet, corporate vice-président des programmes de recherche et technologie de Safran, vient d'être élu à la tête de l'Institut de Recherche Technologique (IRT) Saint Exupéry. L'établissement est au coeur de nombreux projets de recherche pour favoriser l'électrification scientifique de Naval Group. La direction opérationnelle de l'établissement reste toujours assurée par Denis Descheemaeker.

**Electrification des avions, intelligence artificielle et spatial**

**Le Journal des Entreprises**

TOULOUSE | SPATIAL | ECOSYSTÈME ET TERRITOIRE

## L'Agence spatiale européenne sélectionne le projet IRMA de l'IRT Saint-Exupéry

…r Saint-Exupéry, basé à Toulouse, est sélectionné par l'Agence Spatiale

…TER, MASSIFIER

…, les acteurs du projet FILAE vont …r des briques technologiques afin …ne propulsive électrique pour tout …formation des ingénieurs est égale… projet FILAE. « On va devoir former …nts d'ici 2030 », note David Malec, …e électrique à Paul-Sabatier. « Nous

# comité de direction

sommaire

# Chiffres clés 2024

**385** collaborateurs

- **248** salariés IRT Saint Exupéry
- **20** doctorants et post-doctorants
- **117** collaborateurs MAD (personnel mis à disposition)

**€39M** budget annuel

**126** membres industriels

**63** projets en cours

- **51** projets France2030
- **12** projets européens

**30** membres académiques (tutelles et établissements publics) représentant **43** laboratoires partenaires

**11** plateformes technologiques

en savoir plus

**171** publications & communications

sommaire

AXE TECHNOLOGIQUE

# technologies intelligentes

sommaire

*AXE TECHNOLOGIQUE*

# technologies intelligentes

**Lionel Cordesses**
Directeur Technologies Intelligentes & IEEE Senior Member

L'axe « Technologies Intelligentes » se concentre sur les technologies d'Intelligence Artificielle et de connectivité pour les systèmes. Dans cet axe, nous développons et évaluons des solutions à base d'IA pour la planification et la prise de décisions en environnements complexes et incertains : constellations de satellites, réseaux de capteurs, ou opérations aériennes.

Dans la plupart des systèmes critiques sur lesquels nous intervenons, la collaboration entre l'Humain et la Machine prend une place prépondérante. De même, les technologies de connectivité sont omniprésentes : nous nous focalisons sur les applications impliquant un segment non terrestre comme le satellite ou une plateforme haute altitude pour augmenter la couverture des services numériques dans les zones sans infrastructure terrestre (5G, IoT). Enfin, nous utilisons l'IA pour améliorer les communications, comme nous employons les techniques issues des communications en temps réel pour améliorer l'IA.

Dans le même esprit de fertilisation croisée, certaines techniques d'IA robuste que nous développons servent d'autres axes de l'IRT Saint Exupéry, et accroissent la valeur ajoutée des solutions développées pour les industriels telles que l'IA pour simplifier l'ingénierie des systèmes, l'IA pour contrôler des processus avec des matériaux composites à matrices céramiques, ou bien l'IA pour détecter et localiser des arcs électriques dans un réseau électrique d'aéronef. Enfin, nous avons récemment appliqué ces mêmes techniques robustes et explicables au système le plus critique qui soit : la santé humaine ! Des collaborations et travaux de recherche en partenariat avec des acteurs clés du secteur sont en cours pour 2025.

*« **Tout le monde - ou presque - fait de l'intelligence artificielle. Ce qui nous distingue** : nous concevons et déployons, avec nos partenaires, une IA robuste et explicable, spécialement adaptée aux systèmes critiques. »*

en savoir plus

## challenges

**Construction de briques d'Intelligence Artificielle (IA) robustes, explicables et frugales**

**Augmentation de la couverture des systèmes de communications terrestres et non-terrestres**

**Certification de systèmes incluant de l'IA**

## objectifs

**Augmenter la performance et l'ubiquité des services numériques, en particulier non terrestres**

- Connectivité
- Observation et détection

**Planifier et décider en environnements complexes**

- Planification et décision
- IA efficiente et embarquée

**Inventer & déployer l'IA robuste, explicable et compatible avec la certification**

- Apprentissage automatique et certification
- Environnement de qualification

sommaire

PROJET

# DEEL 2

## Une trajectoire de près de 10 ans d'innovation pour une IA fiable, explicable et robuste

Depuis son lancement en 2018, le programme DEEL (Dependable, Explainable & Embeddable Learning) s'est imposé comme un acteur majeur dans le développement de solutions d'intelligence artificielle (IA) fiables et explicables pour les systèmes critiques.

Grâce à une collaboration étroite entre le milieu académique et l'industrie, DEEL a su répondre aux enjeux liés à l'explicabilité, la robustesse et la certification des modèles d'apprentissage automatique, en particulier dans les secteurs de l'aéronautique et de l'automobile.

### Une collaboration scientifique et industrielle d'envergure

DEEL réunit plus de 150 experts répartis entre Toulouse, Montréal et Québec, avec un budget global de 30 millions d'euros et 27 partenaires. Ce cadre collaboratif unique a permis de structurer une recherche appliquée, aboutissant à des avancées scientifiques concrètes et à un transfert rapide des résultats vers l'industrie. Parmi ces avancées, on retrouve le développement de méthodes d'explicabilité avancées (bibliothèque Xplique), de modèles robustes aux attaques adversariales (deel-lip et torch-lip) et d'outils de quantification des incertitudes (PUNCC).

Les partenaires du programme DEEL incluent des acteurs majeurs du secteur industriel et académique tels que Airbus, Thales, Safran, ANITI, IVADO, CRIAQ, l'Université de Montréal, l'Université Laval, l'ONERA, et bien d'autres institutions reconnues. Cette diversité de partenaires garantit une approche complète et multidisciplinaire pour répondre aux défis de l'IA fiable et explicable.

### Des contributions scientifiques et technologiques significatives

Les contributions du programme DEEL s'articulent autour de plusieurs axes majeurs :

- **Explicabilité :** Développement d'outils permettant de mieux comprendre et interpréter les décisions des modèles d'IA, facilitant ainsi leur adoption dans des environnements critiques.
- **Robustesse :** Proposition de réseaux 1-Lipschitz garantissant une meilleure résilience face aux perturbations et aux attaques adversariales.
- **Garanties statistiques :** Intégration de la *conformal prediction* pour quantifier l'incertitude prédictive avec un niveau de confiance déterminé.
- **Détection hors distribution :** Conception de la bibliothèque oodeel pour identifier et gérer efficacement les données atypiques.
- **Équité des modèles :** Développement de techniques pour identifier et corriger les biais algorithmiques, assurant ainsi une IA plus juste et transparente.

*Simulateur de vol*

### Livrables et résultats majeurs

Le programme DEEL a produit plusieurs livrables clés ayant un impact direct sur l'industrie et la recherche académique :

- **8 bibliothèques open-source développées**, dont Xplique, deel-lip, torch-lip, PUNCC et oodeel.
- **100+ publications scientifiques** dont 30 % classées A* ou A dans des conférences et journaux internationaux renommés (IJCAI, NeurIPS, CVPR, IEEE, JMLR).
- **Un jeu de données spécifique :** LARD (Landing Approach Runway Detection), conçu pour la détection visuelle des pistes d'atterrissage.
- **1 master class dédiée** à la quantification des incertitudes et 1 mastère spécialisé en IA et transformation numérique (AIBT).
- **34 séminaires transatlantiques "Carrefour DEEL"** favorisant l'échange de connaissances entre chercheurs et industriels.
- **5 éditions du Forum international MobiliT.AI**, renforçant la visibilité du programme et de ses avancées.

### Un impact industriel et institutionnel concret

Les résultats du programme DEEL ont trouvé des applications directes dans plusieurs projets industriels et institutionnels. En particulier, les outils développés ont été intégrés dans des initiatives de certification des systèmes d'IA, telles que Confiance.ai et CIAR. De plus, DEEL a contribué à l'élaboration de normes et recommandations internationales, notamment l'AI Act européen et la directive SAE-ARP6983 pour le secteur aéronautique.

### Perspectives et avenir du programme

Alors que le programme poursuit sa mission, les prochaines étapes visent à approfondir la fiabilité des modèles et à anticiper les évolutions réglementaires à venir. L'accent est mis sur le développement de nouvelles méthodologies de certification, l'amélioration des techniques d'explicabilité et l'extension des collaborations internationales.

Grâce à cette dynamique, DEEL continue de façonner l'avenir de l'intelligence artificielle dans les systèmes critiques, en garantissant une IA plus sûre, explicable et adaptée aux exigences industrielles et sociétales.

sommaire

PROJET

# IRMA

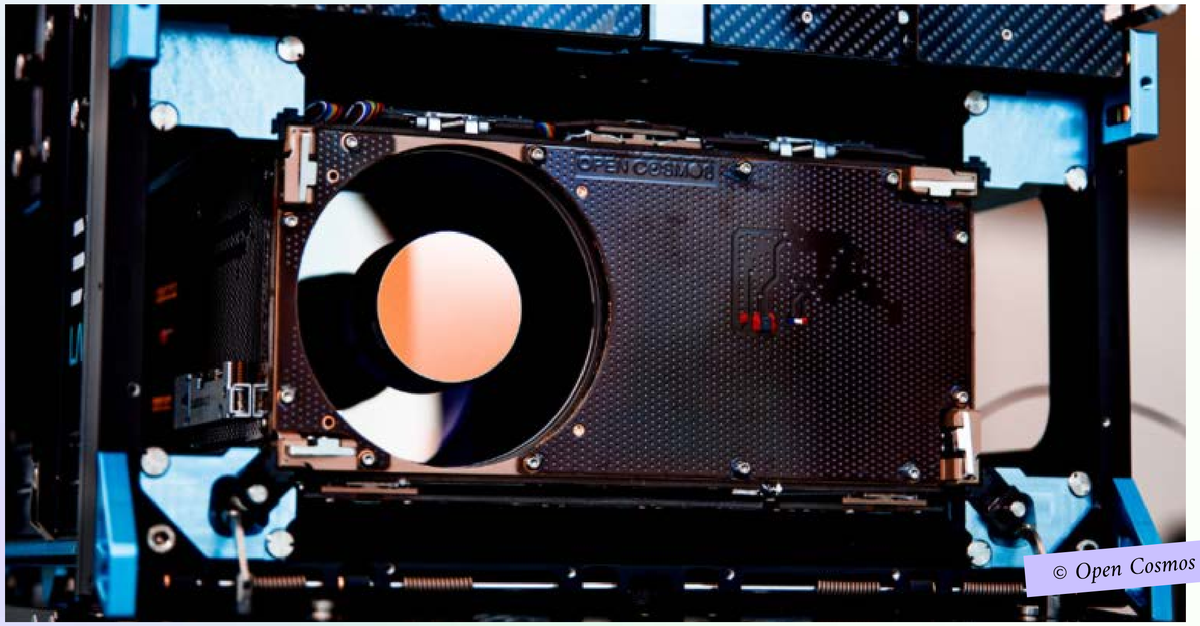
## Direction l'espace en 2024 !

2024 a marqué une nouvelle avancée pour l'IRT Saint Exupéry, qui a une fois de plus démontré son expertise dans le domaine spatial en lançant le projet IRMA à bord d'une fusée le 16 août de cette année.

Le projet IRMA (IA pour la Réactivité Mission basée sur l'Analyse image) vise à améliorer la réactivité des constellations d'observation de la Terre en analysant les images directement à bord des satellites. Porté par une équipe d'une quinzaine de chercheurs répartis entre Toulouse et Sophia Antipolis, IRMA est soutenu par Thales Alenia Space et plusieurs PME et startups du secteur.

IRMA est lauréat du challenge « OrbitalAI » organisé par l'Agence Spatiale Européenne afin de démontrer l'apport de l'IA embarquée en observation de la Terre. Dans le cadre de ce challenge, IRMA a développé une application de détection d'anomalies maritimes, telles que les proliférations d'algues toxiques ou les rejets de sédiments, ce qui permet de déclencher des alertes en temps réel en cas d'événement critique.

L'originalité de la solution de l'IRT Saint Exupéry réside dans son IA frugale en données et en puissance de calcul, un atout pour les systèmes embarqués. Une approche qui a convaincu l'ESA d'intégrer l'application du projet à bord de Φsat-2, et a permis à l'IRT Saint Exupéry de faire rayonner son expertise jusqu'en Australie, où IRMA collabore désormais avec un centre de recherche local afin d'intégrer son application à bord d'un second satellite hyperspectral nommé Kanyini.




© Open Cosmos

*« Φsat-2 est une opportunité rare de tester notre IA embarquée sur des images réelles et de démontrer le savoir-faire de l'IRT Saint Exupéry dans ce domaine. Le succès d'IRMA sur plusieurs missions souligne la robustesse et l'adaptabilité de notre solution, et ouvre la voie à de nouvelles collaborations dans le spatial. »*

*conclut* ***Adrien Girard****, chef de projet*

sommaire

PROJET

# NS³

## Une nouvelle vision des interactions Homme-Biosphère-Climat

### Un projet au croisement de l'imagerie et des sciences du climat

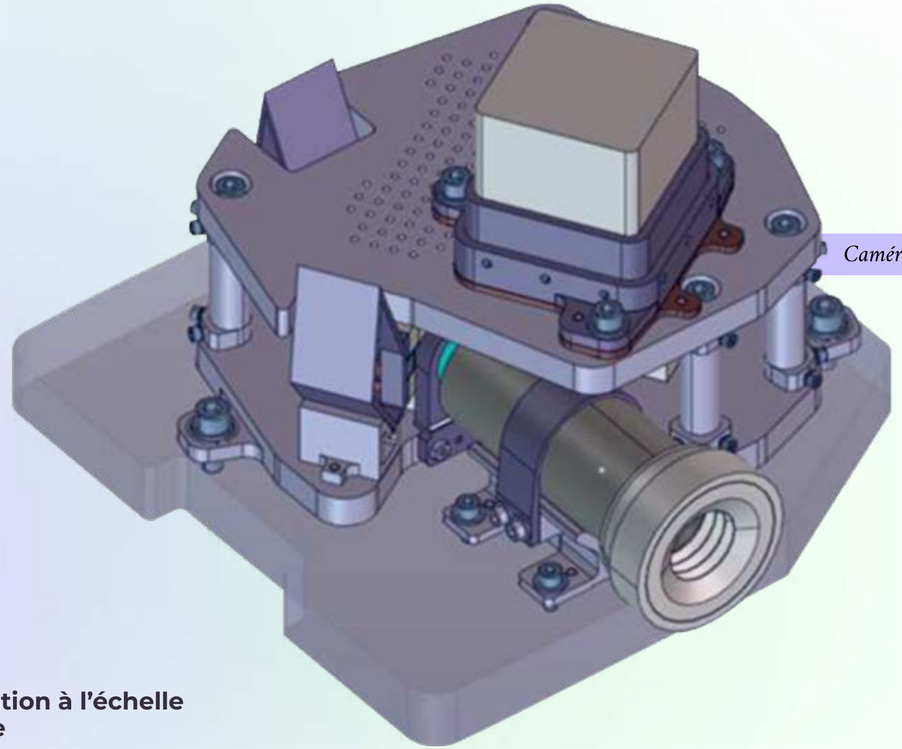
Le projet NS³ ambitionne de révolutionner l'observation des interactions entre l'homme, la biosphère et le climat. Il s'intéresse aux mécanismes du cycle du carbone et de l'eau, influencés par les activités humaines, pour mieux comprendre leur impact mutuel. Grâce à une technologie d'imagerie haute résolution et compacte, NS³ permet d'affiner les observations en passant d'une échelle kilométrique à une échelle décamétrique, offrant ainsi une précision sans précédent sur les dynamiques locales.

### Une avancée technologique majeure pour une meilleure détection des phénomènes atmosphériques

L'innovation clé du projet repose sur le fractionnement des observations atmosphériques large spectre de l'état de l'art, ciblant des paramètres spécifiques tels que le $CO_2$, le méthane, la température ou encore la vapeur d'eau. En isolant ces données, les chercheurs améliorent la précision de mesure et ouvrent la voie à de nouvelles perspectives en surveillance environnementale, gestion des ressources naturelles et aménagement urbain durable.

### Des applications multiples et des défis technologiques à relever

Le projet repose sur le développement de capteurs avancés, d'algorithmes de traitement d'image et de systèmes de communication adaptés aux environnements mobiles, aéroportés et spatiaux. L'un des défis majeurs réside dans la miniaturisation des composants. Ces innovations sont essentielles pour rendre les technologies d'imagerie plus accessibles et plus performantes dans divers secteurs : suivi du changement climatique, gestion des forêts, prévention des catastrophes naturelles.



*Caméra NS³ pour nanosat*

### Une collaboration à l'échelle internationale

NS³ bénéficie d'un cadre de recherche collaboratif, réunissant des acteurs industriels et académiques ainsi que des agences spatiales telles que le CNES, l'ESA et EUMETSAT. Cette coopération permet de transformer NS³ en une véritable plateforme de développement technologique ouverte, propice à l'innovation et à l'adaptation aux enjeux futurs.

### Un impact environnemental et industriel significatif

Grâce à ses avancées, NS³ ouvre de nouvelles perspectives pour l'observation et la gestion du climat, en proposant des outils capables d'anticiper et de limiter l'impact des activités humaines sur la biosphère. Ce projet s'inscrit pleinement dans une démarche d'innovation au service de la transition écologique, tout en renforçant la compétitivité de l'industrie française et européenne dans le domaine des technologies d'observation de la Terre.

sommaire

PROGRAMME

# FOR

## L'IA générative pour les processus critiques

Le programme FOR a pour objectif d'identifier des verrous scientifiques et technologiques en lien avec la gestion de la connaissance dans les processus critiques, puis de proposer des solutions allant au-delà des approches basées purement sur des données (les grands modèles de langage) et garantissant robustesse, répétabilité, explicabilité, frugalité et souveraineté.

Le programme s'inscrit au cœur des processus liés à l'ingénierie, au développement et aux opérations des systèmes complexes et critiques aéronautique, spatiaux et de défense, et plus largement dans le domaine du transport.

L'approche des modèles IA génératifs, dits de fondation, a transformé de nombreux domaines critiques tels que les soins de santé, la robotique, l'observation de la Terre et la gestion des crises. Un modèle de fondation est un modèle unique à usage général (« grand modèle d'IA ») pré-entraîné sur des quantités diverses et massives de données, puis spécialisé sur des tâches avec un entraînement spécialisé (fine-tuning), ce qui lui permet d'être utilisé pour effectuer de multiples tâches disparates en aval, telles que la recherche d'information métier, le résumé et la génération de texte, l'assistant au développement logiciel, etc.

Les grands modèles de langage (LLM) peuvent aussi servir de coeur pour relier d'autres capacités d'analyse. Les nouvelles approches telles que les agents LLM permettent d'adresser des tâches complexes qui impliquent de la génération de contenu avancé (image, audio, vidéo), du raisonnement, ou l'utilisation d'outils ou d'API.

*Présentation du programme FOR par Jonathan Sprauel, responsable du programme*

Malgré le succès récent des grands modèles d'IA, leur adoption à long terme se heurte à des obstacles:

- leur développement nécessite d'énormes ressources de calcul et de données (qui ne sont pas à la portée de la plupart des partenaires universitaires et même industriels), ce qui limite la capacité à venir les modifier pour les rendre plus performants et plus sûr sur des tâches précises, en plus d'avoir d'importantes conséquences négatives sur l'environnement.
- ils ne sont pas fiables de par leur conception (cas de biais, d'hallucinations, d'atteintes à la vie privée) car ils manquent souvent de fondements sémantiques.
- ils ne sont pas dotés de capacités de raisonnement fondées sur la connaissance (y compris le raisonnement logique, mathématique et factuel).
- leur capacité à automatiser des tâches de bout en bout est limitée.

Dans ce contexte, l'IRT Saint Exupéry s'est engagé dans le programme FOR.

À ce jour, le premier projet, Better Embeddings, est lancé et vise l'amélioration du RAG (Retrieval Augmented Generation) pour les cas d'usages industriels en travaillant sur les embeddings : explicabilité, robustesse, frugalité.

sommaire

# annuaire projets

## projets en cours

31 décembre 2024

### APISS
Définition d'un référentiel de standardisation pour des solutions embarquées aéronautiques de capteurs, basées sur des technologies photoniques.

### CSS
Contribution au renforcement de la cybersécurité des systèmes spatiaux en adaptant les méthodologies de l'industrie cyber (analyse, résilience) aux spécificités du secteur spatial, et en évaluant l'apport de l'IA et des "cyber ranges".

### EF mAIntenance 4.0
Etude de la faisabilité de l'intégration de l'IA pour la maintenance prédictive dans l'industrie spatiale, en se concentrant sur les bancs de test satellites et une approche centrée sur les opérateurs, tout en adressant les défis liés aux données, aux modèles et à l'acceptation humaine.

### ENVIA
Réalisation de contrôle automatique basé sur l'apprentissage par renforcement pour des véhicules autonomes placés dans un environnement incertain. Application industrielle : le drone UAS100 de Thales.

### IRMA
Amélioration de la réactivité des systèmes spatiaux d'observation de la Terre par une boucle de rétroaction de l'analyse image vers la planification de mission.

### RAPTOR
Définition d'un sous-système embarqué pour mener une mission de rendez-vous sous contraintes avec des cibles spatiales collaboratives ou non, selon une stratégie d'approche sûre et explicable à base d'optimisation multicritères et d'intelligence artificielle.

### 5GMED *projet européen*
Déploiement d'une infrastructure de télécom et de calcul (5G-SA et IA) le long d'un corridor transfrontalier France/Espagne. Test de cas d'usage : train et automobile innovants en grandeur réelle.

### HECATE *projet européen*
Développement du jumeau numérique de la distribution électrique de l'avion afin d'en comprendre le comportement physique, et d'en suivre son évolution.

## projets terminés

en 2024

### CIAR
Introduction des technologies de l'intelligence artificielle pour le traitement de l'image dans des systèmes embarqués (satellites, robots, drones, etc.) afin de les rendre plus autonomes et réactifs.

### ELLIOT
Adaptation et validation d'un protocole de communication IoT terrestre pour permettre un service d'IoT à large couverture géographique à partir de nanosatellites low cost en orbite basse, et mise en oeuvre d'un démonstrateur de terminal multibande intelligent.

### MINDS
L'intelligence artificielle pour l'évolution des systèmes spatiaux d'observation : planification de constellations massives et hétérogènes et analyse sémantique bimodale d'images satellites et de texte.

sommaire

AXE TECHNOLOGIQUE

# technologies de fabrication avancées

sommaire

# technologies de fabrication avancées

L'axe « Technologies de Fabrication Avancées » élabore des solutions permettant d'améliorer la performance et la compétitivité des industriels, de la conception à la fabrication de pièces ou systèmes critiques.

Nos solutions peuvent être « ciblées » sur un élément de la chaîne de valeur ou « globales » sur la totalité de la chaîne. Nos activités sont donc principalement centrées sur le développement de nouvelles technologies de fabrication, sur l'optimisation des procédés ou de la chaîne de production, et sur la maîtrise du comportement des matériaux et des structures.

Nous proposons une approche disruptive en couplant notamment des outils de modélisation multi-physique et/ou d'intelligence artificielle aux compétences des matériaux et procédés, afin de tirer les bénéfices des synergies offertes par l'ensemble des disciplines de l'IRT Saint Exupéry et accélérer la validation de nos solutions.

*« Nous créons, développons et transférons des preuves de concept, à travers des solutions respectueuses de l'environnement. »*

en savoir plus

## challenges

**Améliorer la compétitivité de nos partenaires industriels grâce au développement de technologies innovantes et économiques**

**Accélérer la maturation des technologies et le transfert vers les industriels**

**Promouvoir l'ecocircularité dans nos domaines de compétences**

## objectifs

### Développement de nouveaux matériaux et leurs procédés de mise en œuvre associés

- Développer des matériaux et des processus innovants
- Développer des technologies de fabrication hybrides
- Développer la multifonctionnalité des matériaux et des structures

### Optimisation des procédés de fabrication & chaîne de production

- Réduire le coût des matériaux et les quantités de matières engagées dans la fabrication en optimisant la conception
- Réduire les coûts de fabrication, réparation et maintenance
- Réduire les cycles de développement et de qualification par l'utilisation d'approches numériques

### Maîtrise du comportement des matériaux et des structures

- Maîtriser les processus (fiabilité et robustesse)
- Maîtriser la durée de vie (initiale et résiduelle) des structures
- Maîtriser l'évolution à long terme des propriétés des matériaux

sommaire

PROJET

# ACDC

## Vers une amélioration des performances vibroacoustiques d'un avion

**Démarré en 2022 pour une durée de 46 mois, le projet ACDC vise à développer des solutions innovantes pour réduire les vibrations et les bruits dans les nacelles et cabines des avions, en s'appuyant sur l'exploitation de matériaux biosourcés, des métamatériaux 3D et des structures multi-matériaux avancées.**

### Apporter une solution acoustique face aux exigences strictes

L'évolution des moteurs d'avion vers les technologies UHBR (Ultra High By-pass Ratio) associée aux exigences de plus en plus strictes en termes de confort acoustique pour les passagers et les membres d'équipage conduit à revoir les matériaux et les technologies actuellement utilisés pour atténuer la transmission des vibrations et du bruit dans les zones de la nacelle et de la cabine. Le projet ACDC intègre l'ensemble des exigences et besoins techniques liés à l'avion de demain, en explorant des concepts disruptifs pour réduire les vibrations et la transmission acoustique. Il s'appuie sur l'utilisation de matériaux innovants tels que les matériaux biosourcés et thermoplastiques, les métamatériaux par impression 3D, ainsi que des architectures multi-matériaux innovantes.

Avec la participation d'Airbus, Metacoustic, Porcher Industries, Bysco, SDTech Micro, ContiTech, l'Institut Clément Ader/ISAE, l'Onera et le LAUM, et un budget de 2,5 millions d'euros, le projet ACDC vise à développer des briques technologiques innovantes pour atténuer la transmission vibratoire et acoustique, et augmenter l'absorption acoustique sur des bandes de fréquence ciblées. Fondées sur des matériaux, structures et concepts avancés, ces solutions seront intégrées à différents éléments de la cabine, tels que les panneaux de revêtement, les planchers ou les structures maintenant le sol et les sièges.

**Une plateforme expérimentale et numérique, associée à des outils de modélisation, constituera un ensemble de livrables destinés à modéliser, fabriquer et caractériser des panneaux et des structures acoustiques avancées.**

*(a) peaux quasi circulaire avec des balles de riz, Composite PA11 ;*
*(b) bandes pré-imprégnées en fibre de lin et PA11 ;*
*(c) balles de riz ;*
*(d) granulés de matrice PEKK chargée par des particules piézoélectriques ;*
*(e) isolant acoustique en metamatériau fabriqué avec Metacoustic ;*
*(f) absorbeur accoustique, metamatériau de type résonateurs d'Helmholtz réalisé en fabrication additive polymère.*

**Parmi les développements majeurs attendus :**

- Des démonstrateurs optimisés pour des gammes de fréquences spécifiques seront réalisés, testés et caractérisés expérimentalement.
- De nouvelles générations de peaux de panneaux sandwich biosourcés seront conçues, associant fibres naturelles et résines thermoplastiques à hautes performances environnementales, tout en offrant une tenue au feu améliorée.
- Des filtres vibratoires absolus seront réalisés à partir de structures lattice imprimées en 3D, dont l'architecture complexe — faite de treillis imbriqués — permet un contrôle précis des vibrations.

Le projet ouvre désormais sur des perspectives de multifonctionnalité, visant à combiner performances acoustiques et vibratoires avec des propriétés mécaniques avancées. C'est dans ce cadre que le projet GRAMM est en cours de montage, pour répondre aux exigences structurelles.

En parallèle, le projet MOLY, également en préparation, portera sur le développement de mousses thermoplastiques multifonctionnelles, alliant isolation acoustique, réduction des vibrations et performances thermiques, afin de compléter l'éventail de solutions.

sommaire

*PROJET*

# GLAD

## L'exploitation du procédé LMD-p* pour concevoir des matériaux à gradient de fonctions et de propriétés !

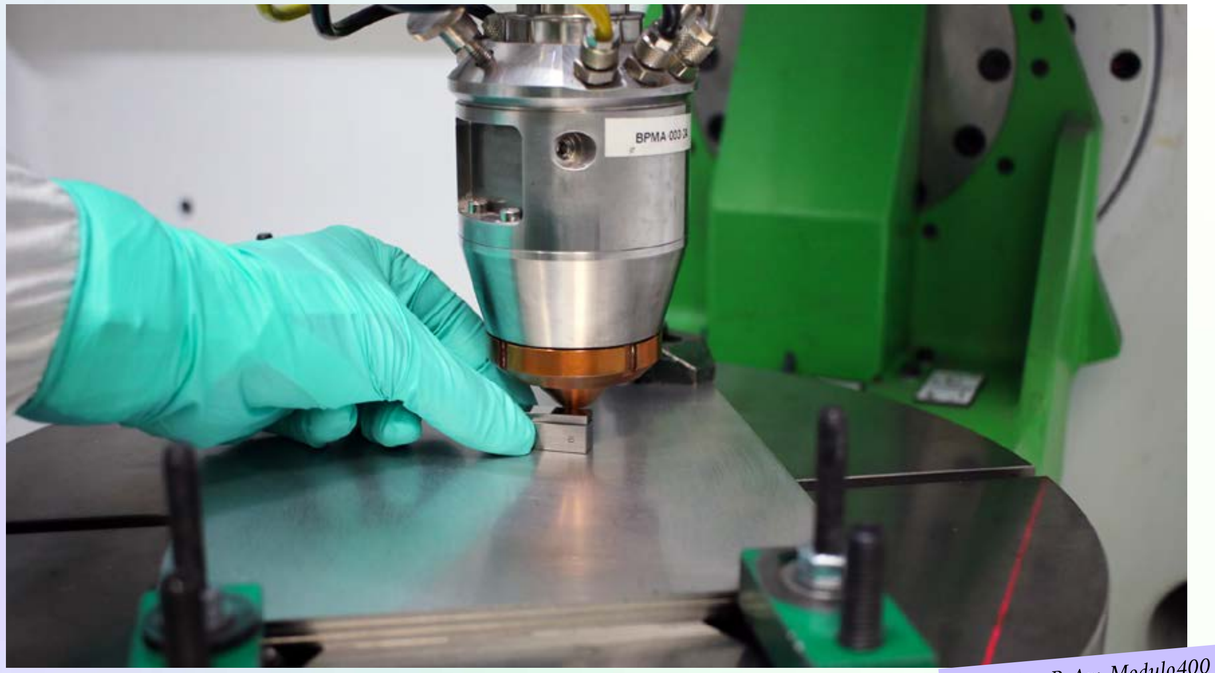
Le projet GLAD (functionally Graded materials with LAser metal Deposition) s'est achevé en 2024, avec pour objectif principal de développer des matériaux présentant un gradient de composition chimique (FGM, Functionally Graded Materials) en vue d'améliorer les caractéristiques mécaniques à haute température d'un carter de moteur aéronautique tout en limitant le coût de la pièce.

**Un procédé LMD-p au service de la fabrication additive de matériaux à gradient**

Grâce à ses différents bols de poudre, le procédé LMD-p (Laser Metal Deposition – powder) se révèle particulièrement adapté à la fabrication additive de matériaux à gradient de composition chimique. Bien que le concept de matériaux à gradient de fonction (FGM) soit développé depuis plusieurs décennies, son élaboration via LMD-p reste récente. Elle requiert la mise en œuvre de moyens spécifiques et de méthodologies adaptées, ouvrant ainsi de nombreuses perspectives de développement au sein du projet GLAD.

Le projet a intégré la montée en maturité d'équipements permettant d'assurer une sélection et un mélange de poudres d'alliages de compositions chimiques différentes, l'établissement de domaines opératoires de fonctionnement du procédé, ainsi que la conception et l'étude métallurgique et mécanique des matériaux à gradient de propriétés.

* Procédé Laser Metal Deposition - powder, aussi appelé procédé DED-LB




*Machine BeAm Modulo400*

**Conduit sur plus de trois ans, le projet visait à atteindre trois objectifs clés**

- Définir, développer et valider un système de distribution et de mélange de poudres métalliques
- Sélectionner des paramètres de fabrication des alliages cibles, pour chaque pas de composition chimique souhaité, afin d'obtenir des dépôts conformes d'un point de vue chimique et métallurgique.
- Développer un traitement thermique adapté aux matériaux FGM issus de plusieurs nuances de superalliages à base de nickel.

Ce sont plus de 18 livrables qui ont été livrés aux membres du projet (Safran Additive Manufacturing Campus, AddUp, PPRIME), dont la création d'un démonstrateur à double-courbure intégrant un gradient de composition (FGM) à base de poudres d'alliage 718 et de Waspaloy®, grâce à l'intégration du moyen unique BeaMix à l'IRT Saint Exupéry.

sommaire

PROJET

# CODEX2

## Montée en maturité des solutions de désassemblage de joints collés !

**Lancé en 2024, le projet CODEX2 prolonge les travaux initiés dans Codex, avec pour ambition de faire progresser la maturité technologique des solutions de désassemblage de joints collés.**

Le projet initial, CODEX, s'est conclu avec succès, livrant plusieurs résultats notables : évaluation de technologies de désassemblage activables (triggers thermique, électrique et électromagnétique via induction) dans les secteurs automobile et spatial, identification de solutions potentielles, et analyse croisée avec les cas d'usages industriels des partenaires.

Prévue sur trois ans, la suite du projet vise à optimiser ces solutions et à valider leur robustesse à travers des essais sur pièces réelles ou représentatives. Le projet intègre également une évaluation de leur impact environnemental, tout en apportant aux industriels les éléments clés pour un futur transfert technologique : chaîne d'approvisionnement, coûts et durabilité.

Le projet CODEX2 mobilise plusieurs membres : Valeo, Thales Alenia Space et Continental, aux côtés de six collaborateurs de l'IRT Saint Exupéry basés sur le site de Bordeaux.

À ce stade, les cas d'application ainsi que le programme de travail sont en cours de définition. Les premiers travaux ont démarré autour du développement du module de trigger d'induction. Des manipulations expérimentales sont prévues en 2025, notamment les campagnes d'essai visant à évaluer la robustesse des solutions, la conception des triggers ainsi que les travaux de compréhension associés.

*Boîtier TPMS (capteur de pression) de chez Continental, ayant subi un trigger thermique sur une solution d'adhésif additivé de particules expansibles*

***« Avec ce projet suite, l'IRT Saint Exupéry a l'ambition de devenir un acteur majeur du désassemblage à la demande en proposant un panel de solutions françaises innovantes applicables à divers secteurs d'activité. »***

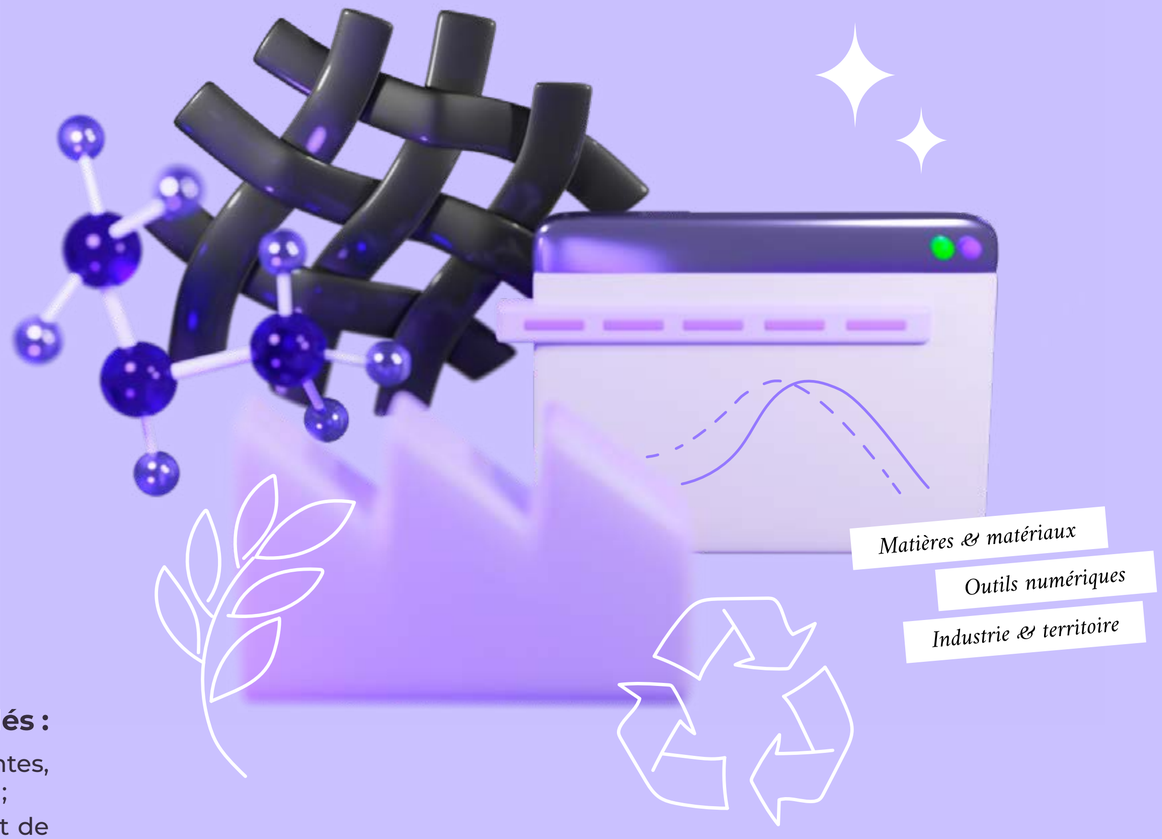
*conclut **Julie Lecomte**, cheffe de projet*

sommaire

PROGRAMME

# Polymères & Composites

## Un programme stratégique pour l'avenir des matériaux !




Les enjeux autour de l'impact environnemental des composites grandissent à mesure de leur déploiement dans l'ensemble des secteurs d'activités. Plébiscités pour leur performance (résistance électrique, parfois thermique et propriétés mécaniques pour certains d'entre eux) associée à leur faible masse, ils constituent des candidats de choix pour le remplacement de certains alliages métalliques.

C'est dans ce contexte que l'IRT Saint Exupéry a lancé le Programme Polymères & Composites, avec pour ambition de fédérer les acteurs de la recherche, de l'industrie et des pouvoirs publics autour d'une dynamique commune.

### Ce programme s'articule autour de plusieurs objectifs clés :

- Valoriser et poursuivre le développement des solutions existantes, telles que le recyclage ou la qualification de nouveaux matériaux ;
- Partager et mutualiser les efforts de développement permettant de tirer le meilleur potentiel de chaque solution matériaux et procédés
- Accélérer et soutenir le développement des filières industrielles dans leur démarche environnementale ;
- Mettre en place des outils d'aide à la décision couvrant l'ensemble du cycle de vie des produits (analyse de scénarios ACV, corrélation avec les performances initiales des matériaux, indicateurs territoriaux et sectoriels d'impact).

À ce jour, de nombreux acteurs issus du monde académique, industriel et institutionnel ont rejoint le comité de pilotage, contribuant à l'élaboration d'une feuille de route. Parallèlement, plusieurs groupes de travail sont déjà actifs, et travaillent sur des thématiques telles que le numérique, les matériaux ou encore l'industrialisation et le déploiement territorial.

sommaire

# annuaire projets

## projets en cours

31 décembre 2024

### CAMISOLE
Composite à matrice inorganique pour le stockage de déchets nucléaire.

### COBRA
Montée en maturité et automatisation des procédés d'assemblages innovants.

### CODEX2
Montée en maturité des solutions de démontabilité d'assemblages collés en les optimisant et en les testant sur des pièces réelles ou représentatives. Fournir aux industriels les éléments clés pour un transfert technologique : chaîne d'approvisionnement, coûts et impact environnemental.

### COMPINNOV HT+
Développer des composites thermodurcissables à base de phthalonitrile, capables de résister à des températures supérieures à 250 °C. Renforcer la compréhension des résines et procédés avec des démonstrateurs pour le spatial et la défense, contribuant à structurer une filière française d'approvisionnement.

### COSMIC
Montée en maturité des matériaux composites à matrice céramique CMC de type SiC-SiC pour les besoins de l'aéronautique civile.

### DEFITITANE
Le projet DEFITitane (DEcarbonation de la FIlière Titane) contribue à la réduction de l'empreinte carbone de l'industrie aéronautique et de la dépendance à des pays étrangers pour l'approvisionnement d'alliages de Titane.

### DiOXYGEN
Développer des Composites à Matrice Céramique (CMC) de type oxyde pour des applications multi-domaines à moyennes et hautes températures (300 à 1100 °C), en travaillant sur la fabrication de semi-produits jusqu'à des pièces applicatives, ainsi que sur la caractérisation et la modélisation de leur comportement sous sollicitations multiphysiques.

### EF-PACHA
Évaluer et optimiser l'adéquation entre les spécifications des revêtements extérieurs multicouches et leur comportement en service sur structures composites, afin de prévenir les phénomènes de vieillissement prématuré.

### ELIPSE2
Caractérisation et montée en maturité des procédés d'impression sans contact de fonctions électriques sur la structure de l'avion ou les panneaux d'habillage cabine.

### FREEzING2
Développement de revêtements de surfaces multifonctionnelles (notamment antigivre) pour des pièces aéronautiques.

### INTREPID
Étendre les possibles applications des matériaux thermoplastiques via la compréhension des procédés de dépose in-situ, tel que AFP / µAFP (Automated Fiber Placement) couplés aux procédés de fabrication additive (hybridation).

### TRUST
Évaluation de la maturité des modèles d'endommagement des composites à travers une approche V&V multi-échelle et le développement de méthodes et d'outils pour prendre en compte les incertitudes, pour définir des tests plus intelligents, pour anticiper l'effet des défauts de fabrication et pour permettre la mise à l'échelle des modèles.

### CONCERTO *projet européen*
Nouvelles méthodes de certification et de conformité utilisées pour l'intégration de sous-systèmes aéronefs en entreprise étendue.

### FASTER H2 *projet européen*
Dans le cadre du projet Faster H2 visant à développer des technologies clés pour l'intégration de l'hydrogène dans les structures avions, l'IRT Saint Exupéry participe au développement de capteurs imprimés, à la fabrication de préimprégnés biosourcés, ainsi qu'à la protection de surface des composites.

### RecHycle *projet européen*
Développement d'un démonstrateur en CMC pour des circulations de gaz optimisés dans les hauts fourneaux métallurgiques.

## projets terminés

en 2024

### CODEX
Développement de solutions de collage démontable pour les besoins de l'automobile et du spatial.

### EF MOLY
Étude de faisabilité sur les procédés de moussage de polymères par C02 supercritique pour identifier les verrous technologiques associés au contrôle de la structure de la mousse et aux performances induites.

### EVERGREEN
Démonstration de la pertinence des composites vitrimères en testant les capacités de réparation, de remise en forme, de reprocessabilité et d'assemblage.

### MATILD
Augmentation du niveau de maturité du procédé LMD-p (Layer Metal Deposition – powder) pour des applications aérospatiales.

### OXYGEN
Développement des CMC de type oxyde pour application hautes températures de 700 degrés à 1000 degrés.

### WALLSAPP
Augmentation de la maturité de la conception et de la fabrication des structures minces (de dimensions inférieures à 1mm) par procédés de fabrication additive métallique.

sommaire

AXE TECHNOLOGIQUE

# technologies plus vertes

sommaire

# technologies plus vertes

**Lionel Bourgeois**
Directeur Technologies Plus Vertes

L'axe « Technologies Plus Vertes » se concentre à lever les verrous technologiques dans le but de réduire les émissions de CO2, basé sur les objectifs ambitieux fixés par l'Association Internationale du Transport Aérien (IATA) et en accord avec les programmes de recherche des grands donneurs d'ordre des secteurs aéronautique et spatial.

Nous contribuons à développer des solutions qui permettent la mutation des systèmes vers l'électrique afin d'adresser les grands enjeux dans ce domaine que sont la fiabilité et la réduction de la masse. Nous préparons aussi les solutions technologiques de demain qui permettront d'électrifier les chaînes propulsives. La montée en tension, la fiabilité et la densification sont les éléments clés pour y parvenir.

Pour cela, nous nous appuyons sur l'ensemble des compétences de l'IRT Saint Exupéry dans les domaines des systèmes électriques, des matériaux, de l'intelligence artificielle et de la modélisation multi-physique.

en savoir plus

*« L'année 2024 a été marquée par le lancement officiel de notre programme FILAE (en soutien à la FILière Aéronautique Electrique et autres mobilités). »*

## challenges

**Réduire les émissions de carbone des secteurs cibles grâce au développement de technologies innovantes**

**Accélérer la maturation des technologies et le transfert industriel**

## objectifs

### Améliorer le cycle de vie des produits

- Réduire la consommation de matériaux
- Réduire les opérations de maintenance et augmenter la durée de vie
- Réduire la consommation d'énergie des produits et systèmes

### Permettre une électrification accrue des systèmes

- Maitriser la CEM (compatibilité électromagnétique)
- Permettre une augmentation de la puissance électrique
- Augmenter la densité de puissance
- Augmenter la fiabilité des fonctions électriques

### Réduire la masse & le volume des produits

- Augmenter la densité de puissance des équipements électriques
- Développer des procédés de fabrication innovants
- Utiliser des matériaux légers à fonction combinée

sommaire

PROJET

# HIGHTVOLT2

## Poursuivre la montée en tension dans les systèmes embarqués

**Lancé en 2021 pour une durée de 48 mois, ce projet s'inscrit dans la continuité du projet HIGHVOLT. Avec pour objectif d'accompagner les industriels dans la montée en tension des systèmes embarqués, ce sont plus de quinze acteurs majeurs de la transition énergétique, issus des secteurs aéronautique, ferroviaire, automobile et industriel, qui sont engagés.**

Doté d'un budget de 9 millions d'euros, le projet vise à approfondir la compréhension des phénomènes physiques liés à la haute tension embarquée, notamment les décharges partielles, les effets surfaciques, les charges d'espace et les arcs électriques. Il s'attache également à évaluer et maîtriser leurs impacts sur la fiabilité des systèmes, tout en identifiant et développant des solutions innovantes capables de porter les performances des systèmes au-delà de l'état de l'art.

Plus d'une trentaine de collaborateurs de l'IRT Saint Exupéry sont mobilisés sur HIGHVOLT 2. Le projet a connu une évolution significative grâce à l'acquisition de moyens expérimentaux différenciants, tels qu'un banc PEA 150°C, une baie de suivi de court-circuit (sinus) et un spectromètre imageur Princeton Instrument 750-HRS (mis à disposition).

Un travail d'optimisation a également été mené sur le logiciel AIRLIFT, développé lors des projets précédents, pour en simplifier l'utilisation et y intégrer un solveur électrostatique open source. Une nouvelle version a ainsi été livrée aux partenaires.

Photo de groupe lors du dernier COPIL

### Des campagnes d'essais concluantes

En 2024, de nombreuses campagnes d'essais ont été menées, dans la continuité de celles initiées en 2023, portant sur les décharges partielles, les effets surfaciques et les arcs électriques (notamment à travers l'analyse d'ondes MLI). D'autres campagnes ont été engagées ou sont en cours sur le vieillissement sous charge d'espace, le vieillissement isotherme sur harnais, le vieillissement isotherme de longue durée (plus d'un an), ou encore le vieillissement sous décharges partielles sur des cornes de gazelles (fils méplats).

L'extrudeuse bi-vis de l'IRT Saint Exupéry a permis la fabrication de granulés de PPS, transférés à l'un des partenaires industriels du projet pour évaluer les effets d'une mise en œuvre à l'échelle industrielle sur les matériaux développés.

Alors que le projet touche à sa fin, sa continuité se dessine déjà avec le montage de HIGHVOLT 3 pour prolonger les travaux engagés au sein des précédents projets, afin de poursuivre l'accompagnement des industriels dans l'électrification des systèmes embarqués, l'hybridation et la propulsion électrique.

sommaire

PROJET

# ARCHIMEDES

## Accélérer la transition énergétique grâce aux nouvelles technologies de semi-conducteurs

Lancé en avril 2023 pour une durée de 36 mois et doté d'un budget de 40 millions d'euros, le projet européen ARCHIMEDES ambitionne de faire progresser les technologies de semi-conducteurs pour accompagner la transition énergétique et garantir la sûreté des infrastructures dans la future société 5.0. Rassemblant 48 partenaires issus de divers secteurs industriels et académiques, ce projet s'inscrit dans le cadre de l'initiative européenne Chips Joint Undertaking (Chips JU), visant à renforcer la position de l'Europe dans la microélectronique et les semi-conducteurs.

Face au défi du changement climatique et à l'objectif de neutralité carbone d'ici 2050, la transition énergétique repose en grande partie sur l'électrification massive des transports, responsables d'environ 30 % des émissions de gaz à effet de serre. Pour y parvenir, le développement de technologies innovantes de stockage et de conversion d'énergie est essentiel. Le projet ARCHIMEDES s'attaque à ces enjeux en accélérant la mise sur le marché de transistors de puissance en carbure de silicium (SiC) et nitrure de gallium (GaN), des composants clés pour les systèmes de conversion d'énergie.

L'IRT Saint Exupéry joue un rôle majeur dans ce projet en dirigeant le lot 2, dédié à l'étude des mécanismes de défaillance et à la fiabilité des semi-conducteurs à large bande interdite. Ce travail s'inscrit dans la continuité des projets stratégiques de l'institut, tels que GaNRET, SiCRET et SiCRET +, qui visent à améliorer la robustesse et la longévité de ces composants critiques.

Ce projet européen couvre plusieurs secteurs, notamment l'aviation, l'automobile et les infrastructures, qui partagent des besoins similaires en matière d'électrification. Parmi les applications étudiées figurent la fiabilité des convertisseurs d'énergie embarqués, utilisés dans les chargeurs de véhicules électriques, la propulsion aéronautique et les batteries pour avions légers.

*Réunion projet au sein de la Supply Chain 4 chez STMicroelectronics en partenariat avec l'industriel Safran Electronical & Power*

> ***« Œuvrer à la stratégie de décarbonation au sein d'un projet comme ARCHIMEDES, c'est enrichir nos pratiques, nos méthodologies et notre vision grâce à un environnement interculturel tout en faisant rayonner l'IRT Saint Exupéry à l'échelle européenne. »***
>
> *précise* ***Marina Labalette,*** *cheffe de projet*

Le projet est structuré en Supply Chains et Work Packages, impliquant une diversité d'acteurs, des fabricants d'équipements d'origine (Renault, Mercedes-Benz AG, Stellantis) aux grands industriels (AVL, Valeo, Vitesco), en passant par des PME, laboratoires et instituts de recherche (CNRS, CEA, INP-GRE, RWTH, etc.). Grâce à cette approche collaborative, le projet ARCHIMEDES entend faire émerger des solutions fiables et innovantes pour soutenir l'électrification des transports et contribuer à une Europe plus durable.

*Le projet ARCHIMEDES est soutenu par le Chips Joint Undertaking et ses membres, qui comprend le financement complémentaire des autorités nationales dans le cadre de la convention de subvention n° 101112295.*

sommaire

PROJET

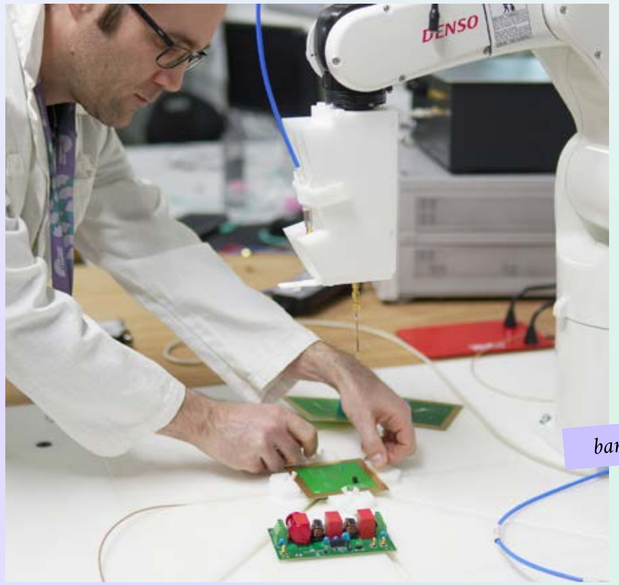
# RepowerDrive

## Optimisation des filtres actifs pour l'électrification des transports

Dans un contexte de transition énergétique et de réduction des émissions de $CO_2$, l'électrification des transports est un enjeu majeur. Le projet RepowerDrive, lancé en mai 2024 pour une durée de quatre ans, vise à améliorer l'efficacité et la densité de puissance, tout en garantissant une bonne compatibilité électromagnétique (CEM). Il regroupe plusieurs acteurs industriels majeurs (Airbus, Safran, TE Connectivity, Valeo) ainsi que des laboratoires académiques (LAAS-CNRS, SATIE), et s'inscrit dans une dynamique de recherche appliquée avec des tests sur des systèmes allant de 22 à 300 kW.

L'objectif principal de ce projet est d'améliorer le filtrage des perturbations électromagnétiques émises par les chaines de forte puissance. Les premières études montrent que les solutions de filtrage passif conventionnelles ne permettent pas de respecter les contraintes industrielles en terme de volume et de masse. Dans le cadre du projet RepowerDrive, une évaluation approfondie des technologies disponibles sur le marché a donc été réalisée, puis des solutions de filtrage actif analogiques et numériques compatibles avec les exigences industrielles seront développées.

Les premiers résultats incluent la publication d'un état de l'art sur les filtres actifs CEM et une évaluation des niveaux de perturbations CEM des chaînes de fortes puissance en réalisant des campagnes de mesures sur plusieurs chaînes de puissance issues des secteurs aéronautique, automobile et industriel. De plus, une thèse a été initiée pour proposer une approche innovante de mesure des pertes d'insertion des filtres CEM in situ.



bancs d'essais

*« Le projet RepowerDrive a l'ambition de minimiser le poids et le volume des solutions de filtrage CEM des chaînes de forte puissance tout en assurant des performances CEM élevées. »*

*précise* ***Mohamed Matmat****, chef de projet*

**Les prochaines étapes du projet se concentreront sur :**

- L'évaluation des solutions COTS (commercial-off-the-shelf) de filtrage actif (TI et EMCortech)
- Le développement d'une carte d'interface commune pour intégrer différentes technologies de filtrage
- La mise au point de démonstrateurs industriels pour les solutions de filtrage analogique et numérique
- L'amélioration des algorithmes des filtres actifs numériques en collaboration avec l'université de Dortmund (TUD)
- L'évaluation des performances des solutions de filtrage développées sur des chaînes de puissance représentatives

Enfin, RepowerDrive s'inscrit également dans une démarche normative, en accompagnant l'évolution des standards liés à l'intégration des convertisseurs de très forte puissance dans l'industrie aéronautique. Ce projet représente une avancée stratégique pour l'électrification des transports, en garantissant des systèmes plus performants, robustes et conformes aux exigences industrielles.

sommaire

PROGRAMME

# FILAE

## Lancement officiel du programme pour l'électrification de l'aviation !

En 2024, l'État français a officialisé le financement du programme structurant FILAE (« FILière Aéronautique Électrique »), dont l'objectif est d'accélérer la transition vers l'avion du futur. Porté par l'IRT Saint Exupéry, ce programme mobilise plus de 80 chercheurs, doctorants et post-doctorants, qui collaboreront jusqu'en 2031 sur les 12 projets qui le composent.

**12 projets entre 2024 et 2031 pour un montant total de 60 millions d'euros**

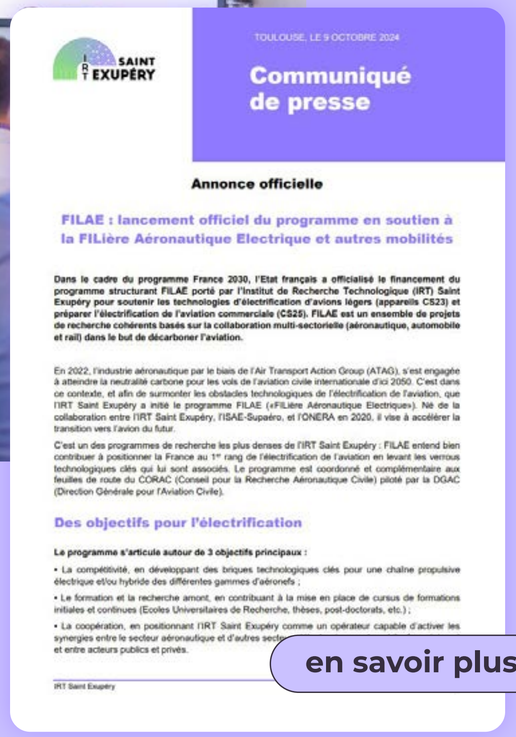
Le programme scientifique de FILAE s'articule autour de **3 thématiques** (l'électronique de puissance embarquée, la densification des systèmes électriques, la durée de vie des systèmes électriques) et **6 leviers** pour augmenter la performance de la chaîne électrique :

- Composants électroniques « grand gap »
- Protections et organes de connexion / déconnexion
- Matériaux pour l'électrique
- Connectiques & câbles
- Stockage de l'énergie
- Machines électriques

**Déjà 6 projets lancés**

- **GRINHELEC** vise à développer des isolants électriques plus verts pour des harnais de forte puissance.
- **SSB** s'intéresse aux batteries tout solide qui permettent d'augmenter notamment la densité de puissance embarquée.
- **REPOWERDRIVE** traite des problématiques de CEM, des filtres et a pour ambition de mettre au point des méthodologies d'optimisation.
- **THERMIX** vise à développer des solutions de refroidissement innovantes.
- **MEL** traite du sujet des machines électriques.
- **SiCRET+** traite de la fiabilité des modules SiC.

FILAE
by IRT Saint Exupéry



SAINT EXUPÉRY

TOULOUSE, LE 9 OCTOBRE 2024

**Communiqué de presse**

**Annonce officielle**

**FILAE : lancement officiel du programme en soutien à la FILière Aéronautique Electrique et autres mobilités**

**Dans le cadre du programme France 2030, l'Etat français a officialisé le financement du programme structurant FILAE porté par l'Institut de Recherche Technologique (IRT) Saint Exupéry pour soutenir les technologies d'électrification d'avions légers (appareils CS23) et préparer l'électrification de l'aviation commerciale (CS25). FILAE est un ensemble de projets de recherche cohérents basés sur la collaboration multi-sectorielle (aéronautique, automobile et rail) dans le but de décarboner l'aviation.**

En 2022, l'industrie aéronautique par le biais de l'Air Transport Action Group (ATAG), s'est engagée à atteindre la neutralité carbone pour les vols de l'aviation civile internationale d'ici 2050. C'est dans ce contexte, et afin de surmonter les obstacles technologiques de l'électrification de l'aviation, que l'IRT Saint Exupéry a initié le programme FILAE («FILière Aéronautique Electrique»). Né de la collaboration entre l'IRT Saint Exupéry, l'ISAE-Supaéro, et l'ONERA en 2020, il vise à accélérer la transition vers l'avion du futur.

C'est un des programmes de recherche les plus denses de l'IRT Saint Exupéry : FILAE entend bien contribuer à positionner la France au 1er rang de l'électrification de l'aviation en levant les verrous technologiques clés qui lui sont associés. Le programme est coordonné et complémentaire aux feuilles de route du CORAC (Conseil pour la Recherche Aéronautique Civile) piloté par la DGAC (Direction Générale pour l'Aviation Civile).

**Des objectifs pour l'électrification**

**Le programme s'articule autour de 3 objectifs principaux :**

- La compétitivité, en développant des briques technologiques clés pour une chaîne propulsive électrique et/ou hybride des différentes gammes d'aéronefs ;
- Le formation et la recherche amont, en contribuant à la mise en place de cursus de formations initiales et continues (Ecoles Universitaires de Recherche, thèses, post-doctorats, etc.) ;
- La coopération, en positionnant l'IRT Saint Exupéry comme un opérateur capable d'activer les synergies entre le secteur aéronautique et d'autres secteurs et entre acteurs publics et privés.

IRT Saint Exupéry

en savoir plus

En plaçant la durabilité, la formation et la coopération au cœur de son action, FILAE s'impose comme un programme de recherche structurant à l'échelle nationale. Il vise non seulement à répondre aux enjeux environnementaux de l'aéronautique en développant des technologies plus propres et plus efficientes, mais aussi à former une nouvelle génération d'experts capables d'accompagner cette transformation.

sommaire

# annuaire projets

## projets en cours

31 décembre 2024

### BOBINO
Ce projet porte sur l'étude des performances des systèmes d'isolations à base organique pour les machines tournantes avec des classes thermiques supérieures à 250°C.

### GANRET
Evaluation de la fiabilité de la technologie des semi-conducteurs de puissance en nitrure de gallium
(GaN). L'objectif principal est de permettre l'insertion de l'électronique de puissance à base de GaN dans (plusieurs secteurs) la chaîne d'approvisionnement de la mobilité électrique avec une contrainte de fiabilité élevée.

### GRINHELEC
Caractériser de nouveaux matériaux isolants et composants pour les harnais de forte puissance nécessaires pour répondre aux applications aéronautiques de propulsion hybrides ou électriques futures. Il vise entre autre à caractériser un isolant en partie biosourcé pour les câbles des harnais de puissance.

### HeMoWHy
Approfondissement des connaissances sur les mécanismes de vieillissement/défaillances et leurs fréquences d'apparition afin de savoir dimensionner, estimer la durée de vie et la sûreté de fonctionnement des piles à hydrogène. Le projet se focalise sur l'impact de certains paramètres (courant, température) sur le comportement dans la durée d'un « stack ». Les dégradations apparues seront identifiées de différentes manières pour avoir un bon degré de certitude sur les observations et interprétations réalisées.

### HIGHVOLT2
Amélioration de la compréhension des phénomènes physiques associés aux forts champs électriques (décharges partielles, surfaciques, charges d'espace, arcs électriques), évaluation et maîtrise de leurs conséquences sur la fiabilité des systèmes, identification et développement de solutions permettant de porter les performances des systèmes au-delà de l'état de l'art.

### HIGHVOLT_ARCS
Ce projet vise à la réalisation d'une thèse qui a pour ambition de développer les briques physiques et numériques nécessaires à la compréhension et à la modélisation des mécanismes fondamentaux des arcs électriques.
Elle a pour but d'accompagner la montée en compétence de l'IRT Saint Exupéry afin qu'elle atteigne rapidement l'état de l'art en début de thèse, pour ensuite intégrer des nouveaux modèles de mécanismes physiques.

### MEL
Le projet MEL se focalise sur la technologie des moteurs électriques pour soutenir l'avion plus électrique, voire l'arrivée de systèmes propulsifs hybrides ou électriques.
Plus précisément, le projet se focalise sur deux axes principaux : l'amélioration de la caractérisation et de la modélisation des matériaux magnétiques et notamment des pertes fer, et la détection la plus précoce possible des défaillances de type court-circuit dans le bobinage statorique. À ceci s'ajoute une analyse du contexte mouvant en termes de réglementation et d'opportunités technologiques.

### OCEANE
Optimisation de la chaîne électrique de forte puissance, développement de modèles prédictifs et d'outils d'optimisation multidisciplinaire (MDO) pour le dimensionnement optimal de la chaîne électrique, évaluation de futurs convertisseurs de courant continu/alternatif (DC/AC) de très fortes puissances.

### REPOWERDRIVE
L'objectif principal de RepowerDrive est d'optimiser la performance et la fiabilité des systèmes en tenant compte des contraintes industrielles telles que la stabilité du réseau, l'efficacité CEM et la densité de puissance

### SiCRET+
Le projet SiCRET+ s'intéresse au vieillissement des modules de puissance SiC, notamment en environnement sévère.

### SOLER
Étude de la durée de vie d'assemblages de composants électroniques sur circuits imprimés réalisés avec des crèmes à braser sans plomb nouvelles générations (de type SAC).

### SSB - Solid State Battery
Ce projet vise à améliorer la compréhension de la chimie de cellules tout solide / semi-solide (type d'électrolyte, anode, cathode, assemblage, besoin de compression, problème de gonflage, formats, etc.) et des mécanismes de dégradation.

### THERMIX
Le projet THERMIX traite d'une part l'amélioration des propriétés thermiques de matériaux diélectriques et de matériaux d'interface thermique, et d'autre part le développement d'une technologie de refroidissement hybride adaptative.

### ARCHIMEDES *projet européen*
Supporter et d'accélérer la mise sur le marché de technologies de rupture nécessaires à la transition énergétique, en accompagnant les domaines de l'automobile, de l'aéronautique et du développement industriel.

### LETTERSS *projet européen*
Ce projet aborde les principaux défis de la transition sans plomb pour le secteur spatial européen qui ont été décrits dans la feuille de route livrée en 2020 par la Commission européenne.

### FASTLANE *projet européen*
L'objectif de ce projet ambitieux est d'adresser l'ensemble de la chaîne de valeur de la technologie SiC, afin de rendre celle-ci plus compétitive et durable en Europe.

sommaire

AXE TECHNOLOGIQUE

# méthodes & outils pour le développement de systèmes complexes

sommaire

# méthodes & outils pour le développement de systèmes complexes

L'axe « Méthodes & outils pour le développement de systèmes complexes » propose un ensemble de solutions pour faciliter le développement, l'optimisation et la vérification d'architecture de systèmes critiques.

Nos solutions visent à améliorer la qualité des phases de conception, augmenter la maîtrise système, et à réduire les coûts récurrents ainsi que les durées des phases d'architecture et de développement. Notre démarche prend en compte l'intégralité du cycle de vie des systèmes complexes et critiques. Elle prend sa source dès la phase de conception grâce à une ingénierie multidisciplinaire optimisée, itérative et efficace et s'étend jusqu'à la phase de déploiement opérationnel grâce à l'usage de jumeaux numériques. Nous développons une approche 100% numérique en intégrant l'optimisation multidisciplinaire, l'ingénierie MBSE (model-based systems engineering), et les garanties temporelles nécessaires aux systèmes critiques.

Du fait de la transversalité de nos activités, nous adressons l'intégralité des autres axes de l'IRT Saint Exupéry et soutenons les domaines électriques, des matériaux et de l'intelligence artificielle en proposant des solutions numériques pour l'atteinte de leurs objectifs.

*« Grâce à la diversité de nos compétences, nous sommes en mesure de couvrir l'ensemble des activités de nos membres. »*

en savoir plus

## challenges

**Créer les méthodes et outils pour le développement de jumeaux numériques afin d'améliorer l'efficacité de systèmes complexes**

**Concevoir de manière optimisée, itérative et rapide les systèmes complexes**

**Certifier et qualifier les systèmes critiques embarqués tout en considérant les problématiques de cyber sécurité**

## objectifs

### Permettre une ingénierie système numérique et collaborative

- Obtenir une vision unifiée d'un système complexe basé sur des données, des méthodologies et des outils hétérogènes
- Améliorer la cohérence entre disciplines différentes ou en entreprise étendue
- S'adapter à l'avènement de l'intelligence artificielle

### Développer et transférer l'optimisation multidisciplinaire robuste vers l'industrie

- Accélérer la transformation numérique des phases de conception et de développement des systèmes
- Améliorer l'efficacité et la robustesse de la conception grâce à de nouvelles méthodologies d'optimisation multidisciplinaire et de propagation d'incertitudes
- Mettre en œuvre l'intelligence artificielle et l'optimisation multidisciplinaire dans le développement de jumeaux numériques

### Concevoir des architectures matérielles et logicielles efficaces et sûres

- Proposer des méthodes afin de respecter des objectifs de certification dans des contextes distribués ou incluant de l'intelligence artificielle
- Garantir les propriétés temporelles des nouveaux modèles d'implémentation (GPU, FPGA, TSN)
- Optimiser l'usage des ressources matérielles

sommaire

PROJET

# EasyMOD

## Transformer l'ingénierie système avec des interfaces intelligentes

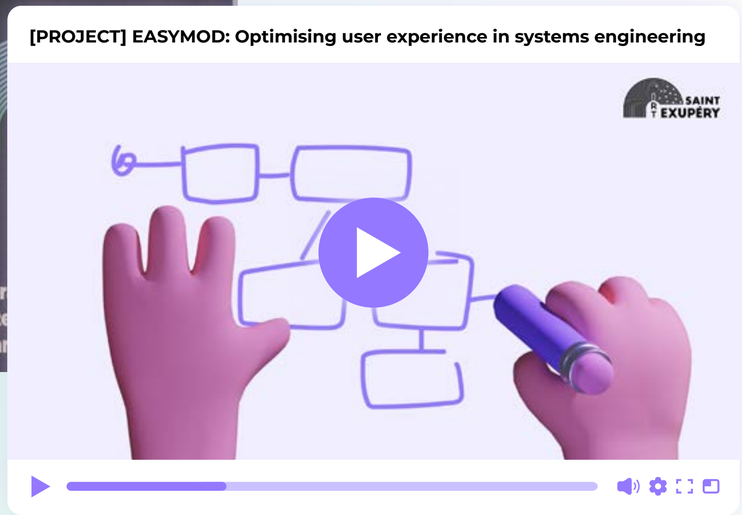
**Le projet EasyMOD, d'une durée de 3 ans et demi pour un budget de 2 millions d'euros, vise à moderniser l'ingénierie système en repensant les outils MBSE (ingénierie système basée sur les modèles).**

Puisque ces outils souffrent d'interfaces obsolètes, d'un manque de guidage et d'une surcharge d'informations, freinant leur adoption par les ingénieurs, le projet EasyMOD apporte une solution en développant des interfaces intelligentes et ergonomiques, facilitant l'édition, la revue et l'analyse des modèles. Il intègre également des assistants intelligents pour guider les utilisateurs et optimiser leur travail. La visualisation des données est améliorée grâce à des représentations graphiques adaptées et des liens bidirectionnels avec les langages de modélisation formels, offrant une navigation plus fluide et une intégration dans les processus industriels actuels.

La collaboration est un autre enjeu clé : le projet EasyMOD permet aux non-spécialistes de participer aux revues de modèles, rendant le processus plus inclusif et efficace. Cette approche facilite la prise de décision et améliore la réactivité des équipes.

S'achevant en 2024, le projet a donné lieu à des publications dans des conférences majeures comme ESA MBSE2022 et MODELS 23. Les outils sont également testés dans un cadre industriel, notamment avec l'Agence Spatiale Européenne (ESA), où leur efficacité est évaluée en conditions réelles. EasyMOD réunit des acteurs majeurs tels que Airbus Commercial Aircraft, Airbus Defense and Space, Human Design Group, ainsi que des institutions académiques comme l'Université Grenoble Alpes (UGA) et l'IRISA.

Evénement de fin de projet




Désormais en phase d'industrialisation, le projet vise à élargir les fonctionnalités et à améliorer la robustesse des outils pour un déploiement en entreprise. Les recherches futures porteront sur le layout par contraintes des modèles et l'explicabilité des IA, ouvrant de nouvelles perspectives.

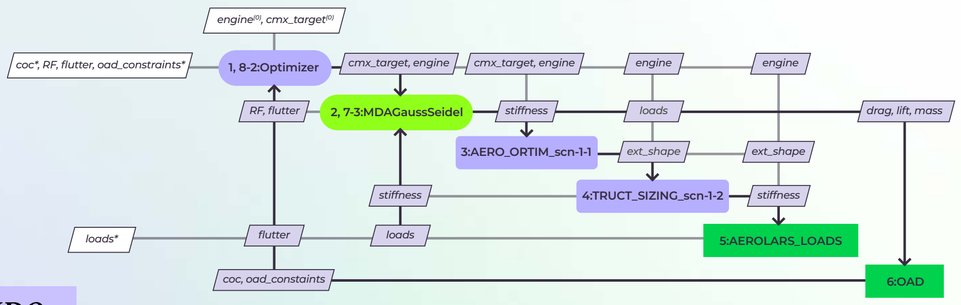
En facilitant l'adoption des outils MBSE, le projet EasyMOD représente une avancée majeure pour l'ingénierie système. Plus intuitif et collaboratif, il pourrait transformer durablement les méthodes de conception et améliorer l'efficacité des processus industriels.

sommaire

PROJET

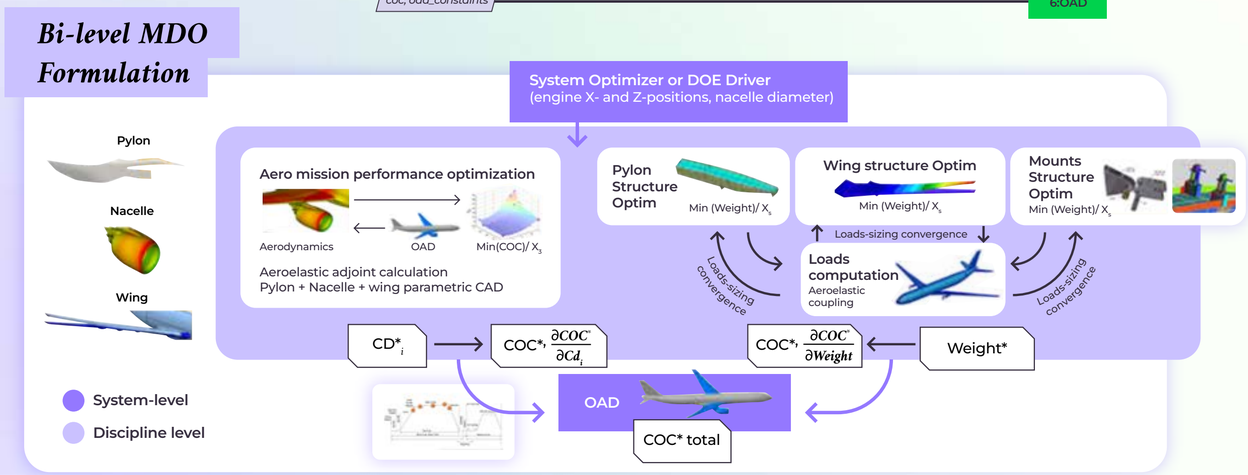
# R-EVOL

## Faciliter la transformation industrielle vers des processus multidisciplinaires intégrés




Porté par l'IRT Saint Exupéry depuis 2020, le projet R-EVOL a pour ambition de contribuer à soutenir l'industrie aérospatiale dans ses efforts de transformation vers des processus multidisciplinaires intégrés. Il réunit les partenaires industriels et académiques Airbus, Liebherr, Capgemini, Expleo, CENAERO, le CERFACS et l'INSA Toulouse.

La complexité croissante des défis auxquels est confrontée l'industrie aérospatiale rend l'optimisation multidisciplinaire (MDO) essentielle pour une conception efficace et performante. Les défis de la MDO sont nombreux : créer des processus automatiques, flexibles et adaptables, en tenant compte des couplages pluridisciplinaires requis et des multiples niveaux de fidélité; déterminer des solutions de conception optimales grâce à des stratégies numériques atteignant les niveaux attendus en termes de robustesse, précision et efficacité, en particulier en grande dimension et pour des modèles de haute-fidélité ; enfin, prendre en compte les paramètres incertains et évaluer leur impact sur les solutions de conception optimales afin de réduire les risques potentiels associés aux prises de décision.




Tous ces défis sont pris en compte dans le projet R-EVOL, grâce au développement de nombreuses fonctionnalités et plugins du logiciel GEMSEO, le framework logiciel de l'IRT Saint Exupéry pour la MDO, créé en 2015 et rendu open source en 2021.

Par ailleurs, une approche Model Based System Engineering – Multidisciplinary Design Optimization (MBSE – MDO) a été développée, faisant évoluer le processus d'ingénierie vers un processus intégré assurant la continuité numérique à partir des exigences de haut niveau et tout au long des processus de simulation et d'optimisation.

*« Le projet R-Evol a consolidé GEMSEO avec des nouvelles fonctionnalités qui en font un environnement puissant et versatile pour déployer la MDO. Pour preuve de ce succès, l'utilisation de GEMSEO rayonne aujourd'hui au travers de tout Airbus Group et bien au-delà du périmètre initialement ciblé par le projet R-Evol. Avec l'expertise de l'IRT Saint Exupéry en support, nous avons pu pousser la MDO vers de nouvelles thématiques telles que les nouvelles technologies avion, les systèmes industriels, les systèmes spatiaux ou hélicoptères. »*

*Florian Blanc,*
*Digital Design, Manufacturing & Services (DDMS), Airbus*

Cette approche innovante, ainsi que les techniques numériques avancées développées sont mises en œuvre sur des cas d'utilisation représentatifs des contraintes industrielles : un cas avion MDO multi-composants voilure – nacelle – mât, un cas d'optimisation de système de vannes, un cas de mission d'un satellite de télécommunication, et enfin un scénario de mission martienne.

Grâce au projet R-EVOL, l'IRT Saint Exupéry développe de façon robuste un framework logiciel et des méthodologies MDO de nouvelle génération, ouvrant la voie à une conception plus flexible, plus adaptable, plus performante et plus fiable. Cette approche contribue ainsi à renforcer la compétitivité et la capacité d'innovation de l'industrie aérospatiale, facilitant la prise de décision et l'accélération du développement de nouvelles technologies.

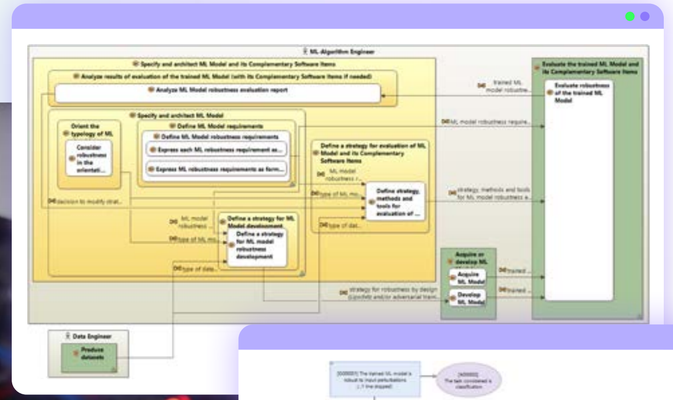
sommaire

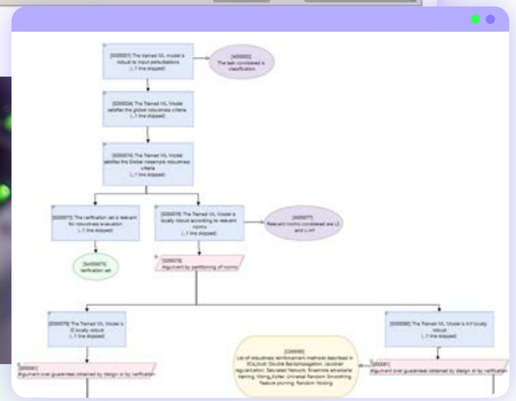
PROJET

# Confiance.AI

## Déployer l'IA au service des systèmes critiques

banc d'essai





Piloté par l'IRT SystemX, le projet Confiance.AI s'est achevé en septembre 2024 et aura duré quatre années. Centré sur la question de la confiance dans les systèmes à base d'Intelligence Artificielle, il a permis des collaborations fructueuses notamment entre l'IRT Saint Exupéry et l'IRT System X. Les travaux ont porté sur deux conditions essentielles à l'utilisation de l'IA dans les systèmes embarqués : avoir confiance dans ces systèmes et parvenir à les déployer sur des calculateurs embarqués.

Sur le volet des travaux relevant de la vérification et de la validation, le projet a utilisé la méthode des Assurance Cases pour mettre à disposition des ingénieurs les concepts et outils permettant de formaliser l'argumentaire justifiant la satisfaction des propriétés attendues du système. Déjà adoptée dans plusieurs domaines industriels, cette méthode repose sur la décomposition systématique des propriétés de façon à les rendre plus facilement démontrables. Elle est particulièrement pertinente dans le domaine de l'IA puisque, dans ce cas, la confiance ne peut seulement reposer sur des pratiques validées par l'usage et agréées. La démonstration de certaines des propriétés de plus bas niveau repose sur des méthodes de l'état de l'art dont certaines ont été développées à l'IRT Saint Exupéry (explicabilité, robustesse). Les équipes de recherche ont implémenté la méthode dans l'outil d'ingénierie guidé par les modèles CAPELLA ce qui a permis de coupler étroitement et formellement les phases de conception, de vérification et de validation.

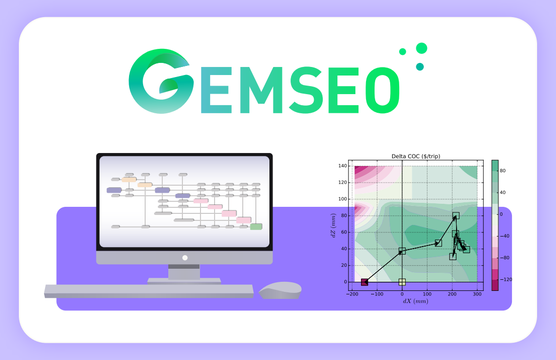
Concernant le déploiement sur des calculateurs embarqués, il a été question de synthétiser les exigences concernant la taille, le poids et la puissance, les temps de réponse, la fiabilité, la certification et, finalement, le coût des systèmes. Trouver la configuration matérielle et logicielle qui satisfait ces contraintes est un problème complexe généralement résolu en combinant retours d'expériences, analyses et, surtout, exploration expérimentale. Explorer un grand nombre de configurations rapidement et de façon reproductible est donc crucial, aussi a été développé un banc d'évaluation automatisant le déploiement et la caractérisation des algorithmes d'IA. Ce banc intègre des chaines d'implémentation d'algorithmes d'IA préinstallées et préconfigurées, un ensemble de cibles matérielles et une interface de programmation pour configurer et exécuter les expériences et collecter des résultats. Les équipes de Confiance.IA ont aussi intégré la capacité de prédire les performances de cibles matérielles absentes du banc ou non disponibles.

sommaire

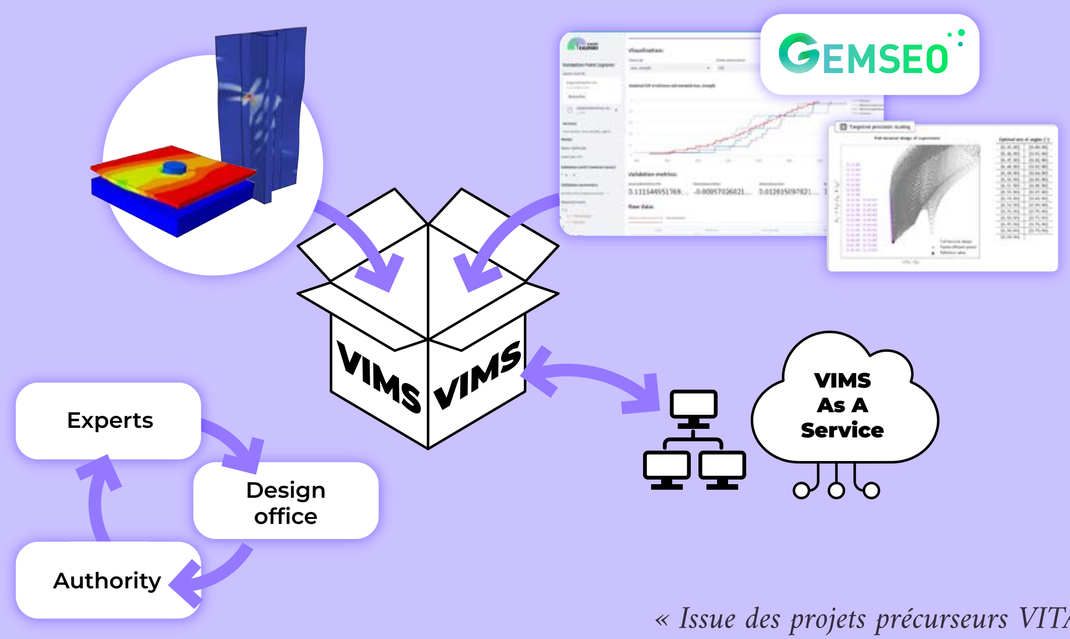
SYNERGIE

# MDO-V&VUQ

## Optimiser les processus de conception et de certification




Depuis plusieurs années, l'IRT Saint Exupéry développe des capacités d'optimisation multidisciplinaire à travers le logiciel open source GEMSEO. Ces développements promeuvent l'utilisation de modèles dans des cycles de conception plus intégrés entre les différents métiers et les différentes physiques qui interviennent dans les systèmes complexes. Au-delà des gains de performance, ce sont aussi des temps de développement réduits qui sont visés, et une capacité à trouver les meilleurs compromis d'architectures.




Afin de réduire les délais de certification des systèmes ainsi conçus, il est important d'évaluer la crédibilité des modèles mis en œuvre. Lorsque la crédibilité est suffisante, on peut en effet envisager de faire d'avantage confiance dans les résultats des simulations et des optimisations, et réduire ainsi le nombre d'essais physiques longs à mettre en place, risqués, et couteux. C'est l'objectif des travaux que mène l'IRT Saint Exupéry sur la Vérification, la Validation et Quantification d'Incertitude (V&VUQ) pour les simulations. Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de projets menés dans l'axe TFA depuis 2018 (VITAL, TRUST), avec le support des équipes et des capacités numériques du centre de compétence MDO.

En s'appuyant sur le logiciel GEMSEO, les équipes de ces projets développent une plateforme logicielle dédiée à la mise en œuvre de processus V&VUQ pour faciliter et standardiser l'évaluation de la crédibilité de modèles. L'application principale actuellement étudiée concerne les structures composites aérospatiales, et s'intéresse aux modèles d'endommagement qui permettent de prédire la résistance des structures sous différentes sollicitations. Dans ce contexte, ce sont des milliers d'essais qui pourraient être évités pour intégrer par exemple des nouveaux matériaux composites plus performants et plus durables, dans une approche de certification par l'analyse supportée par des essais.

Grâce aux travaux avec GEMSEO, non seulement la plateforme V&VUQ bénéficie de fonctionnalités à l'état de l'art en termes d'analyse de sensibilité, de machine learning, de quantification d'incertitude, mais les modèles dont la crédibilité est ainsi évaluée peuvent être directement utilisés dans des optimisations multidisciplinaires.

*« Issue des projets précurseurs VITAL et TRUST, cette plateforme logicielle de V&VUQ pourra être utilisée pour intégrer et vérifier la crédibilité des simulations et des modèles dans d'autres domaines à l'IRT Saint Exupéry comme l'optimisation de chaîne de puissance électrique, en synergie avec GEMSEO. »*

***Fabio Coccetti,***
*Responsable du Centre de Compétence Energie Haute Fiabilité de l'axe Technologies Plus Vertes*

*« Cette collaboration avec les équipes MOSC est indispensable pour pouvoir accélérer la montée en maturité des technologies portées par l'axe TFA. »*

***Yannick Girard,***
*Directrice Technologies de Fabrication Additive*

sommaire

# annuaire projets

## projets en cours

31 décembre 2024

### COSMOS
Permettre une continuité numérique dans les analyses de sûreté de fonctionnement (et les autres analyses s'y rapportant) d'un système complexe développé dans un cadre d'Entreprise Etendue.

### DIGITWIX
Raffiner les modèles satellites avec des données opérationnelles en orbite pour améliorer la renégociation du domaine d'utilisation du satellite et la maîtrise des marges de design du satellite grâce à l'utilisation d'un jumeau numérique.

### EDEN2
L'objectif du projet EDEN était d'évaluer la technologie TSN pour les réseaux intégrés et de fournir une méthodologie et un cadre complet pour gérer ces réseaux.
Le champ d'application du projet EDEN2 a été étendu aux réseaux hétérogènes, aux applications, aux contraintes de fiabilité (sûreté et cybersécurité) et aux cas d'optimisation globale.

### R-EVOL
Contribution à la continuité numérique grâce à la MDO en lien à l'ingénierie des systèmes. Développement de capacités innovantes pour l'amélioration de l'efficacité et de la robustesse des processus MDO. En particulier développement des aspects multi-fidélité et propagation d'incertitudes dans les processus MDO.

### ACAP *projet européen*
Utilisation de l'optimisation multidisciplinaire pour la conception d'architectures d'aéronefs allant des applications régionales aux applications à courte et moyenne portée. Le projet vise à développer un environnement agile et collaboratif pour assembler et structurer la pyramide des processus d'architecture, des modèles et des données des différents modèles numériques. Le projet vise aussi à développer la continuité numérique entre MBSE et MDAO.

### NEXTAIR *projet européen*
Permettre la transformation numérique de l'avion de la prochaine génération grâce au développement et à la démonstration de nouvelles méthodes numériques combinant les capacités les plus avancées de modélisation haute-fidélité et des techniques de Machine Learning. NextAir permettra une conception robuste et une mise en service de la prochaine génération de configurations d'aéronefs neutres sur le plan climatique, avec une fiabilité opérationnelle améliorée et des technologies de maintenance intelligentes.

### ODE4HERA *projet européen*
Permettre et accélérer le développement d'architectures régionales hybrides-électriques grâce à des outils et méthodologies mis en œuvre dans une plateforme numérique transférable et ouverte.

### UP WING *projet européen*
Développement de nouvelles capacités pour l'architecture d'ailes ultra performante en termes d'impact climatique pour avions à courte ou moyenne portée par notamment le renforcement de l'utilisation de méthodes d'optimisation multidisciplinaire haute-fidélité.

## projets terminés

en 2024

### EASYMOD
Définition des modes d'interaction appropriés et acceptés par les architectes et ingénieurs systèmes pour améliorer l'acceptabilité et le large déploiement de la modélisation et augmenter l'efficacité et la productivité des ingénieurs systèmes.

### RHEA *projet européen*
Développement de méthodes de conception robustes avec gestion quantitative des incertitudes, et introduction de technologies soigneusement sélectionnées dans le processus de conception aéro-structure d'avions de future génération dotés d'ailes à très fort allongement.

sommaire

# NOS centres d'essais

Nos centres d'essais, implantés principalement à Toulouse et Bordeaux, offrent un ensemble unique de moyens expérimentaux et numériques couvrant nos quatre axes technologiques. Conçus pour accompagner les industriels et les académiques dans leurs défis actuels et futurs, ils jouent un rôle clé dans la transition vers une industrie plus durable, notamment face au défi majeur de la décarbonation. Que ce soit pour explorer de nouveaux matériaux dans une logique d'économie circulaire, développer une IA plus sobre en ressources, optimiser  et valider des solutions technologiques performantes ou encore accélérer l'intégration des technologies électriques pour la mobilité, nos centres d'essais constituent des leviers stratégiques. Nous mettons également notre expertise au service des acteurs de ces domaines à travers des prestations de recherche adaptées à leurs enjeux spécifiques.

## Nos activités développement process et caractérisation :

- Composites organiques
- Composites céramiques
- Matériaux métalliques
- Revêtements & assemblages innovants

## Nos activités numériques :

- Ingénierie systèmes & modélisation
- Optimisation multidisciplinaire
- Télécommunications
- Intelligence Artificielle

## Nos activités développement & caractérisation électriques :

- Conducteurs & diélectriques
- Convertisseurs & modules de puissance
- Arcs électriques

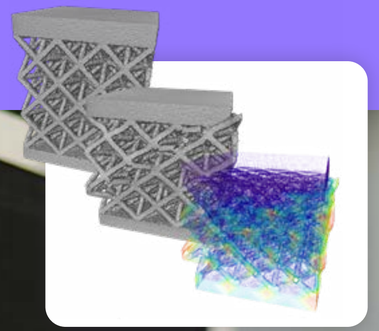
*« Nos centres d'essais, alliés à nos compétences et expertise, sont des vecteurs primordiaux à l'innovation, indispensables à la réalisation d'activités de recherche de pointe et ambitieuses. »*

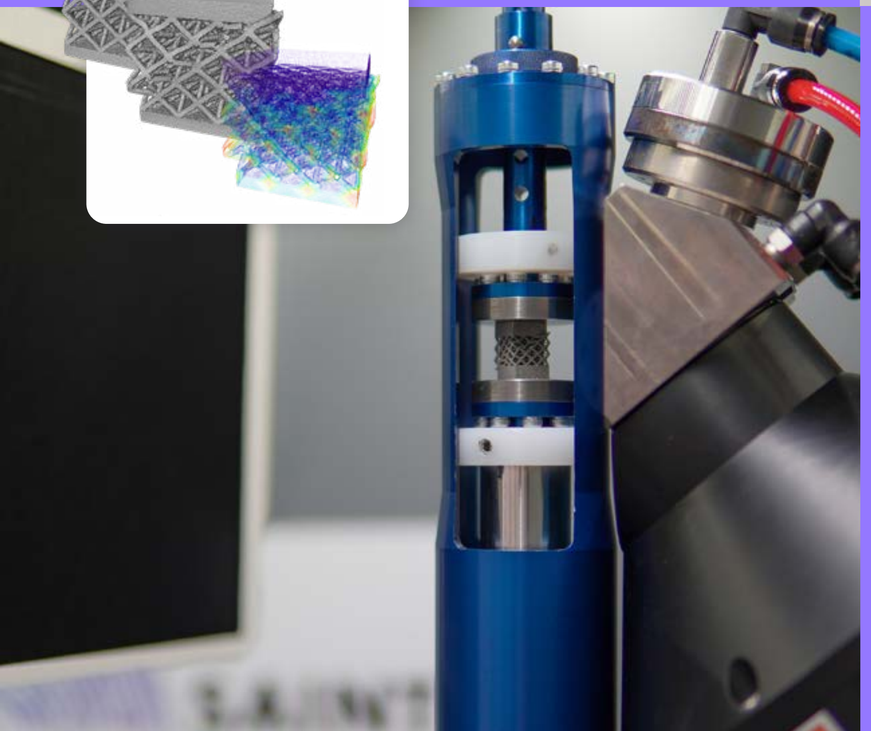
**Jean-Marie DES**
Directeur des centres d'essais et du site de Toulouse

sommaire

# Une cellule d'essais thermomécaniques intégrée au microtomographe à rayons X

Le service plateforme s'est doté d'un moyen d'essais thermomécaniques in situ (+/-8kN, essais à T° ambiante et jusqu'à 900°C) conçu pour s'intégrer directement dans le microtomographe. Ce dispositif versatile, capable d'opérer sur différentes natures de matériaux, est un outil essentiel pour établir de manière dynamique le lien entre la microstructure 3D et les mécanismes d'endommagement des matériaux sous contraintes.





*Robot de préparation de surface par laser avec modules CND*

# Transfert industriel réussi de notre procédé laser automatisé !

Après avoir optimisé le procédé de traitement laser en cabine, défini ses bornes et éprouvé sa robustesse (impact défocalisation, incidence, fluence, polluants...), nous avons développé des moyens de contrôle et de correction en ligne. Le traitement de pièces complexes sur notre robot a permis de valider la fiabilité du process. Ces briques technologiques brevetées sont donc aujourd'hui utilisées sur la chaîne de production de l'un de nos partenaires industriels.

# Horodatage MLI

Grâce à son nouveau banc d'horodatage générant un signal MLI 3kV, l'IRT Saint Exupéry dispose d'un moyen capable de quantifier la durée de vie simultanément sur cinq échantillons représentatifs d'équipements électriques. Son principe repose sur la détection et le datage de la rupture diélectrique de chaque échantillon.

# Notre offre et expertise

Nos équipements s'ouvrent également à une utilisation dans le cadre de prestations de recherche. Couplées à l'expertise de nos ingénieurs et techniciens, elles permettent de répondre aux besoins de recherche et développement, mais également de formation sur des équipements de pointe.
Notre force réside dans l'environnement collaboratif intégré et la synergie du traitement de ces problématiques : cette multidisciplinarité vous permet de tester vos procédés et technologies sur des équipements et de comprendre leurs interactions, garantissant l'optimisation de vos projets.

Nos plateformes technologiques permettent de réaliser des travaux de recherche sur mesure, en respectant les besoins spécifiques de chacun de nos partenaires. Nous nous adaptons aux attentes de chaque client, au niveau de maturité de sa technologie mais aussi à sa taille, permettant ainsi aux start-ups, TPE et PME d'accéder à des ressources de développement uniques.

en savoir plus

## Services R&T

**Consulting & Expertise**

**Étude de faisabilité**

**Ingénierie :**
guidelines, modèles, bases de données, standards & évaluation de la maturité technologique

## Services plateformes

**Caractérisation**

**Modèles & simulation**

**Optimisation**

**Accès aux plateformes & équipements**

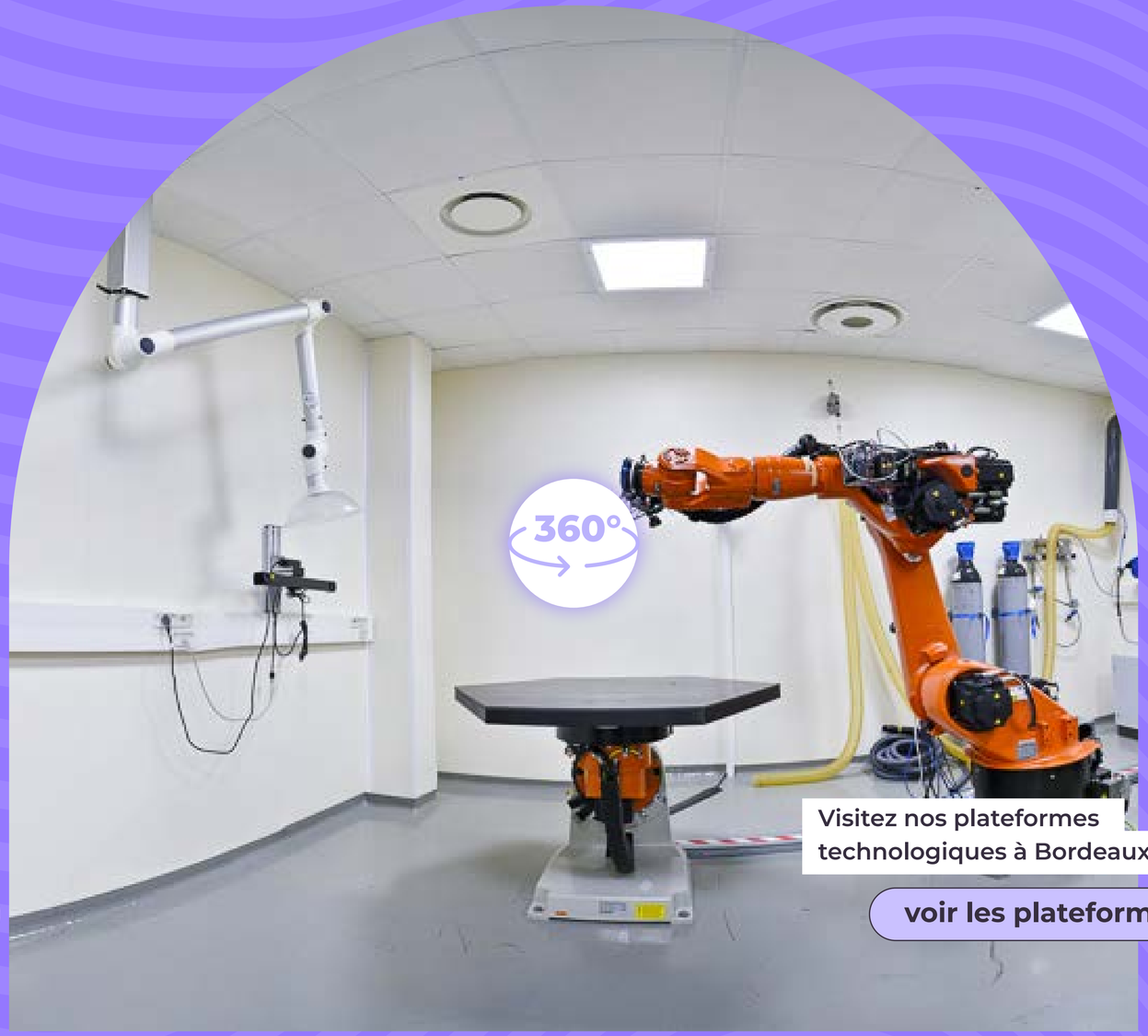
**Formation sur moyens**

sommaire

# NOS visites virtuelles

Visitez nos plateformes technologiques à Toulouse

voir les plateformes




Visitez nos plateformes technologiques à Bordeaux

voir les plateformes

# NOS membres fondateurs

sommaire

# Suivez toutes nos actualités sur notre site web et nos réseaux sociaux

# Rejoignez l'aventure IRT Saint Exupéry

nos offres d'emploi

**Site de Toulouse**

**Bâtiment B612**
3 rue Tarfaya
CS 34436
31405 Toulouse cedex 4 (France)

**Site de Bordeaux**

**Arts et Métiers ParisTech**
Campus de Bordeaux-Talence,
Esplanade des Arts et Métiers
33405 Talence cedex (France)

**Site de Sophia Antipolis**

**Garden Space**
Bâtiment B
240 Rue Evariste Galois,
06410 Biot (France)