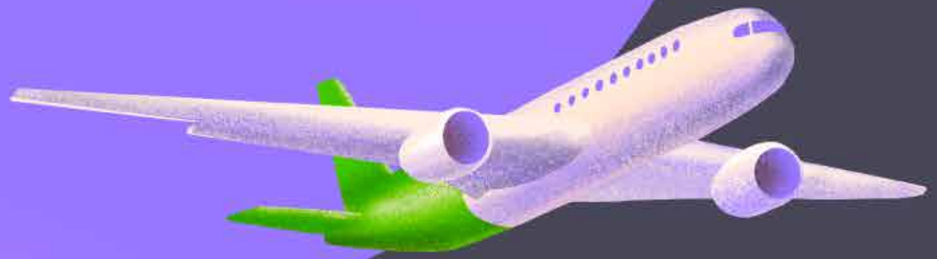
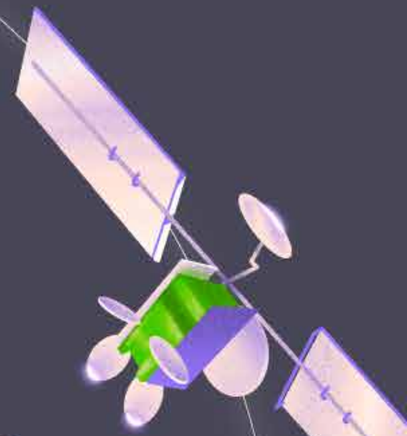
IRT SAINT EXUPÉRY

10 ans

de recherche collaborative

Rapport d'activité 2023





sommaire

axes technologiques

03 édito

04 événements marquants

05 10 ans de l'IRT Saint Exupéry

11 comité de direction

12 chiffres clés

13 méthodes & outils pour le développement de systèmes complexes

15 projet EDEN
16 projet DIGITWIX
17 projet S2C
18 GEMSEO
19 annuaire projets

20 technologies intelligentes

22 projet MINDS
23 projet ENVIA
24 projet NS3
25 IA & Cybersécurité
26 annuaire projets

27 technologies de fabrication avancées

29 projet MAMA
30 projet FREEzING
31 projet COBRA
32 l'alliance matériaux
33 annuaire projets

34 technologies plus vertes

36 projet HIGHVOLT 2
37 projet SICRET+
38 projet GRINHELEC
39 programme FILAE
40 annuaire projets

41 plateformes technologiques

45 éco énergie 2023

47 membres

48 contact

« L'IRT Saint Exupéry a atteint une crédibilité, une solidité et une importance grâce à la collaboration entre le monde académique, les industriels et l'État»

édito.

Avec l'année 2023 s'est achevée brillamment la première décennie de l'IRT Saint Exupéry. La célébration de notre 10e anniversaire a été l'occasion de revenir sur une décennie d'innovations, de collaborations fructueuses et de réalisations remarquables. Nous sommes prêts pour franchir en 2024 une étape importante en obtenant le renouvellement de la confiance de l'Etat et la concrétisation de nos ambitions technologiques avec le lancement de nos programmes emblématiques.

Le 10 novembre dernier à la **Cité de l'Espace, Bruno Bonnell**, Secrétaire Général Pour l'Investissement, a prononcé ces mots lors de son discours introductif : « *L'IRT Saint Exupéry a atteint une crédibilité, une solidité et une importance grâce à la collaboration entre le monde académique, les industriels et l'État* ». A la lumière de ces succès, nous aspirons à renforcer les fondations de ce pont entre la recherche et l'industrie que nous avons toujours incarné avec fierté. C'est dans cette perspective que nous appelons à une collaboration renforcée avec nos partenaires locaux et nationaux, académiques, industriels et institutionnels. 2024 s'inscrira dans cette logique avec une nouvelle gouvernance équilibrée entre industriels et académiques.

Nous sommes aujourd'hui **résolument tournés vers l'avenir.** Forts de nos expériences passées, nous sommes prêts à affronter les défis technologiques pour la décarbonation, pour la souveraineté industrielle et pour la compétitivité technologique de notre filière aux côtés des ITE et IRT réunis sous la bannière FIT. Ces enjeux sont au cœur de nos préoccupations, et nous sommes déterminés à être un des acteurs clés pour la France afin d'adresser ces transitions.

Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude envers **l'ensemble de nos collaborateurs toulousains, bordelais et sophipolitains** pour leur engagement, leur expertise et leur passion qui sont les piliers de **notre réussite collective**. Alors que nous nous apprêtons à écrire ensemble les prochains chapitres de notre histoire, nos succès passés et le soutien indéfectible de nos membres nous positionnent au meilleur niveau pour que l'avenir soit marqué par les réalisations de l'IRT Saint Exupéry.

Magali Vaissiere,
Présidente de l'IRT Saint Exupéry

Denis Descheemaeker,
Directeur Général de l'IRT Saint Exupéry

TOULOUSE, LE 19 MARS 2024

Communiqué de presse

Nouvelle présidence à l'IRT Saint Exupéry

Christian Picollet succède à Magali Vaissiere

Le 19 mars 2024 - L'Institut de Recherche Technologique (IRT) Saint Exupéry annonce l'élection de son nouveau président, Christian Picollet lors du Conseil d'Administration de ce jour. Pour la première fois depuis la création de l'institut, un vice-président est également nommé. C'est Joël Bertrand qui a été élu à ce titre, et il secondera Christian Picollet pendant leur mandat respectif de 3 ans.

Cette élection fait suite à la fin du mandat de Présidente de Magali Vaissiere, qui occupait ce poste depuis mars 2021.

sommaire

2023

janvier

- Début du projet ACAP
- Visite du pôle de compétitivité ASTech Paris Region
- Visite de Bernhard Quendt, CTO de Thales
- Présence au Consumer Electronics Show

février

- Participation à la 12ème édition du RDV/Forum du Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec (CRIAQ)
- Présence au ActInSpace
- Visite de Bridgestone Aircrat Tire
- Présence au World Artificial Intelligence Cannes Festival

mars

- Résultats du projet S2C
- Premier atelier du projet APISS
- Présence au Paris Space Week 2023
- Workshop : Calcul haute performance pour les systèmes embarqués
- DEEL : deux articles acceptés à la conférence CVPR

avril

- Participation au JEC World 2023
- Conférence scientifique d'Edward Lee au B612
- Coup d'envoi pour le projet CSS
- Célébration de nos 10 ans sur notre site de Bordeaux-Talence en présence de nos membres aquitains

mai

- 4ème édition du Forum MobiliT.AI
- Présentation du programme emblématique *xG* TN-NTN au SGPI et aux DGE Espace et Numérique
- Nouvel analyseur de gaz pour l'équipement CIC
- Présence au PCIM Europe Conference 2023

juin

- Célébration de nos 10 ans sur notre site de Sophia-Antipolis
- Présence aux Assises du NewSpace - Saison 2
- Signature de l'alliance Franco-Québécoise au salon du Bourget avec le Ministère français de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation
- Présentation du futur programme xG TN-NTN lors des LETI Innovation Days
- Organisation du séminaire "Matériaux & Durabilité"

juillet

- Participation à la conférence #Résonance
- 3 papiers acceptés pour DEEL à la conférence ICML (Int'l Conference on Machine Learning)
- Inauguration du Centre de Conférence Magali Vaissière à l'ESA
- Second Jalon pour le projet APISS

août

- Visite de Saint-Gobain à Bordeaux
- Présence à la Confe-rence HT-CMC 11 en Corée

septembre

- Venue de Yaël Braun-Pivet, Présidente de l'Assemblée Nationale
- Prix de thèse remporté à l'événement EMC Europe
- Colloques Polymères et Composites
- Diffusion des résultats du projet EDEN

octobre

- Participation aux Assises du NewSpace
- Atelier de diffusion des résultats du projet EDEN
- Organisation de l'événement Atelier THERMIX
- Présentation des résultats du projet CIAR à la conférence "European Data Handling & Data Processing "
- Workshop WBG Power Device Reliability à l'IRT

novembre

- Colloque Carac'2023
- Célébration de nos 10 ans à la Cité de l'Espace
- Participation aux Airbus Atlantic Innovation Days
- Participation au AI Health Summit
- L'IRT Saint Exupéry devient membre de Clean Aviation

décembre

- Sélection pour la phase finale du challenge OrtibalAI de l'ESA
- Remise du Grand prix de l'AACE à Magali Vaissiere
- Participation à la 5ème édition de l'événement "Rencontre Phases Précoces en Cancérologie"
- Participation à la 3ème édition de l'Open Source Experience
- Participation à la 7ème journée de Statistique Mathématique

Retour sur les

10 ans de l'IRT Saint Exupéry

des années de collaboration !

Le vendredi 10 novembre 2023, nous avons célébré nos 10 ans à la Cité de l'Espace avec les collaborateurs de nos trois sites, membres et partenaires. L'occasion à travers différents temps forts de renforcer les liens, mais également de commencer à écrire ensemble les projets des années à venir.

Bruno Bonnell, Secrétaire Général pour l'Investissement, nous a fait l'honneur d'ouvrir cette journée et a rappelé :

«C'est bien une collaboration entre l'État, les chercheurs et les industriels qui permettra de montrer que notre pays est loin d'être résigné face à ces défis»,

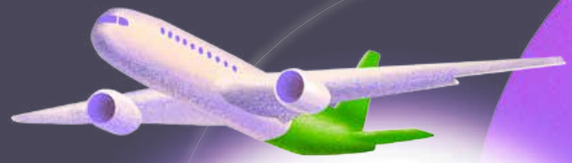
soulignant ainsi le rôle de l'IRT : « aligner les planètes et dégager les nuages », clin d'œil à Antoine de Saint-Exupéry.
La matinée fut consacrée à une mise à l'honneur des dix années de collaboration, à travers trois tables rondes avec la présence des acteurs institutionnels, industriels et académiques puis une présentation des réalisations autour de quinze stands retraçant les différents projets et innovations made in IRT Saint Exupéry !

L'après-midi dédiée aux collaborateurs a été marquée par la venue de l'ancienne ministre et astronaute Claudie Haigneré. Entre récits de son parcours, anecdotes de ses missions spatiales et focus sur les nouveaux enjeux du New Space, elle a captivé la salle Imax de la Cité de l'Espace.

Retour sur les 10 ans de l'IRT Saint Exupéry à la Cité de l'Espace !

Une journée anniversaire marquante où l'investissement de nos collaborateurs, membres et partenaires a été remercié et souligné.

Consolider le présent et prévoir l'avenir collectivement furent les marqueurs de cette journée.



IRT SAINT EXUPÉRY

10 ans

de recherche collaborative

sommaire

Des tables rondes représentatives *des dix ans de collaboration !*

Comment l'IRT Saint Exupéry supporte-t-il les ambitions de la France ?

Echanger sur **"Le rôle de l'IRT Saint Exupéry afin de supporter les ambitions de la France"** a donné le ton de la première table ronde menée par **Magali Vaissiere, Présidente de l'IRT Saint Exupéry, Agnès Plagneux-Bertrand, Vice-Présidente de Toulouse Métropole et Adjointe au Maire de Toulouse et Thierry Cotelle, Conseiller Régional, Vice-président de la Commission Economie, Emploi, Innovation et Réindustrialisation de la Région Occitanie et Président de NEREUS (Space European Network).** « Je voudrais dire combien c'est important pour nos secteurs de l'aéronautique et du spatial, que d'avoir un outil comme l'IRT pour préparer l'avenir » a souligné Agnès Plagneux-Bertrand. Retrouvez la table ronde en vidéo.

Les enjeux industriels pour les 5 années à venir

Fixer **« les enjeux industriels et l'implication de l'IRT pour les cinq années à venir »**, aux côtés de **Nathalie Duquesne, Directrice Générale Liebherr-Aerospace Toulouse, Christian Picollet, Corporate Vice-Président Research and Technology Safran, Christophe Valorge, Directeur Technique Thales Alenia Space, Alain De Zotti, Responsable de l'architecture et intégration avion chez Airbus et Denis Descheemaeker, Directeur Général de l'IRT Saint Exupéry**, était le thème du second échange. Utiliser l'intelligence collective pour continuer à travailler ensemble sont les mots forts qui en sont ressortis. « L'IRT, c'est un outil qui est extraordinaire pour développer nos experts », concluait Nathalie Duquesne. Visionnez la vidéo.

Les enjeux scientifiques de ces prochaines années

Mike Toplis, Président de l'Université Fédérale de Toulouse, Laurent Servant, Vice-président en charge des réseaux internationaux à l'Université de Bordeaux aux côtés de Fabio Coccetti, Responsable de la compétence haute densité et haute fiabilité à l'IRT Saint Exupéry, se sont exprimés sur « les enjeux scientifiques de ces prochaines années » et sur l'intérêt de cette collaboration entre les industriels et le monde académique. Une force de frappe rappelé par Mike Toplis : « le succès c'est aussi dans la forme de co-construction, de co-opération plutôt que dans la co-compétition ». Regardez la vidéo.

sommaire

L’IRT Saint Exupéry fête ses dix ans.

sommaire

10 ans
de recherche collaborative
10 ans
de recherche collaborative

sommaire

sommaire

Ils ont parlé **de nous !**

LA VIE ÉCONOMIQUE — S'abonner

Haute-Garonne

IRT Saint-Exupéry : 10 ans de défis technologiques

Publié le 22/11/2023

L'Institut de Recherche Technologique installé au B612 à Toulouse œuvre depuis 2013 pour accélérer l'innovation dans le domaine aéronautique et spatial. Un défi gigantesque à l'heure de la décarbonation de ces industries.

« La gestation ne fut pas facile. Aussi lo
goguenard. Il s'agit d'une archive de l'a
l'institut toulousain – rejoint aujourd'hu
tous les acteurs réunis à Toulouse pour

aef info — 25 ans — Le groupe — Nos événements — L'offre d'abonnement

HOME | ENSEIGNEMENT / RECHERCHE | RECHERCHE ET INNOVATION | DÉPÊCHE N°702431

IRT Saint-Exupéry : "Si l'État est ambitieux, les industriels le seront aussi" (Denis Descheemaeker, directeur général)

À l'occasion d'un événement organisé pour les dix ans de l'IRT Saint-Exupéry, le 10 novembre 2023, plusieurs partenaires industriels appellent l'État à "sécuriser le financement" de l'institut. Pour rappel, FIT mène actuellement une négociation pour obtenir une nouvelle tranche de financement pour la période 2025-2030. "Tant que la

LADEPECHE.fr — 11° / 17° Toulouse — Rechercher — Journal — Mon compte — S'abonner

Actualité / Économie / Aéronautique

L'IRT Saint Exupéry fête ses dix ans et prépare le futur de l'aviation décarboné

Les plus lus

1. Éducation. Trois enseignantes et une ATSEM en arrêt maladie pour burn-out : que se passe-t-il dans cette école primaire de l'Aude ?
2. Loto - EuroMillions. Elle gagne au Loto et le partage sur Facebook, un escroc valide le ticket à sa place et repart avec son gain

Football. Sophie Thalmeier

L'USINE NOUVELLE — S'ABONNER

CÔTÉ LABOS

Zoom sur les 3 grands programmes de R&D dans l'aérospatial lancés par l'IRT Saint Exupéry

L'institut de recherche technologique (IRT) Saint Exupéry a fêté le 10 novembre son dixième anniversaire à Toulouse. L'occasion pour la structure toulousaine d'innovation et de transfert de technologie dans l'aérospatial et les systèmes embarqués de jeter les bases de nouveaux projets.

MARINA ANGEL

15 novembre 2023 | 14h42

4 min. de lecture

Réagir →

LA TRIBUNE Occitanie - Toulouse — S'abonner

CAC 40	-0,24%	DOW JONES	+0,15%	Or	-1,11%
7 578,35 PTS		NASDAQ 100	+0,52%	OAT 10 ans	-3,21%
		EURONEXT 100	+0,01%	Pétrole Brent	-5,25%

INNOVATION > Recherche Et Développement

Aéronautique : un grand projet toulousain pour accélérer l'électrification des avions

A Toulouse, l'IRT Saint-Exupéry vient de lancer un projet à 60 millions d'euros pour développer tout un panel de technologies clés pour accélérer l'électrification de l'aviation. L'institut de recherche technologique, qui vient de fêter ses dix ans, va aussi aider la filière à réduire sa dépendance au titane russe et engager davantage de travaux de recherche pour soutenir la filière spatiale.

Réservé aux abonnés — Powered by ETX Studio — 00:00/00:00

Florine Galéron

21 Nov 2023, 6:00

A Toulouse, l'IRT Saint-Exupéry
technologies clés pour accélérer

La course contre la montr
vise 2026 pour réaliser le
avant une mise en service
lors du dernier salon du B
démonstrateur d'avion hyb

24 31 Haute Garonne 33 40 47 64 65

MAGALI VAYSSIÈRE
présidente de l'IRT Saint-Exupéry

DESCHEEMAEKER
directeur général

Sur le même sujet, le plus gros projet de l'IRT Saint-Exupéry s'appelle Filae. Il vise à développer pendant les 7 prochaines années tout un panel de technologies pour l'électrification de l'aviation. Le budget est de 60 millions d'euros et va mobiliser une trentaine de chercheurs, une cinquantaine de stagiaires ainsi qu'une trentaine de doctorants. Ces recherches bénéficieront également aux filières spatiale, ferroviaire et automobile.

L'INNOVATION ET LA SOUVERAINETÉ

Toulouse est donc en pointe pour tenter de trouver des solutions à la décarbonation de l'aviation. « Il y a 10 ans, la feuille de route était simple dans l'aéronautique », se souvient Agnès Plagneux-Bertrand, vice-présidente de Toulouse Métropole. « Aujourd'hui, la pression climatique nous oblige à nous remettre en cause. Mais, dans une économie mondialisée, nous devons créer les conditions pour que ces innovations se développent à Toulouse. Ce que nous ne ferons pas, d'autre le feront ! » L'adjointe au maire n'oublie pas de souligner que le centre de compétence d'Airbus sur l'avion électrique est situé à Ottobrunn, près de Munich.

La capacité de la France à rester souveraine et celle de l'IRT à conserver ses projets ambitieux passeront aussi par la capacité à trouver de nouveaux financements. Depuis 2020, l'institut doit trouver lui-même – à la demande de l'État – un tiers de son budget (29 millions d'euros). Cela passe notamment via des appels d'offres européens. « Nous avons besoin de sérénité, de stabilité et d'un financement sécurisé », ont clamé les industriels en clôture de l'anniversaire. Un vœu à concrétiser pour que l'IRT Saint-Exupéry puisse souffler de nouvelles bougies. ■

21

la lettre M — L'INFO ÉCO EN OCCITANIE

la lettre M — - REPLAY DU DÉBAT DU 28 NOVEMBRE- Les nouveaux défis de l'entreprise

FIL INFOS | MAGS M | ANNUAIRE M | M EVENTS | AGENDA M

QUI SOMMES-NOUS | CONTACT | BOUTIQUE | S'ABONNER

Fil infos

RÉGION OCCITANIE | Aéronautique et spatial / Labos - Recherche | 17/11/2023

Denis Descheemaeker (IRT Saint-Exupéry) : « En 10 ans, nous avons changé d'envergure ! »

Présidé par Magali Vaissière, l'IRT Saint-Exupéry, institut de recherche technologique spécialisé d (...) [65 mots]

Propos recueillis par Alexandre Léoty / leoty@lalettrem.net

DÉJÀ ABONNÉ — Identifiez-vous ›

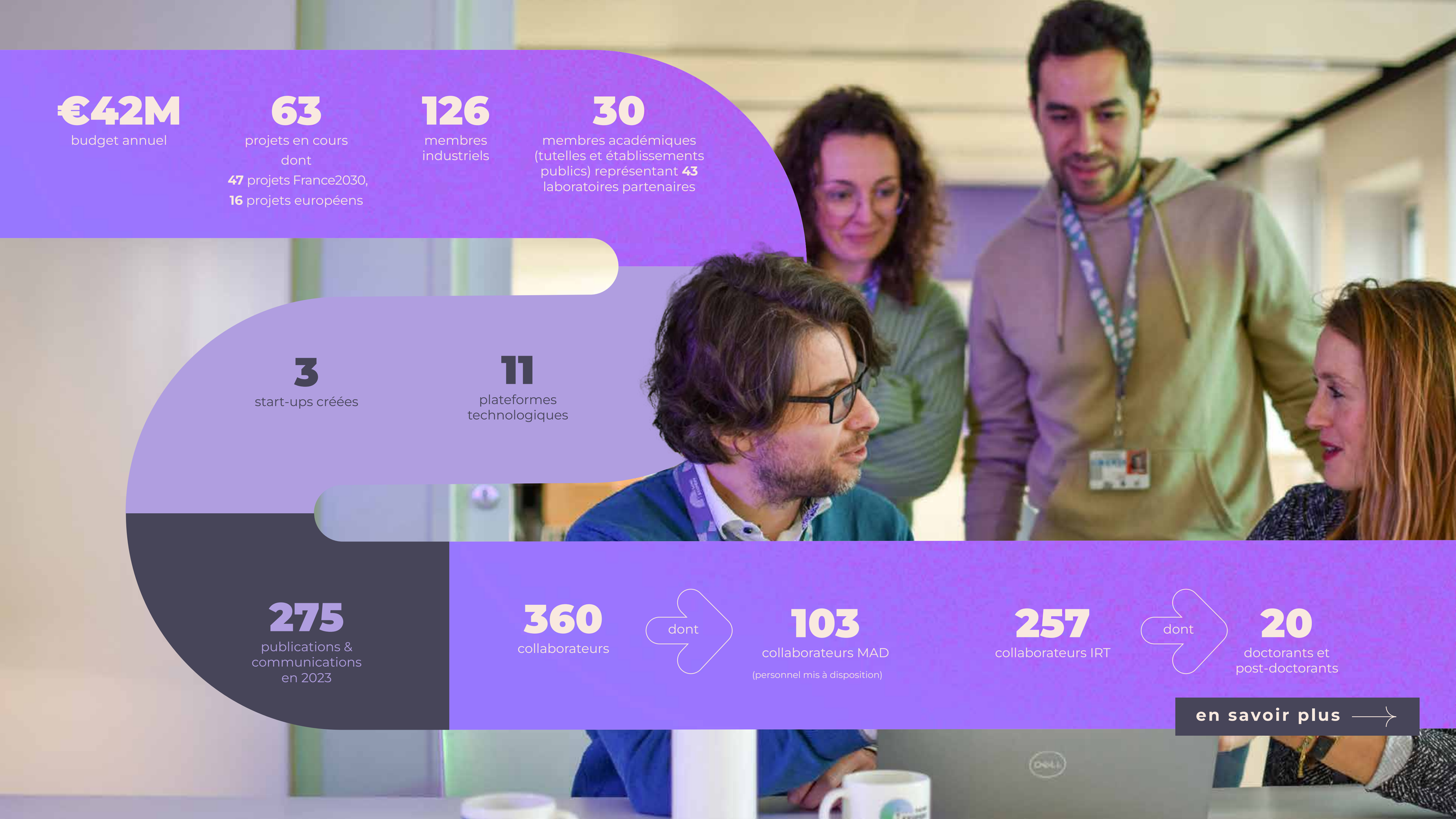
ACHETEZ CE CONTENU 4,00 € — Acheter ›

LES DERNIÈRES ACTUALITÉS

- Le Smic va augmenter de 1,13 % au 1er janvier 2024
- Hyway Occitanie veut accompagner la décarbonation des transporteurs
- Les créations d'entreprises artisanales en hausse de 2 %
- Woodland Garden veut

comité de direction

Absent sur la photo : Christophe Moreno, responsable du Site de Sophia-Antipolis



€42M
budget annuel

63
projets en cours
dont
47 projets France2030,
16 projets européens

126
membres industriels

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

3
start-ups créées

11
plateformes technologiques

275
publications & communications en 2023

360
collaborateurs

dont

103
collaborateurs MAD
(personnel mis à disposition)

257
collaborateurs IRT

dont

20
doctorants et post-doctorants

en savoir plus →

méthodes & outils pour le développement de systèmes complexes

méthodes & outils pour le développement de systèmes complexes.

Christophe Lemort
Directeur 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 intervenons dans 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.

« La transversalité de nos compétences permet d'adresser l'intégralité 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 EDEN

évaluation de la technologie réseau TSN et développement de briques technologiques pour sa mise en œuvre dans des systèmes embarqués critiques

À l'heure où les systèmes embarqués dans l'industrie du transport sont de plus en plus complexes, interconnectés, et où la quantité de données transmises est croissante, le réseau de communication devient un composant essentiel dans l'assurance de la sûreté de fonctionnement de ces systèmes. Dans ce contexte, disposer d'une technologie de communication garantissant la conformité aux exigences de latence, de débit ou encore de gigue est un prérequis. Dans cet objectif, le projet EDEN visait à identifier les éléments du « standard » TSN (Time Sentitive Network) permettant d'assurer ces garanties dans les cadres contraints des normes de sûreté de l'aéronautique, du spatial et de l'automobile.

TSN est un ensemble de normes de la famille IEEE 802.1 conçues pour garantir les propriétés temporelles des réseaux Ethernet actuels pour les systèmes critiques grâce à un ensemble de mécanismes de gestion du trafic, de synchronisation, etc.

Doté d'un budget de 3 millions d'euros et avec le concours d'Airbus Commercial, Airbus Defense & Space, Continental Automotive, Safran Electronic & Defense, Thales Avionique, Thales Alenia Space et le CNES, l'IRT Saint Exupéry s'est appuyé sur des cas d'études pour mettre à disposition des éléments clés pour l'utilisation cette la technologie TSN. On peut notamment mentionner la sélection des éléments du standard TSN en regard des exigences techniques, la fourniture de moyens permettant de configurer une architecture réseau TSN et d'évaluer la latence maximale de communication.

Un banc de test pour la mise en oeuvre de cette technologie a été développé afin de permettre aux entreprises d'évaluer la technologie TSN, de la phase de conception de l'architecture réseau jusqu'à sa mise en œuvre réelle. Il a notamment été utilisé pour mettre en œuvre les cas d'étude proposés par les industriels du projet, dont des architectures de communication pour l'automobile et pour le domaine satellitaire et une architecture de communication audio pour un cockpit avion.

Le développement de ce projet avec les utilisateurs finaux facilite l'adoption de TSN chez ces derniers. C'est le cas notamment d'Airbus qui développe à court terme des cas d'usages en recherche et développement pour appliquer concrètement TSN à leurs architectures embarquées. De leur côté, les équipementiers automobiles prévoient un déploiement dans les prochaines années. Enfin, le secteur spatial étudie la technologie pour la déployer dans ses architectures de réseaux.

Une suite au projet a été lancée début 2024 dans le but d'élargir la problématique aux questions de sûreté et de cyber-sécurité, d'intégration de réseaux hétérogènes, de prise en compte des aspects applicatifs et, finalement, d'optimisation globale de l'architecture de traitement et de communication.

en savoir plus

SAINT EXUPÉRY

Communiqué de presse

Projet EDEN : l'IRT Saint Exupéry optimise la synchronisation des réseaux de communications pour les systèmes embarqués critiques

Au terme de 3 années de développement, l'IRT Saint Exupéry conclut les travaux du projet EDEN. Les équipes de recherche ont rédigé un guide méthodologique ainsi qu'une plateforme d'analyse et de prototypage pour la conception et la configuration de réseau Time-Sensitive Network (TSN) . Cette avancée permet une synchronisation parfaite en temps réel de la diffusion des informations critiques dans un système embarqué. Le projet a mobilisé une pluralité d'expertises sur le sujet, issues des secteurs aéronautique, spatial mais aussi automobile.

A l'heure où les systèmes embarqués dans l'industrie du transport sont plus complexes et plus dépendants en réseau, il est indispensable de garantir un partage des données fluide et complet pour éviter une dégradation et une saturation du transport de l'information. TSN est un ensemble de normes IEEE 802.1 conçues pour améliorer les propriétés en temps réel des réseaux Ethernet actuels pour les systèmes critiques. Or, ce standard n'a pas encore été totalement adopté par l'industrie du transport notamment pour des raisons de certification et de méthodologie. Un des objectifs du projet EDEN vise à identifier les éléments permettant d'aller vers la certification de TSN aux différentes normes de sûreté fonctionnelle des industries et en particulier pour l'aéronautique.

Doté d'un budget de 3 millions d'euros et d'une équipe de 12 chercheurs académiques et industriels, le projet EDEN contribue à maîtriser la circulation de l'information dans les systèmes [illegible] critiques distribués en donnant des garanties sur le respect des temps de traversée de

[illegible]nséquent, cela ouvre une perspective sur la maîtrise de l'optimisation des architectures [illegible]ques de ces systèmes. Cela permet une redistribution des fonctions sur les calculateurs, se [illegible]nt par avec un gain significatif dans le câblage, avec à la clé, un gain de poids et donc de consommation de carburant.

Le déploiement de cette technologie, normalisée par l'IEEE, par les grands secteurs de l'industrie, permettra aussi d'accéder à un large écosystème (outils, produits composants), qui créera nécessairement une stratégie de réduction des coûts avec la garantie de système sûr de fonctionnement.

Déjà à l'œuvre dans les véhicules automobiles autonomes avec l'AVB (Audio Video Bridging), que

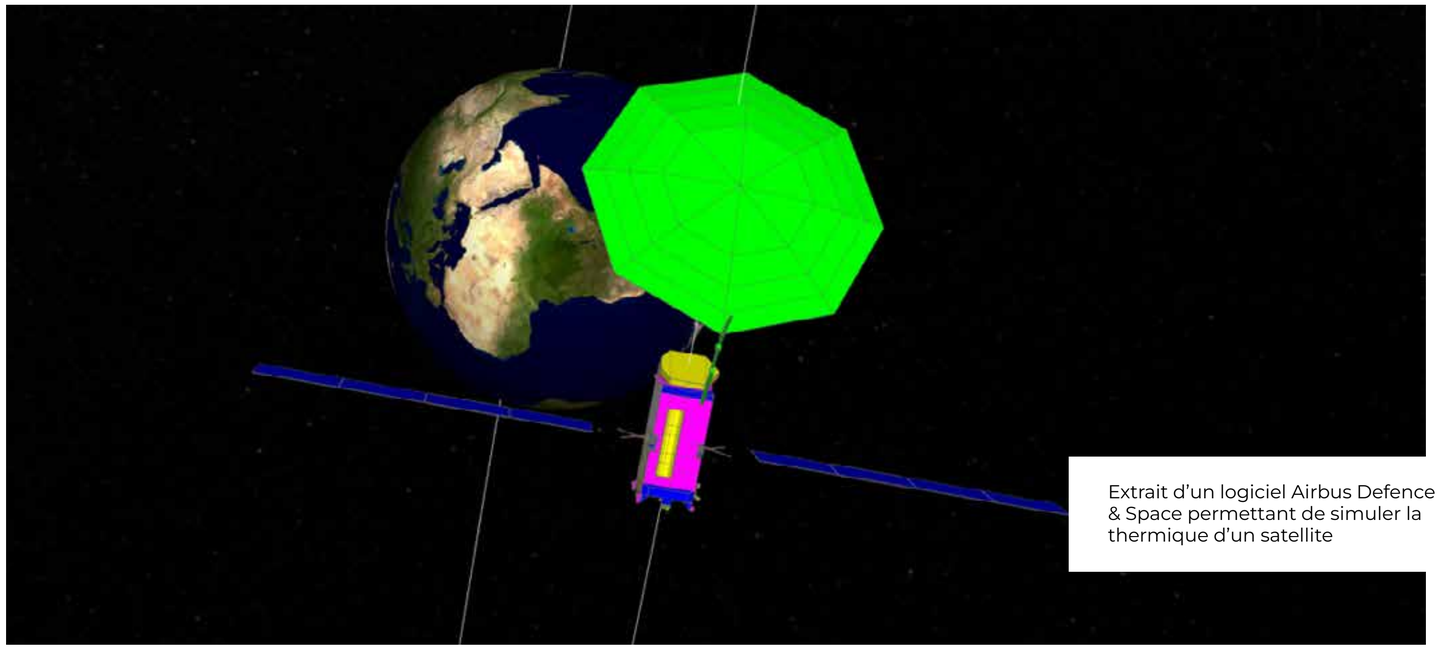
sommaire

Projet DIGITWIX

un jumeau numérique pour suivre en temps réel la situation à bord d'un satellite

Le domaine du spatial est soumis à une rude concurrence. Les agences spatiales et les investisseurs demandent des satellites toujours plus performants, et moins coûteux. Jusqu'à maintenant, il était possible de produire relativement rapidement des satellites, mais non sans éclipser certaines marges de sécurité. La situation a évolué aujourd'hui : les performances drastiques demandées par les acheteurs de satellites rendent impossible toute marge superflue. Pour la prochaine génération de satellites, les industriels auront nécessairement besoin de nouvelles méthodes et outils pour la conception et l'opération de leurs satellites.

Dans ce contexte, l'IRT Saint Exupéry a lancé en collaboration avec Airbus Defence & Space et Thales Alenia Space le projet DIGITWIX en 2022 pour 3 ans. Le but du projet est de poser les premiers jalons vers un jumeau numérique de satellite. Cet outil permettra, à terme, de suivre en temps réel la situation à bord d'un satellite, et d'anticiper ses futurs besoins.



Extrait d'un logiciel Airbus Defence & Space permettant de simuler la thermique d'un satellite

Le projet se focalise sur la construction de simulateurs de satellites recalés en continu grâce à des techniques d'intelligence artificielle (IA) et d'optimisation multi disciplinaire (MDO). L'IRT Saint Exupéry fournit une expertise en intelligence artificielle et en optimisation pour proposer des méthodes innovantes pour le recalage de simulateur et adaptées aux contraintes industrielles du spatial.

Le simulateur ainsi obtenu offre des informations substantielles et aide à identifier les marges qui ont été utilisées pour concevoir le satellite. À terme, il sera utilisé pour jouer des scénarios, et tester de nouveaux usages.

« Le projet a déjà publié deux articles scientifiques dans des conférences de l'agence spatiale européenne (ESA) et est en train d'industrialiser sa première preuve de concept sur des simulateurs opérationnels représentatifs »

conclut Jules-Edouard Denis, chef de projet DIGITWIX.

sommaire

projet inter-IRT

Projet S2C

établir la continuité numérique entre la définition des systèmes et les analyses safety

Événement de clôture du projet

Le projet lancé en 2019, et achevé en 2023, a été porté par une collaboration inter-IRT entre Saint Exupéry et SystemX et a rassemblé 17 partenaires, industriels, académiques, outilleurs et ingénieristes autour d'un budget de 3,8 millions d'euros.

Les industriels aéronautiques doivent faire face à une augmentation du nombre de développements, avec des contraintes de certification et des normes de sûreté de fonctionnement (RAMS) toujours plus exigeantes. Lors de ces conceptions, les ingénieurs se basent de plus en plus sur des modèles d'architecture (Model Based System Engineering - MBSE) et de sécurité (Model Based Safety Assessment - MBSA). Confrontés à des systèmes de plus en plus complexes à mesure que les évolutions du marché s'accélèrent, ce travail, qui peut être asynchrone, pose un risque significatif d'apparition tardive de problèmes, pouvant impliquer des reprises avec un impact financier non-négligeable.

Le projet S2C (System & Safety Continuity) a eu pour but de définir un cadre méthodologique outillé pour garantir et maintenir la cohérence des données d'ingénierie entre les architectures systèmes et les analyses de sécurité tout en répondant aux exigences de certification de l'aviation civile.

Afin de garantir la cohérence des données d'ingénierie échangées entre les équipes d'architecture systèmes et celles chargées des analyses de sécurité, les IRT ont travaillé sur trois axes de travail complémentaires et interdépendants :

- La cohérence de données d'ingénierie System Engineering (SE) / Safety Assessment (SA) : fourniture d'un ensemble de modèles (processus, data-modèle, plan de traçabilité, autres modèles...) et recommandations pour garantir la cohérence des données d'ingénierie partagées entre les équipes SE et SA.
- Un guide pratique MBSA : donnant les clés pour débuter un projet de modélisation et les points délicats et pièges à éviter
- La cohérence entre les modèles MBSE et MBSA : trois méthodes différentes ont été développées et testées sur le cas d'étude de l'IRT Saint Exupéry, le drone AIDA, et induisent la collaboration entre ces métiers plus en amont et peuvent s'appuyer sur des outils pour identifier des incohérences potentielles.

La mise en commun des compétences multiples des deux IRT a abouti à des processus, méthodes, guides et outils qui accompagneront la montée en maturité des industriels sur les approches MBSA et sur l'intégration du MBSA dans leur développement.

L'IRT Saint Exupéry va maintenant poursuivre ces travaux de cohérence dans le projet CoSMoS (Collaborative Safety (&RAMT) Modelling Studies) sur des analyses de sûreté de fonctionnement de différents niveaux systèmes effectuées dans un contexte d'entreprise étendue.

Projet S2C

sommaire

GEMSEO

une librairie pour l'optimisation multidisciplinaire

GEMSEO est une bibliothèque Python open source développée à l'IRT Saint Exupéry et dédiée à l'optimisation multidisciplinaire (MDO). Contribuant à la conception des systèmes complexes, cet outil s'adresse aussi bien aux industriels qu'aux chercheurs en permettant au concepteur de décrire très simplement la formulation mathématique de son problème.

GEMSEO offre des fonctionnalités avancées en matière de couplage, d'optimisation, de plans d'expériences, de visualisation, de modélisation de substitution, et possède également des capacités de machine learning, analyse de sensibilité et quantification d'incertitudes.

En 2023, l'équipe GEMSEO a franchi un nouveau cap avec la sortie de GEMSEO v5 et ses plugins :

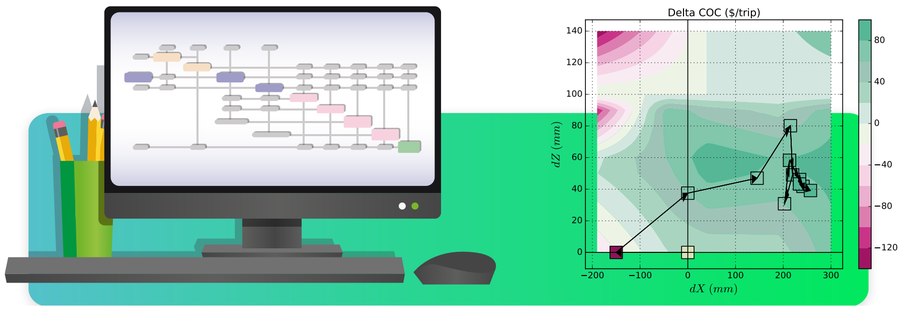
Les performances ont été améliorées : une mise à jour de GEMSEO v4 permet d'accélérer d'environ 30% un processus MDO typique

GEMSEO s'est enrichi de plusieurs améliorations techniques :

- Le format Sparse pour les matrices jacobiennes a été introduit, avec une utilisation visant à être généralisée,
- La classe Dataset hérite désormais de la classe pandas DataFrame, ce qui permet d'exploiter la puissance de Pandas pour le post-traitement et la gestion des données,
- Un nouveau type de grammaire basé sur le modèle Pydantic a été introduit, ce qui permet de décrire des structures de données plus complexes d'une manière très pythonique,
- Les processus et disciplines MDO peuvent désormais être exécutés de manière native sur des machines à haute performance grâce à une nouvelle interface vers des job schedulers.

GEMSEO 5.2 est aujourd'hui utilisé dans plusieurs projets de l'IRT Saint Exupéry et européens, pour des applications variées telles que l'optimisation multidisciplinaire d'avions à voilure à très fort allongement, ou l'optimisation de structure lattice pour des échangeurs thermiques de composants électroniques. Son développement continu a permis une implantation réussie chez les industriels de l'aéronautique, soutenant le travail des concepteurs multidisciplinaires.

GEMSEO 5.2.0 documentation



Présentation de Jean-Christophe Giret lors du Capitole du Libre

projets en cours

31 décembre 2023

CoSMoS

L'objectif principal du projet est de 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.

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.

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.

EDEN2

L'objectif du projet EDEN1 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.

NEXTAIR

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.

UP WING

Développement de nouvelles capacités pour l'architecture d'ailes ultra performante en terme d'impact climatique pour avions à courte ou moyenne portée par notamment le renforcement de l'utilisation de méthodes d'optimisation multidisciplinaire haute-fidélité et l'utilisation de techniques de gestion d'incertitude innovantes.

ACAP

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.

ODE4HERA

L'objectif du projet ODE4HERA est de permettre et d'accélérer le développement d'architectures régionales hybrides-électriques grâce à des outils et méthodologies mis en œuvre dans une plateforme numérique transférable et ouverte.

projets terminés

en 2023

ARCHEOCS

Conception et optimisation de systèmes logiciels critiques déployés sur des architectures mono et multicartes équipées de SoC complexes.

EDEN

Évaluation et conception des briques d'une architecture de communication embarquée déterministe, modulaire, standardisée et multisectorielle (automobile, aéronautique ou spatial) basée sur le standard TSN (time sensitive network).

S2C

Etablissement de la continuité numérique entre la définition des systèmes et les analyses safety.

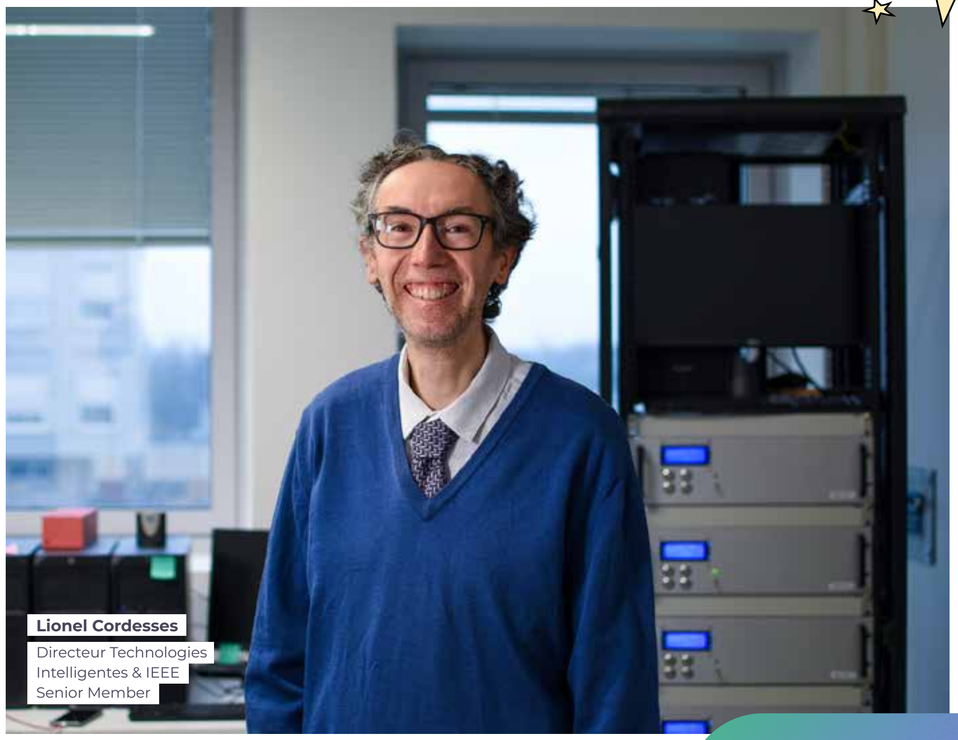
RHEA

Utilisation de l'optimisation multidisciplinaire pour la conception des avions de future génération à voilures à très fort allongement. Dans ce contexte, nous sommes en charge de l'implémentation du processus MDO destiné à la phase de conception préliminaire, réalisé et interfaçant à GEMSEO différents modèles basés sur la physique.

sommaire

technologies intelligentes

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 non terrestre (5G, IoT1). 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 médical sont à venir pour 2024.

« Tout le monde - ou presque - fait de l'intelligence artificielle. Notre différence : nous inventons et déployons avec nos partenaires l'IA robuste et explicable pour les systèmes critiques. »

en savoir plus

challenges

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

Augmentation de la couverture des systèmes de communication 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

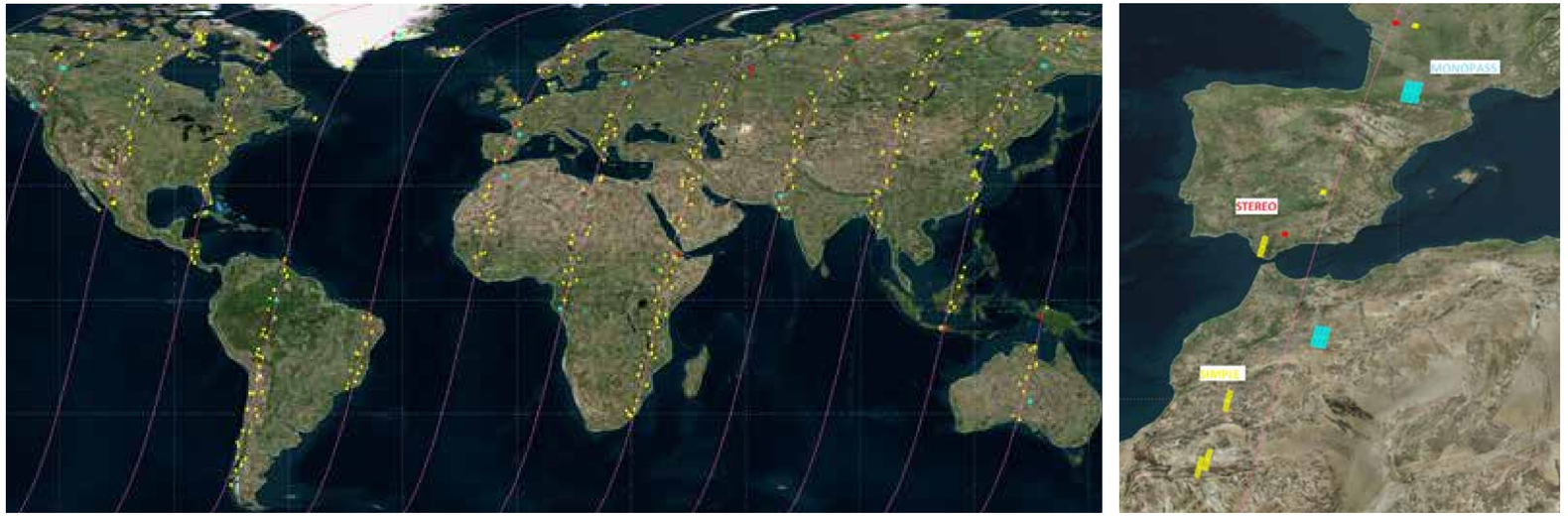
Projet MINDS

l'IA au service de l'observation de la Terre

Lancé en 2020, le projet MINDS (Mission & Image Neuronal Deep networks for Satellite) vise à préparer le futur de l'observation de la Terre depuis l'espace en soutenant les opérateurs et intégrateurs de systèmes spatiaux face aux avancées de l'Intelligence Artificielle dans un contexte de production massive et ouverte de données. L'objectif est de fournir un service à un nombre accru d'utilisateurs, à plus haute fréquence et de façon plus réactive en développant des outils et méthodes issus des dernières avancées de l'IA pour l'émergence de nouvelles applications plus efficaces, robustes, et versatiles.

Planification de constellations d'observation massives et hétérogènes

Les constellations de satellites sont de plus en plus massives et hétérogènes, décuplant ainsi leur capacité d'observation mais complexifiant également leur opération. L'équipe du projet MINDS se consacre au développement de méthodes innovantes de planification des constellations, exploitant des technologies actuelles telles que le système multi-agents, l'apprentissage par renforcement et le dispatch intelligent. De la prévision météorologiques haute fréquence à la parallélisation des calculs, tous les leviers d'amélioration du système sont actionnés.



Planification de missions

Exploitation croisée de textes et d'images satellite

Alors que le grand public découvre ces derniers mois les capacités de l'IA pour manipuler conjointement du texte et de l'image, l'équipe œuvre avec succès depuis 3 ans à développer cette capacité pour des images satellites. Rechercher des images à partir de requêtes textuelles, générer une description textuelle d'une image ou encore répondre à une question posée sur une image : les modèles développés sont capables de prouesses. Partant de zéro en 2020 sur la bimodalité texte/image, l'équipe a atteint l'état de l'art sur cette thématique de plus en plus visible dans la littérature.

Avec 2.2M€ de budget, le projet bénéficie de la participation de Thales Alenia Space, Thales Services Numériques, Reuniwatt et l'Institut de Mathématiques de Toulouse. S'inscrivant dans la continuité des projets OCE et SYNAPSE, MINDS poursuit les efforts engagés par l'IRT Saint Exupéry dans la maturation de l'IA pour le secteur spatial et son appropriation par les membres industriels inscrits sur le projet. L'aventure ne s'arrête pas là puisque le projet IRMA, suite commune des projets MINDS et CIAR a déjà débuté !

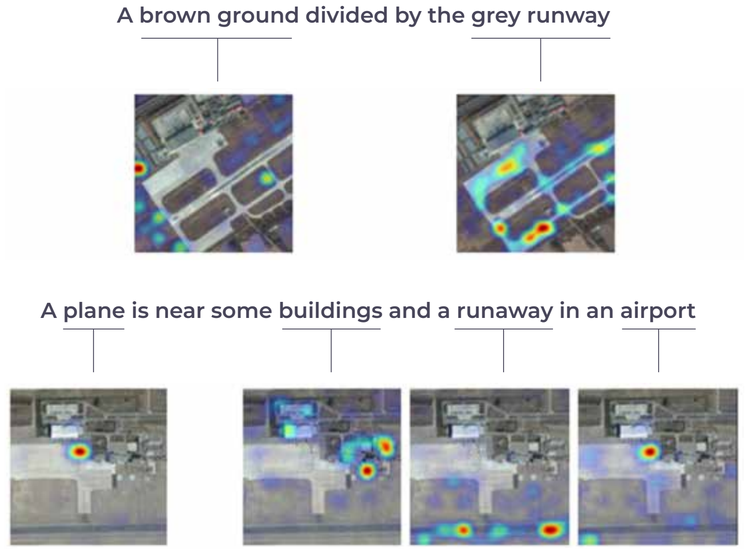


Illustration des liens établis par le modèle entre les mots clés de la description et le contenu informatif dans l'image.

sommaire

Projet ENVIA

Réaliser des contrôles automatiques basés sur l'apprentissage par renforcement pour des véhicules autonomes placés dans un environnement incertain

Lancé en mai 2022, le projet ENVIA (ENvironnement de simulation pour Véhicules pilotés par Intelligence Artificielle) d'une durée de trois ans vise à créer des solutions de contrôle automatique de dirigeables et drones basées sur l'apprentissage par renforcement. Le cas d'usage d'ENVIA porte sur la mission du dirigeable de Flying Whales, Thales étant son fournisseur de commandes de vol, avec la participation de Thales Avionics, Flying whales et l'ISAE SUPAERO .

Développer des lois de contrôle robustes face aux incertitudes de l'environnement telle qu'une forte variabilité météorologique constitue un vrai challenge dans le domaine des véhicules autonomes. Afin de pouvoir certifier ce type de contrôle il faudra d'abord justifier, à travers des métriques, sa robustesse ainsi que sa stabilité en fréquence. En effet, les lois de commandes classiques risquent de ne pas répondre aux exigences d'un pilote automatique qui prend en compte la complexité de l'environnement dans lequel le véhicule évolue.

Par ailleurs, La technologie d'apprentissage par renforcement (RL) semble être un moyen prometteur pour résoudre ce type de problème. Cette technologie a connu une forte expansion durant la dernière décennie. Elle a montré son efficacité dans des domaines comme les jeux vidéo et la simulation. Néanmoins, aujourd'hui il y a peu de garanties autour de son utilisation dans des domaines critiques tels que l'aéronautique ou les véhicules autonomes.

© Flying Whales

Ainsi, l'objectif du projet est d'explorer un large panel de méthodes offertes par le RL en s'appuyant sur le savoir-faire de l'IRT Saint Exupéry en matière d'intelligence artificielle en général et d'apprentissage par renforcement en particulier afin de fournir aux industriels partenaires une synthèse sur la possibilité de converger vers une solution qui satisfait la robustesse dans les commandes de vol. La solution doit s'appuyer sur la simulation et la commande robuste sans négliger les aspects d'embarquabilité et de certificabilité en vue d'une insertion dans le produit.

L'objectif est d'offrir une première solution concrète avant d'étendre l'usage du procédé dans d'autres applications critiques.

sommaire

Projet NS3

un nouveau concept d'imagerie de l'atmosphère

Le projet NS3 (New Space Small Sensor) développe un nouveau concept d'imagerie de l'atmosphère pour applications mobiles, aéroportées et spatiales.

Le concept présente de nombreux avantages, qui combinés, permettent l'obtention d'images de gaz de grand format (1 million de pixels) à une résolution décamétrique avec les mêmes performances que les sondeurs de dernière génération qui ont une résolution kilométrique.

En 2023, le projet a étoffé le cas d'application images de Méthane (CH4), sélectionné fin 2021, avec une application image de CO2 et un ensemble de cas d'application d'intérêts critiques pour le climat : dioxyde d'azote (NO2), protoxyde d'azote (N2O), eau (H2O), aérosols.

Sonia Valls, Enguerran Delavaquerie

Damien Armand, Denis Siméoni, Vitalii Khodnevych

L'équipe formée d'ingénieurs et de scientifiques définit la chaîne d'acquisition et de traitements jusqu'à la fourniture d'images de gaz corrigées des biais de mesure. En complément des approches fonctionnelles développées dans le domaine de l'ingénierie spatiale, le projet a développé des modèles d'estimation optimaux des informations contenues dans les données acquises. Ces modèles sont utilisés pour extraire l'information gaz (CH4) mais aussi pour extraire les paramètres de l'instrument au cours de sa durée de vie opérationnelle. L'extraction de ces informations par apprentissage automatique est mise en concurrence avec l'approche fonctionnelle et les modèles d'estimation optimale afin de définir le meilleur compromis entre la performance de restitution des données et la frugalité des traitements à réaliser.

Début 2023, l'IRT Saint Exupéry a signé une extension de projet qui consiste à faire en laboratoire la validation des technologies d'acquisition et de traitements. Les composants de l'imageur CH4 et du banc de test ont été définis puis approvisionnés. L'intégration de la maquette et du banc de test a démarré fin 2023. Le projet NS3 va montrer, au 1er semestre 2024, la validation du concept d'imagerie de l'atmosphère sur une plateforme représentative des bougés d'un satellite.

L'objectif est de montrer la capacité de faire des mesures à très hautes résolutions spatiales de très faibles émissions anthropiques de CH4. La démonstration prendra en compte les variations de conditions atmosphériques rencontrées tout au long de journées d'observation réparties sur plusieurs mois.

NS3, associé à des industriels de la thématique climat, a proposé un développement technologique, dans le cadre des appels à projets France 2030, qui va démarrer au 1er semestre 2024 explique Denis Simeoni, chef de projet NS3.

sommaire

IA & Cybersécurité

le prochain défi de l'axe Technologies Intelligentes

La cybersécurité, visant à garantir la confidentialité, l'intégrité et la disponibilité des données, constitue maintenant une préoccupation transversale dans l'industrie. L'utilisation de l'Intelligence Artificielle au service de la cybersécurité représente une **extension logique de l'expertise de l'IRT Saint Exupéry dans le domaine de l'IA pour les systèmes critiques**, possédant des exigences communes de robustesse, d'explicabilité et de détection d'anomalies.

Les défis de la cybersécurité

L'analyse des données joue un rôle crucial pour anticiper et contrer les menaces, mais la cybersécurité impose des défis temporels variés et la gestion d'une très large quantité de données. Face aux ransomwares, par exemple, la réactivité à l'échelle de la milliseconde est essentielle pour intervenir, tandis que les attaques par des groupes organisés s'étendent sur des périodes beaucoup plus longues, utilisant des tactiques sophistiquées.

Nos champs d'actions

L'IA en tant que moyen de défense

L'IA défensive vise à augmenter la performance des opérations de sécurité en intégrant de l'Intelligence Artificielle aux outils existants, en développant de nouvelles solutions, et en « augmentant par l'IA » l'analyste de cyberdéfense. Les briques technologiques développées dans le cadre du projet DEEL en commun avec ANITI, telles que la détection d'anomalies, l'explicabilité et la robustesse peuvent être déployées sur cette problématique et ainsi permettre aux analystes de gagner en temps et en efficacité.

La cybersécurité de l'IA

L'Intelligence Artificielle est susceptible d'augmenter la surface d'attaque potentielle, et engendre de nouveaux défis en matière de cybersécurité lorsqu'elle est déployée dans les entreprises, notamment avec l'émergence rapide de l'IA générative. Par exemple, comment assurer la sécurité d'une IA générative interne, entrainée à partir d'un modèle de fondation acheté à une tierce partie, et dont le processus de développement et d'entraînement est inconnu ?

30 experts

5 publications à la conférence NeurIPS 2023

2 publications à la conférence CVPR 2023

2 publication ICML 2023

Lancement de la **phase 2** du projet **DEEL** avec ANITI

13% des experts IA de Toulouse travaillent pour l'IRT Saint Exupéry

Notre ambition

Les briques technologiques développées par l'IRT Saint Exupéry peuvent être appliquées aux problématiques et cas d'utilisation de cybersécurité, offrant ainsi des opportunités de synergies. **L'objectif de l'IRT Saint Exupéry est de développer un projet ambitieux basé sur des uses cases industriels pour aider nos membres et partenaires à se préparer à ces risques.** Les équipes de l'axe Technologies Intelligentes, qui ont développé des bibliothèques en explicabilité et en détection d'anomalies, se positionnent en tant qu'experts de confiance, prêts à relever ces défis complexes.

projets en cours

31 décembre 2023

APISS
Mise en place d'un référentiel de standardisation pour des solutions embarquées de capteurs basées sur les technologies photoniques.

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.

CSS
Contribuer à améliorer la cybersécurité des systèmes spatiaux, en permettant à des spécialistes de collaborer en déployant les méthodologies issues de l'industrie de la cybersécurité, en termes d'analyse de systèmes et de développement de solutions de résilience, au domaine spatial, en les adaptant aux spécificités du secteur et en étudiant de façon approfondie la valeur ajoutée des technologies d'intelligence artificielle et d'émulateur (« cyber range »), à la cybersécurité dans le secteur spatial.

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.

ENVIA
Réalisation de contrôle automatique basé sur l'apprentissage par renforcement pour des véhicules autonomes placés dans un environnement incertain. Cas d'usage : le dirigeable LCA60T de Flying Whales.

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

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.

NS3
Simulations scientifiques et développement d'un démonstrateur technologique d'un concept innovant d'imageur de gaz à grand pouvoir de résolution et de petite taille pour applications mobiles, aéroportées et spatiales.

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.

DEEL phase 2
Le projet DEEL a pour objectif de développer de la connaissance et des technologies pour sécuriser les algorithmes de Machine Learning afin de les embarquer dans des systèmes certifiés. La phase 2 fait suite et complète la phase 1 en : étendant les objectifs scientifiques, technologiques et applicatifs de chaque verrou. De nouveaux types de données sont adressés en phase 2 tels que le langage naturel.

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 2023

PEP_hiTE
Mise en place d'une plateforme permettant l'évaluation de la performance de la collaboration entre humains et agents autonomes incluant de l'IA dans le contexte de l'aéronautique militaire et civile.

SB
Établissement d'une gestion communautaire des accès aux données et services pour l'environnement, partage des ressources (données, calculs, stockage, algorithmes IA. Cas d'usage applicatif : submersion et érosion côtière.

SUPER G
Réalisation d'une plateforme de développement de fonctions réseaux virtualisés pour le satellite en vue d'une intégration dans les réseaux 5G. Maîtriser la conception de ces fonctions et de leur orchestration dans un contexte de réseau défini par logiciel.

sommaire

technologies de fabrication avancées

technologies de fabrication avancées.

GIRARD Yannick
Directrice 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 bénéfice des synergies offertes par l'ensemble des disciplines de l'IRT Saint Exupéry et accélérer la validation de nos solutions.

« Nous fournissons et transférons des preuves de concept, à partir de 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 MAMA

(Metallic Advanced Materials for Aeronautics)

Un ensemble d'innovations technologiques au service de la construction aéronautique

Depuis plusieurs années, l'IRT Saint Exupéry s'est engagé dans le développement de technologies de transformation à chaud d'alliages métalliques auprès d'acteurs industriels aéronautiques nationaux, dans le but d'accroître leur compétitivité technico économique à l'échelle internationale. Achevé en 2023, le projet MAMA (Metallic Advanced Materials for Aeronautics) a mobilisé huit partenaires industriels et académiques (Airbus, Aubert & Duval, MECAPREC, Recaero, OPT'ALM, Sciaky, le CIRIMAT et l'ENIT), soutenu par la région Occitanie, avec un budget de 8,5 millions d'euros pendant cinq ans.

L'objectif principal du projet MAMA résidait dans la réduction significative des coûts de fabrication des pièces de structure primaire aéronautiques en alliage de titane TA6V.

Pour remplir cet objectif, le projet s'est appuyé sur plusieurs leviers techniques. Le premier d'entre eux concernait le matriçage à très hautes températures permettant la production de pièces à la géométrie très proche de la pièce finale souhaitée, entraînant par la même occasion une réduction significative de la quantité de matière première utilisée ainsi qu'une baisse des coûts des opérations d'usinage ultérieures. Le projet a développé d'autre part une approche originale d'hybridation entre les procédés de matriçage et de fabrication additive visant là encore à réduire les coûts de fabrication mais aussi à intégrer de nouvelles fonctions. Enfin, le projet a permis de valider une utilisation élargie de matière première issue de la filière de recyclage ou de gammes de transformation moins énergivores.

Grâce notamment à la mise en place d'une plateforme de recherche commune entre l'IRT Saint Exupéry et Aubert et Duval, et qui constitue désormais un outil unique en Europe, des étapes majeures ont été franchies dans la réduction des coûts, d'énergie et de matière première engagée. L'échelle semi-industrielle à laquelle les travaux de recherche ont été menés, les outils numériques développés et les niveaux de maturité atteints permettent d'afficher des économies de matière première de l'ordre de 30 à 40% par rapport à la situation industrielle actuelle. Ces gains ont pu être consolidés du fait de l'implication forte des acteurs industriels et académiques du projet (avionneur, élaborateur et producteur de pièces matricées, usineurs, acteurs de la fabrication additive) et un niveau de maturité TRL6 a pu être franchi sur le matriçage de pièces de fuselage et de l'ensemble propulsif.

Dès Janvier 2024, l'IRT Saint-Exupéry a engagé de nouveaux travaux de recherche dans la continuité des résultats obtenus.

Démonstrateur représentatif d'une section de cadre du fuselage de l'A350

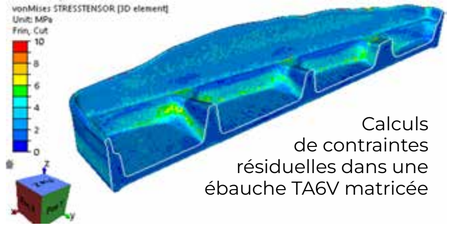
Le projet MAMA en synthèse

5 ans
Durée du projet (2018-2023)

8
Membres industriels et académiques

6 ETP
(Equivalent Temps Plein) mobilisés

2
post-doctorats



Calculs de contraintes résiduelles dans une ébauche TA6V matricée

Microstructure typique de l'alliage TA6V étudié

2 **publications**
dans des revues internationales à comité de lecture

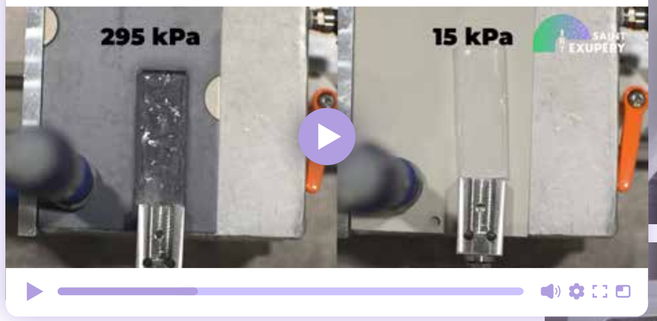
- P.Martin et al, « Rheology of Ti-6Al-4V alloy under non equilibrium conditions during β forging », Journal of Materials Processing Technology, vol 327, 2024
- C.Ciszak et al, « Protection of Titanium Alloys Against High Temperature Oxidation During Closed-die Forging: Structural Analysis of the Boro-silicate Glass Coating/Ti-6Al-4V Alloy Interfacial Region by Correlative Imaging», Corrosion Science, vol 220, 2023

- **7 communications orales** dans des congrès ou conférences nationales et internationales
- **15 démonstrateurs TRL6** matricés
- **100 démonstrateurs TRL4** matricés
- **3 démonstrateurs TRL6** pour la réparation et la rechange de pièces avionnables
- **8 démonstrateurs d'hybridation** « matriçage + fabrication additive »
- **6 démonstrateurs TRL4-TRL5** de réparation d'outillage par fabrication additive LMD-poudre

Projet FREEzING

développer des surfaces glaciophobes durables au service de l'aéronautique

Projet FREEzING : «Pusher test»



FREEzING (Functional, Erosion rEsistant and anti-icING coatings development) est né du besoin de lutter contre le givre en conditions de vol, pouvant conduire à des pertes de performances aérodynamiques.

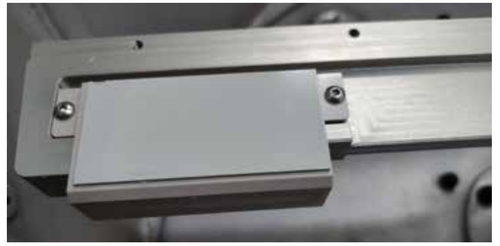
Le projet visait à développer et à évaluer les propriétés glaciophobes de revêtements élaborés par divers procédés de traitements de surface (voie sèche et voie humide) pour des applications aéronautiques. Le but étant d'apporter des propriétés d'antigivre durable aux surfaces traitées.

Les systèmes de protection contre la glace sur avion étant très énergivores et contraignants à intégrer, une des alternatives envisagées est de développer des surfaces fonctionnelles empêchant la formation de glace ou favorisant son détachement, plus particulièrement des surfaces glaciophobes durables et **résistantes aux environnements aéronautiques** (température, érosion, UV...).

Le consortium composé de membres industriels (Airbus, Liebherr, Safran Tech), de formulateurs industriels (Socomore, Oerlikon Balzers) et académiques (ICA, IRCER, LAPLACE, LCC, IMRCP), a œuvré à la mise au point de solutions d'intérêt. L'IRT Saint Exupéry a géré les caractérisations en développant une plateforme d'essais dédiée tout en s'appuyant sur une priorisation des essais et spécifications industrielles.

Suite à ces travaux, des solutions de traitements de surface ont été retenues afin de poursuivre leur montée en maturité dans le cadre d'un projet suite dont le démarrage est prévu début 2024 pour une durée de 3,5 ans. Un nouveau formulateur, SPECIFIC POLYMERS, est intégré au consortium pour travailler sur des traitements de surfaces par voie humide (peintures) présentant des performances prometteuses. L'objectif est de poursuivre l'optimisation des traitements de surface glaciophobes durables et de modéliser les mécanismes de rupture de la glace dans des conditions dynamiques de givre grâce à l'intégration de nouveaux moyens comme la soufflerie givrante de l'ISAE / INSA Toulouse installée à l'Institut Clément Ader.

Essai plus représentatif pour les phases de validation - Test d'adhésion centrifuge (conception IRT Saint Exupéry) / Mesure de l'adhérence de la glace par la force centrifuge



Le projet FREEzING a permis à l'IRT et au consortium une montée en compétences significative dans divers domaines liés à la problématique « givre ». La bonne compréhension des mécanismes de formation du givre dans un environnement sévère était un prérequis qui nous a permis d'identifier les meilleures solutions et stratégies de traitements de surface à déployer afin de tendre vers les performances attendues. Le développement d'une plateforme expérimentale complète, allant de l'essai de laboratoire pour les phases de mise au point jusqu'à l'essai représentatif, nous permet désormais d'accélérer les développements par boucle itérative de formulations / caractérisations, conclut Julien Garcia, chef de projet FREEzING.

sommaire

Projet COBRA

vers la montée en maturité de techniques de préparation de surface avant collage voie sèche

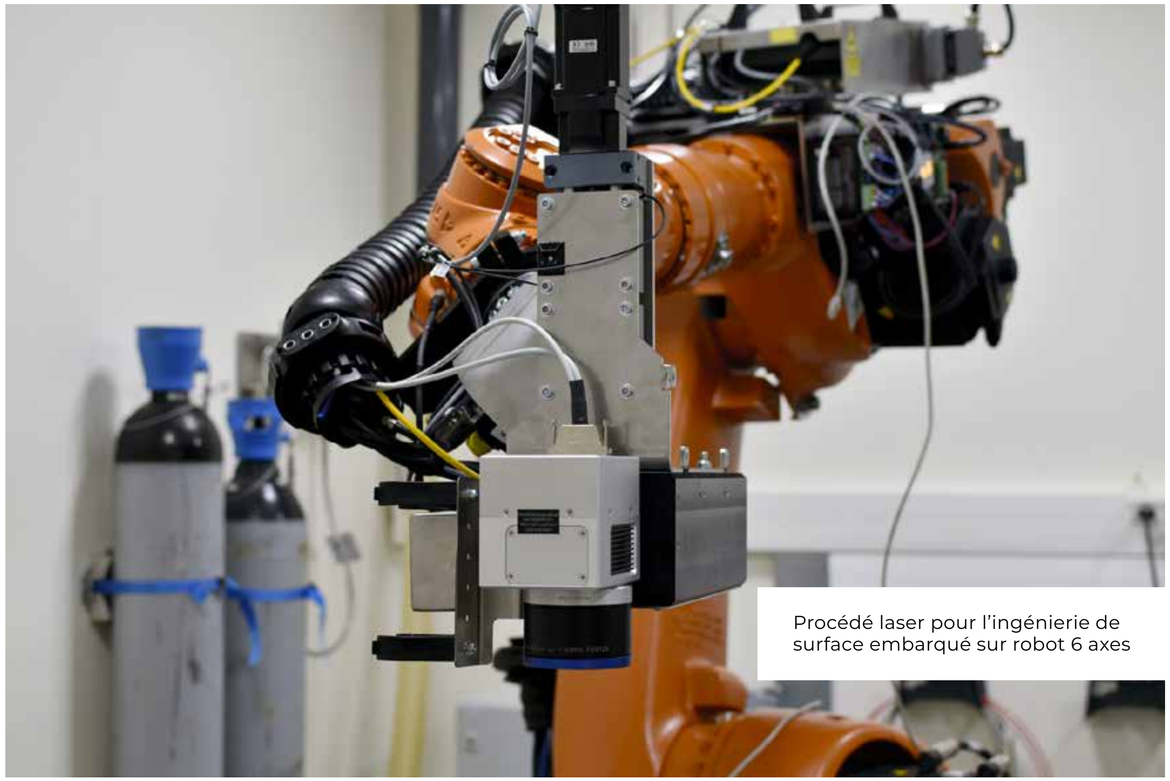
Le projet COBRA vise à la montée en maturité de techniques de préparation de surface avant collage voie sèche, alternatives aux procédés usuels de bains chimiques ou ponçage manuel. Les membres impliqués sont ArianeGroup, Safran, Thales Alenia Space, Naval Group et Airbus, ainsi que le laboratoire académique ICMCB, pour un budget de 5,8 M€ sur 3 ans. Les enjeux du projet COBRA sont multiples et transverses, du fait de la différence de niveau de maturité des procédés liés à chaque famille de matériaux.

Le procédé laser infrarouge nanoseconde est identifié comme une technologie de choix pour la préparation de surface des métaux et a fait l'objet de détermination d'optima en termes de coût, de robustesse et de performance dans les projets précédents, Assemblages Innovants 1 & 2. Dans cette troisième phase du projet, l'effort porte sur deux axes, à savoir la préparation de surface sur matériaux revêtus, ainsi que sur l'automatisation et le contrôle du procédé. À ce titre, deux brevets ont été déposés, dont l'un très prometteur sur la gestion de la précision du traitement. La montée en maturité de ce procédé nécessite le retour à la compréhension des phénomènes mis en jeu. Une thèse démarrée dans le cadre du projet porte sur la modélisation de l'interaction laser-matière en lien avec les performances mécaniques en collage.

La préparation de surface sur composite peut être effectuée avec les technologies plasma ou laser UV. Pour cette dernière, le niveau de maturité est pour le moment plus faible du fait de la non fibrabilité de la source contraignant son automatisation. Un second verrou porte sur la gestion de l'hétérogénéité intrinsèque du matériau.

La technologie plasma est également employée pour la préparation de surface des élastomères, avec l'acquisition d'un procédé permettant le dépôt de précurseurs. L'objectif pour ces matériaux est l'identification d'optima de fonctionnement du procédé, ainsi que la définition d'essais mécaniques pertinents pour la sollicitation de l'interface.

Ce projet met en œuvre des compétences aussi transverses que la robotique, le contrôle non destructif, l'intelligence artificielle en passant par la compréhension de la chimie de surface. Les différentes briques technologiques développées seront démontrées sur éprouvette technologique représentative, certaines faisant par ailleurs l'objet de transfert vers les membres, tels que les contrôles non destructifs en ligne. Ces succès se basent sur la très bonne coopération des équipes plateformes et projet, ainsi que sur les investissements importants réalisés ces 4 dernières années (> 1 M€). Les développements réalisés par l'équipe COBRA répondent directement aux enjeux actuels d'automatisation, de contrôle et de réduction de l'empreinte carbone dans les secteurs spatial, aéronautique, défense et naval. Le projet se termine en décembre 2024 et des perspectives ambitieuses sont déjà identifiées par nos partenaires avec des niveaux de maturité élevés.

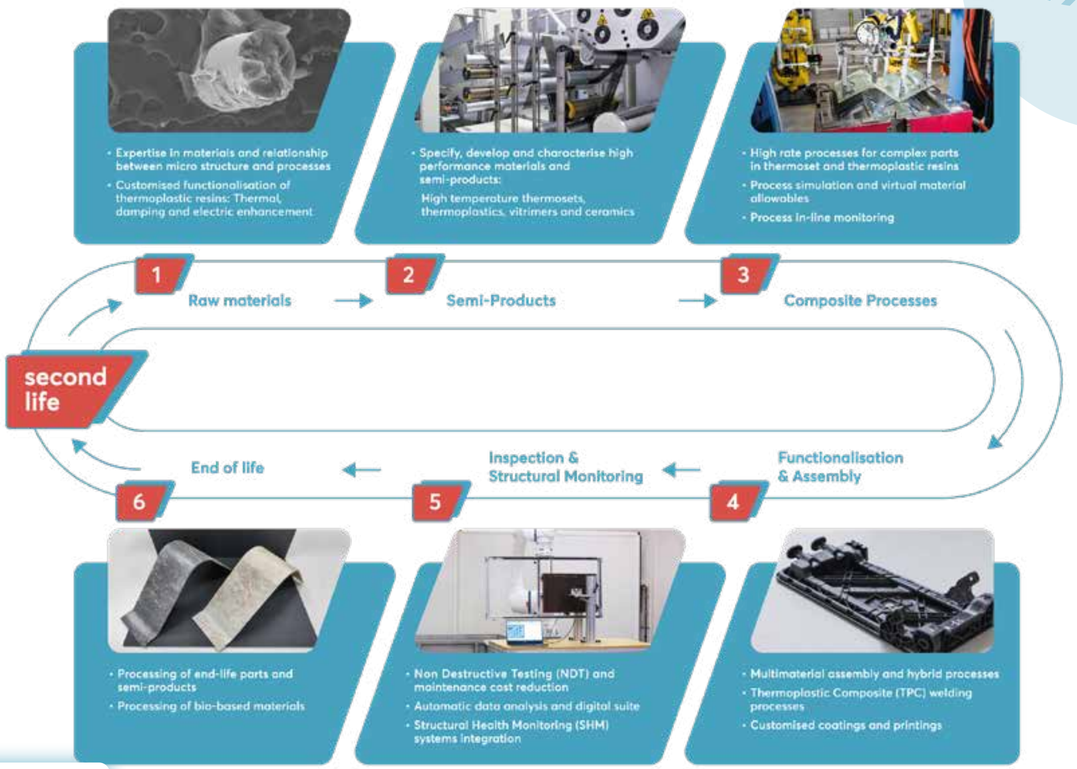


Procédé laser pour l'ingénierie de surface embarqué sur robot 6 axes

FRENCH INSTITUTES OF TECHNOLOGY
Alliance Matériaux

L'alliance matériaux

une mutualisation des compétences pour un rayonnement des matériaux et procédés



Afin de mieux répondre aux enjeux nationaux du plan d'investissement « France 2030 », les Instituts de Recherche Technologiques (IRT) Jules Verne, M2P et Saint Exupéry se sont associés sous la bannière de FIT Alliance Matériaux. A travers cette alliance les trois Instituts proposent de mutualiser leurs compétences, plateformes, moyens et expertises au service de l'industrie d'aujourd'hui et de demain.

L'industrie française doit répondre aux enjeux majeurs de souveraineté, d'indépendance dans l'approvisionnement de matières premières, de réduction de l'impact environnemental et de réduction du cycle de qualification et certification des Matériaux et Procédés afin de maintenir sa compétitivité à long terme.

Ce rapprochement stratégique rendu possible par l'expérience réussie de plusieurs projets de R&T menés en co-traitance par les trois IRT, offre aux industriels partenaires la possibilité d'accéder à un vivier de talents, à une expertise sur la chaîne de valeur des matériaux ainsi qu'à l'arsenal combiné des moyens expérimentaux des trois IRT. En assurant la coordination des IRT de manière transparente, l'Alliance Matériaux permet donc un accès simplifié, à travers un point d'entrée unique, aux compétences et plateformes des trois IRT.

L'Alliance Matériaux associe le savoir-faire des IRT Jules Verne, MP2 et Saint Exupéry tout en bénéficiant de l'écosystème de chacun. Les trois IRT travaillent sur des thématiques communes et complémentaires afin d'asseoir leur compétitivité avec leurs membres au niveau national et international. Pour ce faire, une cartographie des compétences et des moyens techniques de chaque institut a été réalisée afin de communaliser la gestion des projets de recherche, de l'investissement et du désinvestissement des moyens techniques via des commissions internes.

FIT Alliance Matériaux at JEC WORLD 2023, development of a Carbon/PAEK Valve Body Demonstrator

Après une première étape de rencontre des équipes, de partage des feuilles de route, de montage de projets communs et la participation à la conférence Matériaux 2022, la présence des trois IRT au JEC World est renouvelée pour 2024. Plusieurs projets sont en cours comme DEFITITANE porté par les IRT Saint Exupéry et M2P ou encore COBRA développé par les IRT Jules Verne et Saint Exupéry. Un autre projet, COMPINNOV TP2, porté par l'IRT Saint Exupéry a permis de démontrer les possibilités d'optimisation de la santé-matière et des performances des pièces composites pour différents procédés industriels, via le développement d'architecture spécifiques de préimpregnés et de la plateforme de soudage par induction de l'IRT Jules Verne.

projets en cours

31 décembre 2023

ACDC
Développement de matériaux et structures composites pour la réduction de bruit et le contrôle des vibrations dans l'environnement cabine et nacelle.

CAMISOLE
Composite a matrice Inorganique pour le stockage de déchets nucléaire.

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

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

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

EF MOLY
Etude 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.

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

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

GLAD
Développement de matériaux à gradient de fonctions et de propriétés à travers l'utilisation du procédé LMD-p (Laser Metal Deposition - with powder).

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.

TRUST
Evaluation 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.

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.

INTREPID
Etendre les possibles applications des matériaux thermoplastiques via la compréhension des procédés de dépose in-situ, tel que AFP / µAFP (Automated Fiber Placement) et fabrication additive, et de leurs mécanismes d'hybridation.

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.

FREEzING2
Développement de revêtements de surfaces multifonctionnels pour des pièces aéronautiques.

ReUse
Protection thermique en CMC pour lanceurs réutilisables.

RecHycle
projet européen

Développement d'un démonstrateur en CMC pour des circulations de gaz optimisés dans les hauts fourneaux métallurgiques.

FASTER H2
projet européen

Fuselage, rear fuselage and empennage with cabin and cargo architecture solution validation and technologies for H2 integration.

CONCERTO
projet européen

Nouvelles méthodes de certification et de conformité utilisées pour l'intégration de sous-systèmes aéronefs en entreprise étendue.

projets terminés

en 2023

COMPINNOV TP2
Compréhension entre architectures des préimprégnés carbone/thermoplastique, processabilité (consolidation et assemblage) et impact sur les propriétés mécaniques

COMPINNOV HT
Remplacement de pièces métalliques par des composites haute température pour des applications de structures aéronautiques

MAMA
Développement des gammes de forgeage et de matriçage disruptives pour la fabrication de pièces primaires aéronautiques en alliage de titane TA6V.

HIPPOME
Etude et développement de traitements HIP (Hot Isostatic Pressure) de superalliages à base de nickel transformés par fabrication additive LBM (Laser Beam Melting) et élaborés par MIM (Metal Injection Moulding).

FREEZING
Développement de revêtements de surfaces multifonctionnels pour des pièces aéronautiques.

CMC SiCMi2
Montée en maturité des matériaux CMC de type SiC-SiC1 pour les besoins de l'aéronautique civile

technologies plus vertes

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 CO_2, 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.

« 2023 a été l'année du lancement des premiers projet du programme FILAE (en soutien à la FILière Aéronautique Électrique et autres mobilités) »

en savoir plus

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

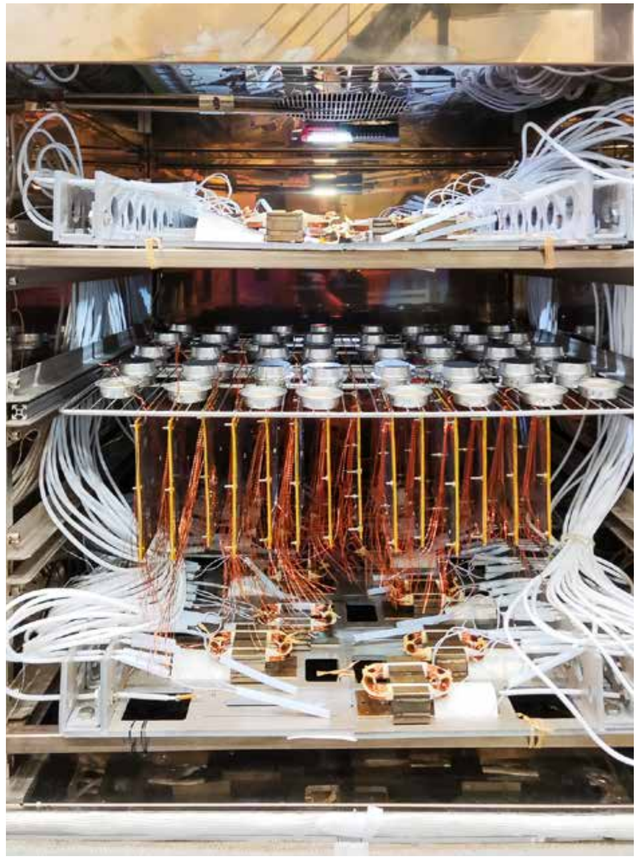
sommaire

Projet HIGHVOLT 2

développer des solutions fiables répondant aux phénomènes physiques associés à la haute tension embarquée

D'une durée de 48 mois, ce projet est la suite d'HIGHVOLT, achevé en 2021. HIGHVOLT 2 fédère plus de 15 industriels et académiques acteurs de la transition énergétique dans les domaines aérien, ferroviaire, automobile et des machines tournantes industrielles. Ce projet de 9 millions d'euros a pour objectif l'amélioration de la compréhension des phénomènes physiques associés à la haute tension embarquée (décharges partielles, surfaciques, charges d'espace, arcs électriques), l'évaluation et la maitrise de leurs conséquences sur la fiabilité des systèmes, l'identification et le développement de solutions permettant de porter les performances des systèmes au-delà de l'état de l'art.

Les résultats majeurs d'HIGHVOLT, ont permis grâce à cinq lots de recherche d'étudier les phénomènes impactés par la montée en tension et les « grands gaps », l'impact sur la fiabilité et l'amélioration des performances des SIE (Systèmes d'Isolation Electrique). Un logiciel AIRLIFT de prédiction du seuil d'apparition des décharges partielles pour aider les industriels dans une approche « bon du premier coup » a été développé. Des méthodologies d'essais (step-stress, automatisation de mesures haute tension) et



Vieillissement isotherme d'isolation
machine tournante avec suivi du PDIV

vecteurs de test (modification standard de motorette) ont été initiés. Des bancs différenciants (haute tension haute fréquence carré et sinus, cyclage thermique actif) ont été créés. Des campagnes ambitieuses ont donné les clefs sur l'intérêt de capteurs multiphysiques dans la détection d'arcs électriques. Au total, 3 thèses ont été réalisées, plus de 20 publications / conférences et 2 brevets.

Lancé depuis deux ans, HIGHVOLT 2 dans la continuité d'HIGHVOLT, mobilise une trentaine de personnes à l'IRT Saint Exupéry pour la recherche et le développement de solutions fiables répondant aux phénomènes physiques associés à la haute tension embarquée.

De nouveaux moyens ont été dernièrement acquis comme un banc PEA 150°C, une baie de suivi de court-circuit (sinus), un spectromètre imageur Princeton Instrument 750-HRS (mis à disposition). Un travail d'optimisation sur AIRLIFT afin de faciliter son utilisation a été réalisé. Un nouveau banc de vieillissement sous charges d'espace et température a livré ses premiers résultats. Des campagnes de vieillissement charge d'espace, vieillissement isotherme sur harnais, vieillissement long (sur 400 isolants plats, 300 paires torsadées, 30 coupelles de vernis et 25 motorettes), vieillissement sous décharges partielles de cornes de gazelles (fils méplats) ont été lancées. Côté matériaux, la réalisation de composites poreux a permis jusqu'à 18% de diminution de permittivité.

Parmi les prochaines étapes on peut citer l'étude d'arcs en MLI, le développement d'un échantillon intermédiaire entre paire torsadée et motorette, des campagnes de vieillissement en cyclage actif ou d'érosion sous décharges partielles.

sommaire

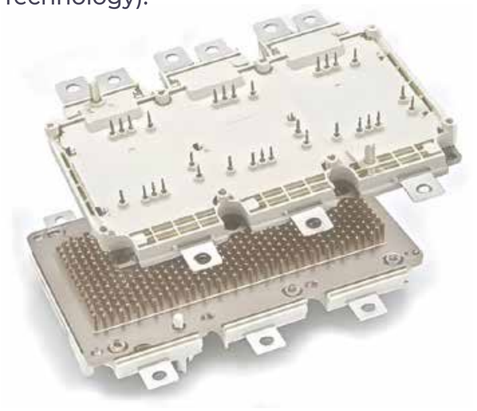
projet inter-IRT/ITE

Projet SICRET+

comprendre & prévenir le vieillissement des modules SiC

Le projet SiCRET+ a été lancé en octobre 2023, trois ans après le projet initial SiCRET, avec l'objectif d'étendre son champ d'étude aux modules de puissance en carbure de silicium (SiC). Les travaux se concentrent sur la compréhension du vieillissement de ces modules dans des conditions environnementales sévères telles que l'humidité avec pour finalité la création de modèles prédictifs de vieillissement.

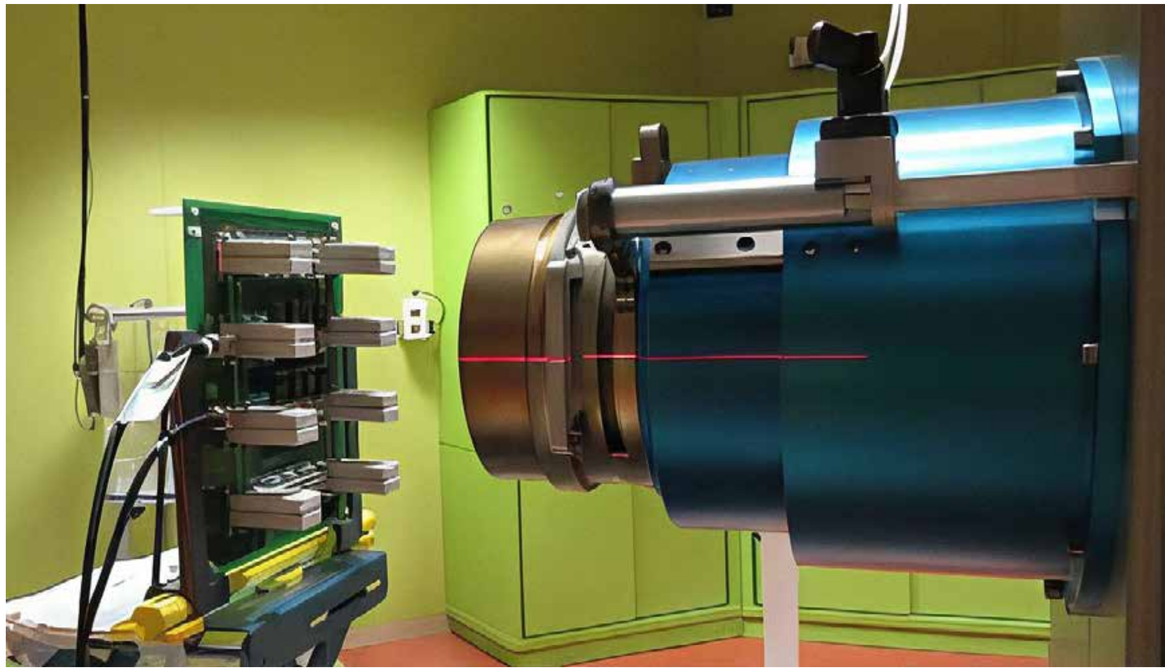
Ce projet de 6,7 millions d'euros implique un consortium multi-filières, comprenant des acteurs majeurs de l'aéronautique, du ferroviaire, de l'automobile, du spatial et de l'énergie, ainsi que des laboratoires de recherche tels que le SATIE, l'IMS et Ampère. Le projet est co-piloté par l'ITE SuperGrid Institute et l'IRT Saint Exupéry, membres de l'Association FIT (French Institute of Technology).



Module ACEPACK Drive
de ST Microelectronics

Le projet SiCRET+ s'intéresse au vieillissement des modules de puissance SiC notamment en environnement sévère. Les trois objectifs du projet sont :

- **Comprendre le vieillissement des modules SiC en environnement sévère :** des essais de type «power cycling test» sont menés pour comprendre le comportement des modules SiC sous des contraintes environnementales variées, y compris l'impact de l'humidité et des radiations cosmiques.
- **Améliorer l'utilisation en parallèle de puces :** SiCRET+ se penche sur les défis liés à l'utilisation de plusieurs puces en parallèle, en cherchant à développer des technologies d'essais adaptées aux nouvelles puces en carbure de silicium. L'objectif est de permettre aux utilisateurs finaux de définir des critères optimaux pour le choix et le tri des puces en fonction d'une utilisation spécifique.
- **Aller jusqu'au modèle prédictif de vieillissement :** SiCRET+ vise à créer des modèles de vieillissement prenant en compte le profil d'utilisation spécifique à chaque application et l'environnement. Ces modèles prédictifs permettraient aux industriels d'anticiper le nombre de commutations prévu pour une puce donnée et, par conséquent, sa durée de vie.



Carte de test sous faisceau de pronton à haute énergie au Centre de Protonthérapie d'Orsay

NUCLETUDES – projet SICRET

Les nouvelles collaborations issues des projets SiCRET et SiCRET+ ont ouvert des perspectives avec des instances de standardisation internationales telles que l'ECPE. Les équipes espèrent influencer les futurs standards pour les puces et modules SiC en soumettant leurs résultats aux organismes de certification.

sommaire

Projet GRINHELEC

développer et caractériser des câbles aéronautiques plus verts

Dans un contexte où la réglementation européenne va à terme restreindre massivement l'utilisation de polymères fluorés, le projet GRINHELEC (GReen INsulation for High power ELECtrical harnesses) vise à rendre possible l'utilisation d'un isolant bio-sourcé en lieu et place des isolants fluorés utilisés pour les applications de propulsion électrique.

GRINHELEC s'inscrit dans le programme emblématique FILAE en faveur de la décarbonation de l'aviation et fait suite au projet HYBELEC dont l'objectif était de caractériser et d'optimiser les matériaux et composants des câbles et moyens de connexion de forte puissance pour les futures applications aéronautiques.

Le projet, qui a débuté en juillet 2023 pour une durée de 38 mois, est doté d'un budget de 3,16 millions d'euros. Il réunit les industriels Airbus, Arkema, Nexans, Safran, Souriau ainsi que les laboratoires de recherche Cirimat (UPS), IMP (Insa Lyon), et Laplace (UPS).

De gauche à droite : Marion Jan, Jérôme Genoulaz, Julien Chedaille, Victor Henri, Laurent Moisset, Pierre Henrard, Tlotzin Orozco, Mathieu Gilard, Driss Kenfaui, Youcef Kemari, Somya Anand, Amine Slama.

Les isolants actuels des câbles sont réalisés à partir de polymères fluorés (PTFE, ETFE, FEP, PFA) qui présentent les inconvénients d'être bioaccumulables, très persistants et dangereux pour les organismes vivants. Leur durée de vie est bien supérieure à la durée de vie d'un avion. Ils sont entre autre utilisés pour leur résistance aux hautes températures (260°C zone moteur). Cette exigence n'a plus lieu d'être à terme, car le passage à la propulsion électrique ne nécessite plus d'avoir à monter à de si hautes températures.

« L'équipe projet qui est multi-compétences est issue du projet Hybelec et est donc bien intégrée. Nous connaissons bien nos membres industriels et académiques, ce qui facilite les échanges et apporte de la dynamique au projet. Nous bénéficions aussi des moyens d'essais développés pour Hybelec ce qui nous permet d'être plus efficaces. Nous remplissons toutes les conditions pour pouvoir proposer à terme un câble plus respectueux de l'environnement »

conclut Pierre Henrard, chef de projet GRINHELEC.

Le projet va consister à étudier les mécanismes de vieillissement sous contrainte thermique de l'isolant plus vert haute température proposé par Arkema afin de pouvoir estimer sa durée de vie et la comparer à celle des isolants fluorés.

Le projet couvre aussi les aspects connectiques tels que le vieillissement des isolants des moyens de connexion, et l'étude des arcs de surface en conditions aéronautiques. Enfin Il traite aussi de méthodes d'évaluation de l'état de vieillissement des harnais une fois installés sur avion.

sommaire

Le programme FILAE

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.

Les objectifs sont de trois ordres :

- La compétitivité, en contribuant à structurer une filière franco-européenne en électronique de puissance compatible avec l'environnement aéronautique et en développant des activités de R&T en support de la gamme des aéronefs CS23, notamment des briques technologiques clés pour une chaine propulsive électrique et/ou hybride
- Le ressourcement, en mettant en place des formations initiales et continues (EUR, thèses, postdocs, 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 (électronique, automobile, ferroviaire...), entre acteurs publics et privés.

Le programme scientifique de FILAE, approuvé par les membres industriels du CORAC, s'articule autour de 3 thématiques : l'électronique de puissance embarquée à base de composants grand gap, la densification des systèmes électriques et la durée de vie des systèmes électriques.

© Ascendance Flight Technologies

Issus du programme scientifique FILAE, 12 projets multi-filières seront réalisés entre 2024 et 2031 pour un budget total de 60 millions d'euros. Ces projets permettront de contribuer à lever de nombreux verrous technologiques, tels que l'absence de modèles de fiabilité, les défis liés à la haute tension, et la méconnaissance des physiques de défaillance.

Enfin, les résultats des activités de R&T du programme FILAE devraient avoir plusieurs impacts au niveau scientifique, environnemental, sociétal et économique.

« Les financements associés au programme FILAE devraient être annoncés courant 2024 »

Thomas Delsol, Responsable du programme FILAE

sommaire

projets en cours

31 décembre 2023

GANRET

Gallium Nitride Reliability Evaluation for Transport

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

GReen INsulation for High power ELECtrical harnesses

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

Heavy Mobilities With Hydrogen

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 maitrise 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.

OCEANE

Optimisation CEM d'une chaine de forte puissANce

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.

SOLER

Etude 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 SAC1).

SiCRET+

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

ARCHIMEDE

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

Lead-free Transition for the European Space Sector
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.

projets terminés

en 2023

HYBELEC

Caractérisation, optimisation et modélisation des matériaux et composants des harnais et moyens de connexion de forte puissance pour les applications aéronautiques futures à propulsion hybride ou électrique.

SiCReT

Silicon Carbide Reliability Evaluation for Transport

Evaluation de la maturité de la technologie des semi-conducteurs de puissance au carbure de silicium (SiC).

SOCOOL2

Montée en maturité de solutions thermiques de refroidissement : les boucles diphasiques.

RECET4RAIL

Développement de nouvelles technologies pour le sous-système d'entraînement de traction des trains.

DCADE

Evaluation des technologies potentielles qui permettront d'utiliser des convertisseurs de tension plus élevée tout en maintenant la densité de puissance, ainsi que des techniques de détection d'arc qui augmenteront la sécurité des opérations à haute altitude.

IMPERIAL

Développement d'un convertisseur de puissance innovant capable d'assurer la transmission de puissance, la surveillance, le diagnostic et les communications. Le système sera hautement efficace, fiable, compact et léger, contribuant ainsi à des performances plus élevées, plus efficaces et plus écologiques pour les futurs grands avions de ligne.

HYPNOTIC

Développement d'un ensemble de convertisseurs bidirectionnels agissant ensemble comme un seul équipement.

nos plateformes technologiques.

Nos plateformes technologiques, principalement basées sur nos sites de Toulouse et Bordeaux offrent une gamme complète d'équipements différenciants et multidisciplinaires adressant nos 4 axes technologiques. Physiques ou virtuelles, elles sont développées et utilisées dans le cadre de nos projets de recherche pour répondre aux besoins actuels et futurs des industriels et académiques, notamment dans le contexte du défi majeur actuel qu'est la décarbonation de l'industrie. Dans cette optique elles sont des atouts pour la conduite de nos projets traitant de l'économie circulaire des matériaux, de l'IA frugale, de l'optimisation multidisciplinaire ou encore de la mise en œuvre accélérée des technologies électriques au service de la mobilité.

Nos plateformes expérimentales

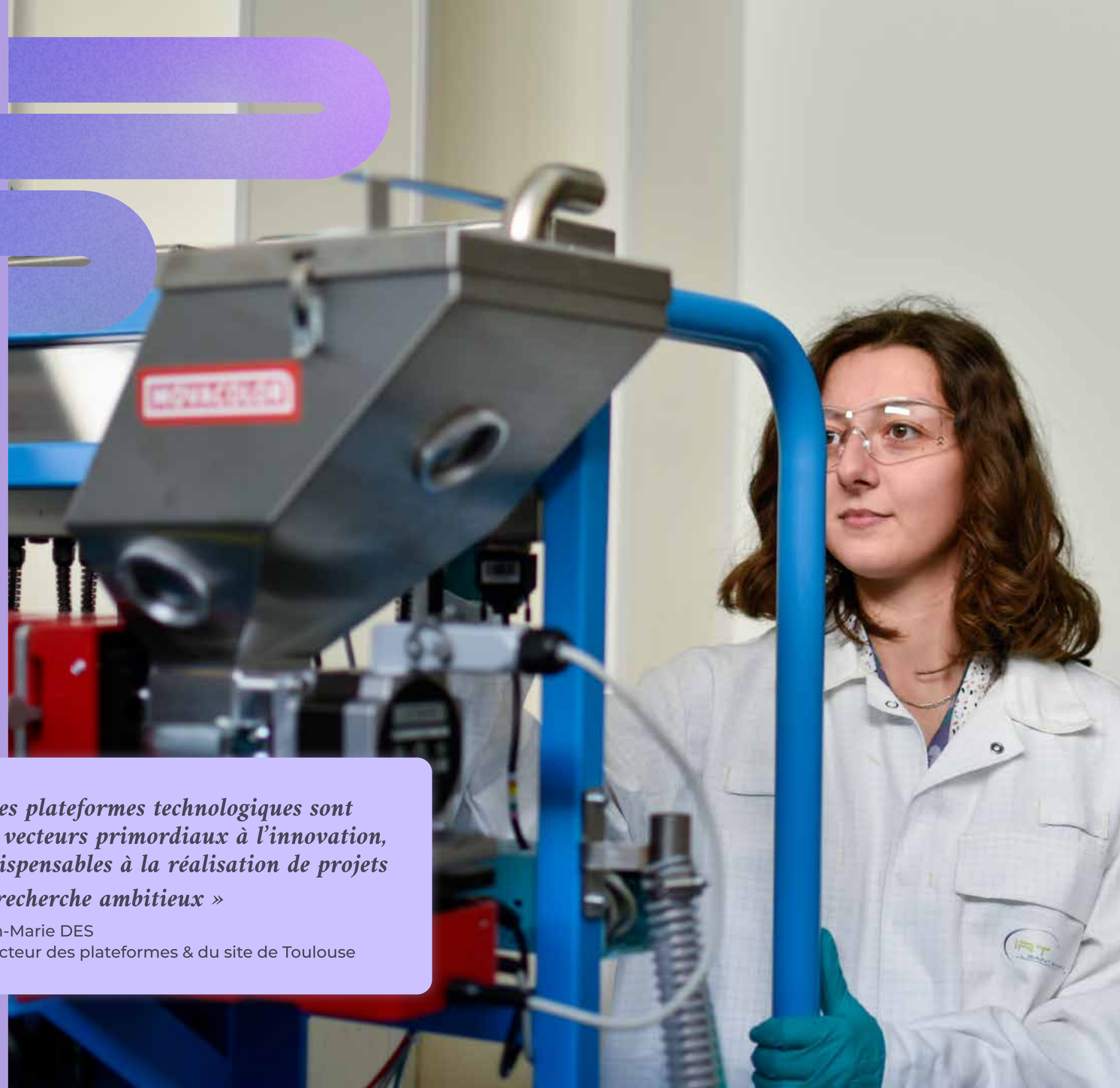
- Plateforme composites organiques et céramiques
- Plateforme matériaux métalliques
- Plateforme revêtements & assemblages innovants
- Plateforme caractérisation, contrôle & essais
- Plateforme conducteurs & diélectriques
- Plateforme caractérisation des composants électriques
- Plateforme convertisseurs & modules de puissance

Nos plateformes numériques

- Plateforme ingénierie systèmes & modélisation
- Plateforme communications

« Les plateformes technologiques sont des vecteurs primordiaux à l'innovation, indispensables à la réalisation de projets de recherche ambitieux »

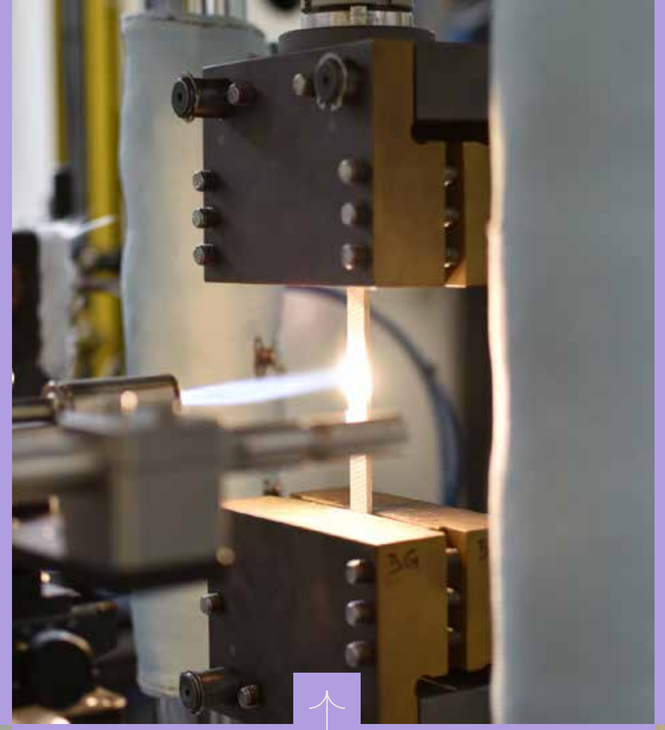
Jean-Marie DES
Directeur des plateformes & du site de Toulouse



sommaire

Nouvelle technologie de fabrication additive Laser-fil

Financée par le projet MAMA, la machine de fabrication additive Laser-fil (LMD-w) réceptionnée à l'été 2023 est dotée d'une source de 2kW et d'une tête de déposition coaxiale fusionnant des fils de diamètre 0,8 à 1,2mm dans une atmosphère inerte d'argon. Ce moyen unique en Europe exploitera les possibilités offertes par sa cinématique 5 axes au service de la thématique de la réparation et des ajouts de fonction (MRO) pour réduire l'impact environnemental du secteur aéronautique.



Banc d'essais thermomécanique haute température

Notre banc thermomécanique permet la caractérisation d'éprouvettes technologiques composites (CMC) SiC/SiC en conditions thermodynamiques « moteur » pour l'aéronautique civile. Sa versatilité et son instrumentation ont permis d'éprouver des substrats métalliques revêtus sous flamme représentative d'une flamme hydrogène (>>1700°C), des bétons pour dalles des lanceurs spatiaux et de caractériser mécaniquement, avec corrélation d'image numérique, des cornières CMC oxyde/oxyde exposées à la flamme.

Banc de mesures automatisées de décharges partielles en dépression chaude

Notre banc de mesures automatiques permet de détecter et de mesurer de façon séquentielle sur 10 échantillons le niveau d'apparition de décharges partielles ou d'appliquer des contraintes en tensions AC et DC en température et en dépression. Grace à cet équipement il est possible de caractériser et de comparer la durée de vie, les performances et la fiabilité de composants testés simultanément en fonction de leurs conditions environnementales.

Datacenter

Notre service de cloud privé offre des solutions de calcul et de simulation hautement performantes grâce à l'utilisation de GPU de dernière génération, adaptés aux activités de haute performance telles que les calculs scientifiques, l'IA et l'analyse de données.
Notre infrastructure est basée sur des GPU grand public, ce qui nous permet de proposer un service à un coût attractif par rapport aux acteurs classiques du marché. Elle est constituée d'un datacenter opérationnel à Toulouse (1Kcores CPU, 700Kcores GPU) et un datacenter en cours de déploiement sur le site de Bordeaux.

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.

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

en savoir plus

visites virtuelles

Toulouse

Visitez nos plateformes technologiques à Toulouse

Voir les plateformes

Bordeaux

Visitez nos plateformes technologiques à Bordeaux

Voir les plateformes

Éco énergie 2023

L'IRT Saint Exupéry innove pour l'avenir, ce qui implique la recherche et le développement de solutions durables et respectueuses de l'environnement pour les défis majeurs de nos filières.

Dans le cadre de notre stratégie d'amélioration continue, cet engagement se traduit par une démarche proactive pour mesurer et contrôler notre empreinte environnementale. Pour y parvenir, un bilan carbone a été réalisé en 2023 sur notre site de Toulouse et un plan d'action a été mis en place afin de réduire son impact carbone.

Au sein du bâtiment B612, certaines actions significatives ont déjà été mises en œuvre sur nos installations pour réduire notre consommation énergétique sans impacter le bon déroulé de nos projets, comme par exemple :

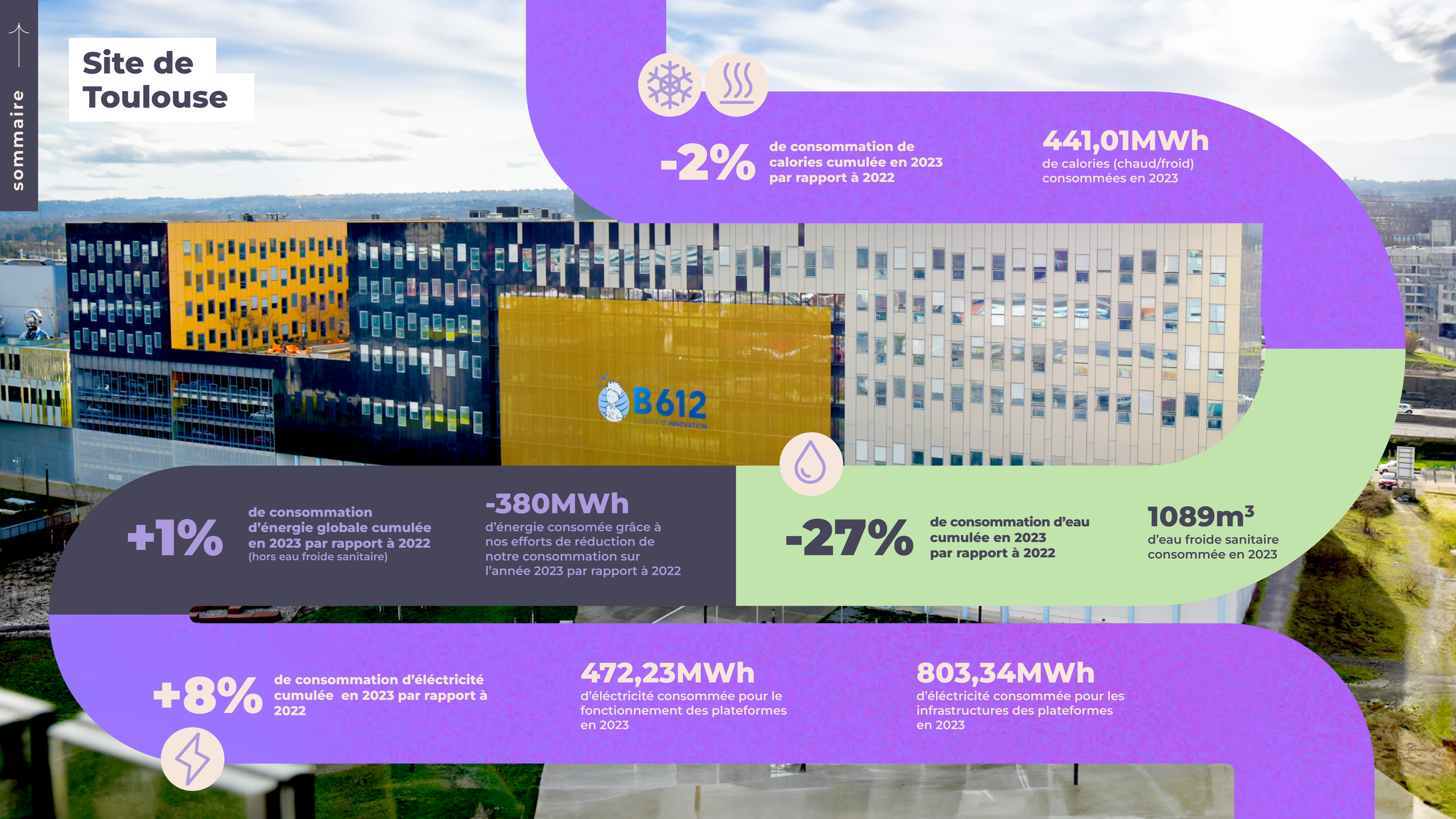
- L'optimisation d'un essai de vieillissement longue durée de composants électriques grâce à l'intégration d'un refroidissement liquide générant une économie de 260MWh par an par rapport au refroidissement par air comprimé.
- L'optimisation du débit d'extraction d'air dans nos plateformes, générant un gain de 7MWh par an.
- L'apport de modifications significatives dans notre laboratoire de fabrication additive sur le traitement d'air pouvant générer jusqu'à 35MWh d'économie par an.
- La modification du fonctionnement de nos groupes de froid pour améliorer leurs rendements et ainsi réaliser des économies de calories et d'électricité qui s'élèvent à 38MWh par an.
- La réduction de la température de chauffage dans nos bureaux, générant une économie de 40MWh sur l'hiver 2022-2023.

sommaire

Site de Toulouse

-2% **de consommation de calories cumulée en 2023 par rapport à 2022**

441,01MWh
de calories (chaud/froid) consommées en 2023



+1% **de consommation d'énergie globale cumulée en 2023 par rapport à 2022**
(hors eau froide sanitaire)

-380MWh
d'énergie consomée grâce à nos efforts de réduction de notre consommation sur l'année 2023 par rapport à 2022

-27% **de consommation d'eau cumulée en 2023 par rapport à 2022**

1089m³
d'eau froide sanitaire consommée en 2023

+8% **de consommation d'éléctricité cumulée en 2023 par rapport à 2022**

472,23MWh
d'éléctricité consommée pour le fonctionnement des plateformes en 2023

803,34MWh
d'éléctricité consommée pour les infrastructures des plateformes en 2023

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
Bât. B - 240 Rue Evariste Galois,
06410 Biot (France)