

RAPPORT ANNUEL





L'ONERA, acteur central de la recherche aéronautique et spatiale, emploie plus de 2200 personnes. Placé sous la tutelle du ministère des Armées, il dispose d'un budget de 336 millions d'euros (2024), dont plus de la moitié provient de contrats d'études, de recherches et d'essais.

Expert étatique, l'ONERA prépare la défense de demain, répond aux enjeux aéronautiques et spatiaux du futur, et contribue à la compétitivité de l'industrie aérospatiale. Il maîtrise toutes les disciplines et technologies du domaine.

Tous les grands programmes aérospatiaux civils et militaires en France et en Europe portent une part de l'ADN de l'ONERA : Ariane, Airbus, Falcon, Rafale, missiles, hélicoptères, moteurs, radars...

Reconnus à l'international et souvent primés, ses chercheurs forment de nombreux doctorants.





BRUNO SAINJON,
PRÉSIDENT-DIRECTEUR GÉNÉRAL DE L'ONERA

Une part substantielle de la souveraineté nationale dans les domaines de la défense, en particulier de la dissuasion nucléaire, de l'aéronautique et de l'espace repose sur l'ONERA.

Cette mission est dans son ADN depuis sa création en 1946. Alors que nous allons fêter l'année prochaine le 80^e anniversaire de sa création, l'ONERA est, plus résolument que jamais, tourné vers le futur. Il peut, pour cela, compter sur la confiance de ses partenaires, à commencer par sa tutelle, le ministère des Armées. Réciproquement, l'État sait qu'il peut compter sur l'ONERA.

Alors que l'instabilité géopolitique accentue les menaces qui pèsent sur la France et l'Union européenne, les scientifiques de l'ONERA sont prêts à relever tous les

défis de souveraineté qui se posent à la nation dans son domaine d'expertise. Ce rapport annuel a l'ambition de montrer au lecteur à quel point les résultats obtenus par l'ONERA justifient la confiance que ses partenaires placent en lui.

Le record de prises de commandes de 2024 (195 M€) est le signe tangible de la confiance dont jouit l'Office, alors que le record de 2023 semblait déjà hors d'atteinte. La part de la DGA, comme l'année dernière, y est prépondérante (56,7 M€), notamment *via* un contrat très important portant sur la dissuasion.

Éditorial

Je vois dans cette progression depuis plusieurs années un besoin croissant de science « ONERA inside » qu'expriment nos partenaires et clients, qu'ils soient étatiques ou industriels, nationaux ou étrangers. J'y vois aussi le fruit d'un travail considérable de la direction technique et des programmes et de la direction des souffleries pour bâtir une offre scientifique de premier plan et pour présenter des résultats incomparables. Main dans la main avec leurs collègues de l'ONERA de la direction scientifique et de la prospective et ceux chargés du soutien à la recherche, nos scientifiques sont, à juste titre, fiers de ces succès. Ce rapport annuel en montre un échantillon.

L'activité contractuelle s'est également établie à un niveau record, 206 M€, de sorte que la part de la subvention pour charge de service public dans notre budget (38 %), est désormais inférieure à celle de nos revenus propres.

À ce titre, l'augmentation de la production contractuelle (+ 50 % en cinq ans), beaucoup plus rapide que celle des effectifs (+ 6 % en cinq ans), démontre la mobilisation extraordinaire des salariés pour faire face à ces prises de commande en hausse forte et continue. Elle met aussi en évidence le risque de fragilisation des travaux de long terme si notre plafond d'effectifs n'est pas rapidement redéfini, mais a également des conséquences à très court terme sur certaines activités pour lesquelles on ne sait plus faire face aux nombreuses sollicitations, en particulier dans le domaine des souffleries.

Or, les défis sur le long terme sont là et bien là. L'actualisation du Plan stratégique scientifique qui doit voir le jour en 2025 montre combien les travaux de l'ONERA sur les défis scientifiques du secteur défense-aéronautique-spatial sont attendus, comme étaient attendues nos feuilles de route en 2023. Conjuguée à une bonne maîtrise des dépenses, cette forte activité contractuelle a conduit l'ONERA à dégager, pour la dixième année consécutive, un résultat net comptable positif, qui s'élève à 9,1 M€ en 2024. Tous les salariés de l'Office ont contribué à ce résultat, et ils méritent d'être félicités.

Cette forte mobilisation se produit alors que les premiers grands chantiers du programme PRISME ont débuté sur le centre de Palaiseau avec des bâtiments qui accueilleront, entre autres, les services du Secrétariat général, les activités médico-sociales et de formation ainsi que le centre de calcul. L'année 2024 a par ailleurs vu l'extension de l'atelier maquettes pour souffleries à Lille, inauguré le 1^{er} octobre en présence de monsieur Xavier Bertrand, président de la Région Hauts-de-France.

Illustration de la hausse structurelle des prises de commande, le partenariat signé avec SAFRAN le 19 janvier 2024 encadre pour quatre ans les futurs essais en soufflerie, notamment autour du développement du futur moteur « open fan » EcoEngine. Signé à Modane, il fut l'occasion d'un voyage de presse mettant en lumière la haute technicité des équipes de l'ONERA, opérant sur des installations d'une qualité exceptionnelle.

Si beaucoup de gens parlent de quantique et d'intelligence artificielle, l'ONERA, lui, a livré en 2024 deux équipements opérationnels. Le gravimètre quantique GIRAFE, réceptionné par la Marine, a fait d'elle la première armée au monde équipée opérationnellement avec une technologie quantique de seconde génération. Et le logiciel SINAPS, doté d'une IA pour l'aide à la prise de décision des contrôleurs aériens, a été déployé sur les cinq sites de contrôle aérien qui maillent le territoire métropolitain.

La valorisation de nos compétences s'est poursuivie avec les premières sessions de formation autour du logiciel MATISSE dans le cadre d'ONERA Academy®. En 2024 a également été lancé le processus de certification Qualiopi pour garantir la qualité de nos formations professionnelles et permettre à nos partenaires de bénéficier de financements pour les formations de leurs collaborateurs, certification obtenue en janvier 2025.

J'avais fait part dans le rapport annuel 2023 de la création de notre première filiale de services de surveillance de l'espace, ASTAREON. L'augmentation de capital conduite en 2024 et souscrite par HEMERIA a ouvert la voie au développement de cette activité. La nouvelle société, maintenant détenue à 70 % par HEMERIA et 30 % par l'ONERA, a pris le nom d'HEMERIA – Surveillance.

Dans un contexte de concurrence âpre et de tensions internationales, l'ONERA continue d'attirer les talents : 233 nouveaux salariés ont rejoint l'ONERA en 2024, et le nouveau site recrutement mis en ligne cette année s'appuie sur les valeurs de l'ONERA pour renforcer notre attractivité. Nous avons de nombreux défis scientifiques et techniques à leur proposer ! Ils rejoignent une communauté mobilisée pour préparer le futur de la défense, de l'aéronautique et du spatial, tout en intégrant par ailleurs les enjeux sociétaux d'actualité. Ces défis, nous les relevons également grâce aux collaborations avec nos partenaires académiques. La réflexion collective engagée à la suite de la demande conjointe faite à l'ONERA par la DGRI, la DGA, et la DGAC pour définir une feuille de route nationale sur la recherche scientifique amont pour l'aéronautique civile illustre parfaitement le positionnement de l'ONERA sur le continuum de la recherche fondamentale jusqu'aux développements industriels.

Sur le plan international, parmi les nombreux faits marquants, on peut mettre en avant le 15^e sommet de l'IFAR, sous la présidence de l'ONERA, qui a permis aux équipes de l'Office de montrer le niveau mondial de leurs travaux et d'échanger avec leurs collègues du monde entier. J'y vois une reconnaissance mondiale de nos pairs.

Je vous invite à découvrir dans ce rapport annuel les grands temps forts 2024 de l'ONERA. Un rapport annuel, qui sera pour moi le dernier, puisque mon mandat s'achève fin 2025 après plus de onze années passées à la tête d'un organisme en tous points extraordinaire.



LE LABORATOIRE DE RECHERCHE FRANCO-SINGAPOURIEN SONORA

FÊTE SES 20 ANS – La cérémonie du 4 avril 2024 s'est tenue en présence de : Emmanuel Chiva (DGA), Melvyn Ong (ministère de la Défense et ministère du Développement national, Singapour), Cheong Chee Hoo (DSO National Laboratories, Singapour), Romain Soubeyran (CentraleSupélec), Bruno Sainjon, P.-D.G. (ONERA). Porté par une alliance multipartite, SONORA mène des études innovantes en électromagnétisme et traitement du signal.



HEMERIA ET L'ONERA S'ASSOCIENT POUR LA SURVEILLANCE DE L'ESPACE

Participant conjointement à une augmentation de capital d'ASTAREON, HEMERIA INVEST, holding du groupe HEMERIA, apporte les fonds nécessaires au développement de la société, alors que l'ONERA lui transfère les technologies SSA qu'il a développées. À l'issue de l'opération, ASTAREON est détenue à 70 % par HEMERIA et 30 % par l'ONERA et est renommée HEMERIA SURVEILLANCE.



ACCÉLÉROMÈTRES DE L'ONERA POUR LA MISSION SPATIALE DE L'ESA

L'ESA et l'ONERA ont signé un contrat de 27,3 M€ (dont 12,5 M€ en 2024) pour la réalisation de la mission NGGM (Next Generation Gravity Mission) pour laquelle l'ONERA va développer et qualifier l'accéléromètre MicroSTAR à l'horizon 2027. Une nouvelle reconnaissance mondiale de l'expertise ONERA dans le domaine de l'accélérométrie ultra-sensible.



INAUGURATION DU NOUVEL ATELIER MAQUETTES SUR LE CENTRE ONERA DE LILLE

Le 1^{er} octobre 2024, l'ONERA a inauguré son nouvel atelier maquettes pour souffleries à Lille, en présence de Xavier Bertrand, président de la Région Hauts-de-France, et de la presse. Cet atelier, unique au monde, témoigne de l'engagement de l'ONERA à fournir des solutions de haute précision pour les secteurs de la défense et de l'aviation civile.



L'ONERA RÉALISE UNE PREMIÈRE MONDIALE

L'ONERA a recetté début 2024 la station sol FEELINGS sur son centre du Fauga-Mauzac. Le 5 juin 2024, FEELINGS a établi une liaison laser bidirectionnelle stable et pré-compensée par optique adaptative (OA) avec le démonstrateur TELEO en orbite géostationnaire développé par Airbus Defence and Space. Cette première mondiale a été rendue possible grâce aux techniques d'OA et aux lasers de puissance développés par l'ONERA.



LUTTE ANTI-DRONES (LAD) : L'ONERA DANS LES DISPOSITIFS DE PROTECTION DES JO 2024

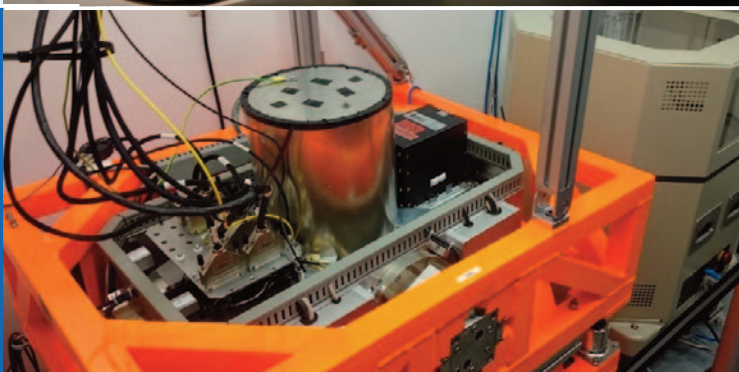
L'Armée de l'Air et de l'Espace a utilisé le module de fusion de données de l'ONERA DIAMOND, développé grâce à son expertise en matière d'algorithmie. Ce système innovant, qui permet d'agréger et de fusionner les informations transmises par les différents systèmes de LAD, a été mis à profit plus d'une centaine de fois, et a contribué à l'efficacité du dispositif (interpellation de nombreux télépilotes « drone » en infraction). L'ONERA a été félicité par l'armée de l'Air et de l'Espace.



SOMMET INTERNATIONAL IFAR 2024 : L'ONERA AFFIRME SON RÔLE DE LEADERSHIP – La 15^e édition du sommet IFAR (International Forum for Aviation Research), événement réunissant la communauté de la recherche publique aéronautique mondiale, s'est tenue en octobre à Singapour, pour la première fois sous présidence française. Les équipes ONERA ont pu présenter leurs travaux, rencontrer des partenaires et préparer de futurs projets.



L'ONERA, ACTEUR INCONTOURNABLE DE LA DISSUASION – L'ONERA s'est vu notifier le marché MIHYSYS par la DGA, en cotraitance avec MBDA, pour poursuivre l'amélioration continue des connaissances en matière de propulsion super et hypersonique. La première édition du prix ONERA Défense, avec un jury composé notamment du directeur de l'AID et du sous-chef plans/programmes de l'EMA, a été attribuée à une équipe de sept scientifiques investis dans la composante aéroportée de la dissuasion.



L'ONERA AU CŒUR DE L'INNOVATION, AU SERVICE DES ARMÉES – Acteur majeur des technologies quantiques, l'ONERA a livré à la Marine nationale le premier gravimètre à atomes froids, ce qui en fait la première force au monde à disposer d'un tel équipement. Ce gravimètre, développé avec le soutien de la DGA et aujourd'hui en service opérationnel, remplit tous les objectifs attendus en termes de qualité des mesures gravimétriques (inégalées en environnement sévère), de fiabilité et d'avantage opérationnel.



DÉCARBONATION : SAFRAN ET L'ONERA UNIS POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'OPEN FAN – Le 19 janvier 2024, à l'occasion des essais en soufflerie de son projet Open Fan EcoEngine, SAFRAN organisait une visite de presse à Modane. Soulignant le défi que représente un tel projet, Éric Dalbès, vice-président R&T du groupe SAFRAN et Pierre Cottenceau, directeur technique et R&T de SAFRAN AE, ont notamment mis en lumière le savoir-faire et les moyens expérimentaux uniques de la direction des souffleries. SAFRAN AE et l'ONERA ont signé un partenariat de cinq ans encadrant les futurs essais en souffleries.



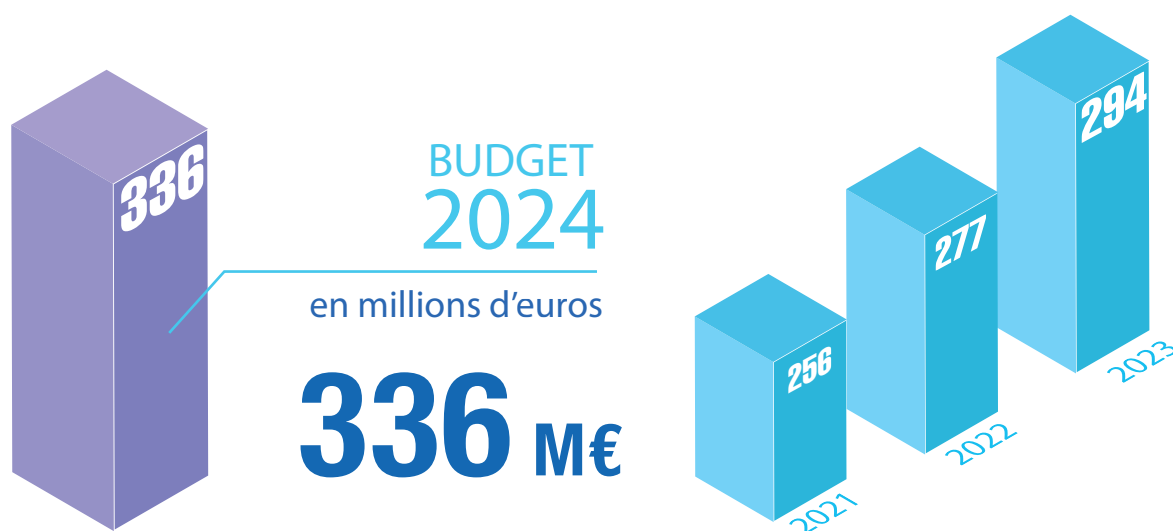
QUATRIÈME RECORD CONSÉCUTIF DE PRISES DE COMMANDES

En 2024, l'ONERA a battu à nouveau son record de prises de commandes avec 195 M€. Ce nouveau record témoigne de la confiance de nos partenaires nationaux et internationaux et de la qualité exceptionnelle de nos scientifiques, ingénieurs et techniciens, tant dans les départements scientifiques que les souffleries.

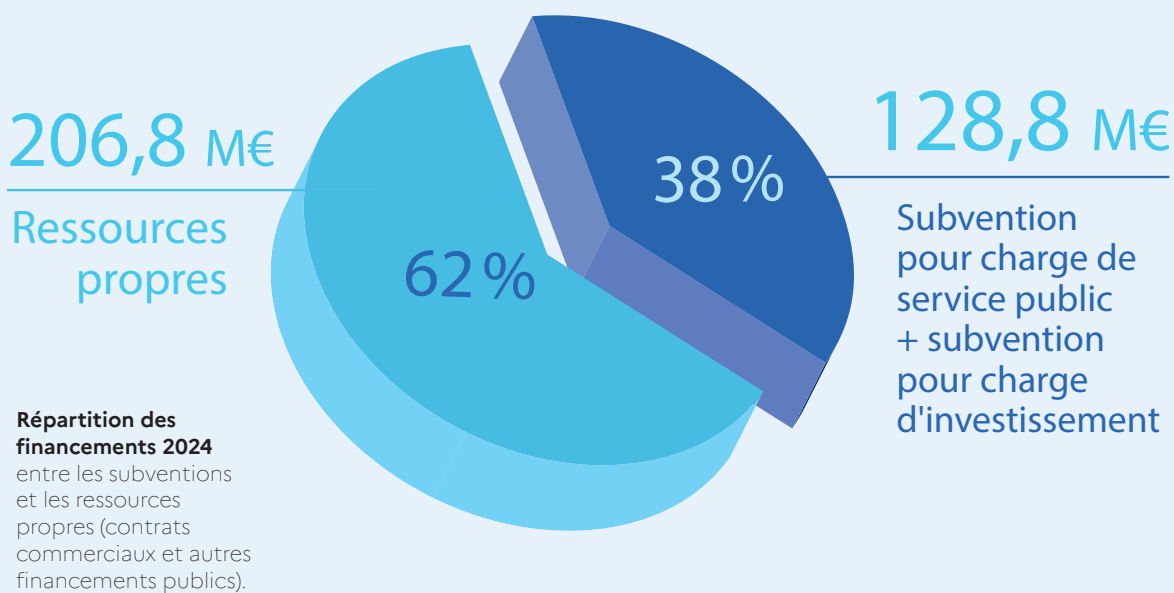


RAYONNEMENT SCIENTIFIQUE - L'EREA, l'association des centres de recherche européens en aéronautique, a attribué son prix de la meilleure publication 2024 à l'ONERA. C'est la 11^e fois en 15 éditions que l'ONERA remporte ce prix, gage du très haut niveau scientifique de ses ingénieurs chercheurs et de leur dynamisme en matière de publications.

BUDGET EN HAUSSE

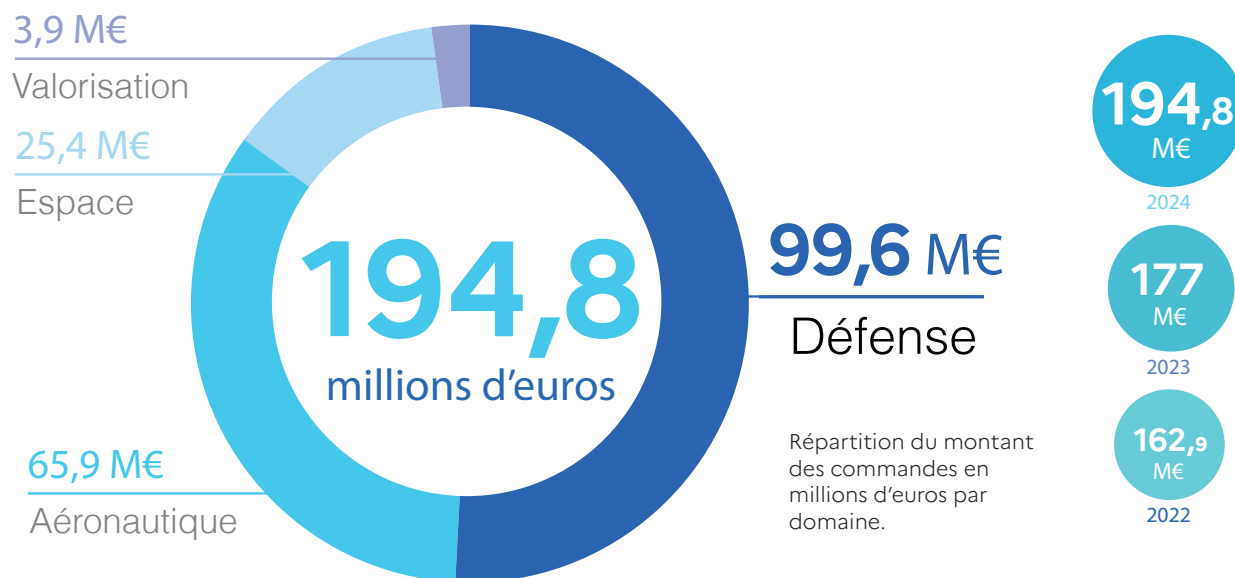


Placé sous la tutelle du ministère des Armées, dont il perçoit sa subvention, l'ONERA dispose d'un budget provenant en partie de l'Agence de l'innovation de défense et pour près de 60% de contrats commerciaux.



RÉSULTAT NET : 9,1 M€
comptable

DES PRISES DE COMMANDES RECORD



PRISES DE COMMANDES PAR DOMAINE

51,1%

Défense

Répartition du montant des commandes par domaine.

33,9%

Aéronautique

13%

Espace

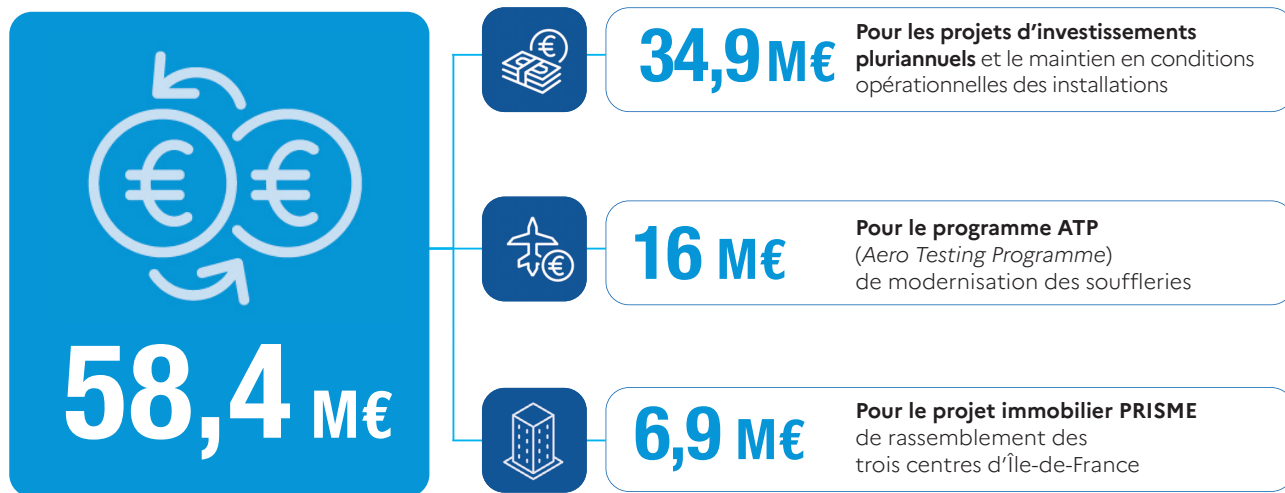
2%

Valorisation

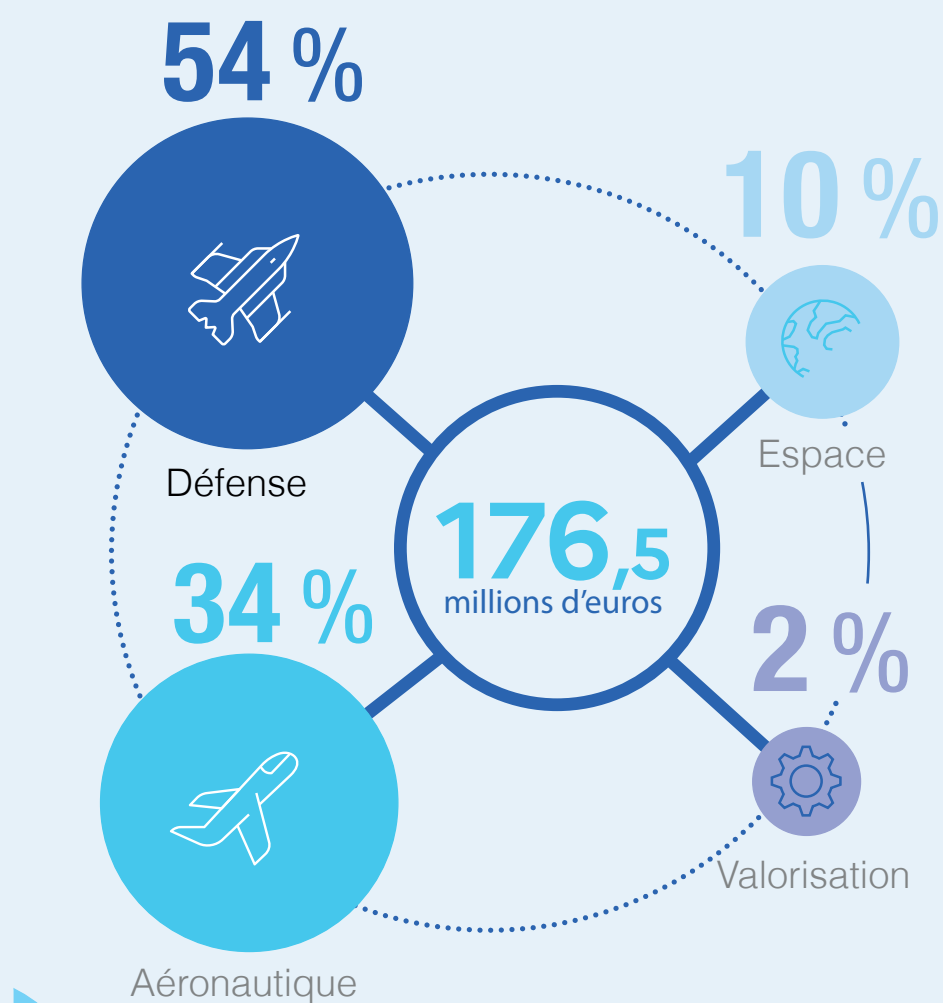
Prises de commandes par clients en M€



INVESTISSEMENTS



RÉPARTITION DE L'ACTIVITÉ CONTRACTUELLE



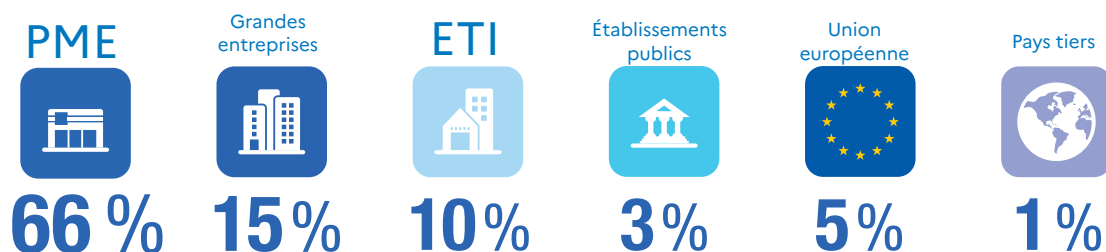
ACHATS

En 2024, l'ONERA a renforcé sa politique de soutien aux PME, portant leur nombre à 1964 (contre 1932 en 2023). Ces PME représentent 70% des actes d'achats (commandes et marchés), confirmant leur place prépondérante dans la stratégie achat de l'établissement.

Répartition du montant des achats par type d'entreprise en 2024

Le montant d'achats confié aux PME atteint un niveau remarquable de 82 424 K€, soit 66% du total (contre 53 551 K€ et 60% en 2023). Cette progression significative s'explique notamment par :

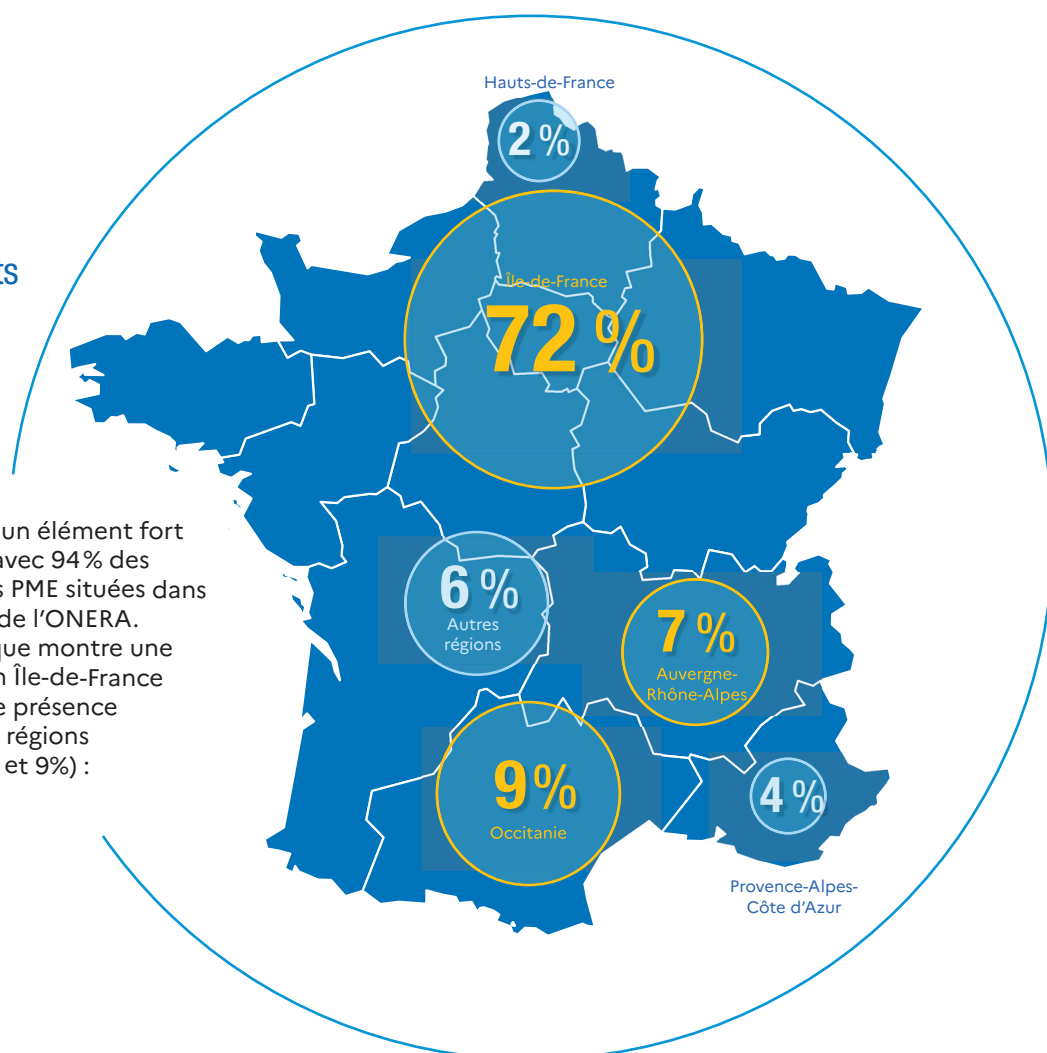
- une forte présence des PME dans les marchés de travaux;
- un montant moyen des marchés de 258 K€ en 2024, adapté à la dimension PME.



RÉPARTITION RÉGIONALE

du montant des achats auprès des PME partenaires

L'ancrage territorial reste un élément fort de la politique d'achats, avec 94% des achats réalisés auprès des PME situées dans les zones d'implantation de l'ONERA. La répartition géographique montre une concentration majeure en Île-de-France (72%), complétée par une présence équilibrée dans les autres régions d'implantation (entre 2% et 9%) :





Lancement du nouveau site recrutement

Lancé en septembre 2024, ce nouveau site web a pour objectif d'attirer et d'améliorer l'expérience de recrutement des candidats. Basé sur des témoignages vidéo et podcasts des salariés, il reflète ainsi le quotidien de l'ONERA, sa promesse employeur et ses cinq valeurs associées.

L'ONERA a en effet à cœur de mettre en avant ses valeurs employeur : ambition commune, engagement, innovation, intégrité, passion et exigence.

Ces valeurs, partagées par tous à l'ONERA, ont été formalisées grâce à une démarche collaborative en 2023.

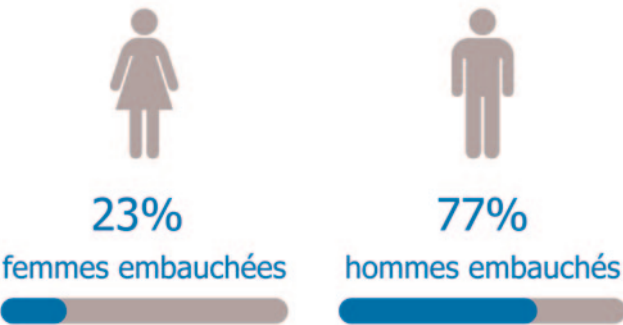
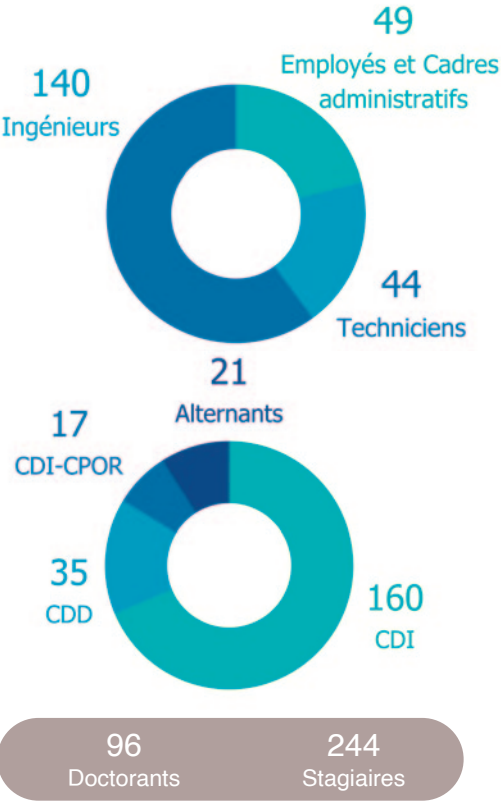
Bien entendu, le site rassemble également l'ensemble des offres d'emploi, thèses et stages, mais également diverses informations sur la vie professionnelle à l'ONERA, et les diverses perspectives de métiers. Vivant, le site présentera également des actualités RH : relations avec les écoles partenaires, les actions en faveur de la diversité, l'inclusion ou la mixité.

Entre son lancement et fin 2024, le site a reçu la visite de 40 000 utilisateurs, pour 75 000 pages visitées.



Recrutement en 2024

25 000 CANDIDATURES
233 EMBAUCHES



Rester agile dans ses recrutements : savoir trouver des profils atypiques

Le secteur aérospatial est en pleine évolution. Plusieurs tendances et innovations marquent ce domaine : intelligence artificielle, automatisation croissante, exigences nouvelles en terme de sécurité, entre autres. Tous ces défis ont un point commun : le rapport complexe entre l'humain et la machine. Pour creuser cette problématique nouvelle, l'ONERA sait recruter en dehors de son « cœur de métier. »

Bertille Somon possède cette double sensibilité : elle a commencé son parcours par le concours de médecine, en obtenant un classement qui lui a, par la suite, permis de mener une licence en ingénierie biomédicale (seule licence de ce type en France).

Une double approche idéale pour rejoindre l'équipe ICNA (ingénierie cognitive et neurosciences appliquées) de l'ONERA à Salon-de-Provence. Elle explique : « *Nous modélisons les réactions du pilote, au travers de son comportement ou de systèmes mesurant l'activité humaine, comme l'électroencéphalographie, l'IRM ou encore l'électrocardiographie, ce qui requiert des compétences en physiologie pour mener ces tests et surtout comprendre les données. En parallèle, je m'appuie sur mon autre casquette d'ingénieure pour construire les expérimentations, analyser et exploiter les résultats.* » Après sa thèse (menée déjà à l'ONERA), Bertille avait entamé sa carrière à l'ISAE-SUPAERO. Mais après avoir été courtisée par divers autres laboratoires pour le caractère atypique de son parcours et de sa formation, Bertille a finalement été rattrapée par l'ONERA : « J'y avais mené ma thèse, justement sur cette thématique des sciences cognitives appliquées. Et comme l'ONERA avait ouvert un poste dans l'unité qui m'avait accueillie, de part et d'autre, nous nous sommes dit : autant capitaliser sur mon *background* ! »

Aujourd'hui, Bertille étoffe les rangs de cette unité à part, construite au fur et à mesure des besoins scientifiques particuliers qu'elle explore, toujours centrés sur l'intégration humain-système.





2 207 collaborateurs

- 1751 ingénieurs et cadres
- 175 employés • 36 alternants
- 244 techniciens • 1 ouvrier

26 % de femmes

Index égalité
femmes-hommes:

94/100

369*
communications
avec actes
dans des congrès

335*
publications
dans des journaux
à comité de
lecture

128
scientifiques titulaires
d'une habilitation
à diriger des recherches (HDR),
dont 5 soutenues en 2024

- 377 doctorants
- 18 post-doctorants
- 244 stagiaires

108*
thèses
soutenues

404*
rapports
techniques

* Chiffres provisoires

Prix internes ONERA : récompenser et valoriser

Prix ONERA Défense 2024

Le prix ONERA Défense récompense des contributions scientifiques de haut niveau au service de la défense. Il a été créé spécialement, car la confidentialité de certains travaux empêchait les ingénieurs concernés de concourir aux autres prix internes ONERA. Pour cette édition 2024, le jury a choisi de récompenser l'équipe « Composante nucléaire aéroportée », constituée de sept ingénieurs, qui ont en effet œuvré à la préparation des générations successives de nos missiles supersoniques stratégiques à propulsion aérobie.

Preuve de la confiance de notre tutelle, de nombreux représentants du MinArm assistaient à l'événement, dont le vice-amiral d'escadre Éric Malbrunot et l'ingénieur général de l'armement (IGA) Patrick Aufort, membres du jury, ainsi que le contre-amiral Frédéric Dreher et les IGA Cécile Sellier et François-Xavier Dufer.



← Les lauréats du prix de thèse 2024, entourés de la direction scientifique de l'ONERA.

Prix des doctorants

Ce prix récompense chaque année les meilleurs doctorants de 3^e année de leurs domaines scientifiques respectifs :

Mécanique des fluides et énergétique : Pierre Hellard – Caractérisation

expérimentale et numérique du fonctionnement d'une chambre de combustion à détonation rotative.

Matériaux et Structures :

Loïc Mastromatteo – Développement et qualification d'un système de contrôle santé intégré (SHM) pour la revalidation des lanceurs.

Physique : Alessandro de Oliveira Cabral Junior – Conception et démonstration d'antennes de type réseau transmetteur à balayage électronique de faisceau pour les applications télécom à haut débit.

Traitement de l'information et systèmes : Kevin Helvig – Apprentissage multi-capteurs pour le contrôle non destructif de matériaux.

Domaine simulation numérique avancée : Romain Espoey – Optimisation multi-fidélité sous incertitudes, application à la conception de véhicules aérospatiaux.

Prix de thèse AID 2024

UNE BELLE RECONNAISSANCE DE LA FORMATION DOCTORALE MENÉE À L'ONERA

Deux jeunes docteurs de l'ONERA ont été décorés du prix de thèse de l'AID 2024. Ce prix de thèse est remis par le ministère des Armées et par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, via l'AID. Parmi les critères de sélection figurent l'originalité des sujets de thèse proposés, la qualité des travaux, et le potentiel d'applications futures à la Défense.

Les lauréats sont : **Victor Couty**, pour la thèse « Améliorer les tests de caractérisation des matériaux composites », et **Denis Langevin** pour la thèse « Contrôler la diffusion de la lumière dans des dispositifs optiques miniaturisés ».

Patrick Aufort (directeur AID), Victor Couty, Laurine Curos → (récipiendaire hors ONERA), et Denis Langevin



Nanophotonique : lumière sur trois prix !

L'année 2024 a été un excellent millésime pour le département Optique et techniques associées, qui comptabilise trois prix dans le domaine de la nanophotonique : ● **Patrick Bouchon**, lauréat (2023) du prix Fabry de Gramont pour ses travaux en nanophotonique sur les interactions lumière-matière dans les nano-antennes optiques pour l'infrarouge et le térahertz, allant de leur compréhension physique aux applications optoélectroniques. ● **Cyprien Brûlon** a reçu le prix de thèse de physique de l'université Paris-Saclay. Cyprien Brûlon a développé des membranes microstructurées innovantes pour la détection et l'imagerie dans le domaine THz à partir de caméra infrarouge. ● **Denis Langevin**, prix de thèse AID (voir ci-contre).

Grand Prix de l'Électronique « Général Ferrié »

Il a été attribué à **Olivier Rabaste** (département Électromagnétisme et radar). Créé en 1963 et décerné annuellement. Les travaux d'Olivier Rabaste portent sur la détection de cibles faibles en environnement complexe dans les applications radar, les cibles faibles étant des cibles difficiles à détecter en raison de leur faible niveau énergétique et/ou au regard de la complexité de leur environnement (distribution statistique de fouillis complexe, présence de réflecteurs forts dans la scène, présence de multitrajets...).



Prix ONERA de l'Académie des sciences 2024 attribué à Jérémie Bec

Le prix 2024 « ONERA-Sciences mécaniques pour l'aéronautique et l'aérospatial » a été décerné à Jérémie Bec, directeur de recherche CNRS à l'Institut de physique de Nice, pour ses travaux sur la turbulence des fluides. Ce prix a été remis officiellement, le 26 novembre 2024, sous la coupole de l'Institut de France à Paris. Le prix ONERA de l'Académie des sciences récompense alternativement, depuis 2018, des chercheurs de la mécanique des fluides et de la mécanique du solide pour des travaux remarquables dans l'aéronautique et l'aérospatial. Le lauréat est sélectionné par un jury d'académiciens, en toute indépendance.

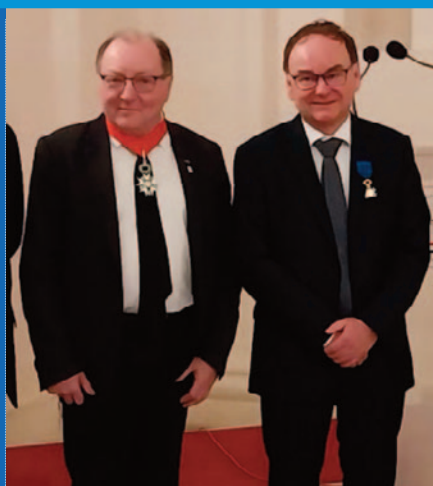
Distinctions

RENÉ MATHURIN, OFFICIER DANS L'ORDRE NATIONAL DU MÉRITE

Le mercredi 27 novembre, René Mathurin, directeur des programmes Défense, a été fait officier dans l'ordre national du Mérite.

RIAD HAIDAR, CHEVALIER DE L'ORDRE NATIONAL DU MÉRITE

Riad Haidar, directeur scientifique général de l'ONERA, a reçu l'accolade d'Alain Aspect, prix Nobel de physique 2022, qui lui a remis l'insigne de chevalier de l'ordre national du Mérite.



René Mathurin



Riad Haidar

MAIS AUSSI...

Prix Mishima attribué à **Mikaël Perrut** (matériaux métalliques) par la SF2M (Société française de métallurgie et de matériaux) – Médaille de l'Académie de l'Air et de l'Espace attribuée à **Sébastien Bourdarie** (environnement spatial) – Prix de l'excellence scientifique attribué à **Pascale Kanouté** (matériaux métalliques) par la 3AF (Association aéronautique et astronautique de France).

ET POUR LES JEUNES...

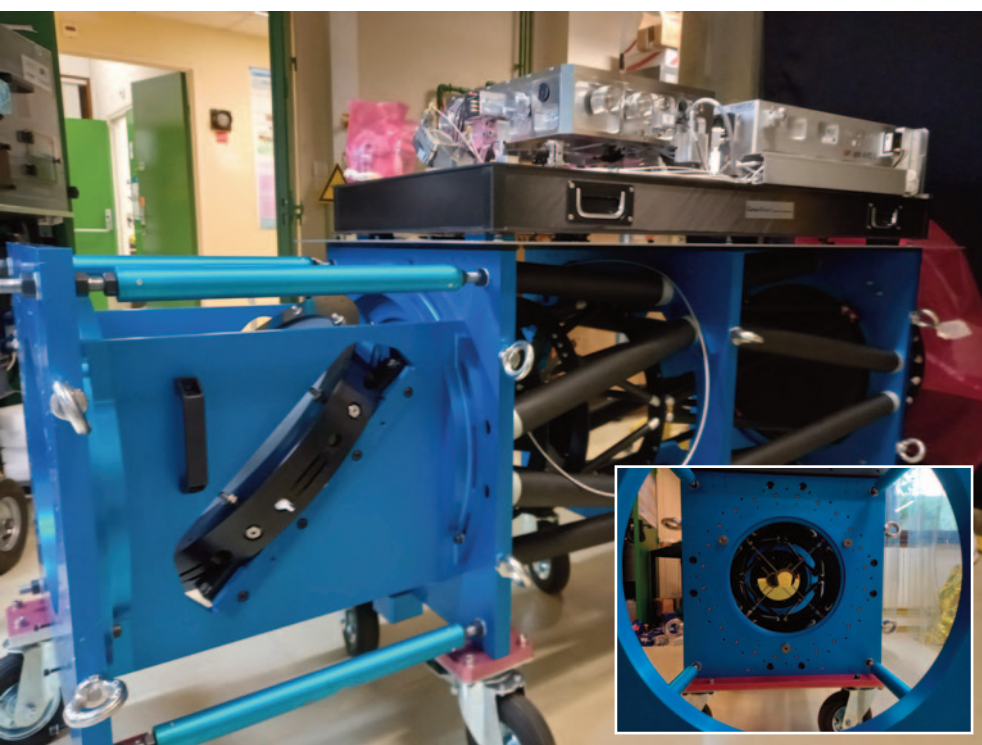
Prix jeunes André Blanc-Lapierre attribué à **Mattéo Gouzien** (Traitement de l'information et systèmes) par la SEE (Société de l'électricité, de l'électronique et des technologies de l'information et de la communication) – Prix de thèse attribué à **Paul Saves** (mathématiques appliquées) par la Fondation ISAE-Supaero – Prix de thèse attribué à **Sébastien Garcia** (dynamique des fluides) par la Fondation ISAE-Supaero.

FAITS MARQUANTS

2024

Gaz à effet de serre : Source laser innovante pour la détection par lidar DIAL

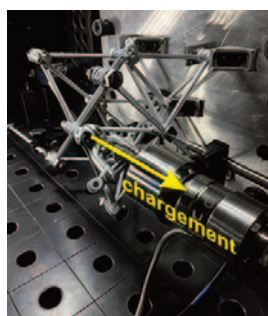
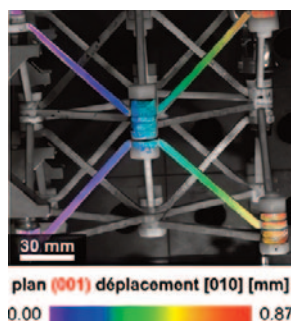
Le projet Horizon 2020 LEMON, coordonné par l'ONERA, avec huit partenaires (KTH, Innolas, Fraunhofer ILT, SpaceTech, CNRS, l'université de Bergen, L-U) a permis la maturation des technologies lidar pour le spatial, en particulier dans le domaine d'excellence de l'ONERA des sources paramétriques, par la combinaison d'architectures de sources innovantes et de cristaux non linéaires en rupture par rapport à l'état de l'art, qui ont pu être testés en environnement spatial. Les campagnes de mesure avec l'instrument lidar DIAL multi-espèces de l'ANR WAVIL, ont ouvert de nouvelles perspectives pour la physique atmosphérique et la météorologie. Un instrument lidar DIAL multi-espèces plus robuste a été réalisé et testé. Ces avancées majeures confortent la place de l'ONERA dans le domaine et leur application pour la détection de gaz par lidar, en particulier pour la préparation de futures missions spatiales d'observation de la Terre.



Structures : Tests sur des panneaux composites contenant des défauts de fabrication

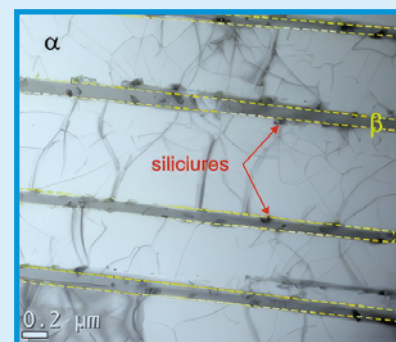
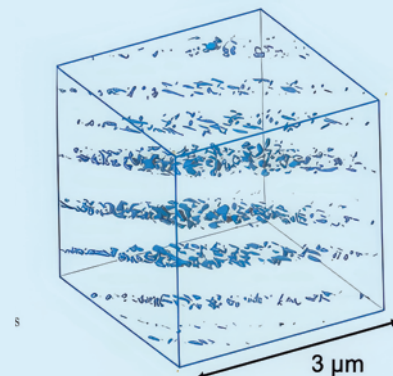
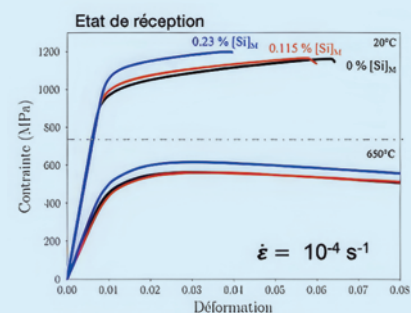
Dans le cadre de la convention PHYDEFECT financée par la DGAC, des essais de compression multi-instrumentés de panneaux composites comprenant des défauts de fabrication ont été réalisés à l'ONERA afin de caractériser les mécanismes d'endommagement et de rupture

de ces structures. Résultat : ce n'est pas le nombre de défauts présents mais plutôt la façon dont ils sont répartis au sein de la structure qui a le plus d'influence sur son endommagement et sa rupture. Ces travaux contribuent au développement de méthodes pour la dérogation de structures aéronautiques composites contenant des défauts initiaux de fabrication.



Matériaux : Un alliage de titane haute température

Les alliages de titane, présents dans les moteurs, les composants de turbine, les structures de postcombustion, ne peuvent être utilisés au-delà de 550 °C. Une nouvelle nuance de titane permettant une utilisation jusqu'à 650 °C a été développée grâce des travaux établissant un lien direct entre l'évolution de la précipitation de siliciures de dimensions nanométriques et l'amélioration des propriétés mécaniques du matériau. Cet alliage qui présente à la fois une bonne résistance face aux sollicitations de type fatigue-fluage et de bonnes propriétés mécaniques à chaud, tout en tenant compte des interactions avec l'environnement, est un enjeu industriel majeur. Les travaux ont été menés par l'ONERA et le CNRS dans l'ANR ALTIITUDE (nouvel ALIage de Titane haute température pour applications aéronautiques de DEmain), et ont conduit au dépôt d'un brevet.

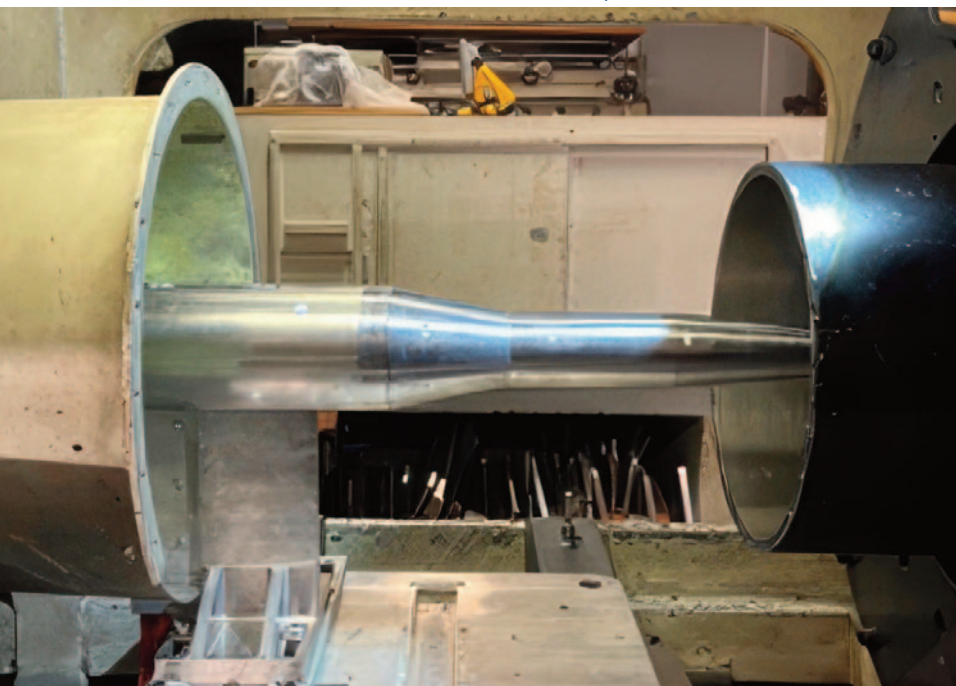


(Haut) Courbes de tension de l'alliage Ti6244 à 20°C et 650°C en fonction de la teneur en silicium. (Milieu) Reconstitution 3D de la précipitation de siliciure par FIB/SEM obtenue lors d'une campagne de mesure METSA au CLYM. (Bas) Images MET montrant l'ancrage des dislocations dans les précipités de $(\text{Ti,Zr})_6\text{Si}_3$ situés à l'interface entre les phases α et β .

Hypersonique : Réussite d'une campagne de caractérisation de la transition laminaire/turbulent

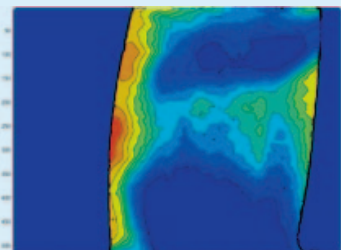
La campagne a permis de caractériser les mécanismes de transition laminaire/turbulent sur une géométrie typique des véhicules de rentrée atmosphérique. Réalisée avec le CEA-DAM, durant deux mois dans la soufflerie hypersonique R2Ch de l'ONERA Meudon, elle a permis d'acquérir des données sur des écoulements pour des nombres de Mach de 6 à 7, ce qui est inédit pour ce type de géométrie. Ces expériences ont ciblé le couplage entre la transition laminaire/turbulent et l'interaction choc/couche limite au pied de la jupe. La compréhension d'une telle dynamique est essentielle pour la bonne prédiction des efforts aérodynamiques lors de la rentrée atmosphérique, et donc des trajectoires des véhicules. Le CEA et l'ONERA ont développé un dispositif expérimental s'appuyant sur les expériences de l'ONERA autour de la soufflerie R2Ch (cylindre-jupe, BOLT). L'utilisation d'une caméra ultrarapide du CEA-Gramat a permis de capturer des striescopes de l'écoulement jusqu'à 1,7 million d'images par seconde.

Maquette CCF12 dans la veine d'essai de R2Ch.



Turbomachines : Photoluminescence pour tester le fonctionnement à très haute température

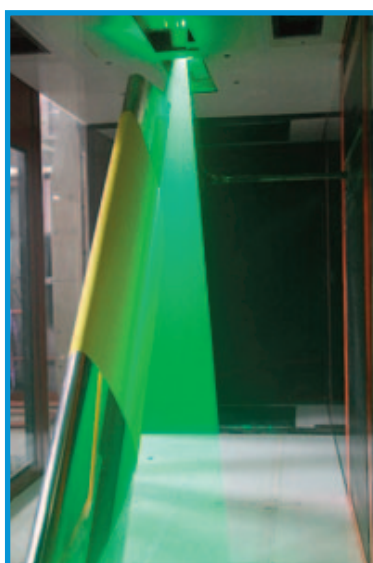
La capacité des moteurs à fonctionner à des températures de plus en plus hautes est un fort levier de compétitivité. La seule solution aujourd'hui pour les industriels pour cartographier ces températures dans le moteur (jusqu'à 900-1200 °C) est basée sur des peintures thermosensibles. Or, une nouvelle génération de peinture marque une nouvelle ère : deux marqueurs ont été déployés pour la première fois dans une peinture photoluminescente afin de restituer des cartographies de température sur une pale de turbine d'un moteur de Safran Aircraft Engines (programme TURENNE). Les deux marqueurs ont montré une excellente tenue en température. L'analyse par imagerie a confirmé le potentiel de la méthode : sous l'effet de la température, les propriétés physiques du matériau sont impactées de manière irréversible, ce qui permet d'analyser leur photoluminescence post-essai une fois la pièce refroidie. Le projet MARMITHE en cours a pour objectif d'optimiser l'effet obtenu et d'industrialiser le processus de mesure par un transfert technologique de l'ONERA vers SHE.



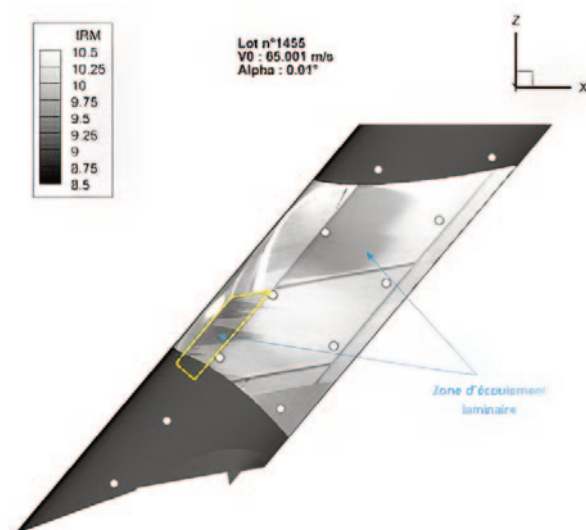
Gauche : Photographie de la pale recouverte du marqueur photoluminescent de couleur blanche après essai moteur. Droite : cartographie de température normalisée obtenue sur la pale.

Aérodynamique : Caractérisation ultrafine des couches limites au plus proche de parois rugueuses

L'ONERA a mené une campagne d'essai pour étudier la dynamique de couches limites sur la surface d'une aile rendue rugueuse par différents revêtements calibrés. Ces tests sont essentiels pour la validation et l'amélioration de modèles numériques ONERA afin de prévoir le frottement et les flux de chaleur pariétaux sur ce type de surface, problématique rencontrée pour des applications sur la laminarité et le givrage. La métrologie déployée a permis d'accéder à des données au plus proche de la paroi, avec une finesse de résultats jamais encore atteinte sur ce type de couche limite en configuration tridimensionnelle. Une maquette de profil d'aile en flèche, fortement instrumentée et partiellement recouverte d'inserts, a été installée dans la veine. L'analyse de la banque de données récoltée va permettre d'affiner la précision des modèles de transition et de turbulence mis en œuvre sur les applications industrielles.



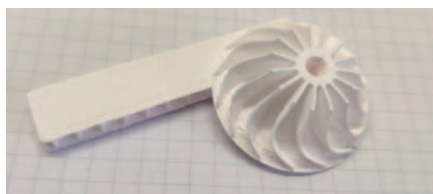
Montage expérimental et plan laser pour les mesures PIV.



Visualisation infrarouge du processus de transition de la couche limite laminaire vers la turbulence. Le positionnement de l'insert rugueux est marqué en jaune ; le reste du bord d'attaque de l'aile est lisse. Les régions laminaires sont visibles en gris foncé, les régions turbulentes en gris clair.

Matériaux : Impression 3D de pièces céramiques par dépôt de fil fondu

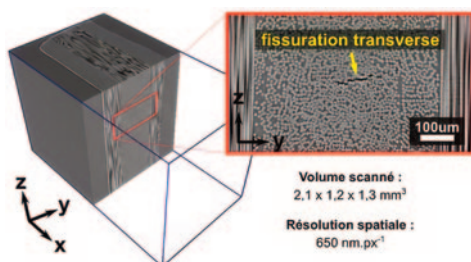
L'ONERA a réussi à réaliser des pièces céramiques en 3D avec la technique FDM (*Fused Deposition Modeling*), en utilisant une machine destinée aux polymères et des fils chargés en céramique. Ces premiers essais contribuent à l'évaluation du potentiel de la technique FDM, technique récente qui commence à se déployer pour la réalisation de pièces pour l'aérospatial et la défense : fenêtres radiofréquence (voire furtivité), pièces à refroidissement actif, squelette de pièces structurales, etc. Les essais ont permis d'élaborer des pièces pouvant atteindre 10 cm, de formes très variées, impossibles à réaliser par usinage conventionnel. Différentes caractérisations (microstructurales, profilométrie, mécaniques et électromagnétiques) permettront de mettre en avant les avantages et défauts de cette technique.



Pièce en alumine obtenues par FDM : une pièce de turbine et un panneau sandwich en nid d'abeille (quadrillage : 5 x 5 mm).

Composites : Observations 3D de l'endommagement de composites à matrice thermoplastique

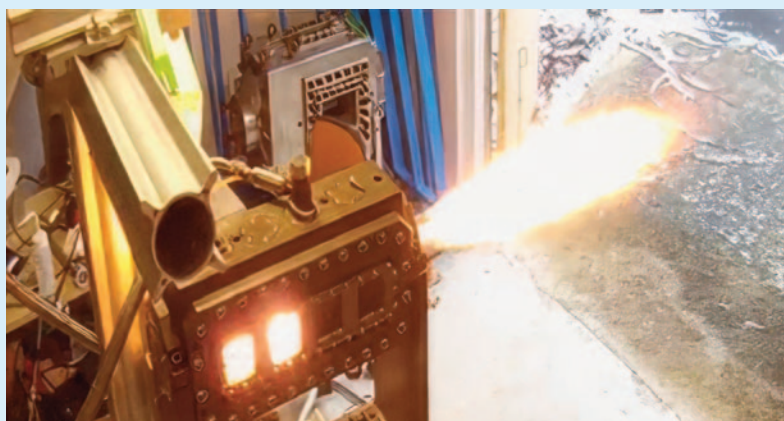
L'ONERA a réalisé des essais mécaniques sur la ligne ANATOMIX du synchrotron Soleil pour étudier un nouveau matériau composite, constitué de fibres de carbone et d'une matrice thermoplastique. Ces essais ont révélé une densité importante de microfissures dans les plis des éprouvettes, grâce à une haute résolution des observations tomographiques. Les résultats serviront à valider les modèles de comportement mécanique ONERA pour ces matériaux, basés sur des modèles d'endommagement diffus. Ils présentent de bonnes performances, notamment en termes de soudabilité et de recyclabilité, et sont envisagés pour les futurs fuselages d'avions civils. Leur utilisation dépendra de la compréhension et de la caractérisation de leur endommagement, domaine dans lequel l'ONERA poursuit ses recherches.



Mise en évidence de microfissures lors des essais au synchrotron Soleil.

Combustion : Nouveau banc d'essai pour l'allumage d'un moteur à propergol solide

L'ONERA a développé le banc PUMAS, dédié à l'étude de la propagation isobare d'un front d'allumage à la surface d'une plaque de propergol solide allumée de façon maîtrisée à l'aide d'un laser infrarouge de haute puissance. La chambre est largement instrumentée grâce aux nombreux points d'accès et hublots disponibles autorisant la mise en œuvre simultanée de divers diagnostics optiques et des mesures de pression et de flux thermique. Avec sa géométrie simplifiée, ce montage facilitera la mise au point des modèles et leur validation avec la plateforme logicielle CEDRE de l'ONERA (simulation numérique pour l'énergétique) tout en se rapprochant des conditions représentatives des moteurs réels : pression, température et composition chimique. Ce banc, financé par la DGA, permettra de mieux comprendre et de modéliser la phase d'allumage d'un moteur à propergol solide qui constitue une phase critique pour ces moteurs aussi bien dans les applications spatiales que militaires.



Aéronautique : Expérimentation réussie du foudroiement d'un profil d'aile en soufflerie

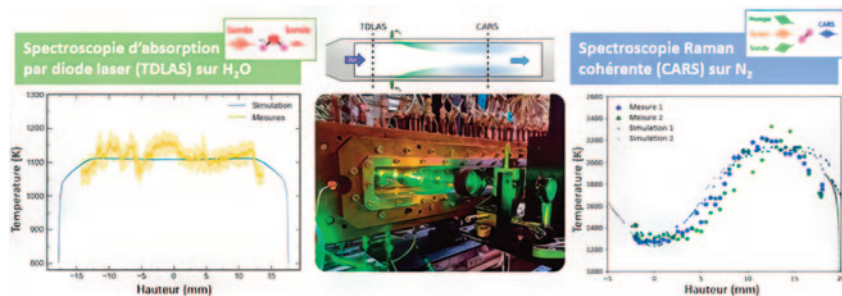
Une campagne d'essais en soufflerie a été réalisée dans le but de caractériser finement l'interaction d'un arc électrique, simulant la foudre, avec l'écoulement autour d'une aile, afin de comprendre et de valider le mouvement de déplacement du pied d'arc sur la surface de l'aéronef, condition représentative de la réalité d'un avion en vol impacté par la foudre. L'originalité de cet essai réside dans la prise en compte de l'écoulement d'air autour du profil. Cette campagne est le fruit d'une collaboration avec le MIT de Boston et l'Universitat Politècnica de Catalunya. L'ONERA a conçu l'expérience, une réussite qui a généré un volume important de données expérimentales, en cours d'exploitation. Elles sont essentielles à la compréhension de la physique mise en jeu et également une base de référence pour la validation des modèles numériques développés à l'ONERA.



Soufflerie et veine d'essai instrumentées avec le laser et caméra pour la PIV et un profil d'aile NACA12.

Statoréacteur : Validation de deux techniques de diagnostics laser *in situ* sur banc d'essai

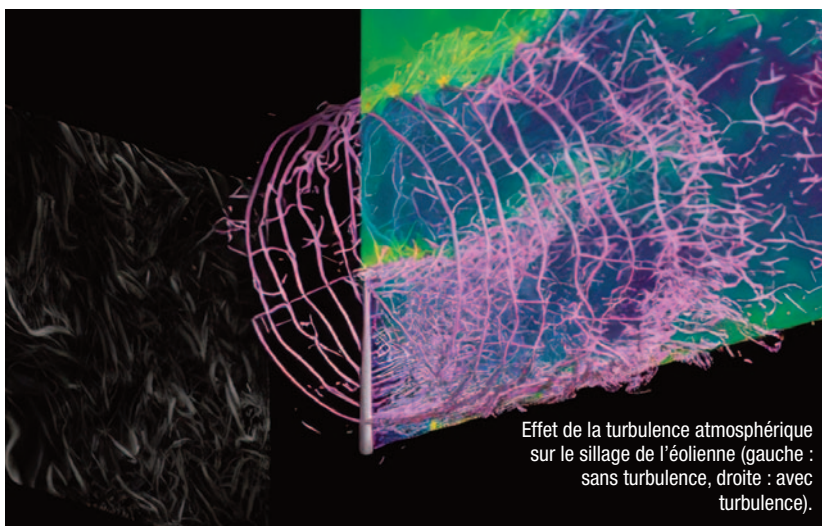
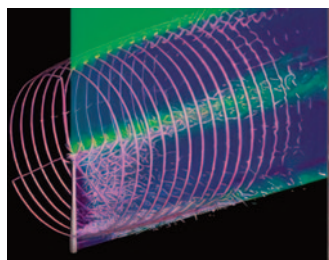
Une campagne de mesure a été menée avec succès pour le programme d'études amont EASSM SECHMET, en conjuguant plusieurs techniques de métrologie laser avancée au sein d'un écoulement supersonique réactif. Deux techniques de spectroscopie *in situ* ont été déployées : la TDLAS (absorption par diode laser accordable), qui fournit des mesures de température et concentration d'espèces (H_2O), et la CARS (diffusion Raman anti-Stokes cohérente), qui permet des mesures de température. Ces mesures inédites ont notamment permis de caractériser l'écoulement en amont de la chambre et d'affiner les conditions d'entrée des simulations numériques de la maquette, mais aussi de mettre en évidence la pertinence de certains modèles. Elles permettent de valider l'utilisation de ces deux techniques pour le diagnostic des écoulements supersoniques et placent à l'état de l'art la compétence métrologique de l'ONERA au sein de ces environnements exigeants.



Profils verticaux de température obtenus par CARS et TDLAS en amont et en aval des injecteurs dans une combustion supersonique hydrogène/air.

Transition énergétique : Effet de la turbulence atmosphérique sur une éolienne

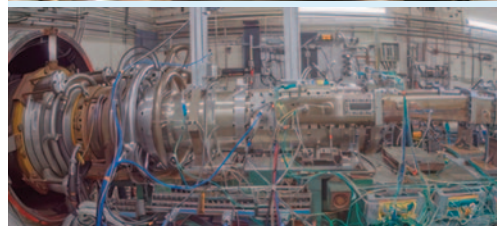
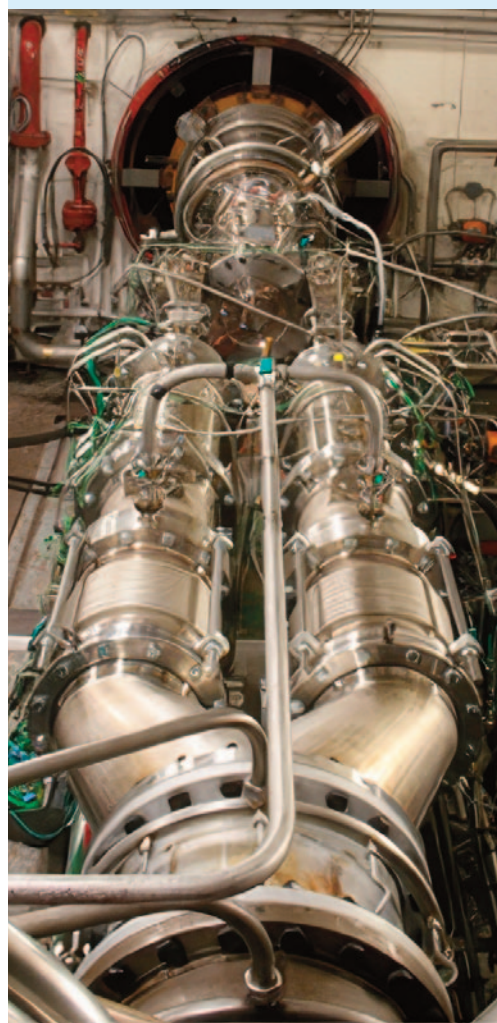
L'ONERA a réalisé, pour la première fois, une simulation de l'impact de la turbulence atmosphérique sur la production d'énergie d'une éolienne dans le cadre de la coopération internationale de l'Agence internationale de l'énergie. Cette turbulence réduit la puissance de l'éolienne et peut provoquer des vibrations susceptibles d'entraîner une fatigue prématurée, voire des défaillances. La simulation instationnaire prend en compte ces turbulences en introduisant des variations de la vitesse de l'air en entrée du domaine de calcul. Le modèle, qui nécessite une grande précision pour modéliser à la fois les pales en mouvement et le sillage tourbillonnaire, utilise 770 millions de points. Ce processus, réalisé avec le code FAST de l'ONERA, simule plus de 20 tours du rotor. Les résultats permettent de mieux comprendre ces phénomènes et de créer des modèles plus rapides. Cela montre également la capacité de l'ONERA à appliquer ses outils aérospatiaux aux énergies renouvelables.



Effet de la turbulence atmosphérique sur le sillage de l'éolienne (gauche : sans turbulence, droite : avec turbulence).

Premier essai d'endurance à très fort débit

L'ONERA a testé, avec succès, le fonctionnement d'une chambre de combustion de statoréacteur, dans des conditions aux limites des capacités de ses installations et sur une durée jamais atteinte jusqu'à présent. Le moteur à statoréacteur, conçu par l'ONERA grâce au savoir-faire acquis lors d'essais antérieurs et aux capacités du code de calcul CEDRE, a fonctionné de façon optimale dans des conditions sévères d'endurance. Ces travaux contribuent grandement à la mise au point des moteurs aérobie pour la composante aéroportée de la dissuasion.



Chambre de combustion prête à être testée au banc d'essai du département Multi-physique pour l'énergétique de Palaiseau.

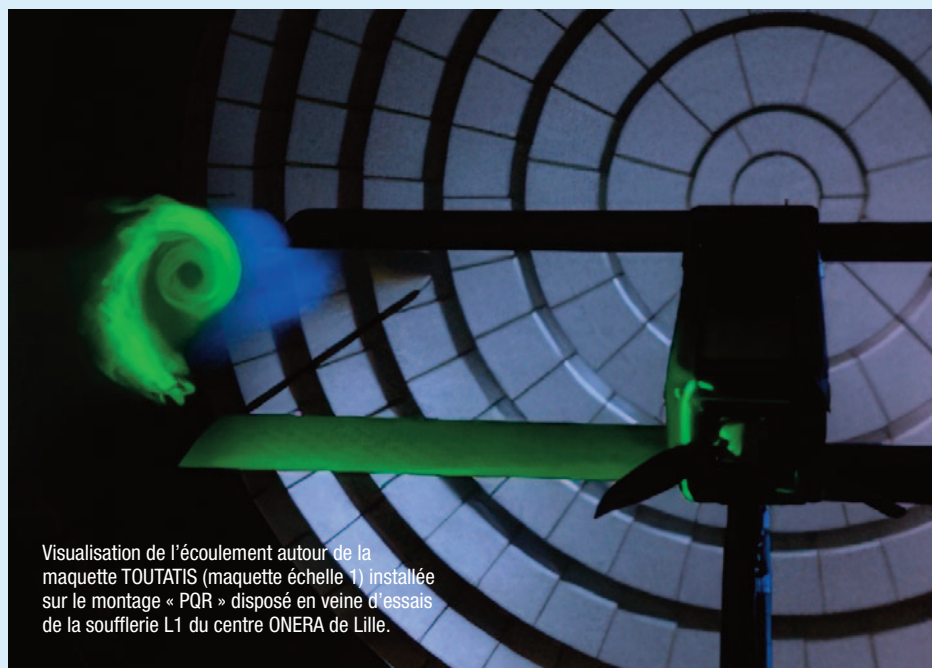
Sécurité aéronautique : Un nouveau banc pour tester l'usure des matériaux

Un nouveau banc d'abrasion a été inauguré au centre ONERA de Lille. Financé dans le cadre de la convention DGAC PHYSAFE 2, il a reçu le soutien des programmes « NextGeneration EU » ainsi que de « France Relance ». Il permettra l'étude de l'usure et de l'échauffement des matériaux aéronautiques lors d'atterrissages d'urgence lorsque les trains sont rentrés.

En atterrissage d'urgence, un avion se pose « sur le ventre » et glisse sur le sol. Certains éléments structuraux tels que le fuselage, les moteurs ou d'autres éléments dédiés, peuvent subir des contraintes mécaniques et thermiques extrêmes, induites par le frottement sur la piste. Le principe de fonctionnement du banc d'essai s'inspire d'un banc tribologique existant utilisé par l'université de Lille (LaMcube) pour l'étude des systèmes de freinage à haute énergie.



Drone : Caractérisation dynamique des effets de propulsion d'une munition téléopérée



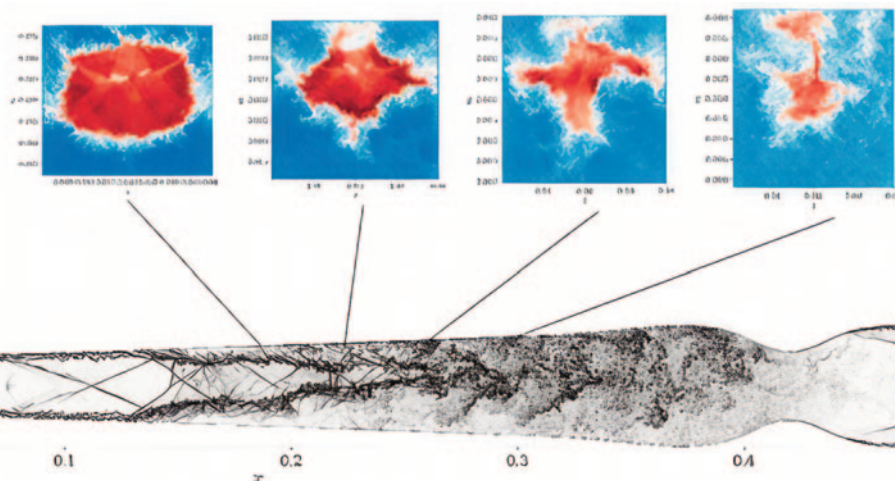
Visualisation de l'écoulement autour de la maquette TOUTATIS (maquette échelle 1) installée sur le montage « PQR » disposé en veine d'essais de la soufflerie L1 du centre ONERA de Lille.

Des essais de caractérisation du comportement statique et dynamique du drone TOUTATIS de Thales ont été menés dans la soufflerie L1 du centre ONERA de Lille sur une maquette à l'échelle 1. Cette munition téléopérée MTO, en cours de développement, est équipée d'ailes en tandem et d'une hélice propulsive. La prise en compte des effets de la propulsion dans le modèle aérodynamique constitue la plus grande originalité de cette étude : la maquette équipée de son système de propulsion a été placée sur le montage « PQR » (montage à trois degrés de rotation autour des axes maquettes) afin de réaliser ces essais.

Simulation numérique : Améliorer la modélisation de la turbulence de véhicules aérobies

La prédiction de l'efficacité propulsive des véhicules hypersoniques aérobies passe par le calcul de l'écoulement dans le conduit en amont du statoréacteur, ce qui met fortement en défaut les techniques de modélisation de la turbulence traditionnelles. Un cas test représentatif a été créé pour les différents modèles. Une simulation aux frontières a ensuite été réalisée grâce aux moyens du GENCI afin d'apporter une solution de référence. Ce calcul (simulation numérique directe), qui résout directement les équations de Navier-Stokes sans avoir recours à la modélisation de la turbulence, a été réalisé sur un maillage de 3,8 milliards de points avec le solveur FASTS de l'ONERA pour un temps physique calculé de 3 ms en 10 millions d'itérations. Des pré- et post-traitements distribués ont été mis en place avec la librairie CASSIOPEE de l'ONERA.

Strioscopie numérique de l'écoulement et coupes montrant la distorsion du champ de pression.



DÉFENSE



SURVEILLANCE DE L'ESPACE

HEMERIA et l'ONERA s'associent pour la surveillance de l'espace

Une augmentation du capital d'ASTAREON permet de concrétiser cette alliance. Créée en 2023 par l'ONERA, ASTAREON valorise les technologies SSA de l'ONERA pour répondre aux défis croissants de sécurité spatiale, et offrir des services dans ce domaine. Détenue désormais à 70% par HEMERIA et 30% par l'ONERA, la société prend le nom d'HEMERIA SURVEILLANCE.

En mai 2023, l'ONERA a créé sa première filiale, ASTAREON, afin de valoriser son expertise historique et unique en Europe dans le domaine de la surveillance de l'espace, acquise grâce au système GRAVES. La rénovation et la mise à niveau des performances de ce système, en service opérationnel pour l'armée de l'Air et de l'Espace depuis 2005, sont actuellement en phase finale d'achèvement.



La station radar MEDOC.

L'ONERA au cœur de l'exercice spatial militaire français



La quatrième édition de l'exercice spatial militaire français AsterX s'est tenue du 29 février au 15 mars 2024.

Depuis quatre ans, l'ONERA apporte au commandement de l'espace son expertise dans le domaine de la surveillance de l'espace dans le cadre de l'exercice AsterX.

L'ONERA assure la simulation de l'ensemble des moyens de surveillance mis en jeu (radar de veille et de poursuite, télescopes et capteurs radiofréquences) avec une interaction directe avec les partenaires étatiques et industriels. Pour cela, l'ONERA s'appuie sur son code de calcul s4, qu'il développe depuis les années 2000.

L'ONERA garantit également la représentativité des scénarios proposés aux différents acteurs en assurant la production de la situation spatiale restituée par le système GRAVES (conçu et réalisé par l'ONERA et opéré par l'armée de l'Air et de l'Espace) tout au long de l'exercice.

Son expertise lui permet de s'adapter aux évolutions des scénarios définis par les participants.



Notification du marché MIHYSYS

En 2024, l'ONERA s'est vu notifier le marché MIHYSYS par la DGA, en cotraitance avec MBDA. Il permettra de poursuivre l'amélioration continue des connaissances, des moyens de prévision et de briques technologiques, y compris alternatives, pour les chambres de combustion des propulseurs aérobies supersoniques et hypersoniques. Il s'agit d'une contribution majeure de l'ONERA à la composante nucléaire aéroportée sur le long terme.

Le programme prévoit notamment :

- de réaliser de nouvelles expérimentations sur statoréacteur et statomixte afin d'observer les phénomènes physiques participant à la performance de ces types de moteurs ;
- de développer des moyens de mesure adaptés à l'observation de ces phénomènes et à l'étude de la propulsion par statoréacteur et statomixte ;
- de participer au développement de nouvelles capacités et de nouveaux modèles pour la simulation numérique des chambres de combustion avec le code de calcul CEDRE, mis à disposition des équipes de MBDA, en se basant notamment sur des ex-

périmentations antérieures et celles du présent marché ;

- d'étudier de nouvelles briques technologiques susceptibles de servir à la propulsion aérobique haute vitesse future ;
- d'évaluer et de développer les capacités en calcul quantique, au potentiel de rupture considérable, pour la mécanique des fluides et l'énergétique.

Ce marché sera mené sur cinq ans pour un montant de plus de 30 millions (part ONERA), et s'inscrit dans la continuité du marché EASSM-SECHMET qui poursuivait déjà des objectifs similaires. L'ONERA reste ainsi un acteur incontournable en matière de composante aéroportée.

HYPERSONIQUE ET AVIATION DE COMBAT

SUPERMAN : Phénomènes physiques aérodynamiques en vol hautes incidences

Le projet de recherche SUPERMAN, démarré en 2021 et clôturé en 2024, a permis en particulier d'affiner la compréhension des phénomènes physiques à l'origine de l'apparition et du développement de tourbillons à l'extrados de voilures d'avions de chasse modernes. La comparaison des résultats obtenus lors d'essais dans les souffleries de Lille (pesée, Particle Image Velocimetry...) à des calculs aérodynamiques a permis d'accroître la confiance dans les méthodes employées dans les simulations numériques.

Ce projet a inspiré, d'une part l'axe de recherche fédérateur (ARF) COBRA (2024-2025), qui vise à réaliser une optimisation multidisciplinaire de la forme d'un avion de combat, et le projet de recherche DYNVOL, qui, pour une partie de son périmètre, prolonge les travaux de SUPERMAN sur la génération de modèles de dynamique de vol. L'ARF COBRA (2024-2025) s'appuie sur les travaux des départements Aérodynamique, aéroélasticité, acoustique, Électromagnétisme et radar, Traitement de l'information et systèmes, afin de concevoir une forme générique propriété de l'ONERA au moyen d'approches dites « haute fidélité ». Dans un premier temps, l'impact de la forme des tuyères et des entrées d'air sur la signature radar globale d'un aéronef est quantifié.



Champ de nombre de Mach autour d'un exemple de configuration étudiée dans le cadre de l'ARF COBRA, au moyen de calculs RANS réalisés avec SoNICS.

PHOBOS : Modélisation multidisciplinaire de drones de combat

L'objectif du projet de recherche fédérateur PHOBOS est de développer un ensemble de méthodologies permettant la conception de drones de combat collaboratifs, accompagnateurs des chasseurs de génération future et courante dans le contexte opérationnel d'un futur système de forces aériennes tel que cela été envisagé dans le cadre du programme SCAF (Système de Combat Aérien du Futur).

Ces aéronefs sont imaginés comme des plateformes polyvalentes et polymorphes en soutien aux avions de chasse pilotés et ont pour objectif de transformer l'aéronautique de combat conventionnelle. Ces drones novateurs, éventuellement dotés de plusieurs niveaux d'autonomie, à la frontière entre un missile de croisière et un avion de chasse dronisé, promettent d'ouvrir un champ des possibles considérable en matière opérationnelle et pourraient participer à un très large spectre de missions : e.g. défense de zone, chasse aérienne, frappe dans la profondeur, mission d'intelligence et de surveillance, acquisition de cibles, etc.

Ce projet a donc pour ambition de faire émerger des configurations nouvelles, modulaires et complémentaires (i.e. complémentarité inter-drones et avec les autres systèmes d'un futur *cloud* de combat), et de développer des méthodologies et des outils pour l'optimisation pluridisciplinaire de futures plateformes de combat adaptées à leur environnement opérationnel.

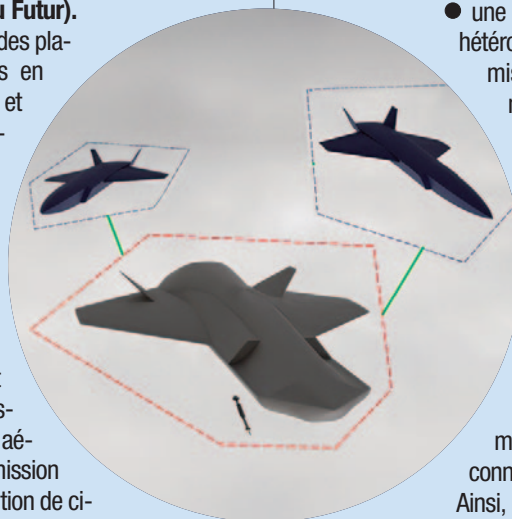
De nombreuses activités de développements méthodologiques,

disciplinaires et algorithmiques sont donc menées pour concevoir des drones hétérogènes collaboratifs maximisant le succès opérationnel d'un futur système de forces lors de situations tactiques inspirées des besoins du SCAF.

Pour ce faire, l'ONERA développe de nouveaux moyens de conception adaptés à l'étude d'une grande diversité de configurations de drones *via* :

- l'utilisation de nouveaux algorithmes d'optimisation numérique dans le domaine de la co-conception ;
- une modélisation pluridisciplinaire d'une flotte hétérogène de drones de combat basée sur la mise en place d'une démarche de conception multidisciplinaire bi-niveau orientée système de systèmes ;
- une modélisation mathématique des traits de conception associés aux spécifications des drones d'intérêt du projet. Ces traits de conception correspondront aux besoins associés aux systèmes appartenant au premier cercle d'un SCAF : survivabilité, manœuvrabilité, agilité, modularité, polyvalence et potentiel d'adaptation, pour faire face aux menaces actuelles et futures (pas forcément connues au moment de la conception).

Ainsi, l'ONERA propose d'adapter une démarche de conception multidisciplinaire (Multidisciplinary Design & Optimization - MDO) pour prendre en compte des mécanismes de diversification algorithmique, des aspects « système de systèmes » et de gestion des CONOPS (concept d'opérations) d'une flotte hétérogène, des fonctions « objectifs » nouvelles (e.g. le coût d'acquisition des plateformes, etc.) ainsi que des disciplines rarement intégrées au cours des phases d'exploration de concepts et d'optimisation préliminaire (exemple : signatures radar).



MUNITIONS

L'ONERA ET KNDS S'ALLIENT POUR AUGMENTER LA PORTÉE DES MUNITIONS D'ARTILLERIE

Le marché EC3B (étude sur l'amélioration de la méthodologie de caractérisation aérobalistique du Base Bleed), attribué par la DGA à l'ONERA et à KNDS Ammo France, vise à améliorer la compréhension des phénomènes et la modélisation de l'effet Base Bleed et des dispositifs pyrotechniques qui augmentent la portée des obus d'artillerie.

Débuté en 2019, le projet vient de franchir un jalon important : le développement d'un moyen de caractérisation de ces dispositifs.

L'ONERA a complété son code de calcul d'énergétique CEDRE pour prendre en compte



les conditions de fonctionnement des Base Bleed et a conçu un banc d'essai. Il vient de réaliser des essais pour des vitesses de rotation du propergol jamais atteintes allant jusqu'à 12 000 tr/min. Ce moyen d'essai unique va permettre d'étudier précisément les

Base Bleed en simulant l'emploi d'une munition dans les conditions réalistes (vitesse de rotation, altitude...).

L'étude EC3B a aussi pour vocation d'améliorer les performances de ces dispositifs.

Défense européenne : L'ONERA, coordinateur technique du projet iFURTHER



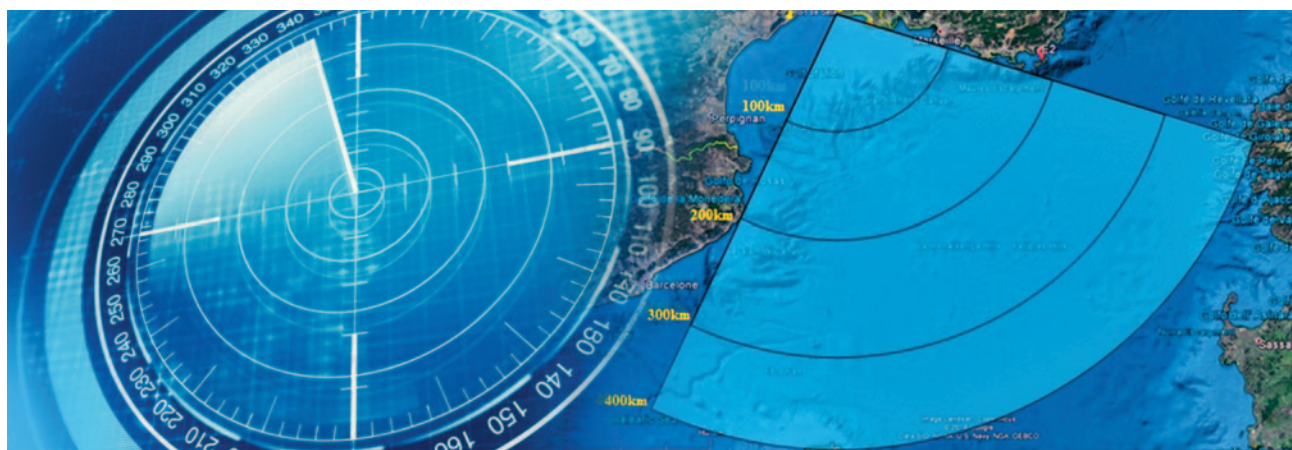
Après 18 mois d'activités le consortium iFURTHER a présenté l'avancement de ses travaux à la Commission européenne lors d'un *workshop* qui s'est tenu en mai 2024 dans les locaux de la Warsaw

University of Technology.

Ce projet financé par le Fonds européen de défense (FED), piloté par HAI (*Hellenic Aerospace Industry*) et dont l'ONERA assure la coordination technique, rassemble 17 partenaires. Il am-

bitionne de développer un réseau cognitif de radars HF transhorizon et de nœuds de réception qui seront déployés sur le territoire européen et à ses frontières. Ce système de systèmes devrait permettre, à terme, de disposer d'une capacité de surveillance de l'ensemble des territoires de l'Union et d'une fonction d'alerte avancée.

Dans le cadre de cette étude, l'ONERA met en œuvre le radar transhorizon NOSTRADAMUS et développe un nœud de réception HF qui sera déployé en 2025 en Crète pour l'évaluation de modes hybrides, combinant propagations par ondes de ciel et par ondes de surface. Une présentation générale du concept iFURTHER est désormais disponible dans une vidéo réalisée pour le consortium.



EURONAVAL 2024 : L'ONERA dévoile le ROS nouvelle génération

À l'occasion du Salon EURONAVAL 2024, l'ONERA dévoile la dernière version de son démonstrateur de radar transhorizon sur le stand du ministère des Armées.

L'ONERA, avec le soutien de l'AID et de la DGA, franchit une nouvelle étape dans le domaine de la surveillance maritime avec le ROS NG, capable de détecter des cibles maritimes jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres.

Fruit de plus de 20 ans d'expertise, ce radar intègre des technologies de rupture pour offrir des performances exceptionnelles en matière de détection de petites cibles maritimes. Des évaluations plus poussées, financées par la DGA, sont programmées dans les prochains mois afin d'explorer en profondeur les performances du ROS NG.

DÉFENSE AÉRIENNE



LUTTE ANTI-DRONES : l'ONERA au cœur de la sécurité des JO 2024 et de l'inauguration de la réouverture de la cathédrale Notre-Dame de Paris

L'ONERA a connu un succès opérationnel lors des mesures de sécurisation des Jeux Olympiques de Paris 2024, avec son module de fusion de pistes Diamond inclut dans le logiciel SAP (situation aérienne partagée). Les développements en cours sur l'intelligence artificielle vont permettre de découpler les fonctionnalités des centres de commandement et de conduite des opérations LAD.

L'ONERA poursuit avec succès ses travaux relatifs au radar passif en matière de détection de drones en liaison avec le centre d'expérimentation aérienne militaire (CEAM) de l'armée de l'Air et de l'Espace.

En matière d'optronique et de laser, l'ONERA mature avec succès des technologies comme le LIDAR et le laser dans le domaine de la lutte anti-drone avec des applicatifs pour la protection des unités fixes ou mobiles.

Opérations à très haute altitude

L'actualisation des travaux sur le radar transhorizon ONERA NOSTRADAMUS, offre l'opportunité d'une capacité souveraine de détection dans la très haute altitude (supérieure à 20 km d'altitude). Ce concept de radar transhorizon possède un déclinaison européenne au travers du FED I-FURTHER auquel l'ONERA contribue. Une présentation générale du concept iFURTHER est désormais disponible dans une vidéo réalisée par le consortium.

Fonds européen de défense 2024 : encore une excellente moisson pour l'ONERA

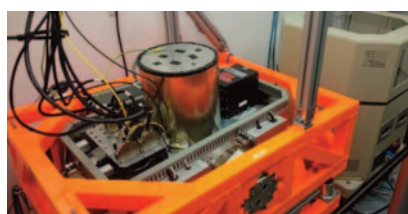
Sur 11 projets soumis en 2023, auxquels l'ONERA participe, sept ont été acceptés en 2024 par la Commission européenne. Doté de 7,9 milliards d'euros pour la période 2021-2027, le Fonds européen de Défense soutient les projets transnationaux du secteur en Europe. L'objectif : renforcer la compétitivité et la capacité d'innovation de la défense européenne. Il s'agit d'une preuve du rôle clé que l'ONERA joue dans l'accompagnement de l'industrie de défense (MBDA, Naval Group et Thales notamment), pour lesquels il met à profit son expertise, entre autres, dans les domaines du radar, de l'optique, de l'aérodynamique ou encore du traitement de l'information.

QUANTIQUE

L'ONERA a livré ses gravimètres quantiques à la DGA

À la suite du marché notifié par la DGA en septembre 2020 pour le développement et la fourniture de gravimètres GIRAFE (gravimètres interférométriques de recherche à atomes froids embarquables), l'ONERA a bel et bien livré et recetté, en 2024, un premier système opérationnel.

À la suite du développement de démonstrateurs de gravimètre marin absolu à atomes froids, l'ONERA a livré une version opérationnelle du système. Son intérêt réside dans sa



capacité à opérer de façon autonome sans qu'il y ait la nécessité de le calibrer régulièrement à quai comme cela est le cas pour les systèmes relatifs conventionnels. Sa technologie novatrice et quantique le rend, par ailleurs, beaucoup plus précis que les systèmes conventionnels.

Grâce à la subvention accordée par le ministère des Armées, l'ONERA a investi, il y a plus de 15 ans, le domaine de la gravimétrie atomique et a bénéficié de contrats d'études amont de la DGA depuis 2006. Grâce à ces investissements, l'ONERA a développé des démonstrateurs de gravimètre marin absolu à atomes froids, nommé GIRAFE 1 et 2. L'industrialisation de ce prototype innovant a été menée sous la responsabilité de l'ONERA, ces dernières années, en collaboration étroite avec la société EXAIL.

L'ONERA se verra possiblement commander trois autres systèmes.

AERONAUTIQUE



RÉDUCTION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

AWATAR : des briques technologiques pour un concept d'avion prometteur

L'efficacité des aéronefs et des moteurs est l'un des leviers d'action fondamentaux de la réduction de l'impact environnemental : afin d'accélérer l'arrivée d'avions SMR ultra-efficaces, le projet AWATAR (Advanced Wing MATuration And integRation) du partenariat européen CLEAN AVIATION poursuit l'objectif de développer des briques technologiques pour les futurs concepts d'avions. Lancé le 1^{er} janvier 2024 sous la direction de l'ONERA,

AWATAR vise à faire monter en maturité un concept d'avion ambitieux : une architecture de voilure haubanée à très grand allongement avec des profils d'aile laminaires pour la partie externe des ailes, des systèmes de dégivrage intégrés compatibles avec la laminarité et une intégration optimisée d'une motorisation de type USF (Unducted Single Fan ou open-fan). Les recherches s'appuient sur des simulations numériques haute-fidélité, des essais en soufflerie et un démonstrateur sol.

Le consortium AWATAR réunit des partenaires industriels, dont Airbus, Dassault Aviation et Collins Aerospace, quatre établissements de recherche (ONERA, DLR, NLR et ETW) et deux partenaires universitaires (TU Delft et université de Montpellier).



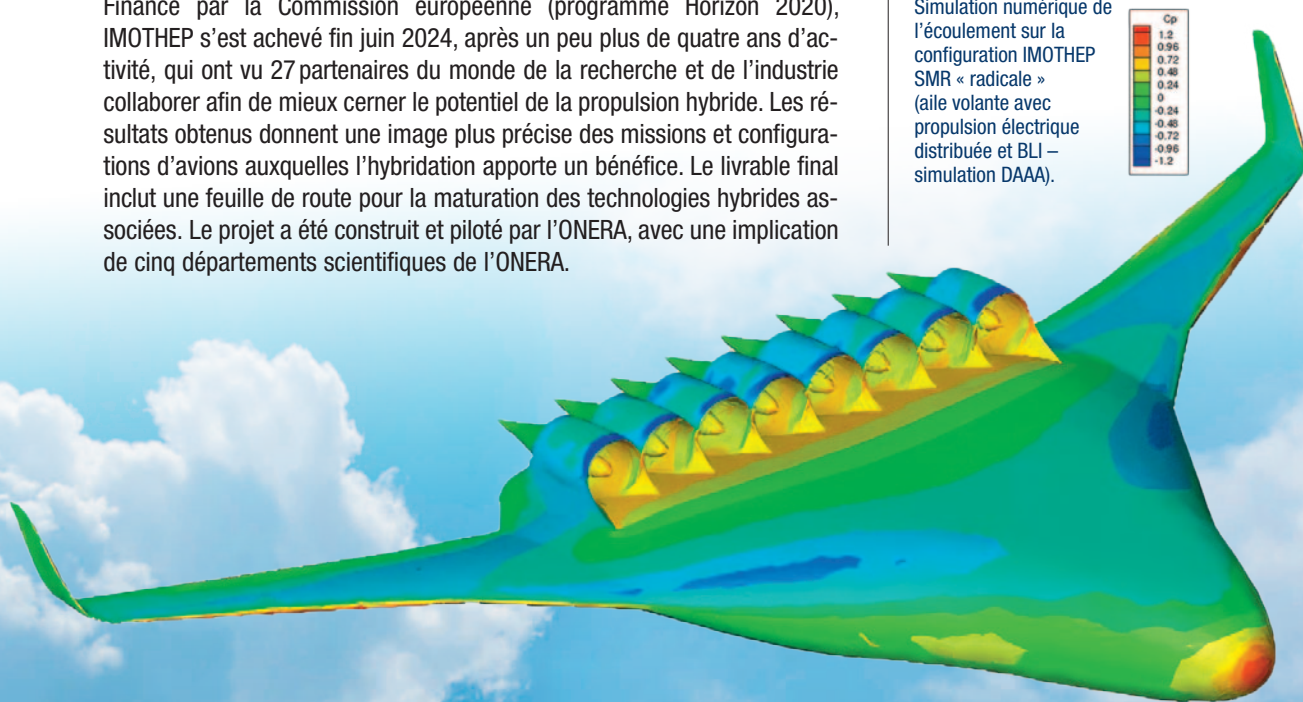
Les innovations du projet AWATAR : voilure haubanée, ailes laminaires et motorisation *open-fan*.

Pour assurer la certificabilité de ces technologies, l'EASA interviendra et évaluera les résultats du projet. AWATAR établira des liens avec des projets connexes dans le cadre du partenariat CLEAN AVIATION, notamment UPWING, ACAP et CONCERTO auxquels l'ONERA participe également.

Propulsion hybride électrique : *workshop* final pour le consortium européen IMOTHEP

Financé par la Commission européenne (programme Horizon 2020), IMOTHEP s'est achevé fin juin 2024, après un peu plus de quatre ans d'activité, qui ont vu 27 partenaires du monde de la recherche et de l'industrie collaborer afin de mieux cerner le potentiel de la propulsion hybride. Les résultats obtenus donnent une image plus précise des missions et configurations d'avions auxquelles l'hybridation apporte un bénéfice. Le livrable final inclut une feuille de route pour la maturation des technologies hybrides associées. Le projet a été construit et piloté par l'ONERA, avec une implication de cinq départements scientifiques de l'ONERA.

Simulation numérique de l'écoulement sur la configuration IMOTHEP SMR « radicale » (aile volante avec propulsion électrique distribuée et BLI – simulation DAAA).



GESTION DU TRAFIC AÉRIEN

Intelligence artificielle : préparation de la mise en service opérationnelle de SINAPS, un outil d'aide à la gestion du contrôle aérien.

Dans le cadre de la convention signée en 2023 entre l'ONERA et la DSNA pour l'utilisation opérationnelle de SINAPS dans les centres de contrôle en route français, les équipes ont œuvré à la préparation de la mise en service opérationnelle. En effet, le passage d'un logiciel expérimental à un logiciel opérationnel requiert un travail de fond technique (montées de version, sécurité informatique, définition de modes dégradés...) et un travail documentaire. Ce chantier a été lancé en étroite collaboration entre l'ONERA et la DSNA, en parallèle de la poursuite d'expérimentations SESAR pour préparer l'avenir et du lancement d'études



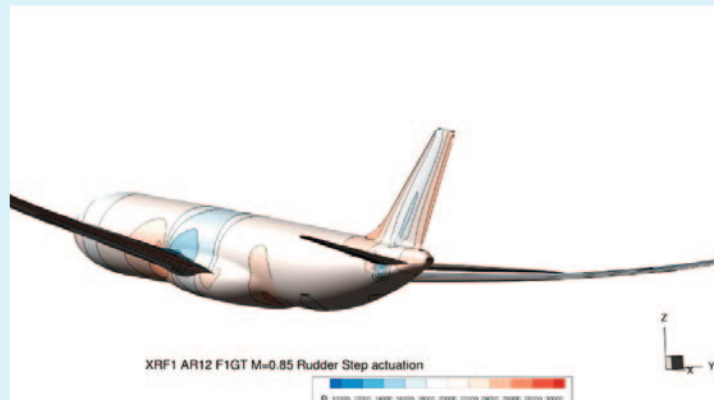
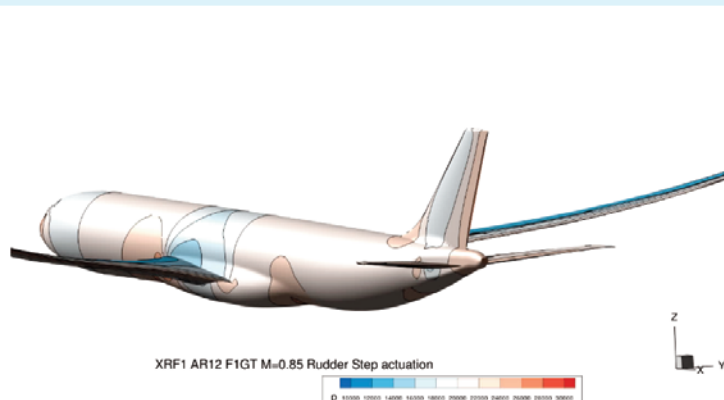
dédiées avec les centres de contrôle aérien pour prendre en compte leurs spécificités. La mise en service opérationnelle est attendue fin 2025, avec le centre en route de la navigation aérienne nord-est (Reims) comme centre pilote.

Visualisation éclatée des secteurs élémentaires de l'espace aérien français, dont le regroupement évolutif au long de la journée en secteurs de contrôle est l'objet de SINAPS.

CERTIFICATION ET NOUVEAUX MOYENS D'ESSAI

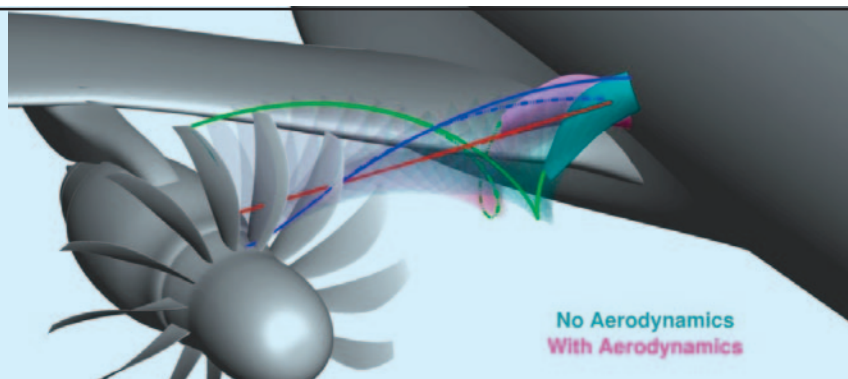
Aéroélasticité : une première simulation du contrôle de la sensibilité aux rafales d'ailes de grand allongement

L'augmentation de l'allongement des ailes permet une réduction directe de la traînée aérodynamique. Mais cette augmentation de l'envergure de la voiture génère une forte souplesse de celle-ci, dont le comportement aéroélastique doit être maîtrisé.



Anticiper les risques liés aux futurs avions avec *open-fans*

L'ONERA contribue à la sécurité des avions du futur motorisés par *open-fan* en étudiant les problématiques de perte de pale et de blindage du fuselage. Des simulations numériques ont permis de prévoir les zones possibles d'impact d'une pale détachée sur le fuselage, afin d'identifier la partie du fuselage à renforcer et ainsi de rendre l'avion robuste. Ces simulations comportent une innovation par rapport à l'état de l'art : la prise en compte des efforts aérodynamiques dans la prévision de la trajectoire de la pale détachée. En pa-



Influence de l'aérodynamique sur la trajectoire d'une pale d'*open-fan* en cas de détachement.

rallelle, l'ONERA définit des blindages pour renforcer la structure des tronçons de fuselage et ainsi limiter les risques associés à ce type d'impact. Cette activité est conduite

dans le cadre du projet CLEOPATRA cofinancé par la DGAC, dont l'un des objectifs majeurs est l'étude de l'intégration de la motorisation *open-fan* sur avion.

Campagne d'essai du SFD à propulsion distribuée : Premier vol réussi !

Le 2 mai 2024, le démonstrateur à échelle réduite, le SFD (*Scaled Flight Demonstrator*), version réduite d'un avion de transport commercial, équipé d'une propulsion électrique distribuée (six hélices électriques réparties à l'avant de l'aile), a effectué le premier vol d'une campagne d'essai visant à maîtriser les risques inhérents à cette nouvelle

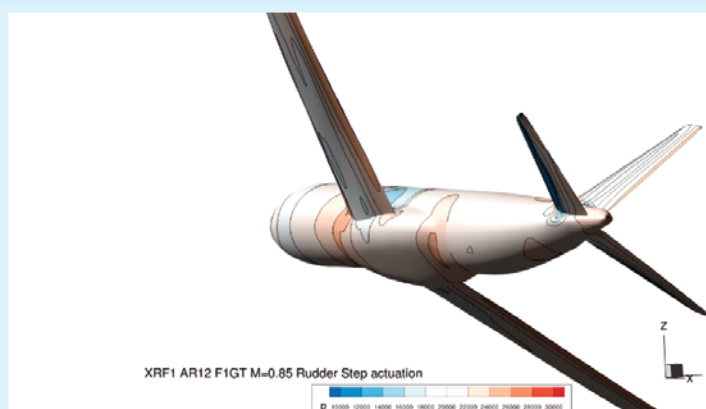
configuration propulsive. Le but : analyser plus finement son comportement dynamique en vol, afin de comprendre les avantages de cette technologie de propulsion électrique distribuée pour les avions commerciaux. Ce SFD développé dans le cadre du partenariat européen Clean Sky est un banc d'essai pour l'étude des futures technologies de rupture. Les essais en vol se sont concentrés sur

les aspects dynamiques, ce qui a permis de valider les prédictions du comportement de l'appareil ainsi que les algorithmes de contrôle et le contrôle de l'avion par la poussée différentielle développés par l'ONERA. Financé dans le cadre de la plateforme LPA (Large Passenger Aircraft) de CleanSky, les partenaires de ce projet sont l'ONERA, Airbus, NLR, CIRA et TU Delft avec le soutien d'Orange Aerospace.



Dans ce contexte, l'ONERA étudie la réponse à la rafale et a développé un laboratoire numérique de simulation aéroélastique, basé sur des méthodes haute-fidélité de CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Dans le projet DGAC MAJESTIC mené en coopération avec Airbus, des calculs d'équilibrage avion, de manœuvres occasionnées par une sollicitation de gouverne et de réponse à la rafale ont été réalisés.

Une loi de commande des ailerons externes a permis de réaliser des simulations en boucle fermée de réponse à la rafale, mettant en évidence une réduction du moment de flexion d'emplanture en cours de rafale.





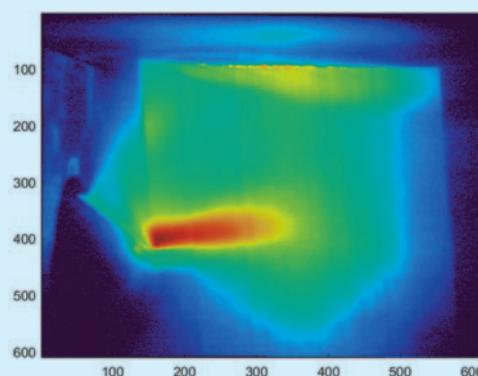
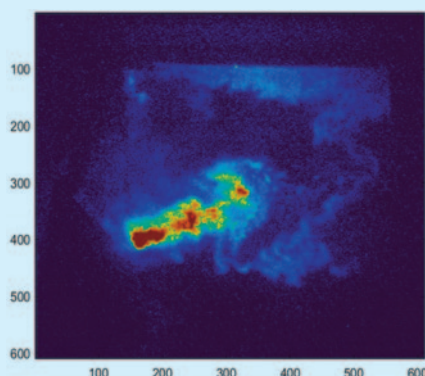
Dispositif de contrôle actif de l'écoulement : Réduction de la traînée et de la signature radar des avions

Une campagne d'essais, menée dans la soufflerie F1 du centre ONERA du Fauga-Mauzac, a montré qu'un nouveau dispositif de contrôle actif de l'écoulement sur une maquette de dérive d'avion pourrait permettre de réduire sensiblement la traînée des avions civils ou la signature radar des avions de combat. L'objectif : augmenter la force latérale générée par la dérive, en supprimant le décollement qui apparaît sur la gouverne pour les forts angles de braquage. Le contrôle de l'écoulement a été réalisé au moyen de *sweeping jets* consistant en des jets alimentés en air comprimé et oscillant parallèlement à la paroi.

Les essais ont été menés sur une maquette générique de dérive à l'échelle 1/2.

Cette campagne d'essai a été réalisée dans le cadre du projet Fonds européen de défense FACELIFT, avec comme partenaire la PME allemande NAVASTO pour la fourniture des *sweeping jets*.

Moteurs aéronautiques : De nouvelles capacités pour caractériser et améliorer la combustion



Des essais très innovants de caractérisation des interactions flamme/paroi dans un foyer aéronautique ont été réalisés en mettant en œuvre la technique de mesure de fluorescence induite par plan laser appliquée au radical OH. Les essais ont démontré la capacité du banc LACOM de l'ONERA à étudier ces interactions dans des conditions de fonctionnement réalistes, afin de fournir des données indispensables à l'amélioration des modélisations intégrées dans les codes de combustion.

DRONES

L'ONERA au cœur des méthodologies d'obtention du rapport de vérification de conception de l'AESA

L'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA) a établi des règles rigoureuses pour la sûreté des opérations de drones basées sur une évaluation proportionnelle des risques. La méthodologie SORA (Specific Operations Risk Assessment) détermine le niveau de SAIL (Specific Assurance Integrity Level) d'un couple drone/opération. Actuellement, les opérations et machines visent les niveaux SAIL III-IV, qui nécessitent l'obtention d'un rapport DVR (Design Verification Report) auprès de l'AESA.

L'ONERA, en partenariat avec Aeromapper, a assisté l'industriel Thales dans l'obtention du premier DVR pour un système de drone complet en conditions SAIL III. Cette avancée a été rendue possible grâce au développement d'un cadre de modélisation (AltaRica) et d'analyse de la sécurité des systèmes de drones issus des travaux de la convention de recherche DGAC PHYDIAS II. Appliqué au drone AVEM 300, équipé de l'avionique ScaleFlyt de Thales et du système de pilotage automatique CERBERE longuement mûri par Aeromapper en collaboration avec l'ONERA lors de la première phase de la convention DGAC PHYDIAS I, ce cadre bénéficie aujourd'hui d'une reconnaissance de l'AESA. Cette avancée marque une étape décisive vers le déploiement et l'exploitation de drones dits « de longue élongation » en Europe, selon une réglementation européenne maîtrisée et en conformité avec les attentes de la Direction de la sécurité de l'aviation civile (DSAC).



HÉLICOPTÈRES

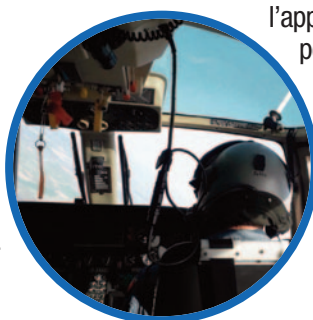
Nouveau RACER : Des contributions remarquables de l'ONERA

Le 15 mai 2024, Airbus Helicopters a présenté son démonstrateur RACER : ultrarapide et plus écologique, il a bénéficié des compétences clés de l'ONERA en aérodynamique et aéroacoustique. L'ONERA a en effet apporté des contributions remarquables : amélioration des formes aérodynamiques des dérives et des pales des hélices, amélioration des effets d'installation motrice, et caractérisation des sources de bruit.



Une campagne d'essais en vol exceptionnelle sur le phénomène de vortex

L'ONERA et la DGA-EV (essais en vol) ont terminé une campagne d'essais en vol autour du phénomène de vortex particulièrement dangereux pour les hélicoptères. Il s'agit d'une condition de vol instable caractérisée par l'entrée de



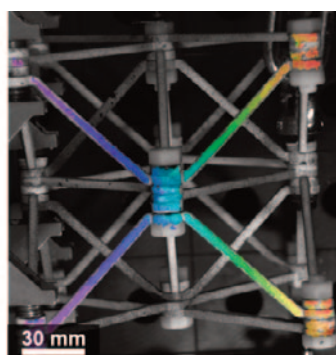
l'appareil dans son propre sillage en vol de descente et pouvant amener à une perte de contrôle de l'appareil. L'originalité et l'importance de ces essais uniques résident dans la variété des conditions de vol investiguées, l'utilisation de deux appareils instrumentés (Fennec et Dauphin) ainsi que l'analyse de différentes méthodes de sortie de ce phénomène accidentogène.

Technique de sortie latérale en VRS sur appareil Dauphin.

MATÉRIAUX ET STRUCTURES

Vers des structures architecturées ultralégères

Le projet interne ONERA STARAC (SStructures ARchitecturées ACves) explore le potentiel de structures architecturées constituées de motifs élémentaires répétitifs assemblés pour la conception de structures aéronautiques ultralégères. Cette technologie est d'un grand intérêt en raison de son caractère d'intégration multi-échelle, couvrant les matériaux architecturés à petite échelle jusqu'à la structure primaire de l'aéronef. Après divers prototypes réalisés par impression 3D, un premier concept de structure architecturée composite a été conçu par l'ONERA. Les premiers essais mécaniques ont permis d'étudier le comportement du motif élémentaire périodique : des caméras optiques ont permis de mesurer les champs de déplacements tridimensionnels. Une technique de post-traitement d'images a été développée afin de favoriser la compréhension du rôle des assemblages. Ces résultats seront de grande importance pour la simulation numérique du comportement mécanique de ces structures qui pourraient révolutionner la conception des futurs aéronefs.



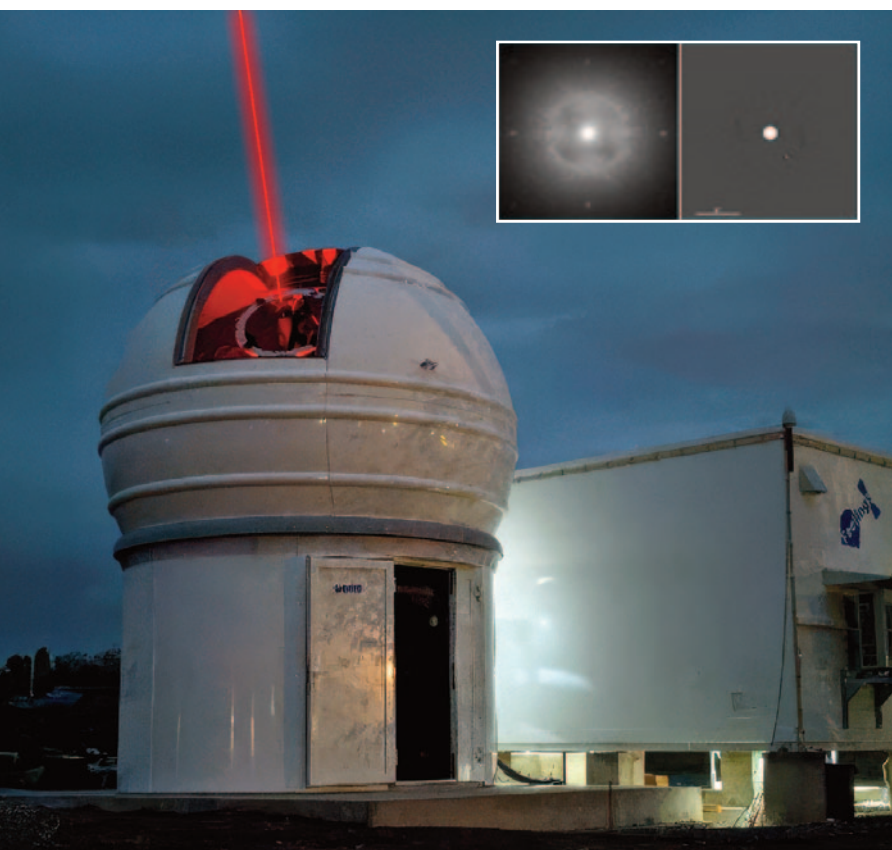
[010] displacement in the (001) plane [mm]
0.00 0.87



ESPACE



LIAISON SOL-SATELLITE



Communications optiques

L'ONERA a « recetté » début 2024, la station sol **FEELINGS** sur son centre du Fauga-Mauzac. Le 5 juin 2024, FEELINGS a établi une liaison laser bi-directionnelle stable et précompensée par optique adaptative (OA) avec la charge utile TELEO en orbite géostationnaire développée par ADS (Airbus Defence and Space). Cette première mondiale a été rendue possible grâce aux techniques d'OA et aux lasers de puissance développés par l'ONERA. Ce lien est compatible du très haut débit et ouvre la voie à des études détaillées sur la propagation atmosphérique optique et les corrections apportées par les technologies d'OA maîtrisées par l'ONERA.

La participation de l'ONERA à ces activités de démonstration a bénéficié du soutien de la DGA. La charge utile TELEO, destinée à la démonstration de liens optiques haut débit, a été développée par ADS avec le soutien financier du CNES.

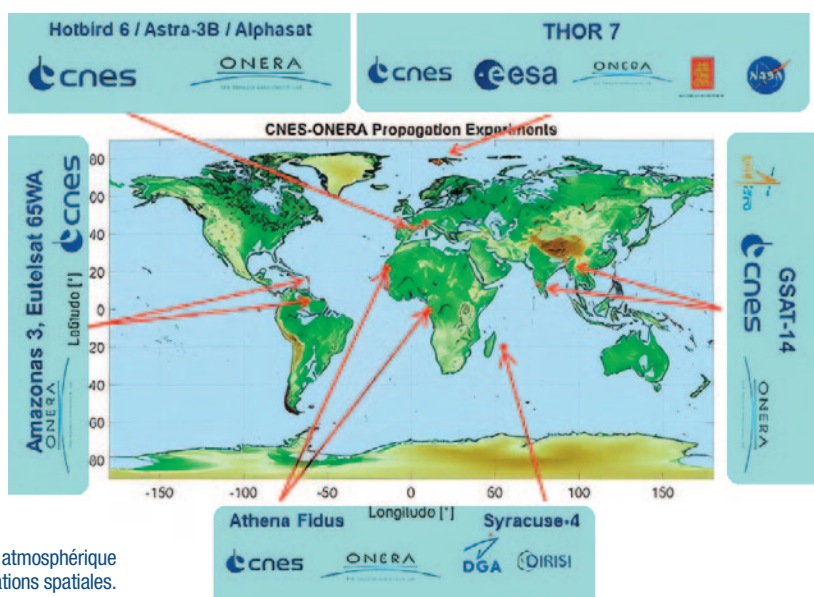
FEELINGS : station sol
ONERA de communication
optique

Communications radiofréquences

Les travaux en propagation troposphérique radiofréquence se poursuivent avec un accent mis sur les régions tropicales et équatoriales pour lesquelles très peu de mesures sont disponibles. Les caractérisations de la propagation dans les bandes Ku/Ka sont complétées en bande Q/V.

Dans le domaine de la propagation aux basses fréquences, l'ONERA poursuit le développement des modélisations de la scintillation ionosphérique pour le compte du CNES et de l'ESA. L'ONERA poursuit également la prévision des configurations et l'analyse des performances de liaisons exploitant le piégeage des ondes par l'ionosphère (liaisons terrestres) et les impacts de sa traversée sur la propagation (liaisons Terre-satellite).

Expérience de caractérisation de la propagation atmosphérique
des ondes RF pour les télécommunications spatiales.



ACCÈS ET MANŒUVRE DANS L'ESPACE

Vol inaugural Ariane 6

L'ONERA a participé avec succès aux essais combinés de qualification du lanceur Ariane 6 avant son vol inaugural en participant aux essais dits « courts » et « longs » du moteur principal Vulcain 2. Des capteurs de flux thermique et de température ont permis de valider le fonctionnement et la tenue du système d'endiguement du jet (tore eau, tore azote et guide-jet) pour le pas de tir (ELA4). Ces capteurs ONERA, dimensionnés et fabriqués en interne, ont restitué avec précision et robustesse les mesures dans un environnement ultra-sévère comprenant des effets de températures extrêmes, des jets supersoniques et un écoulement d'eau à très grande vitesse.



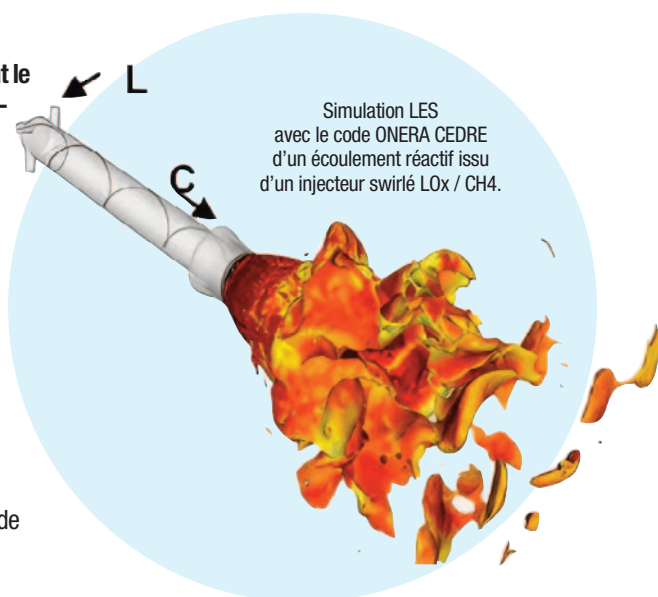
Les lanceurs réutilisables

Les nouveaux lanceurs réutilisables s'orientent vers des motorisations utilisant le couple oxygène/méthane (par exemple, le moteur PROMETHEUS en développement), et sur les technologies de retour des étages et de leur réutilisation.

À travers le programme d'intérêt commun (PIC) C3PO (Combustion Cryotechnique CH₄ Plus Oxygène), l'ONERA poursuit la validation des modèles et les simulations numériques haute-fidélité de la chambre de combustion et du générateur de gaz à basse pression.

La réutilisation demande la récupération des étages de poussée : l'ONERA travaille sur la modélisation des retours du premier étage en mode *toss back* en modélisant les interactions entre les jets des propulseurs et l'écoulement supersonique autour de l'étage.

L'ONERA développe également des capteurs innovants pour évaluer l'état de santé des structures des étages récupérés pour valider leur réutilisation. L'analyse des signaux des capteurs en utilisant de l'IA développée dans le cadre du projet européen ENLIGHTEN-ED permet de réaliser les diagnostics à court terme et de faciliter ainsi la décision de réutilisation.



La propulsion dans l'espace

L'ONERA développe la technologie ECRA (*Electron Cyclotron Resonance Accelerator*) à tuyère magnétique, qui pourrait présenter une alternative compétitive aux solutions actuelles. Les très bons résultats des tests du projet européen MINOTOR ont été vérifiés par des tests de performance dans le nouveau caisson ERIS.

L'ONERA et le CNES ont mis en place un PIC sur l'utilisation du diode dans les moteurs électriques, beaucoup moins cher que le xénon, mais très oxydant, un aspect vis-à-vis duquel le moteur ECRA, dépourvu de cathode, est un bon candidat. Par ailleurs, le projet IPISC (Iodine Propulsion Interaction with Satellites and Components) soutenu par l'ESA, mené en collaboration avec ADS et la start-up THRUSTME, vise à évaluer l'interaction des systèmes de propulsion à l'iode avec une gamme de matériaux et de composants de satellites en vue de leur application sur des satellites de taille intermédiaire (500 kg).

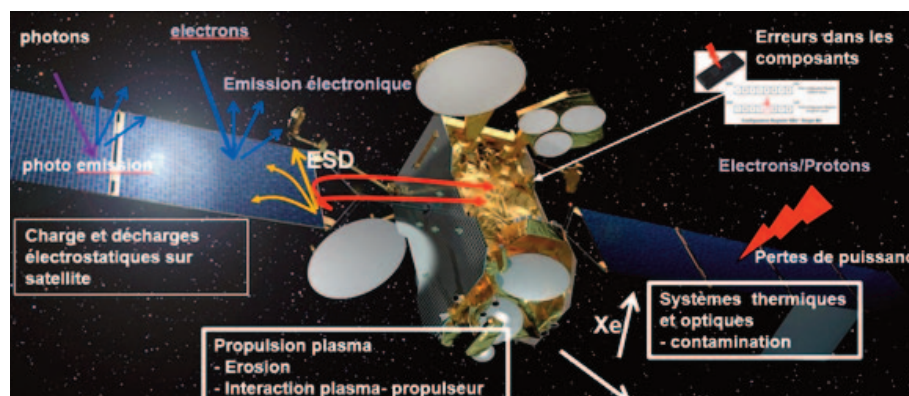


Premier allumage propulseur ECRA à l'iode.

MÉTÉO SPATIALE

L'ONERA, leader de la météo spatiale en Europe

Dans le cadre du programme de l'ESA Space Situational Awareness, l'ONERA a développé deux prototypes de services proposant aux utilisateurs du portail ESA de météorologie de l'espace, des informations et des alertes dédiées aux risques radiatifs sur les missions spatiales. Ces prototypes ont pour objectif d'assister les opérateurs et les concepteurs de satellites dans l'analyse rapide de risques potentiels en temps réel.



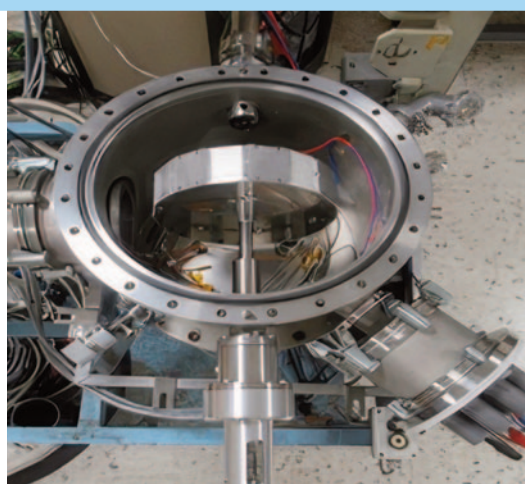
L'environnement spatial et les effets sur les systèmes spatiaux.

Le premier prototype fournit, pour les trois prochains jours, des alertes en fonction de l'orbite considérée relativement à deux risques majeurs : la dégradation des panneaux solaires et la charge interne. Les codes ONERA permettent de reconstruire et de prédire l'environnement radiatif sur les orbites d'intérêt. Le second prototype, RB-IND (Radiation Belts Activity Indices) propose un indicateur de risque pour les effets de dégradation des panneaux solaires, ainsi que pour les charges de surface et internes.

Fabrication dans l'espace et exploitation des ressources planétaires

La thématique ISRU (*In-Situ Resources Utilization*) est portée par la perspective du retour de l'Homme sur la Lune et le programme ARTEMIS. Aussi, l'ARF Réseau ONEMOON, financé sur ressources générales, effectue une veille et une analyse des projets d'exploration lunaire portés par les agences spatiales internationales et les acteurs privés, ce qui a contribué à l'obtention de plusieurs contrats de l'ESA et de l'UE.

L'ONERA, dans le cadre du projet Horizon Europe DUSTER (2022-2025) s'intéresse à la caractérisation des poussières et à leur transport électrostatique, pour contrer leurs effets sur les futures missions lunaires ou sur les astéroïdes. L'ONERA a conçu un détecteur de charge de poussière lunaire de grande précision pour étudier la charge acquise sous environnement radiatif. Ce détecteur est polarisé à haute tension pour attirer les poussières et mesurer leur charge.



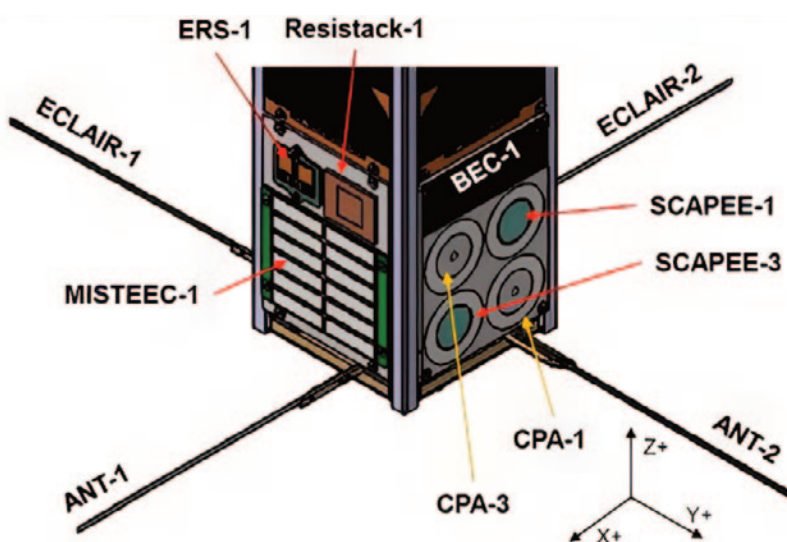
Détecteur de charge de poussière lunaire.

NEW SPACE

Dans un contexte de très forte accélération de l'innovation dans le domaine des nanosatellites, l'ONERA fédère ses activités autour de systèmes opérationnels allant jusqu'à la démonstration en orbite. Pour répondre aux objectifs de sa feuille de route 9.3 Missions et capteurs pour les nouveaux satellites, l'ONERA a mis en place de nouveaux concepts de missions et des instruments innovants.

Le nanosatellite CROCUS a pour objectif de caractériser en orbite basse les phénomènes de décharges électrostatiques et de tester des technologies permettant de les réduire. La revue de conception de CROCUS a été conduite, et la date de lancement est prévue en 2026.

Le modèle de qualification du nanosatellite CREME a été développé avec l'ISAE-SUPAERO au sein du CSUT (Centre spatial universitaire de Toulouse) et en partenariat avec plusieurs industriels (U-SPACE, EREMS, 3D+ et TRAD). Il porte le moniteur de radiation miniaturisé ONERAD développé dans le cadre de CREME.



Charges utiles du nanosatellite CROCUS. ↑

↓ Optimisation de la prise d'image visualisée par l'outil SpaceLab de l'ONERA.



Le 17 septembre 2024, notons la fin de la mission Inspire-SAT 7 (LATMOS) après 18 mois de fonctionnement en orbite. Ce nanosatellite dédié à l'étude du climat a transmis quatre fois par jour des données essentielles à la mesure des variables climatiques à partir de nouveaux dispositifs miniaturisés. L'ONERA a fourni la charge utile IONO1 pour mesurer les perturbations générées par l'ionosphère sur les signaux en bande HF. Les données collectées sont en phase d'analyse.

La revue de définition préliminaire des nanosatellites FLYLAB1 et FLYLAB2 (laboratoires dans l'espace) emportant les charges utiles optiques (CATFLY et CAVFLY) et radiofréquence (IONO2 et REPSAT) a été menée en mars 2024. Le lancement est prévu en 2026.

Le projet Horizon Europe SCARBOn est porté par ADS et fait suite au projet SCARBO. L'objectif est de poursuivre la montée en TRL de la charge utile NanoCarb et la préparation de son industrialisation. L'ONERA contribue notamment à la mise à jour des prototypes aéroportés et du modèle spatial.

Dans le cadre des projets LiChIE et ACCEOS complétés par le projet européen Domino-E, l'ONERA poursuit ses activités d'intégration et d'expérimentation autour d'algorithmes pour optimiser l'utilisation conjointe et efficiente de ressources satellitaires prenant en compte des requêtes d'observation variées, et dont les résultats sont illustrés grâce à l'outil SPACELAB de l'ONERA.

MISSIONS SPATIALES

L'ONERA au cœur des grands télescopes

L'ONERA et ses partenaires ont remporté un appel d'offres de la NSF (US National Science Foundation) pour concevoir l'optique adaptative (OA) du télescope astronomique, Gemini Nord. Au sein d'un consortium international, dirigé par l'université Macquarie de Sydney, l'ONERA et ses partenaires, le laboratoire d'astrophysique de Marseille, l'Observatoire de Haute-Provence, la PME ALPAO et la start-up « Space ODT », ont passé avec succès, en novembre 2024, l'étape de conception préliminaire du système d'OA tomographique assisté par lasers. L'année 2025 verra la finalisation du dimensionnement pour un début d'intégration et test des 2026. Il s'agit de la nouvelle génération d'OA pour l'un des plus grands et des plus performants télescopes astronomiques au monde, GNAO (Gemini North Adaptive Optics), qui intégrera les toutes dernières innovations dans le domaine, et permettra de s'affranchir des effets perturbants de la turbulence atmosphérique et d'atteindre sa limite de diffraction sur la quasi-totalité du ciel. De plus, l'ONERA a rejoint une équipe de France conduite par la CNES avec le CEA et le CNRS pour accompagner la NASA dans la préparation du projet du futur remplaçant du télescope spatial James Webb, le télescope Habitable World Observatory (HWO).

Microscope 2 devient STGRAAL

La mission Microscope 2 a été fortement recommandée par le séminaire de prospective scientifique de Saint-Malo en octobre 2024 et devient le projet STGRAAL (Space Test of General Relativity and Alternative theories) dont une phase 0 devrait débuter en 2025.

Pour rappel, la mission Microscope a permis de tester le principe d'équivalence avec une précision de 10^{-15} , ce qui a non seulement conforté la théorie de la relativité générale, mais a également permis d'exclure des parties de l'espace des paramètres de théories concurrentes.



L'ONERA au cœur des missions de géodésie spatiale

L'ESA a fait appel à l'ONERA, leader mondial d'accélérométrie spatiale, pour lui fournir trois accéléromètres de « nouvelle génération » pour chacun des deux satellites qui devraient être lancés autour de 2032. Ces nouveaux accéléromètres MicroSTAR, développés avec l'ESA depuis 2022, devraient atteindre des performances inédites et fournir des accélérations angulaires à des niveaux de précision jamais atteints. Cette activité est réalisée en parallèle de la fourniture de deux accéléromètres au JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) et à la NASA pour la future mission GRACE-C, qui sera lancée fin 2028. NGGM et GRACE-C vont constituer la constellation de quatre satellites MAGIC, dédiée à la cartographie du champ de gravité terrestre et de ses évolutions avec une précision inédite.

L'ONERA est également impliqué dans le projet UE CARIOQA et dans l'activité Pathfinder Mission Program, PMP CARIOQA, dont l'objectif est d'identifier les performances d'un accéléromètre hybridant la technologie électrostatique utilisée sur les missions de géodésie mentionnées auparavant, et la technologie d'accéléromètre quantique qui sera utilisée pour la mission CARIOQA.

Accéléromètre ONERA
MicroSTAR pour la
mission ESA NGGM.

Télescope de GEMINI Nord, Mauna Kea, Hawaii.



LES GRANDES SOUFFLERIES DE L'ONERA

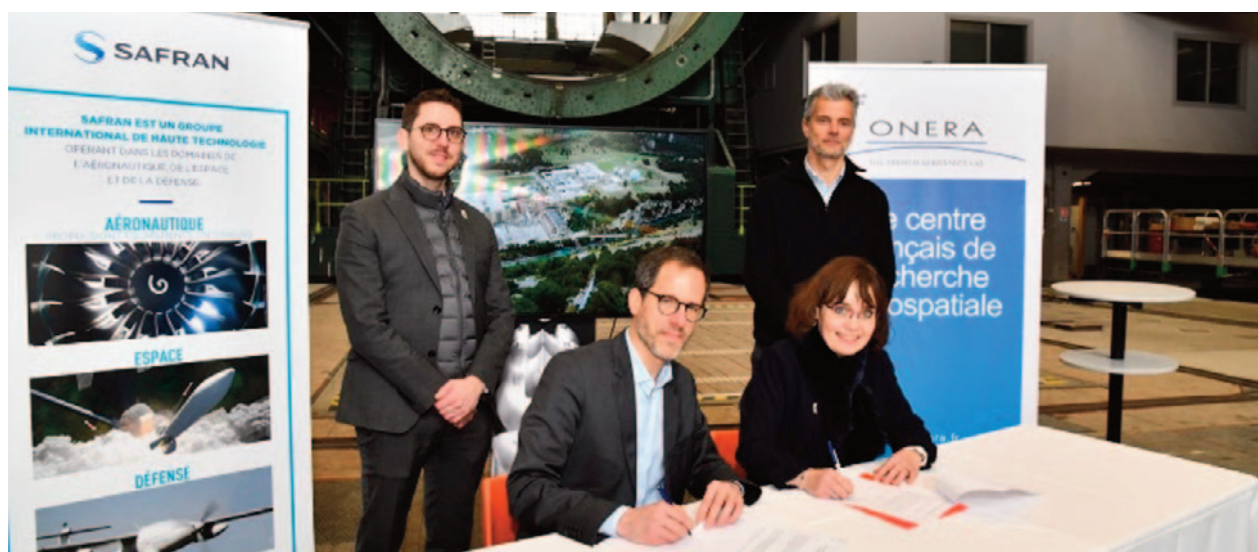
AU SERVICE DE
L'INNOVATION
AÉRONAUTIQUE
ET DE LA DÉFENSE

2024 – Un nouveau record de prise de commandes, des activités d'essais qui s'inscrivent dans la durée

L'année 2024 se termine avec un nouveau record de prises de commandes pour la direction des souffleries dépassant largement celui, déjà exceptionnel, enregistré pour l'année 2023 : **plus de 58 M€ de prises de commandes** ont été enregistrées, provenant aussi bien de clients français que de clients étrangers, réaffirmant leur confiance dans la qualité des prestations fournies. Cette confiance s'est, entre autres, exprimée par la signature d'un contrat-cadre avec SAFRAN. Ce contrat exceptionnel marque un engagement pluriannuel dans le cadre des travaux sur les nouvelles motorisations au profit de l'aviation décarbonée, et apporte une visibilité sur le plan de charge des souffleries à cinq ans.

Plus de la moitié de l'activité d'essais 2024 dans les grandes souffleries a été consacrée aux essais civils, notamment aux essais EcoENGINE – dans le cadre du programme RISE de SAFRAN (motorisation de type OpenFAN) – en configuration isolée ou installée à S1MA. L'activité de défense au profit de l'aviation de combat ou de missiles conventionnels ou stratégiques a, quant à elle, représenté 35 % de l'activité, essentiellement sur les souffleries S2MA (Mach 0,1 à 3) et les souffleries à rafales (super et hypersoniques).

Signature du contrat-cadre entre SAFRAN AE et la direction des souffleries.



La DGAC confirme son soutien au développement d'un système d'acquisition ultra-miniaturisé : SCAMPIS

En 2022, la DGAC notifiait un contrat de subvention pour financer les travaux du projet SCAMPIS (Système Chaîne d'Acquisition de Mesure de Pression Instationnaire en Soufflerie) développé par la direction des souffleries et destiné à remplacer des équipements de mesure de pression « encombrants » sur les maquettes par des systèmes miniaturisés. Dotés d'une électronique performante au plus près de la mesure, de tels systèmes pourront atteindre des performances de mesure inégalées, notamment en termes de bande passante. À l'issue des travaux de la première phase, visant une montée au niveau de maturité technologique 4 (TRL4), avec des essais en laboratoire, la DGAC a affirmé la 2^e tranche conditionnelle permettant de lancer les travaux de la phase 2 incluant des essais en conditions réelles à S1MA.

Plusieurs jalons emblématiques du projet ATP se sont achevés en 2024



Chantier coude 1 de S1MA – livraison des aubes (avril) – démontage (juillet-août) – remontage (octobre 2024).



Alors que le programme ATP de pérennisation et de modernisation des grandes souffleries touche à sa fin (prévue en 2026), de nombreux jalons emblématiques ont été franchis en 2024.

Ainsi, à l'été, plusieurs chantiers ont été réalisés à Modane sans impacter l'activité d'essais. La rénovation d'un coude à 90° de S1MA, s'est achevée et permettra de réduire la charge de maintenance sur des aubes vieillissantes qui nécessitaient des inspections et réparations régulières. Ce chantier sera complété d'une deuxième phase prévoyant la mise en place de caissons acoustiques qui permettront d'améliorer les performances acoustiques de S1MA en réduisant le bruit de fond de la soufflerie.

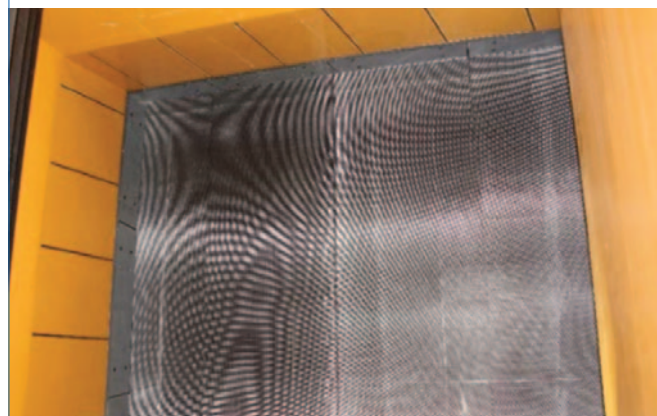


Diffuseur de S1MA peint à l'été 2024.

Au même moment, les cellules haute tension de Modane étaient remplacées et la peinture du circuit de S1MA s'achevait. Enfin, la mise en place d'un robinet sphérique pour S1MA, remplaçant l'ancien robinet de 27 tonnes qui avait fui en 2021 (et conduit à une immobilisation soufflerie de S1MA de 9 mois) a été réalisée et le compresseur C11, permettant d'étendre les capacités d'air comprimé de Modane, installé.



Installation des compresseurs BP au Fauga-Mauzac.



Nouvelle chambre de tranquillisation du Fauga Mauzac.

Au Fauga Mauzac, l'installation des nouveaux compresseurs BP3 et BP4 permettra de rénover la capacité à produire de l'air comprimé. La soufflerie F2 s'est, quant à elle, dotée d'une nouvelle chambre de tranquillisation.

La direction des souffleries met à l'honneur ses données d'essais dans le cadre de coopérations internationales et sur la plateforme nationale des données de recherche

Depuis plusieurs années, la direction des souffleries s'est dotée d'une série de maquettes de référence dénommées « *Large Reference Model* » (LRM). La version hypersustentée, dite « LRM-HL » – *large reference model high-lift*, a été conçue et fabriquée dans nos ateliers de Lille, puis testée dans la soufflerie F1 du Fauga-Mauzac en 2022 et 2023. Les résultats recueillis ont été largement mis à l'honneur en août 2024 lors du *5th High-Lift Prediction Workshop*, qui a réuni des dizaines d'organismes internationaux, académiques et industriels. L'ONERA a été le seul organisme en mesure de livrer des résultats expérimentaux exploitables, constituant ainsi une base de validation unique pour les centaines de simulations présentées lors du workshop. Mise en lumière sur la plateforme nationale des données de recherche *Recherche Data Gouv*, cette base de données a ensuite été très largement téléchargée, confirmant l'intérêt des acteurs de la recherche pour les données produites dans une grande soufflerie industrielle.

Visite de presse à Modane autour du projet RISE de SAFRAN AE

À l'occasion des essais du programme de développement de briques technologiques sur l'Open FAN, SAFRAN AE organisait le 19 janvier une visite de presse au cœur de S1MA à Modane. Cet événement a permis de souligner l'importance d'une soufflerie comme S1MA (et surtout, l'importance de l'avoir sauvée) pour soutenir les innovations au profit de l'aviation décarbonée, s'agissant notamment de nouveaux types de motorisations et d'intégrations motrices. Lors de cet événement, SAFRAN AE par l'intermédiaire d'Éric Dalbiès, directeur R&T chez Safran et administrateur de l'ONERA, et de Pierre Cottencau, directeur technique et R&T chez SAFRAN AE, a souligné l'importance de ces installations ainsi que l'expertise des équipes de l'ONERA.



L'ONERA inaugure le nouvel atelier maquettes des grandes souffleries à Lille

Le 1^{er} octobre 2024, l'ONERA inaugurerait son nouvel atelier maquettes au centre de Lille, en présence de Xavier Bertrand, président de la Région Hauts-de-France, de Bruno Sainjon, président-directeur général de l'ONERA, et de la presse.

Ce projet marque la conclusion du transfert des activités maquettes de Meudon vers le site lillois, un jalon majeur du programme ATP et du projet de réorganisation des sites PRISME. Cela a nécessité la construction d'une extension et une réorganisation de l'atelier existant à Lille pour accueillir les équipes et les machines. L'un des enjeux de ce transfert d'activité était le maintien des compétences dans le domaine des balances, équipements métrologiques de pointe indispensables à assurer la qualité des mesures en soufflerie. Grâce aux recrutements et aux investissements réalisés, la direction des souffleries a réussi à conserver cette compé-

tence unique. À l'occasion de cette extension, de nombreux investissements ont été réalisés pour gagner en productivité, maintenir la qualité des fabrications au meilleur niveau et couvrir les besoins croissants et nouveaux

des souffleries en termes de fabrication de maquettes et de balances. Une partie de ces investissements devrait bénéficier du soutien de la région à travers le Fonds européen de développement régional (FEDER).



SIMULATION NUMÉRIQUE

STRATÉGIE DE LA SIMULATION NUMÉRIQUE ONERA

En route vers ORION

L'ONERA a exposé sa stratégie pour le futur de la simulation numérique dans le cadre des journées scientifiques ONERA 2024 « Environnements et plateformes de simulations multiphysiques » devant sa tutelle et ses principaux partenaires industriels et académiques. Ces journées étaient également l'occasion de confronter ses idées à celles d'experts d'horizons variés, de l'Institut Jean-le-Rond-d'Alembert, l'École polytechnique, le Coria, l'IFPEN, Safran ou encore Google DeepMind.

La stratégie présentée s'appuie sur les principaux axes suivants :

- lancer une nouvelle génération de logiciels de simulation prêts pour l'exascale, les GPU et l'IA;
- appuyer ces logiciels sur des briques communes partagées au sein d'un environnement nommé ORION;

- mener les logiciels vers des calculs multiphysiques aux frontières.

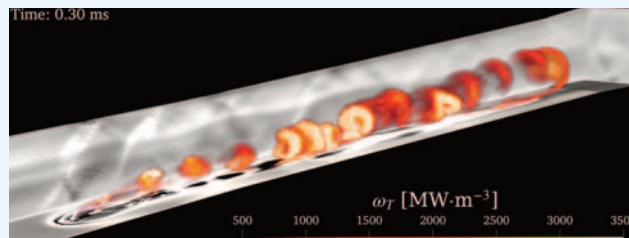
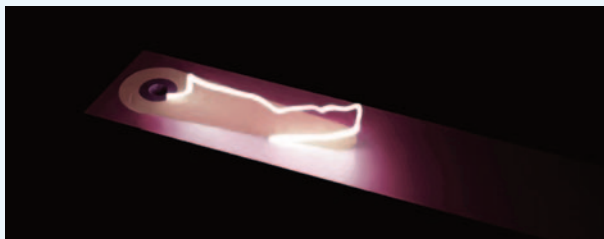
Les logiciels de simulation comme elsA ou SoNICS pour l'aérodynamique, développés en partenariat entre Safran et l'ONERA, et CEDRE via pyCEDRE pour l'énergétique, s'appuient déjà sur cet environnement commun ORION. Le logiciel CODA, développé en partenariat entre Airbus, le DLR et l'ONERA, et son environnement logiciel FSDM, peuvent aussi être interfacés avec ORION. Nos chercheurs interviennent aussi à plusieurs niveaux dans le développement du logiciel ProLB de simulation par méthode Lattice Boltzmann, en partenariat avec le consortium Labs.

L'ONERA a pour objectif d'étendre la démarche ORION à plusieurs autres métiers et physiques d'intérêt pour le domaine aérospatial et défense.

Des simulations numériques multiphysiques impactantes

Certains systèmes ne peuvent pas être conçus de façon précise en prenant en compte une seule discipline. Il faut ainsi réaliser un couplage entre plusieurs physiques. Les ingénieurs de l'ONERA ont simulé l'allumage des flammes par un arc électrique dans une chambre de combustion en présence d'un écoulement à haute vitesse. Pour ce faire, un couplage a été réalisé entre le logiciel TARANIS qui modélise la magnétohydrodynamique et le logiciel CEDRE qui simule la combustion. Par ce type d'action, l'ONERA progresse dans la compréhension de l'effet des arcs électriques sur la stabilité des flammes.

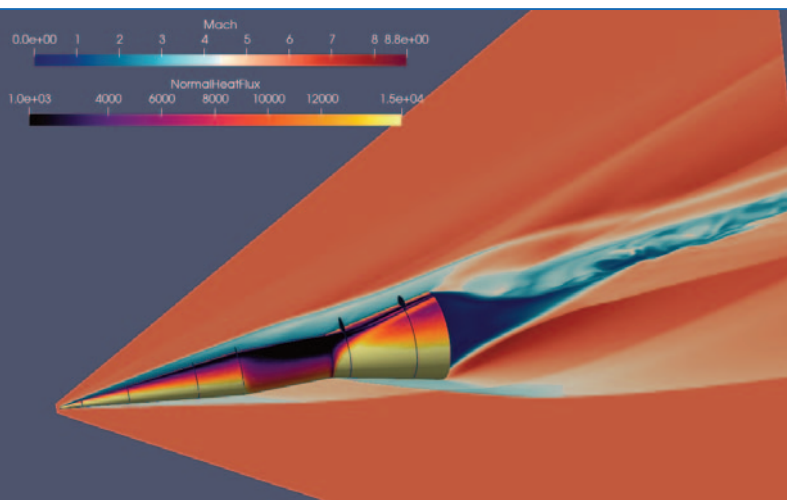
Simulation d'un arc électrique à l'aide de Taranis (gauche); simulation couplée Taranis (MHD)-CEDRE (combustion) de l'allumage par arc électrique de flammes dans une chambre de combustion (droite).



L'adaptation de maillage pour assister la conception

L'adaptation de maillage est de plus en plus utilisée dans les processus de conception, que ce soit pour réduire le temps de la génération de maillage ou pour diminuer l'incertitude des résultats obtenus. Ainsi, elle a été utilisée pour la conception

d'un démonstrateur en vol visant à étudier les comportements aérodynamiques en régime hypersonique. Dans le cadre d'un projet de recherche académique FREHyA, en collaboration avec le CEA CESTA, le solveur SoNICS est utilisé pour la conception d'un objet de vol de forme simple optimisant les phénomènes. Ce mariage permet d'obtenir des champs aérodynamiques et d'analyser finement les couches limites de l'écoulement, permettant par exemple d'estimer les fréquences des instabilités responsables de la transition vers la turbulence. La chaîne de simulation a aussi permis de générer une base de données de calculs, à partir de laquelle un modèle aérodynamique de l'engin pourra être établi pour calculer et disperser des trajectoires.



Configuration hypersonique en incidence. Flux de chaleur sur l'objet et nombre de Mach en coupe.

GPU et IA pour la simulation numérique

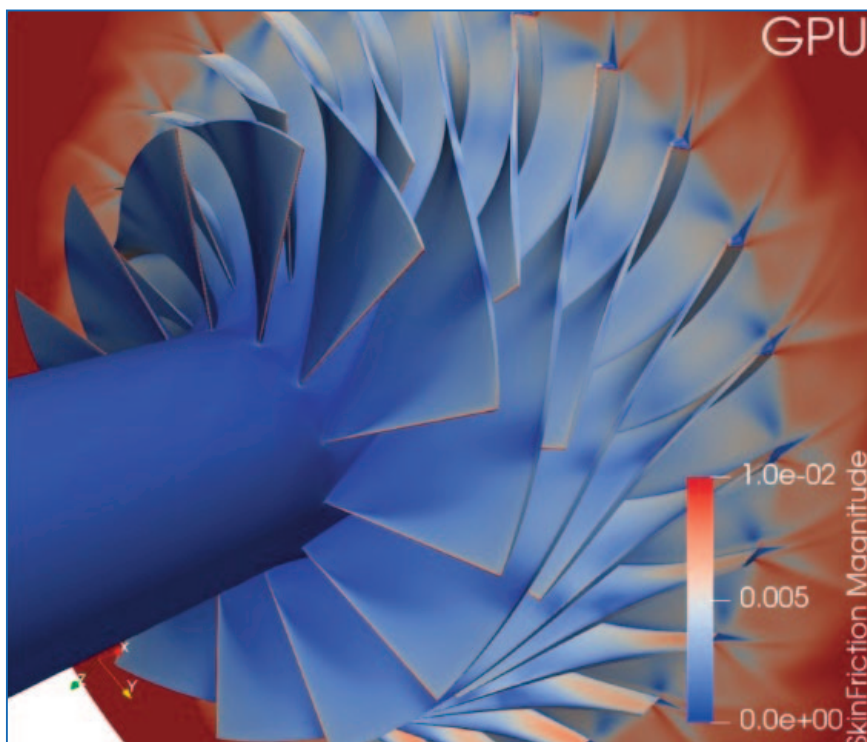
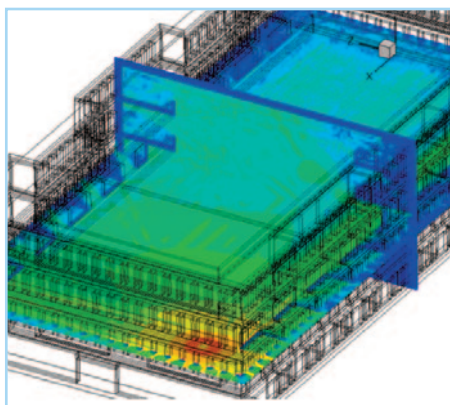
Nous entrons dans l'ère du calcul exafloppique avec des puissances supérieures au milliard de milliards d'opérations par seconde qui seront atteintes sur les futurs grands calculateurs européens. Ces puissances de calcul seront principalement fournies par les puces GPU (Graphics Processing Units).

Pour préparer le futur, l'ONERA travaille au passage des algorithmes de ses logiciels sur GPU et lance une nouvelle génération de logiciels de simulation particulièrement optimisés pour ce type de processeur. C'est ainsi que le logiciel SoNICS, dont la construction permet plus largement de tirer parti des architectures hybrides (CPU, GPU, NEC VE), a déjà réalisé plusieurs démonstrations sur GPU.

De même, le logiciel de nouvelle génération CODA, qui vise à répondre aux besoins de simulation en aérodynamique d'Airbus, a aussi pris le virage du calcul sur GPU.

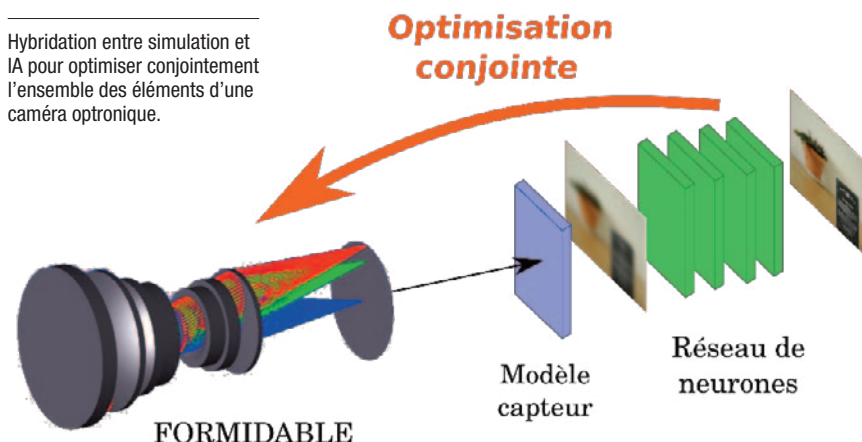
En plus de la simulation numérique, la croissance du calcul sur GPU est beaucoup alimentée par les avancées de l'IA. L'ONERA fait évoluer les algorithmes d'apprentissage automatique au sein de son laboratoire AILab et les déploie au sein des départements scientifiques.

De nombreux travaux sont menés, en particulier pour hybrider simulation numérique et IA. L'ONERA a, par exemple, développé une approche de simulation assistée par IA de scénarios d'attaques électromagnétiques sur un bâtiment des Jeux Olympiques 2024. Ici, la simulation par son côté paramétrique permet de nourrir l'IA afin d'améliorer la détection et la caractérisation de la source électromagnétique attaquante.



Calcul sur GPU du compresseur centrifuge SRV2 à l'aide du logiciel de nouvelle génération SoNICS.

De même, les chercheurs de l'ONERA ont utilisé ce type d'approche pour réaliser le co-design de l'optique, du capteur et du traitement d'image du système de caméra optronique FORMIDABLE. Pour cela, ils ont hybridé la simulation différentiable d'un système d'optique et du capteur avec un réseau de neurones pour le traitement d'image, et ont ainsi optimisé conjointement l'ensemble des éléments du système.



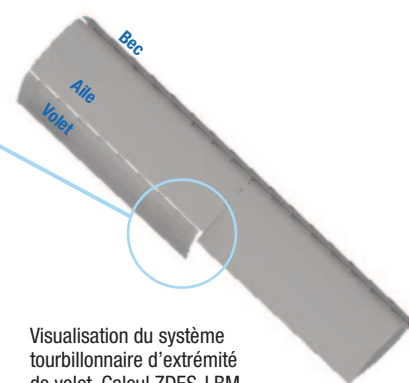
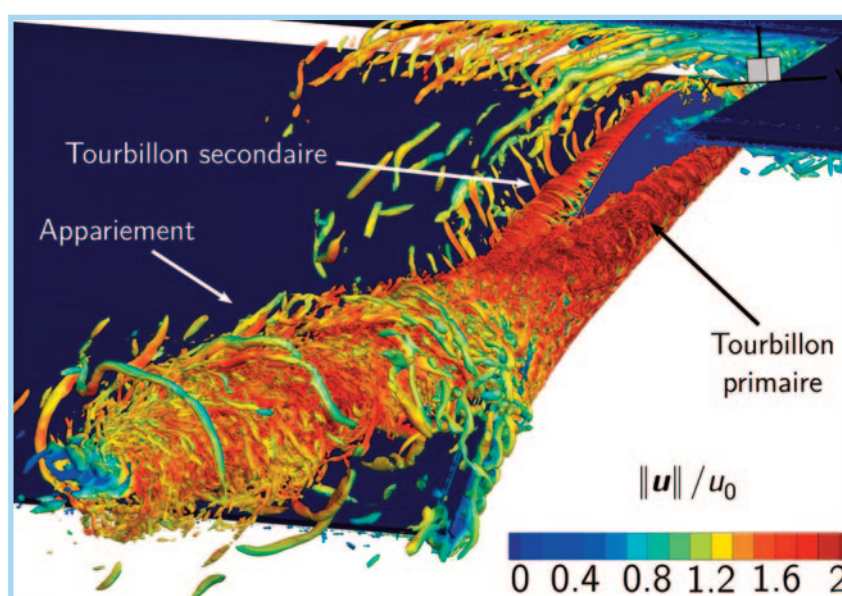
Hybridation entre simulation et IA pour optimiser conjointement l'ensemble des éléments d'une caméra optronique.

Simulation assistée par IA de scénarios d'attaques électromagnétiques sur un bâtiment des Jeux Olympiques 2024.

LES SIMULATIONS POUR ACCOMPAGNER NOS PARTENAIRES INDUSTRIELS

Un couplage performant entre approches pour mieux simuler la turbulence

L'ONERA réalise de plus en plus de développements dans le logiciel ProLB pour accompagner en particulier Airbus et Safran dans leurs finalités industrielles. Un verrou majeur dans l'utilisation de la méthode de Lattice Boltzmann pour les applications aéroacoustiques a été levé grâce à un couplage avec une modélisation ZDES (*Zonal Detached Eddy Simulation*) des couches limites turbulentes appliquée à la simulation numérique du bruit d'extrémité de volet. Ce couplage permet en outre de réduire fortement les coûts de calcul. La simulation de l'écoulement le long d'une extrémité de volet a été rendue possible avec seulement 120 millions de nœuds comparés aux plus de 4 milliards via les approches classiques. Elle a permis de localiser et quantifier les sources de bruit.

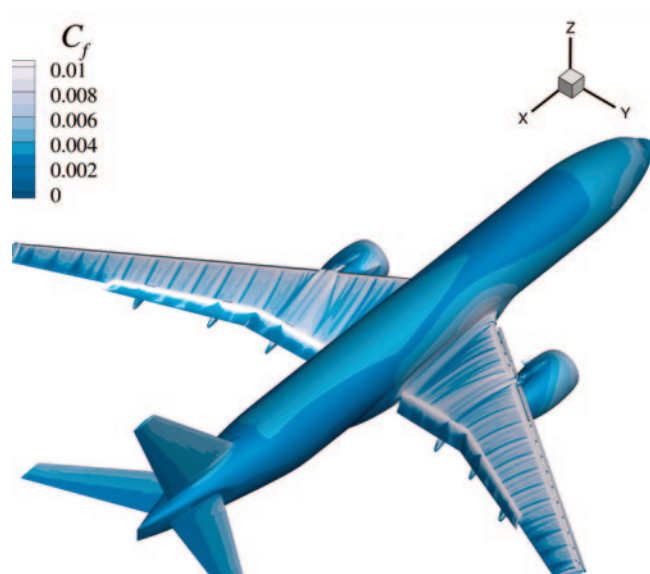
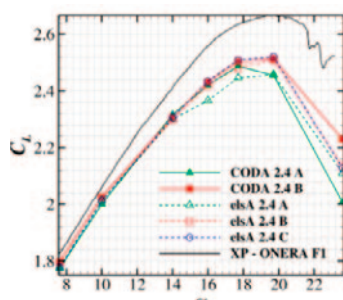


Visualisation du système tourbillonnaire d'extrémité de volet. Calcul ZDES-LBM mené avec le logiciel ProLB.

Simulations d'avion complet

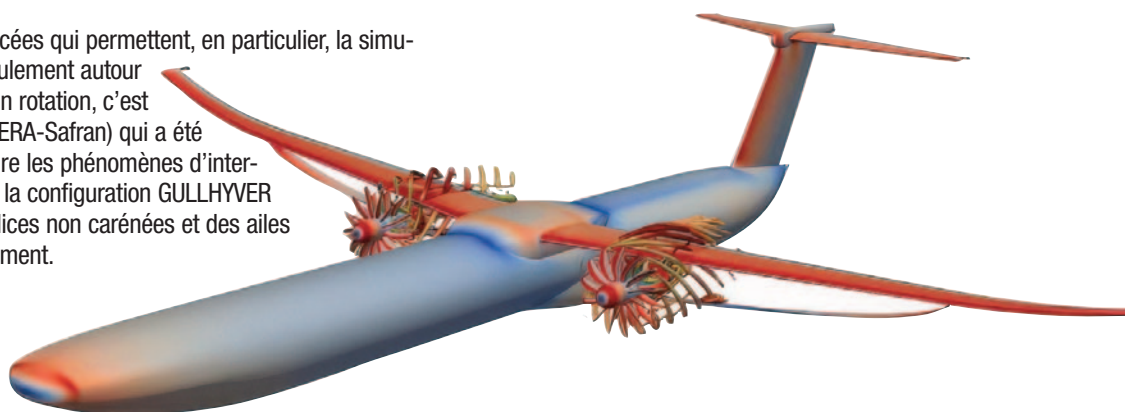
Plusieurs simulations d'avion complet ont été réalisées en 2024 avec différents codes ONERA dans le cadre du défi Avion du Futur de la feuille de route « Défis applicatifs de la simulation numérique aérospatiale ». Des comparaisons entre calculs et essais présentées au « High Lift Prediction Workshop » ont démontré la capacité du logiciel CODA (ONERA-DLR-Airbus) à réaliser des simulations représentatives de la physique dans ce régime de vol.

Calcul CODA d'une configuration du « High-Lift Prediction Workshop ».



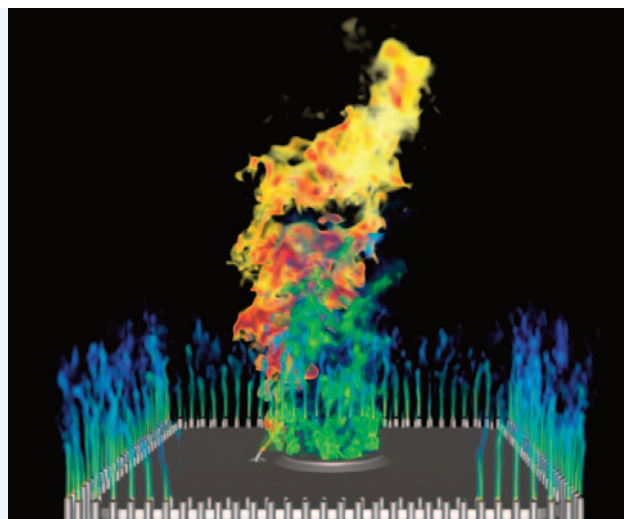
Doté de fonctionnalités avancées qui permettent, en particulier, la simulation instationnaire de l'écoulement autour de parties fixes et d'autres en rotation, c'est le logiciel elsA (propriété ONERA-Safran) qui a été utilisé pour mieux comprendre les phénomènes d'interactions aérodynamiques sur la configuration GULLHYVER contenant des moteurs à hélices non carénées et des ailes haubanées de grand allongement.

Calcul instationnaire elsA de la configuration Gullhyver avec moteur non caréné.

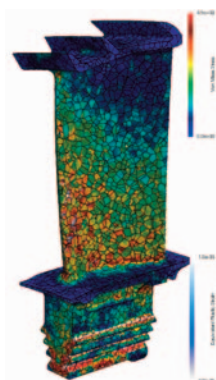


Du côté des foyers aéronautiques : conception d'injecteur Low-NOx avec le code CEDRE

La combustion de l'hydrogène est une solution à l'étude pour aller vers la décarbonation du transport aérien. L'ONERA travaille sur la conception d'injecteurs fonctionnant à l'hydrogène depuis plusieurs années. Dans le cadre du projet DGAC HYPERION, l'ONERA a conçu par simulation numérique en utilisant le code CEDRE un injecteur H₂/air stable et ultra low-NOx (dénommé IHI), reposant sur l'utilisation d'un prémélange pauvre. Après avoir testé 80 configurations, le concept a été validé par des essais sur le banc MICADO, et un brevet ONERA-Safran a été déposé. Par la suite, le projet H2TECH, toujours en cours, permet à l'ONERA, en adoptant la même stratégie, d'améliorer l'injecteur IHI, avec comme objectifs de diminuer les pertes de charge, réduire le nombre de systèmes d'injection à un par injecteur, contre quatre sur IHI, et d'élargir les points de fonctionnement. Pas moins de 25 configurations ont été testées par la simulation en jouant sur le type et la position du swirler. Les tests sur le banc MICADO débuteront au printemps 2025.



Températures du jaune vers le rouge ; fraction massique d'H₂ du bleu vers le vert puis vers le jaune au niveau de la sortie de l'injecteur ; vitesse axiale en périphérie au niveau des films de refroidissement.



Simulation haute-fidélité d'aube polycristalline avec Z-set

Les récentes avancées de l'ONERA en matière de calcul à haute performance et d'adaptation de maillage permettent de modéliser des aubes polycristallines en tenant compte de la microstructure de la pièce. Ainsi, une microstructure composée de 7357 grains s'insère dans le maillage de l'aube et chaque grain suit un comportement de plasticité cristalline en grande déformation hautement non linéaire. L'aube est soumise à un chargement thermomécanique combinant force centrifuge et déformations thermiques produites par le flux de gaz. La simulation a été réalisée avec Z-set. En utilisant 100 cœurs, elle s'est achevée en moins de 10 heures.

Ces simulations haute-fidélité, en collaboration avec Safran Tech, permettent d'estimer l'influence de la microstructure, et notamment celle des joints de grains, sur les grandeurs mécaniques telles que les contraintes ou la plasticité.

VALORISATION

Si la recherche aéronautique, spatiale et de défense est la mission première de l'ONERA, le transfert des résultats de ces recherches au bénéfice de l'industrie est un enjeu national majeur. L'ONERA a pour mission de valoriser ses expertises et d'accélérer les projets innovants. C'est la mission de la Direction de la valorisation et de la propriété intellectuelle (DVPI).



ONERA ACADEMY®

L'ONERA conduit sa première formation professionnelle dédiée à la simulation atmosphérique.



Du 19 au 20 mars 2024 s'est tenue une formation professionnelle sur l'outil logiciel MATISSE. Cette première formation, à destination des clients externes, marque une étape importante pour l'ONERA qui prévoit d'étendre son offre de formations spécialisées intitulée « ONERA Academy ».

Cette formation de deux jours, conduite par les ingénieurs chercheurs du département Optique et techniques associées, a permis aux stagiaires de maîtriser différents modèles du code MATISSE et d'optimiser leur expertise dans les projets de simulation.

Les apprenants ont été très satisfaits de cette formation comme en témoignent leurs retours :

- « Formation qui va au-delà de la simple utilisation de MATISSE. La progression est excellente et les formateurs toujours à l'écoute et disponibles pour aider. »
- « Interface logiciel très intuitif ce qui facilite la prise en main du code. Très bonne répartition entre théorie et pratique durant la formation. Très bonne disponibilité des formateurs pour répondre aux questions et résoudre les problèmes. »
- « Très satisfait de la formation, efficace et optimale par rapport à mes objectifs, même si je ne me servirai sans doute que d'une partie des outils présentés. »

Qu'est-ce que le code MATISSE ?

MATISSE est un code de Modélisation Avancée de la Terre pour l'Imagerie et la Simulation des Scènes et de leur Environnement. Cette formation à la version 3.6 agréée par la Direction générale de l'armement (DGA) vise à accélérer les développements en simulation en termes de propagation et de transfert radiatif atmosphérique dans le domaine optique des apprenants.

INDICATEURS PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE 2024

12 nouvelles demandes de brevet

9 nouvelles déclarations d'invention

34 nouveaux logiciels enregistrés

93 contrats de licence en cours

12 nouvelles enveloppes Soleau

20 nouvelles licences

ONERA DROSERA

DROSERA®

Un outil d'aide à la préparation de mission, destiné aux acteurs de la filière drone, pour évaluer automatiquement et maîtriser le niveau de risque au sol.

Avant de faire voler un drone de la catégorie spécifique selon la réglementation européenne, il faut se lancer dans une étude de risque selon la méthode SORA (Specific Operations Risk Assessment). Pour l'opérateur drone, c'est l'assurance de passer beaucoup de temps à fournir des données circonstanciées et convaincantes aux autorités, pour les demandes d'autorisation de vol.

C'est dans le but de répondre à ce constat que DROSERA®, à l'origine projet de recherche collaborative entre l'ONERA, Rte et Altametriz, a su bifurquer pour devenir un outil opérationnel au service de la filière drone.

DROSERA®, diffusé par l'ONERA depuis avril 2024, propose nombre de fonctionnalités dont :

- calcul des densités de population survolées et classes de risques, valeurs

maximales et répartitions sur l'empreinte de risque sol et la zone adjacente, pour l'ensemble du territoire national ;

- identification des axes routiers, voies ferrées et lignes électriques survolés et classification selon leur importance (ex. : autoroute) ;

- génération automatique d'une fiche de synthèse avec les résultats d'évaluation ;
- cartographies pour la localisation et la visualisation des risques.

L'ONERA, à l'écoute des acteurs de la filière drone et des autorités compétentes en matière de sûreté aérienne, continue à développer de nouvelles fonctionnalités pour enrichir DROSERA®. Une nouvelle version sera disponible courant 2025.

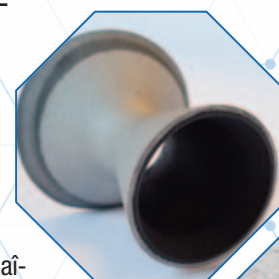
EXTREM-FGM®

UNE INNOVATION EN FAVEUR DE LA PROPULSION DU FUTUR

L'ONERA, en collaboration avec le CNES et l'UTBM, a développé EXTREM-FGM®, un matériau innovant conçu pour les moteurs utilisant de nouveaux ergols moins toxiques et plus énergétiques que l'hydrazine. Ce matériau à gradient de propriétés offre une résistance exceptionnelle aux conditions extrêmes, supportant des températures supérieures à 1 600 °C, même en présence d'espèces oxydantes.

Contrairement aux chambres de combustion traditionnelles en rhénium/iridium, coûteuses et limitées en température, EXTREM-FGM® se distingue par sa conception optimisée : une épaisseur inférieure à 2 mm, une compatibilité avec divers matériaux de structure et un coût de fabrication maîtrisé. Ses performances ont été validées à travers des tests représentatifs, totalisant 50 cycles thermiques sur des durées allant jusqu'à 300 secondes, confirmant un TRL 3.

Actuellement soutenu par la DVPI de l'ONERA, ce matériau bénéficie d'un accompagnement pour accroître son TRL et explorer de nouvelles applications industrielles, notamment via un projet POCinLabs avec l'université Paris-Saclay. Deux projets d'innovation sont déjà en cours de façon à poursuivre ces avancées technologiques et positionner EXTREM-FGM® comme une solution clé pour la propulsion spatiale de demain.



INTERNATIONAL

ÉTATS-UNIS

Coopération avec l'US Army : De nouvelles ambitions

L'US Army Combat Capabilities Development Command (DEVCOM) et l'ONERA coopèrent depuis plus de 50 ans dans le domaine des hélicoptères via l'accord de coopération AHFIR (Rotary Wing Aeromechanics and Human Factor Integration Research). Cette coopération, jalonnée de succès, s'accompagne également par l'accueil régulier de militaires américains qui participent aux travaux de recherche de l'ONERA.

Par ailleurs, le 14 février 2024, l'ONERA a reçu le Colonel Seaberry, directeur de DEVCOM Atlantic, chargé notamment de la coopération avec l'Europe. Les discussions ont porté sur les coopérations en cours, sur les recherches à lancer pour répondre aux futurs besoins technologiques et capacitaires de nos armées, et sur les possibilités d'accueil de personnels ONERA au sein des laboratoires militaires américains dans le cadre du programme Engineer and Scientist Exchange Program (ESEP).



De gauche à droite : R. Mathurin (DTP), O. Vasseur (DAI), C. Seaberry (US Army), E. Quiralte (US Army), P. Sparks (US Army), L. Leylekian (DAI).

ARABIE SAOUDITE

À la découverte des activités de l'ONERA

Le 15 février 2024, l'ONERA recevait sur le centre de Palaiseau une délégation de l'Arabie saoudite menée par le Dr. Faleh bin Abdullah Al-Sulaiman, gouverneur de la GADD (*General Authority for Defense Development*) en charge de la planification de la R&D de défense dans le Royaume. 14 personnalités saoudiennes composaient la délégation, dont le Général Adel Awad Alotaibi.

L'objectif : discuter des potentielles actions de coopération. La délégation était accompagnée de l'Agence de l'Innovation de Défense, représentée par Laurent Vieste, et de la direction de l'international de la DGA.



LITUANIE

Innovation de défense : Visite d'une délégation lituanienne

Le 11 septembre 2024, à la demande de l'AID, l'ONERA a reçu à Palaiseau une délégation lituanienne dans une démarche de partage d'expériences dans le domaine de l'innovation pour la défense. Cette délégation était composée de représentants en ambassade à Paris et de spécialistes du ministère de l'Économie et de l'agence de l'innovation lituanienne, pour la défense.



De gauche à droite : P. Petrauskas (Innovation Agency Lithuania), S. Stankevičiūtė (Innovation Agency Lithuania), E. Griškās (Ministry of Economy and Innovation), J. Dubreuil (AID), D. Kirkilaitė-Chetcuti (Lithuanian Embassy in France), M. Survilas (Innovation Agency Lithuania), R. Martinavičius (Ministry of Economy and Innovation), O. Vasseur (DAI), L. Ruiz (DTP).

SINGAPOUR

L'ONERA et le DSO déploient leur coopération sur de nouvelles thématiques

Le 9^e Advisory Board de la coopération entre le DSO et l'ONERA s'est tenu le jeudi 4 avril 2024 à CentraleSupélec. Deux accords de coopération ont été signés en 2024, permettant d'étendre la coopération à pratiquement tous les domaines de l'ONERA.

Célébration des 20 ans du laboratoire de recherche SONDRRA

Témoignage d'une volonté de poursuivre la coopération, une cérémonie a eu lieu le 4 avril 2024 en présence d'Emmanuel Chiva, délégué général de l'Armement, Melvyn Ong, Permanent Secretary (Defence Development) de Singapour, Cheong Chee Hoo, CEO de DSO National Laboratories, Bruno Sainjon, P.-D.G. de l'ONERA, Romain Soubeyran, directeur de CentraleSupélec, Heng Chye Kiang, Deputy Dean (Research & Innovation), College of Design and Engineering, National University of Singapore (NUS), et bien entendu les fondateurs du laboratoire : Chan Hian Lim et Marc Lesturgie (département Électromagnétisme et radar lors de la création du SONDRRA, aujourd'hui directeur des Affaires internationales).

Porté par une alliance quadripartite, SONDRRA mène des études innovantes dans le domaine du radar et des traitements associés. Soutenu par une forte volonté étatique française et singapourienne, SONDRRA reste unique en France et bénéficie d'importants moyens afin que les équipes scientifiques conduisent des recherches académiques en physique (propagation et signatures des fonds), traitement du signal, électromagnétisme et des données (IA, par exemple) applicables au radar et à la télédétection.

En 20 ans, SONDRRA a acquis une stature internationale. Pour l'ONERA, Singapour occupe la première place des coopérations bilatérales hors UE (seule coopération en équipe



Stéphane Saillant ONERA/DEMR et directeur de SONDRRA, Cheong Chee Hoo, CEO de DSO National Laboratories, Bruno Sainjon, PDG de l'ONERA, Emmanuel Chiva, délégué général de l'Armement, Melvyn Ong, Permanent Secretary (Defence Development) de Singapour, Romain Soubeyran, directeur de CentraleSupélec, Heng Chye Kiang, Deputy Dean (Research & Innovation), College of Design and Engineering, National University of Singapore (NUS).

intégrée) sur des thématiques à caractère dual civil/défense.

Cette relation forte a contribué à l'entrée d'une institution singapourienne au réseau IFAR (International Forum for Aviation Research), dont l'ONERA exerce la présidence depuis 2023. La coopération avec Singapour est également soutenue par des arrangements techniques pilotés par l'Agence de l'innovation de défense du ministère des Armées.

Sommet international IFAR 2024 : l'ONERA affirme son rôle de leadership au cœur des coopérations multilatérales



La 15^e édition du Sommet IFAR (International Forum for Aviation Research), a été organisée du 23 au 26 octobre 2024 à Singapour, pour la première fois sous présidence française. 18 nations étaient représentées, dont la NASA américaine, le NLR hollandais, le NRC canadien, le DLR allemand ou la JAXA japonaise, accueillies par l'A*STAR (Agency for Science, Technology and Research) singapourienne, qui a rejoint l'IFAR en 2022.

L'ONERA s'est affirmé en coordonnant le projet recherche ELECTRIFLY (coopération ONERA, NRC, JAXA, NLR, NASA, DLR). ELEC-

TRIFLY (atmospheric ELectricity Characterization ThRough In-Flight) vise à caractériser le processus d'électrification d'un aéronef traversant une atmosphère réelle, une caractérisation importante en perspective de l'utilisation (et certification) de nouvelles structures et matériaux composites. L'ONERA a également été désigné coleader, avec le NRC canadien, d'un projet d'accélération de la certification par « digitalisation », en lien étroit avec l'OACI (Organisation de l'aviation civile internationale) : le partenariat entre l'IFAR et l'OACI, objet d'un accord signé en 2022, démarre avec ce sujet une seconde phase de travaux, confirmant l'intérêt mutuel des deux organisations internationales.

Le projet PULSAR piloté par l'ONERA au Parlement européen

PULSAR (Propelling eUropean Leadership through Synergizing Aviation Research) vise à accélérer la transition vers un système d'aviation plus soutenable en développant une feuille de route européenne pour la recherche et l'innovation dans le domaine du bruit et des émissions aéronautiques. Le 9 avril 2024, une table ronde a été organisée au Parlement européen par le consortium PULSAR, afin de présenter des recommandations : quelles priorités de recherche pour que le secteur aéronautique européen réponde au mieux aux objectifs environnementaux de l'UE ?

L'ONERA a ainsi exposé l'approche du projet PULSAR qu'il pilote, fondée sur quatre hypothèses de scénarios socioéconomiques, sur les profils de trafic aérien qui leur sont associés, et sur l'évaluation quantitative et qualitative de l'impact de différentes technologies sur ces scénarios. Les technologies prises en compte sont la réduction du bruit des avions et la réduction des émissions ou à leur compensation carbone *via* l'emploi de carburants durables ou synthétiques.



Marco Grancagnolo, Benoît Chauchepat, Catherine Bender, Nynke Tigchelaar, Laurent Leylekian, Jean Leger, Christophe Gomart (député européen) et André Loesekrug-Pietri.

Compétitivité et défense de l'UE : L'ONERA crée l'événement à Bruxelles

Mardi 10 septembre, la conférence intitulée « Optimiser les stratégies de l'Union européenne en matière de R&D sur les technologies à double usage pour relever les défis de la compétitivité et répondre aux défis militaires de l'Europe », a fait carton plein. Organisée à la Représentation Permanente de la France auprès de l'UE, elle a réuni autour d'un sujet crucial pour l'autonomie stratégique de l'Union Européenne plus de 150 personnes – membres des Représentations permanentes, personnel de la Commission européenne, représentants des acteurs de la recherche et de l'industrie européennes, ainsi que M. Christophe Gomart, député européen et vice-président de la sous-commission Défense et Sécurité du Parlement Européen.

ICAS 2024 : Une participation remarquée de l'ONERA et de l'IFAR

À l'occasion du congrès ICAS (International Council of Aerospace Science) organisé du 9 au 13, Bruno Sainjon, en qualité de président de l'IFAR, a signé le renouvellement du partenariat entre les deux organisations avec Dimitri Mavris (Georgia Institute of Technology aux États-Unis). L'accord vise à faciliter les échanges et participations croisés aux événements des deux organisations. La coopération prévoit également la remise d'un prix scientifique conjoint qui, cette année, a été remis au DLR.

Bruno Sainjon a présidé, lors d'une session plénière de l'ICAS, la session IFAR sur « Air Traffic Management as a key for sustainable aviation », session qui a permis à l'ONERA, CIRA, NASA, DLR, NLR et A*STAR de présenter leurs avancées respectives.



Rayonnement scientifique

L'EREA, l'association des centres de recherche européens en aéronautique, a attribué son prix de la meilleure publication 2024 à l'ONERA. C'est la 11^e fois en 15 éditions que l'ONERA remporte ce prix, gage du très haut niveau scientifique de ses ingénieurs chercheurs et de leur dynamisme en matière de publications.



Légende de g à d : Bruno Sainjon PDG de l'ONERA, Anke Kaysser-Pyzalla, Présidente du DLR, Markus Fischer membre du Conseil en charge de l'aéronautique, DLR.

L'ONERA et le DLR signent le renouvellement de leur coopération

Lors du Salon ILA 2024, les deux organismes ont signé un nouveau MoU (memorandum of understanding) pour formaliser leur volonté de coopérer sur des sujets variés : hélicoptères, IA appliqué à l'aéronautique, décarbonation, métrologie, propulsion ou vibrations d'un aéronef. L'accord signé fait suite à 25 ans de coopération, qui a notamment débuté à la fin des années 1990 autour d'Eurocopter, devenu Airbus Helicopters. Les deux organismes ont ensuite initié une organisation conjointe de conférences,

symposium baptisé ODAS (ONERA DLR Aerospace Symposium), qui a fêté en 2024 sa 25^e édition. Depuis, la coopération ne cesse de s'enrichir : conception des avions de transport, méthodologie de mesure en soufflerie, métrologie optique pour mesurer les écoulements... Les deux organismes ont également développé une activité unique pour des tests de vibration au sol des avions (Ground Vibration Tests), et travaillent également ensemble sur de nombreuses études financées par la Commission européenne, notamment sur la décarbonation de l'aviation (Clean Aviation).

IFAR et l'ONERA à l'honneur au Berlin Aerospace Summit

Le Berlin Aerospace Summit (BAS) est l'événement majeur allemand qui réunit, la veille de l'ouverture du salon aéronautique (ILA), les parties prenantes du domaine au plus haut niveau en provenance de l'industrie européenne, des centres de recherche et ministères allemands. Bruno Sainjon en sa qualité de président de l'IFAR a été invité à introduire un panel relatif au futur de l'aviation en termes d'aéronefs et de nouveaux types de mobilité aérienne.

Visite du directeur de l'AID allemande

À la demande de l'AID, le directeur du Research & Innovation Hub du ministère fédéral de la Défense allemand, M. Alexander Schott, est venu en visite sur le centre de Palaiseau.

Le but : approfondir nos échanges afin de mieux comprendre notre organisation, notamment à travers nos interactions entre l'ONERA et la DGA, plus particulièrement avec l'AID.

À la suite des présentations sur les activités menées dans le domaine de la défense, aéronautique civile et radar R&T, deux visites ont été conduites au sein du Simulation lab et du labo-

ratoire QTech, notamment pour présenter le gravimètre quantique comme un exemple très significatif des capacités d'innovation de l'ONERA.

De gauche à droite : Philip Trompke (RIH, FMO*), Jara Cathrin Kürschner, Dirk Seebeck (RIH, FMO*), Marc Lesturgie (DAI), Franck Bilau (AID), Laurent Vieste (AID), Alexander Schott (RIH, FMO*), René Mathurin (DPD), Sylvain Schwartz (DPHY), Philippe Beaumier (DPA), Juliette Dubreuil (AID), LTC Matthias Wolfgang Mönch (RIH, FMO*), Sébastien Reynaud (DTIS), Philippe Dreuillet (DEMR), Lucile Ruiz (DPD).

*RIH, FMO : Research and Innovation Hub, Federal Ministry of Defence.



Investir pour construire le futur

En 2024, d'importants investissements ont été réalisés dans un objectif inchangé depuis la création de l'ONERA : se maintenir à la pointe du savoir-faire expérimental.

GRIFON PLUS

(montant total de 0,90 M€)

département Physique

Complémentaire de celui de la DGA-TA dédié à la certification, le Générateur de Recherche sur l'Impact de la Foudre ONERA (GRIFON) étudie la physique sous-jacente au phénomène de foudre. L'opération d'investissement GRIFON PLUS vise à étendre les capacités de GRIFON pour l'étude (Feuilles de route 1.1 Aéronef électrique pour une mobilité à la demande et 3.1 Outils et moyens d'aide à la certificabilité des aéronefs futurs) :

- de l'avion plus électrique (augmentation de la tension des réseaux, usure des câbles et appareils de coupure) ;
- de nouvelles géométries d'aéronef : drones, dirigeables (zoning à redéfinir et manque de compréhension physique).

Le banc permettra d'observer les phénomènes foudre à des niveaux représentatifs, de valider les codes de simulations et de développer de nouveaux capteurs. Différentes ondes caractéristiques de la foudre pourront être générées. En 2023, l'acquisition d'un générateur (600 kV) de forme d'onde variable a finalisé l'investissement. De nouveaux moyens d'instrumentation ont également été mis en œuvre (caméras rapides et spectroscopie large spectre) en 2024.





3,02 M€

MOSTRA

(montant total de 3,02 M€)

département matériaux et structures

Le projet « Microscopie d'Objets Sensibles avec des Tensions d'accélération Réduites et les Aberrations corrigées » (MOSTRA) porte sur l'acquisition, avec le CNRS, d'un Microscope Electronique en Transmission cathode froide (30 – 200 kV), en remplacement de deux microscopes vieillissants qui ne seront plus maintenus.

Cet équipement de pointe profitera aux études d'alliages hautes performances, de revêtements alliages, de phases MAX et du traitement de greffage d'alliages de cristaux non linéaires, de suies aéronautiques, et du graphène et d'hétérostructures van der Waals au (Feuilles de route 2.1 *Motorisation plus efficace à émissions réduites et 10.4 Matériau numérique*). La Région Île-de-France a consenti un cofinancement de 1 M€ dans le cadre du programme SESAME. Trois laboratoires du CNRS, dont le laboratoire CNRS/ONERA, le LEM (Laboratoire d'Etude des Microstructures), se sont engagés à hauteur de 320 K€.

MOSTRA a été construit en 2023 pour une réception au département Matériaux et structures du centre de Châtillon au premier semestre 2024.

ROSALI

(montant total de 2,10 M€)

département Optique théorique et appliquée

Le projet de recherche en observation et sondage atmosphérique par lidar (ROSALI) vise à concevoir des lidars pour réduire l'empreinte climatique du secteur aérien (Feuille de route 2.3 Impact environnemental et clima-



2,10 M€

tique) et maîtriser la scène optronique et aérologique pour la Défense (Feuille de route 4.1 Capteurs embarqués pour l'observation de la Terre et de l'activité anthropique).

Le premier objectif repose sur la conception de 3 lidars démonstrateurs : un lidar vent moléculaire toute altitude pour la mesure de champ de vent en amont d'un avion, un lidar aérosol multi-spectral pour la caractérisation des aérosols en vol (traînées de condensation) et au sol (émissions moteurs), et un lidar combiné CO₂ & vent (mesure de flux) pour la mesure à distance des émissions de CO₂ de zones aéroportuaires, urbaines ou industrielles.

Le second objectif repose sur la conception de deux lidars démonstrateurs haute performance pour la caractérisation des propriétés radiatives de l'atmosphère (diffusion et absorption des aérosols) et des propriétés dynamiques (champ de vent) : un lidar vent cohérent, notamment pour la levée de risque du système vent du porte-avion de nouvelle génération, et un lidar aérosols HSRL (High Spectral Resolution Lidar) pour caractériser le lien optique sol-espace, évaluer les émissions et la furtivité de moteurs et missiles.

Par ailleurs, les besoins de collecte de données de mesure sur le terrain ont conduit à l'acquisition en 2022-2023 de 2 lidars commerciaux : un lidar vent bi-spectral et l'upgrade du lidar vent Leosphere.

Les composants des démonstrateurs et les équipements de laboratoire ont été définis et commandés. Les cinq lidars démonstrateurs ont été intégrés et mis en œuvre sur 2023-2024.

Priorités RSE de l'ONERA : Résultats de la consultation des parties prenantes

Dans le cadre de sa démarche de Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE), l'ONERA a interrogé ses parties prenantes en octobre 2024 afin de hiérarchiser les enjeux RSE prioritaires. Ces enjeux guideront la politique RSE de l'ONERA des prochaines années.

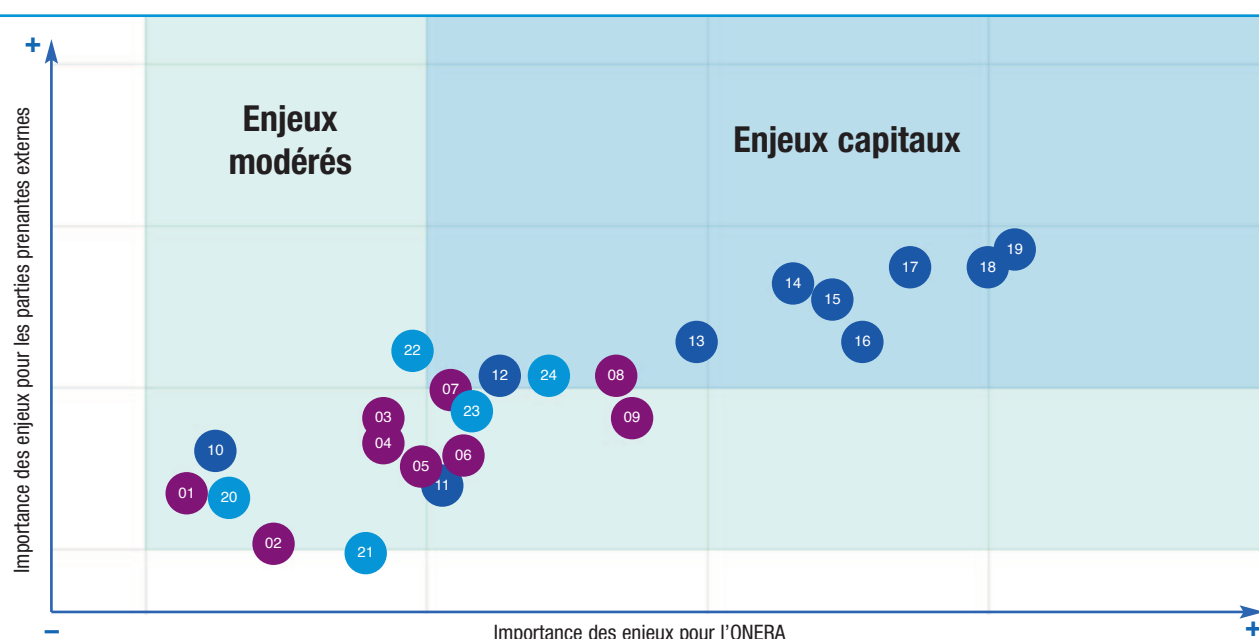
Identifier les enjeux au cœur de la politique RSE de l'ONERA

Pour réaliser cette analyse, un questionnaire portant sur 24 enjeux RSE a été diffusé aux parties prenantes internes et

externes de l'ONERA. Chaque enjeu a été évalué sur une échelle de 1 à 4 afin d'en mesurer l'importance.

Les résultats ont ensuite été représentés sous la forme d'une matrice qui hiérarchise les enjeux les plus stratégiques, parmi lesquels :

- la souveraineté nationale ;
- la décarbonation du transport aérien ;
- l'innovation scientifique ;
- la compétitivité de l'industrie aérospatiale et de défense ;
- l'accès performant et sûr à l'espace ;
- l'intégrité scientifique.



Employeur responsable

- 01 - Développement territorial
- 02 - Communication responsable
- 03 - Achats responsables
- 04 - Efficacité économique
- 05 - Numérique responsable
- 06 - Réduction des inégalités
- 07 - Gouvernance responsable
- 08 - Appui des talents
- 09 - Qualité de vie et sécurité au travail

Acteur de l'innovation aérospatiale

- 10 - Partenariats
- 11 - Science ouverte
- 12 - Écoconception
- 13 - Éthique
- 14 - Intégrité scientifique
- 15 - Compétitivité de l'industrie aérospatiale et de défense
- 16 - Accès performant et sûr à l'espace
- 17 - Innovation scientifique
- 18 - Décarbonation du transport aérien
- 19 - Souveraineté nationale

Empreinte environnementale

- 20 - Biodiversité
- 21 - Mobilité durable des salariés
- 22 - Gestion durable des ressources
- 23 - Déchets industriels et alimentaires
- 24 - Appui des talents

Une large participation des parties prenantes de l'ONERA

Au total, 291 parties prenantes internes (salariés, managers, membres du COMEX) et 101 parties prenantes externes (Ministères, DGA, clients et partenaires industriels et institutionnels, communauté scientifique nationale et internationale, fournisseurs) se sont exprimées dans le cadre de cette enquête. Cette forte participation témoigne de l'intérêt porté à cette

démarche et assure la pertinence des résultats obtenus. L'ONERA remercie l'ensemble des salariés et parties prenantes externes qui se sont prêtés à cet exercice important. Grâce à cette identification des priorités, l'ONERA peut désormais définir sa future politique RSE, afin de répondre aux attentes de ses parties prenantes.

Tous les grands programmes aérospatiaux civils et militaires
en France et en Europe portent une part de l'ADN de l'ONERA :
Ariane, Airbus, Falcon, Rafale, missiles,
hélicoptères, moteurs, radars...

Avions
Hélicoptères
Propulsion des aéronefs
Transport spatial
Systèmes orbitaux
Missiles
Drones
Systèmes de défense
Sécurité



En 2023, l'audit de certification a conduit au
renouvellement pour 3 ans de la certification
ISO 9001:2015 de l'ONERA



6, chemin de la Vauve aux Granges
91120 Palaiseau – France – tél. : +33 1 80 38 60 60

www.onera.fr