

RAPPORT ANNUEL

2019

ONERA

THE FRENCH AEROSPACE LAB

Sommaire

- 3** L'ONERA en bref
- 4** Éditorial du président
- 6** Temps forts
- 8** Entretien avec le nouveau DTG
- 10** Témoignage DLR
- 12** Témoignage DSO
- 14** Témoignage IFAR
- 16** Chiffres clés
- 18** Ressources humaines
- 20** Prix et distinctions
- 22** Faits marquants
- 24** Défense
- 28** Aéronautique
- 32** Espace
- 36** Simulation expérimentale
- 38** Simulation numérique
- 40** Valorisation



L'ONERA : le centre français de recherche aérospatiale



L'ONERA, acteur central de la recherche aéronautique et spatiale, emploie environ 2000 personnes. Placé sous la tutelle du ministère des Armées, il dispose d'un budget de 237 millions d'euros, dont plus de la moitié provient de contrats commerciaux. 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

2019 a été marquée par des progrès enregistrés sur tous les plans, parfois même de manière spectaculaire. La visite de la ministre des Armées, Florence Parly, le 10 janvier, largement rapportée dans le rapport annuel 2018, en a donné le coup d'envoi. En termes de reconnaissance de notre excellence, d'abord. La médaille de l'aéronautique à titre collectif que nous avons eu l'honneur de recevoir de ses mains en est la première illustration. Nous sommes particulièrement fiers des quatre scientifiques primés par l'Académie des sciences, de la lauréate du « John J. Grenn Award » décerné par l'ICAS, des trois doctorantes de l'ONERA ayant obtenu une bourse Amélia Earhart (sur 30 octroyées dans le monde) du Zonta international, des trois équipes récompensées par les « best paper awards » de l'EREA, soit la totalité du palmarès, et de tous les autres prix et récompenses remportés par nos scientifiques et nos doctorants. Ce sont autant d'illustrations, parmi beaucoup d'autres que je vous invite à découvrir dans ce rapport annuel, qui montrent à quel point notre excellence scientifique est reconnue aux plans national et international.

Cette reconnaissance est également visible dans les rapports parlementaires lorsqu'ils abordent la question de la contribution de l'ONERA au secteur aérospatial civil et militaire. Cette reconnaissance rejillit sur chaque salarié de l'ONERA, et nous en sommes tous très fiers. Elle est aussi un véritable atout pour affronter l'adversité, ce que je vérifie tous les jours alors que je rédige ces mots en pleine crise du COVID-19 et que les salariés de l'ONERA, exemplaires, répondent présent aux côtés de nos partenaires.

Sur le plan financier, les annonces exceptionnelles faites par Madame la Ministre Florence Parly en début d'année sur le projet de regroupement de nos activités en Île-de-France et la modernisation des souffleries ont permis de lancer ces deux opérations structurantes pour l'ONERA. Je tiens à la remercier à nouveau pour ces marques de reconnaissance et de confiance. Je salue également l'avancée opérée par notre tutelle, qui vise à porter à 110 M€ la subvention pour charges de service public en 2020 et 2021 (au lieu de, respectivement, 106 M€ et 107 M€). Cet accroissement va permettre de

comblent partiellement le décrochage des rémunérations intervenu par rapport au reste du secteur. C'est donc un signal fort de reconnaissance qui fait écho à notre excellence tant scientifique que technologique. C'est aussi une contribution appréciable pour accroître notre attractivité dans un marché de l'emploi tendu pour tout le secteur aérospatial.

Outre notre positionnement au meilleur niveau mondial, 2019 a mis en évidence de très bons résultats économiques, puisque l'ONERA affiche pour cette année 2019 un bénéfice net comptable de 9,7 M€, en forte hausse par rapport à 2018 (2,6 M€). Nos prises de commandes s'élèvent à 124 M€, certes un peu moins qu'en 2018 (126 M€), mais à un niveau toujours proche des plus hauts historiques. Cette année en effet, la diminution des commandes pour des essais en souffleries (14 M€, contre 28 M€ en 2018) a pu être compensée par un accroissement des commandes passées aux départements de recherche, en particulier dans le domaine de la défense. Le renforcement de nos liens avec les régions s'est traduit par un effort accru en matière d'accompagnement de nos investissements scientifiques, dont le plus significatif vient de la région Occitanie, avec un financement de 10 M€ sur une nouvelle plateforme expérimentale de 14 M€, significatif de l'intérêt accru de nos activités à l'échelle des territoires.

Enfin, 2019 a été une « année Bourget », et notre stand a, une nouvelle fois, rencontré un grand succès ; le salon aura notamment constitué une occasion de nouer de nouveaux partenariats internationaux. Cette ouverture internationale, soulignée plus haut dans sa dimension scientifique, est aussi illustrée dans ce rapport annuel par les témoignages de Pascale Ehrenfreund, présidente du DLR, Serguei Chernyshev, président de l'IFAR, et Cheong Chee Hoo, président du DSO. ■

Le ministère des Armées soutient L'ONERA



MINISTÈRE
DES ARMÉES

Visite de la ministre des Armées, Florence Parly

En janvier 2019, la ministre faisait cinq annonces montrant que le gouvernement fait confiance à l'ONERA pour préparer le ciel de demain. Sur le volet financier : une enveloppe exceptionnelle de 160 millions d'euros pour le regroupement des trois centres d'Île-de-France sur le plateau de Saclay, et le prêt de 47 millions d'euros par la Banque européenne d'investissement pour moderniser les souffleries. Puis, la révision du COP* a été évoquée pour la première fois. Enfin, deux éléments différents mais tous deux remarquables : la médaille de l'aéronautique remise à l'ONERA, et la fameuse prime de Noël décidée par le président de la République en décembre 2018.

* Contrat d'objectifs et de performances

La tutelle a annoncé son intention d'augmenter la subvention à 110 M€

Une augmentation qui représente 7 M€ supplémentaires par rapport aux deux dernières années du COP, qui prévoyait 106 M€ puis 107 M€. Il s'agit d'un premier élément de réponse pour prendre en compte les problématiques humaines mises en avant par l'ONERA.

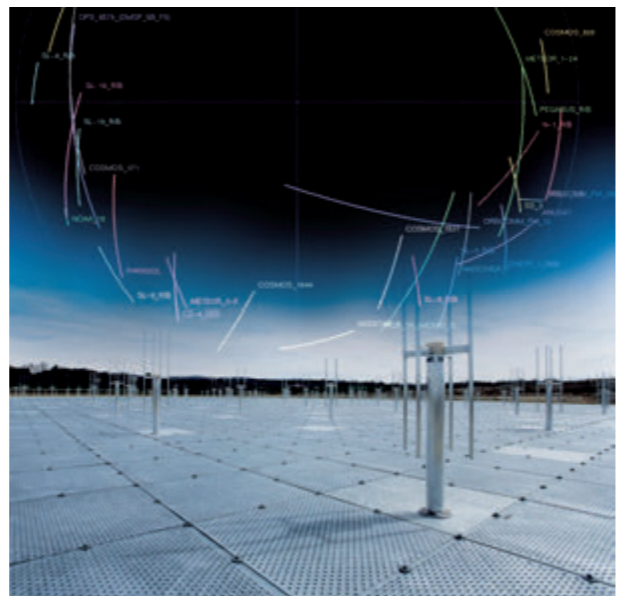
Ces problématiques avaient d'ailleurs été relevées par les parlementaires, qui ont appelé, en juillet et à l'automne 2019, à une révision du COP de l'ONERA, afin que les moyens qui lui sont alloués soient en adéquation avec les défis qu'il est tenu de relever.

L'ONERA, partenaire majeur de la nouvelle stratégie et doctrine spatiale de défense

Le 25 juillet 2019, sur la base de Lyon Mont Verdun, la ministre des Armées, Florence Parly, a détaillé les axes de la nouvelle doctrine spatiale de défense, annoncée quelques jours avant par le président de la République, et dans laquelle l'ONERA a un important rôle à jouer.

Parmi les trois axes de la nouvelle stratégie, le volet capacitaire concerne directement l'ONERA, avec un nouveau programme d'armement « Maîtrise de l'espace ». La ministre a évoqué le successeur du système de surveillance de l'espace de l'ONERA Graves, et les lasers de puissance, un autre domaine « où l'expertise de l'ONERA et son excellence scientifique sont reconnues et seront, à n'en pas douter, mises à contribution ».

L'ONERA était d'ailleurs exposant aux Universités d'été de la Défense, avec une maquette de son système de surveillance spatiale Graves, à la demande de la DGA.



Bourget : des innovations technologiques au cœur des enjeux du secteur aérospatial

Pour cette 53^e édition, l'ONERA jouait parfaitement son rôle d'expert pour l'État, et de pont entre recherche amont et appliquée pour l'industrie, avec six thématiques sur les problématiques actuelles du secteur. Le travail de l'ONERA a d'ailleurs particulièrement intéressé : on compte cinq signatures de coopérations internationales (le DLR, la JAXA, le CNRC, la NASA et l'EREA) et 110 retombées presse (dont M6, Figaro TV, France Info, Europe 1 ou RFI).



Prêt exceptionnel de la Banque européenne d'investissement

Comme annoncé par la ministre des Armées, Florence Parly, lors son déplacement à Palaiseau le 10 janvier 2019, l'ONERA et la BEI ont signé, en avril 2019, un prêt de 47 M€, pour rénover le parc de souffleries le plus important en Europe. Signé à Modane-Avrieux, à l'occasion d'une visite des grandes souffleries, ce financement leur est alloué dans le cadre de l'Initiative européenne de défense et de sécurité. Il est le premier que la BEI accorde en Europe à un organisme de défense. Il va permettre de consolider les infrastructures des souffleries et de moderniser les instruments de métrologie. Ce prêt est un gage de soutien fort pour l'ONERA.



La vision de l'ONERA pour préparer le futur ; parution des feuilles de route

Tout ce qui vole en France et en Europe est passé, de près ou de loin, entre les mains de l'ONERA. Et demain ? Quelles pistes scientifiques suivre pour préparer le ciel du futur ? L'ONERA a dévoilé en 2019 son recueil *La feuille de route scientifique et technologique de l'ONERA* pour expliciter les dix

thématiques qu'il entend creuser. Drones, spatial militaire, respect de l'environnement, intelligence artificielle, système de combat aérien : autant de thématiques pour lesquelles l'ONERA propose une stratégie scientifique, déclinée dans ce document. En tant qu'expert étatique et expert pour l'industrie aérospatiale et de défense, sa mission est, en effet, d'anticiper et de prendre une certaine part de risque en explorant des thématiques nouvelles, voire audacieuses.

« Nous avons un programme pragmatique qui se décline autour de trois grands axes : la mise en œuvre des feuilles de route, le renforcement des aspects système et l'affirmation du rôle d'expert étatique de l'ONERA. »



Entretien avec Franck Lefèvre, nouveau directeur technique général de l'ONERA

De quels atouts disposez-vous pour accompagner les différents départements de l'ONERA ?

Je suis entré à l'ONERA en 2009 pour prendre la direction du département optique, puis en 2017, j'ai pris la direction des programmes défense : ce parcours m'a permis d'avoir une connaissance fine, à la

fois des problématiques des départements, mais aussi des interlocuteurs externes de l'ONERA. En tant que directeur des programmes de défense, j'avais une vision programmatique, et des interactions étroites et nombreuses avec l'industrie et les principaux donneurs d'ordre de l'ONERA.

Vous connaissez donc bien l'ONERA, mais vous avez aussi d'autres expériences antérieures ?

Je n'ai en effet pas réalisé l'ensemble de ma carrière à l'ONERA, puisque j'ai fait mes armes dans l'industrie tout d'abord, dans le domaine de la vision nocturne bas niveau de lumière, au sein de l'entreprise appelée aujourd'hui Photonis. Après une thèse en physique de l'état solide, j'ai intégré la société Safran/Sagem au sein du laboratoire de R&D pour les systèmes de vision, de guidage et de navigation infrarouge. Cette expérience industrielle m'a ouvert, en 2002, les portes de la DGA, au sein de la direction des systèmes de force et de la prospective. Passé par la Mission pour la recherche et l'innovation technologique (MRIS), où je me suis occupé plus particulièrement des relations européennes et internationales, je me suis construit ainsi, au fil des années, une solide culture aéronautique et défense.

Quel sera votre premier grand chantier en tant que directeur technique général ?

Je souhaite être très proche des départements ainsi que des trois directions programmes, pour amorcer des actions rapidement. En ligne de mire de mes préoccupations : les feuilles de route, qui offrent un cadre scientifique et technique structurant pour les années à venir, et surtout, qui dressent la liste des objectifs à atteindre ainsi que les futurs partenariats que l'ONERA entend nouer. Ce dernier point est important, car je souhaite que les départements puissent s'appuyer sur des partenariats offrant des cadres contractuels de coopération à la fois simples à mettre en œuvre et efficaces pour le suivi technique et financier des projets. Second point important pour les feuilles de route : elles

doivent vivre ! Le travail de déclinaison qui va être entrepris n'a pas vocation à être exhaustif et définitif. Les feuilles de route sont un fil rouge à nos travaux de recherche, mais elles ne couvrent pas la totalité de l'activité de l'ONERA. Et, *last but not least*, la vision très programmatique des feuilles de route n'exclut pas la créativité et l'esprit d'initiative. Les deux aspects sont complémentaires et s'inscrivent dans une dynamique pluridisciplinaire indispensable à l'approche système que je souhaite développer.

En quoi l'organisation de l'ONERA répond-elle au besoin des parties prenantes extérieures de l'ONERA ?

Notre vision ainsi que nos compétences « SYSTÈME », que je souhaite davantage développer, doivent permettre à l'ONERA de jouer un rôle majeur dans les futurs grands programmes des domaines aéronautique, espace et défense. La recherche amont est de plus en plus irriguée par ces grands programmes, et notre approche globale nous permettra, d'une part, d'obtenir de nouveaux contrats, et d'autre part, d'asseoir et de crédibiliser encore plus notre rôle d'expert étatique. Un programme pragmatique qui s'inscrit dans la droite ligne de la réorganisation de 2017 et se décline donc autour de trois grands axes : la mise en œuvre des feuilles de route, le renforcement des aspects système ainsi que l'affirmation du rôle d'expert de l'ONERA vis-à-vis de l'État.

Au-delà des aspects organisationnels, aussi importants soient-ils, pouvez-vous nous dire un mot sur les ingénieurs-chercheurs de l'ONERA ?

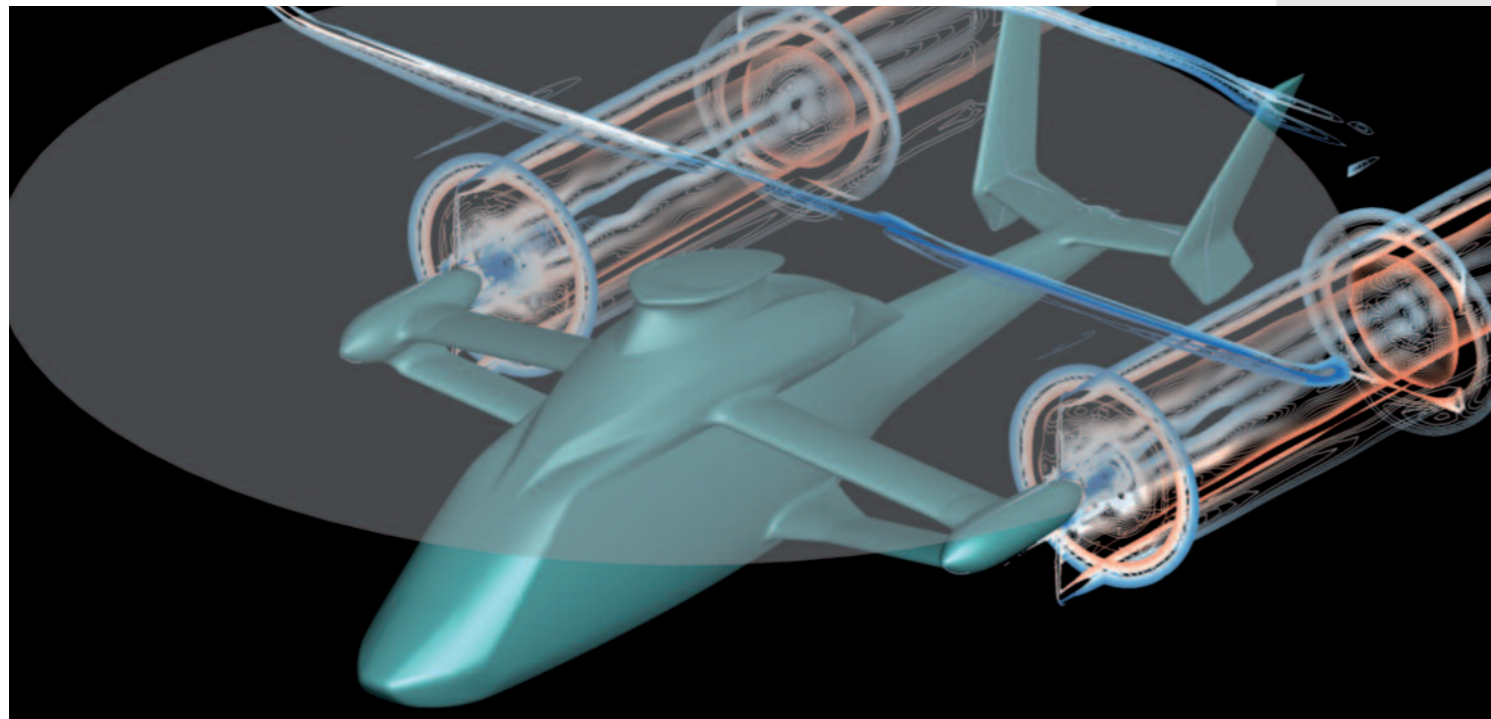
J'entends mettre particulièrement l'accent sur les ressources humaines qui devront être positionnées pour répondre aux enjeux de l'ONERA bien sûr, mais aussi de façon à soutenir les départements et les directions programmes sur de nombreux aspects : prospectifs, contractuels, juridiques et de recrutement, pour n'en citer que quelques-uns. Il est ainsi important de construire, en collaboration avec la DRH, un dispositif de suivi étroit de l'activité et des compétences acquises par les nouveaux embauchés durant leurs deux premières années, versus les critères qui ont présidé à l'ouverture des postes. Cela suppose également une réflexion de la part des départements, qui doivent penser les ouvertures de postes en fonction de leurs besoins à long terme, des travaux à engager et des compétences à acquérir. Il ne faut pas sacrifier les objectifs longs termes sur l'autel du court terme. L'exercice, aussi difficile soit-il, est essentiel pour le pilotage de l'activité des départements. Mon diagnostic est le suivant : les constantes de temps sont plus courtes qu'avant, ce qui exige que l'ONERA se donne les moyens d'être plus réactif pour rester dans la course. ■

Une relation privilégiée pour mieux s'ouvrir aux autres et faire avancer la recherche



Prof. Pascale Ehrenfreund,
présidente du directoire du Centre allemand
pour l'aéronautique et l'astronautique

Simulation aérodynamique du démonstrateur d'hélicoptère grande vitesse RACER (image ONERA)



What best characterises the bilateral partnership between DLR and ONERA?

We have long cooperated with France and French research institutes. This partnership with France is Europe's largest, and cooperation with ONERA forms a fundamental part of it. We have a long history of cooperation, in a number of fields of aeronautics including civil transport aircraft, measurement techniques, vibration tests for new aircraft, and a specific helicopter programme whose 20th anniversary we have just celebrated. New areas of cooperation have also recently been added, extending the scope of our partnership, particularly in the space field on themes such as new launcher concepts. In addition, the theme of artificial intelligence applied to aerospace is an important theme that features in the bilateral research agenda of both our countries.

On the European scene, what is the impact of this special relationship, particularly in the civil aeronautics field?

DLR and ONERA are both involved in the majority of European projects in the aeronautical field, and our chances of success are significantly increased when we share expertise and develop synergies. We are also heavily involved, alongside other European institutes, in EREA (the Association of European Research Establishments in Aeronautics), which serves both as a forum for discussion with the European Commission and a tool to coordinate the work of its different members. ONERA and DLR, which were among the association's founder members, have both on several occasions chaired the association, whose effectiveness and visibility is well-established.

Will the upcoming "Horizon Europe" framework programme change this relationship?

We are continuing to work with other European partners to defend the need to have a level of resources in the next framework programme suited to the needs of research centres. ESRE (the Association of the European Space Research Establishments), like EREA, is the physical embodiment of the desire to structure the research carried out by European institutions like ONERA and DLR. I have had the privilege of chairing ESRE for the last two years and ONERA will take over from 2020, further evidence that team work is the winning formula for our two organisations! ■

Qu'est-ce qui caractérise le mieux la relation de coopération bilatérale entre le DLR et l'ONERA ?

Nous avons une longue coopération avec la France et les acteurs de recherches français. Ce partenariat avec la France est le plus important en Europe, et la coopération avec l'ONERA y est structurante. Nous avons une coopération établie dans la durée, dans de nombreux domaines de l'aéronautique tels que les avions de transport civil, les techniques de mesure ou les tests de vibrations pour les nouveaux avions, et un programme spécifique sur les hélicoptères dont nous venons de célébrer les vingt ans. De nouveaux sujets de coopération ont également été récemment mis en place et viennent élargir notre périmètre du partenariat, en particulier dans le domaine du spatial, sur des sujets tels que les nouveaux concepts de lanceurs. Par ailleurs, le sujet de l'intelligence artificielle appliquée à l'aérospatial est un sujet important inscrit dans l'agenda de la recherche bilatérale entre nos deux pays.

Sur la scène européenne, quel est l'impact de cette relation privilégiée, en particulier dans le domaine aéronautique civil ?

Le DLR et l'ONERA sont tous deux présents dans la majorité des projets européens du domaine aéronautique, et nos chances de succès sont fortement augmentées lorsque nous sommes ensemble en raison de notre expertise et de notre complémentarité. Nous sommes aussi fortement investis, avec d'autres instituts européens, dans l'EREA, l'Association européenne des établissements de recherche dans l'aéronautique, qui est à la fois un vecteur de discussion avec la Commission européenne et un outil de coordination entre les différents membres. L'ONERA et le DLR, qui figuraient parmi les membres fondateurs de l'association, ont assuré à plusieurs reprises la présidence de l'association, dont l'efficacité et la visibilité ne sont plus à démontrer.

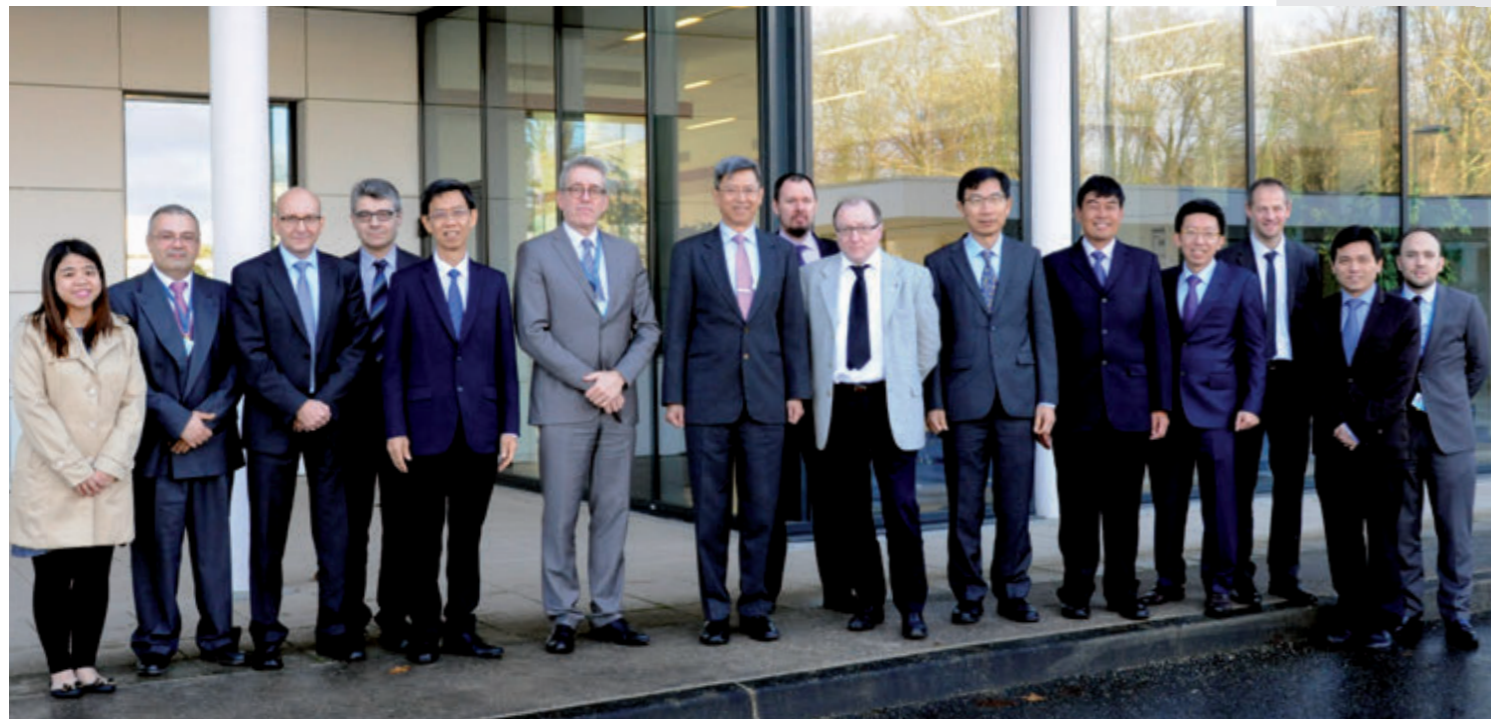
L'arrivée du nouveau programme-cadre « Horizon Europe » va-t-elle changer la relation ?

Nous continuons, avec d'autres partenaires européens, à défendre la nécessité d'avoir un niveau de ressources dans le prochain programme-cadre pour la recherche européenne en adéquation avec les besoins des centres de recherche. L'ESRE, l'Association européenne des établissements de recherches dans le spatial, à l'instar de l'EREA, rend visible la volonté de structurer la recherche menée par les établissements européens similaires à l'ONERA et au DLR. J'ai eu le privilège de présider l'ESRE ces deux dernières années, et l'ONERA prend le relais dès 2020 : encore un signe que le travail en binôme fonctionne entre nos deux organisations ! ■

D'une collaboration sur les radars à un laboratoire international de classe mondiale



M. Cheong Chee Hoo,
président de DSO National Laboratories à Singapour



How did you hear about ONERA and what ONERA represents for you?

Collaboration with ONERA started from early work in radar research. As a young DSO engineer back then working on radar development, I had the chance to work with ONERA on some of these radar projects. I was deeply impressed by the professionalism of ONERA researchers and the rigour of their work. Our collaboration with ONERA has come a long way. The strong partnership is evidenced by not only the growing number of collaborative projects, but also the many ideas seeded through fruitful interactions and lasting friendships forged between our researchers and engineers. ONERA is, and will continue to be, one of our key R&D partners.

Collaboration started with the radar area. What about the expectation on the enlargement of the area?

Over the years, DSO and ONERA have developed a close working relationship in radar research. By harnessing the rich experiences and deep expertise of both ONERA and DSO, we were able to advance topics of mutual interest quickly. In the same vein, our cooperation has expanded beyond radar research to tap on our collective strengths in new cutting edge technology areas. I look forward to deepen and broaden our cooperation further, and to transit valuable research outcomes into innovative solutions.

SONDRA is a unique model of alliance between our two countries. Could you brief on the benefit of this alliance?

With mutual interests and commitment to extend our collaboration to upstream research, SONDRA was set up in 2004. SONDRA is a research alliance born out of great synergies between the Centrale Supélec, ONERA, National University of Singapore (NUS) and DSO. NUS and Centrale Supélec are top notch academic institutions partnering in a double degree programme, whilst ONERA and DSO are like-minded defence research institutes pursuing rigorous applied research. By tapping on research talents and expertise from both countries, SONDRA has fostered a rich research environment for upstream R&D benefitting both countries. Today, SONDRA is a world-class centre for graduate education and research. Singapore and French researchers have regularly embarked on cross-exchanges since SONDRA's inception, and this has fertilised innovative research outcomes for both DSO and ONERA. I look forward to deepening our collaboration further. ■

Comment avez-vous entendu parler de l'ONERA, et qu'est-ce que l'ONERA représente pour vous ?

Notre collaboration avec l'ONERA a commencé lors des tout premiers travaux de recherche sur les radars. En tant que jeune ingénieur au sein du DSO, je travaillais à l'époque sur le développement des radars et j'ai eu la chance de collaborer avec l'ONERA dans le cadre de certains projets dans ce domaine. J'ai été extrêmement impressionné par le professionnalisme des chercheurs de l'ONERA et la rigueur de leur travail. Notre collaboration a depuis fait beaucoup de chemin. Ce partenariat solide se reflète non seulement dans le nombre croissant de projets de collaboration, mais également dans les échanges fructueux et les amitiés durables entre nos chercheurs et nos ingénieurs, qui débouchent sur de nombreuses idées. L'ONERA est et restera l'un de nos principaux partenaires en matière de R&D.

Cette collaboration a débuté dans le cadre du périmètre Radar. Peut-on s'attendre à voir ce périmètre s'élargir ?

En mettant à profit la vaste expérience et la grande expertise de l'ONERA et du DSO, nous avons pu faire avancer rapidement des sujets d'intérêt mutuel. Dans la même veine, notre coopération s'est étendue au-delà de la recherche sur les radars afin de tirer parti de nos atouts conjugués dans de nouveaux domaines technologiques de pointe. Je m'attends à voir cette coopération s'approfondir et s'élargir, avec une transition des recherches vers des solutions innovantes.

SONDRA est un modèle unique d'alliance entre nos deux pays. Pouvez-vous expliquer ses avantages ?

L'alliance SONDRA est née en 2004 de l'existence d'intérêts mutuels et de la volonté d'étendre notre collaboration à la recherche académique. C'est une alliance de recherche issue de grandes synergies entre Centrale Supélec, l'ONERA, la National University of Singapore (NUS) et le DSO. Instituts universitaires de premier plan, la NUS et Centrale Supélec se sont associés pour proposer un programme de double diplôme. L'ONERA et le DSO sont quant à eux des instituts de recherche de défense partageant les mêmes vues et poursuivant une recherche appliquée exigeante. En tirant parti des talents et de l'expertise des deux pays en matière de recherche, l'alliance SONDRA favorise un environnement de recherche propice à la R&D amont au bénéfice des deux pays. Aujourd'hui, SONDRA est un centre d'enseignement supérieur et de recherche de premier plan au niveau mondial. Et, depuis sa création, les nombreux échanges entre chercheurs singapouriens et français ont permis de dynamiser la recherche et de mettre au point des innovations pour le DSO comme pour l'ONERA. Je me réjouis d'approfondir encore davantage notre collaboration. ■

Enjeux du domaine aéronautique : échanger pour avancer



Prof. Sergey L. Chernyshev,
président de l'IFAR et directeur scientifique de TsAGI



Could you briefly comment on what is IFAR and when ONERA came in?

IFAR, the International Forum for Aviation Research, is the world's only aviation research establishments network. IFAR aims to connect research organizations worldwide, to enable the information exchange and to develop a shared understanding on challenges faced by the global civil aviation research community. IFAR develops views and recommendations, on future research strategies and facilitates partnerships. IFAR focuses on non-competitive research and development related to global technical challenges such as those pertaining: emission, noise, safety, efficient operations and steps to reduce the impact of aviation on climate and the environment. IFAR aims also on exchange, education and promotion of youth scientists. ONERA is a major partner of IFAR since its Establishment in 2008 and hosted the 2nd IFAR summit in Paris (2011).

IFAR has been created to foster bilateral and multilateral collaboration. How would you describe the relevance of ONERA in that respect?

Among the 26 IFAR partners, ONERA is one of the most active in terms of generating new ideas, topics and the working approach. The French aerospace Lab provides its scientific leadership in many cooperation endeavors. For the last decades ONERA has been collaborating with DLR, NASA, JAXA, etc. and certainly TsAGI, addressing various challenges in aeronautics such as flight safety, greener aviation, next generation supersonic transport and focusing on some common research and technology priorities for instance, icing, noise, flow control technologies, new structure concepts. ONERA participation in IFAR activities is vital for the success of our organization. We, all the members are learning from each other and I would like to say that ONERA's rich experience in fostering international cooperation inspire us. ONERA is very pro-active in developing IFAR members common view on various existing global challenges: aviation impact on climate change, urban air mobility, greener aviation, faster than sound air travel, etc. No doubt that ONERA should be one of the key players for the framework of Horizon Europe.

And what about the bilateral cooperation between TSAGI and ONERA?

We are very proud of the wonderful history of ONERA and TsAGI cooperation that goes back to the 1960s, when the first generation of supersonic aircrafts Concorde and Tupolev Tu-144 were about to make their maiden flights. Over half a century ago two research centers established joint ONERA-TsAGI scientific seminar that is still alive. The seminar format was reshaped in 2001 to, not only present new scientific results, but also to discuss research priorities for cooperation. The leadership of our centers and scientists get together to meet once a year in France or in Russia. ■

Pourriez-vous décrire brièvement l'IFAR et les débuts de votre collaboration avec l'ONERA ?

L'IFAR, le Forum international pour la recherche aéronautique, est le seul réseau mondial d'établissements de recherche aéronautique. Il vise à mettre en relation les organismes de recherche du monde entier et à permettre l'échange d'informations, afin d'arriver à une prise de conscience collective des enjeux actuels de la recherche en aviation civile. L'IFAR émet des avis et des recommandations sur les stratégies de recherche futures et facilite les partenariats. Il se place par-delà de toute considération concurrentielle et se concentre sur les défis techniques, notamment : les émissions, le bruit, la sécurité, l'efficacité opérationnelle et la réduction de l'impact de l'aviation sur le climat et l'environnement. Enfin, l'IFAR favorise l'échange et la formation des jeunes scientifiques. Partenaire majeur de l'IFAR depuis sa création en 2008, l'ONERA a organisé le deuxième sommet de l'IFAR à Paris, en 2011.

L'IFAR a été créé dans le but de promouvoir la collaboration bilatérale et multilatérale. Comment décririez-vous l'action de l'ONERA à cet égard ?

Parmi les vingt-six partenaires de l'IFAR, l'ONERA est l'un des plus actifs, que ce soit comme force de proposition (d'idées et de thèmes) ou en termes d'approche de travail. Le laboratoire aérospatial français apporte son leadership scientifique dans le cadre de nombreuses coopérations. Au cours des dernières décennies, l'ONERA a entre autres collaboré avec le DLR, la NASA, la JAXA et, bien sûr, le TsAGI. Nous avons collaboré sur la sécurité du vol, les enjeux environnementaux ou la prochaine génération de transport supersonique, pour dégager des priorités communes, par exemple dans les domaines du givrage, du bruit, des technologies de contrôle des flux ou encore des nouveaux concepts de structure. La participation de l'ONERA aux activités de l'IFAR est essentielle à la réussite de notre organisation. Tous les membres apprennent les uns des autres, mais je voudrais souligner que l'ONERA nous inspire particulièrement avec sa très grande expérience en coopération internationale. Il ne fait aucun doute que l'ONERA se doit d'être l'un des principaux acteurs pour relever ces défis dans le cadre d'Horizon Europe.

Et qu'en est-il de la coopération bilatérale entre le TsAGI et l'ONERA ?

Nous sommes très fiers de la collaboration entre l'ONERA et le TsAGI, commencée dans les années soixante, à l'époque des premiers vols de la toute première génération d'avions supersoniques Concorde et Tupolev Tu-144. C'était il y a plus d'un demi-siècle... et le séminaire scientifique commun ONERA-TsAGI est toujours actif aujourd'hui. Son format a été remanié en 2001 afin de présenter les nouveaux résultats scientifiques, mais aussi pour débattre des priorités et des possibilités de coopération. Les responsables de nos centres et les scientifiques se réunissent une fois par an en France ou en Russie. ■

Chiffres clés 2019



INVESTISSEMENTS
33,1 M€
(23,2 M€ en 2018)

se répartissant en :

- **24,45 M€** pour les opérations courantes ;
- subventions exceptionnelles : **2,14 M€** de la DGA pour les travaux de confortement de la grande soufflerie de Modane, et **0,63 M€** pour le projet PRISME du rassemblement des trois centres d'Île-de-France.

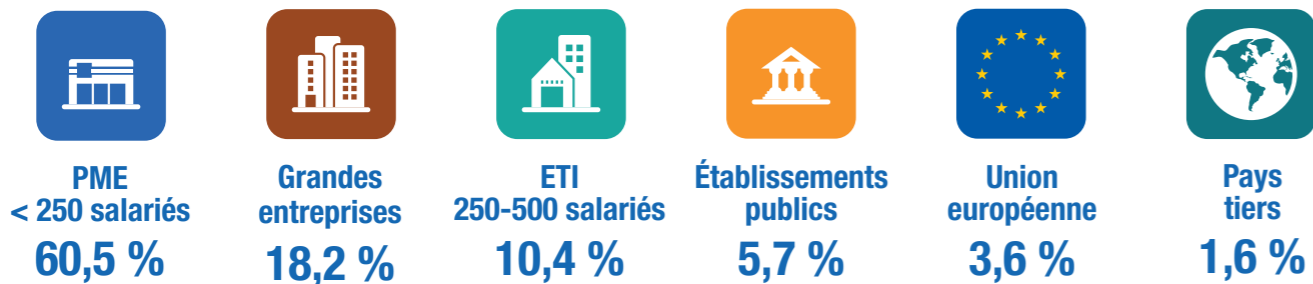
La Banque européenne d'investissement (BEI) a octroyé un prêt exceptionnel de **5,88 M€** pour le programme ATP de modernisation des souffleries.

ACHATS

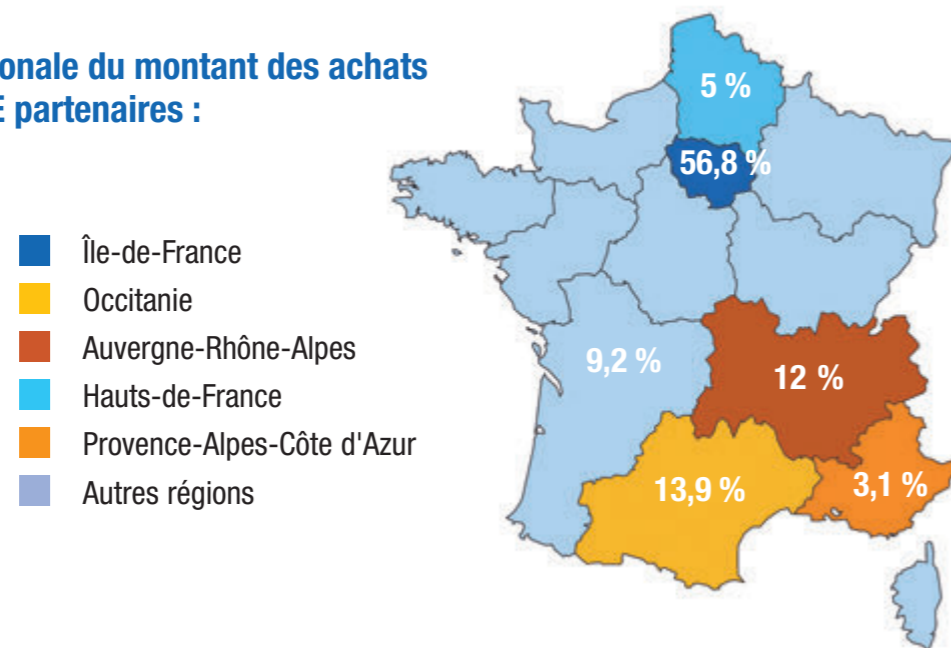
L'ONERA travaille majoritairement avec des PME dans tous ses centres, toutes régions confondues.

En 2019, l'ONERA a contractualisé avec 1 776 PME (1 730 en 2018).

Répartition du montant des achats par type d'entreprise en 2019 :

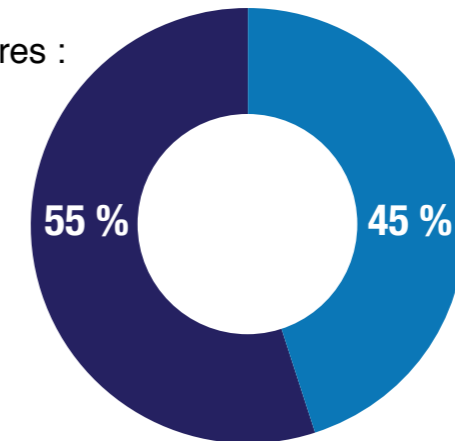


Répartition régionale du montant des achats auprès des PME partenaires :



BUDGET
237 M€

Ressources propres :
132 M€

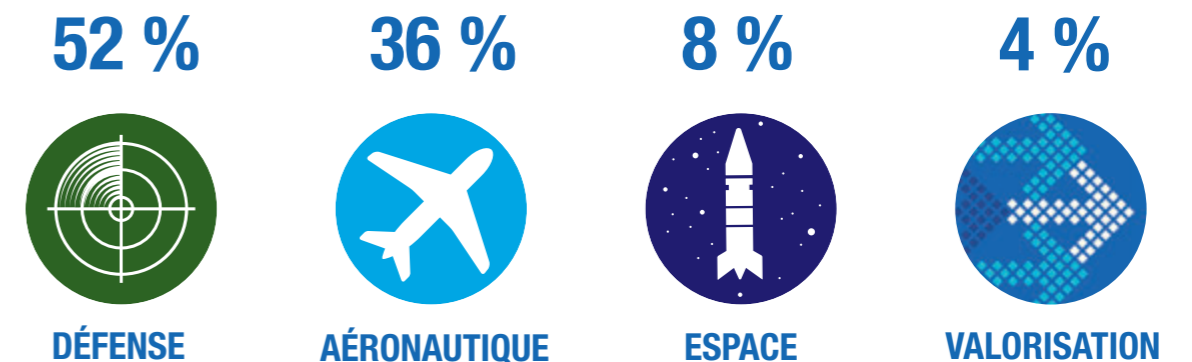


Subvention pour charge de service public :
105 M€

Résultat de l'exercice :
9,7 M€

Prises de commandes :
124 M€

Répartition des activités contractuelles par finalité :



Femmes et hommes de l'ONERA

1 968 collaborateurs

1 504 ingénieurs et cadres

298 doctorants

25 post-doctorants

223 stagiaires

25 % de femmes

Index égalité femmes-hommes : 89/100

**171 recrutements,
dont 123 ingénieurs et cadres**

**315 communications dans des congrès
à comité de lecture**

**243 publications dans des journaux
à comité de lecture**

1 068 rapports techniques

87 thèses soutenues

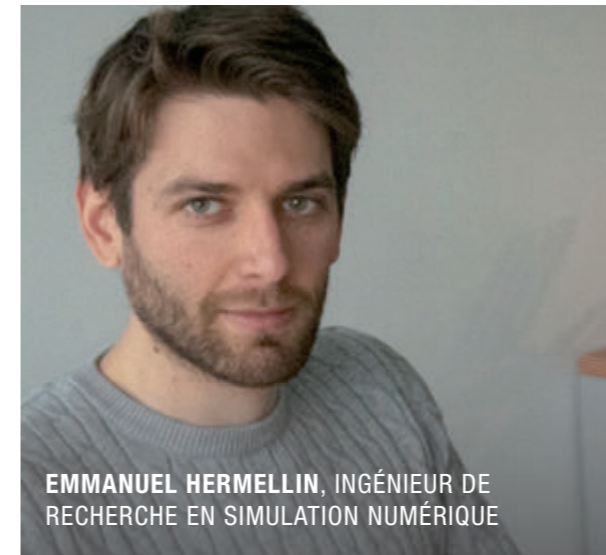
12 habilitations à diriger des recherches soutenues

102 habilitations à diriger des recherches

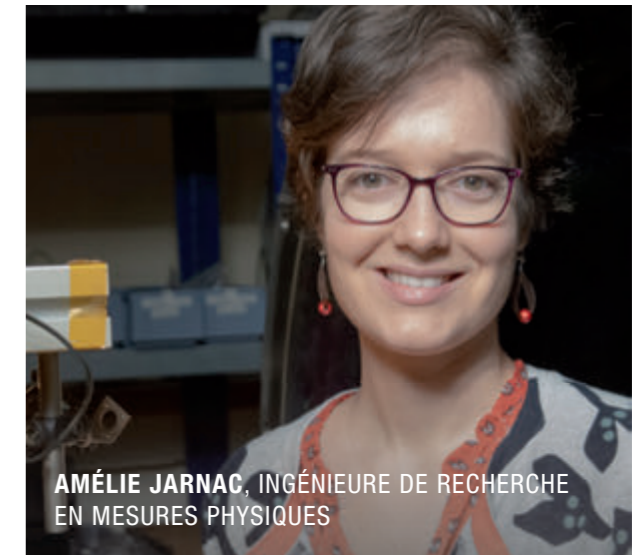
**7 770 heures d'enseignement par an dans les
grandes écoles et les universités**

Choisir la recherche

Recherche amont ou recherche appliquée ? Essais expérimentaux ou essais numériques ? Expert étatique ou partenaire des industriels ? Île-de-France ou province ? Les deux, mon capitaine ! C'est bien le positionnement atypique de l'ONERA qui le rend attractif pour les nouveaux embauchés, et attachant pour les scientifiques déjà en poste. Deux témoignages de choix de carrière :



EMMANUEL HERMELLIN, INGÉNIEUR DE RECHERCHE EN SIMULATION NUMÉRIQUE



AMÉLIE JARNAC, INGÉNIEURE DE RECHERCHE EN MESURES PHYSIQUES

« Le secteur de l'aérospatial m'a toujours intéressé, et lorsque, pour des raisons familiales, j'ai cherché un poste en Île-de-France, je me suis souvenu que mon stage de *master* dans le centre ONERA de Salon-de-Provence m'avait beaucoup plu. J'y avais apprécié le réel travail de recherche que j'avais mené pour faire évoluer un code de calcul. Ce sont d'ailleurs les doctorants qui m'avaient fait découvrir la démarche et le déroulé d'un travail de recherche, la collaboration étant omniprésente à l'ONERA.

Le processus de recrutement s'est ensuite déroulé assez classiquement, entre tests avec la DRH et entretiens avec les responsables scientifiques. Je veux souligner le très bon *feeling* que j'ai eu avec l'ensemble de mes interlocuteurs, en particulier le directeur scientifique du domaine Traitement de l'information et systèmes, qui m'a confirmé qu'à l'ONERA, la recherche fondamentale avait toute sa place ! Oui, il y a des délais à respecter pour les industriels, mais les études amont sont indispensables, puisqu'il y a toujours une étude scientifique derrière une livraison contractuelle. Et, chose primordiale à mes yeux, j'ai su que je pourrai enseigner.

Aujourd'hui, je n'ai pas encore l'habilitation défense, son instruction étant en cours, mais je fais plein de choses différentes ; être en support de plusieurs personnes dans plusieurs départements scientifiques est très stimulant. Les besoins sont différents, mais à chaque fois, le dénominateur commun est galvanisant : les travaux préparent les technologies spatiales de demain. Par exemple, je travaille sur le SpaceLab, qui fédère les experts métiers et les utilisateurs autour d'une plateforme logicielle commune. Il s'agit de développer ou d'intégrer les nombreux outils de conception, simulation et suivi de mission, ainsi que de capitaliser le savoir-faire ONERA dans le domaine spatial au sein d'une plateforme unique. »

« Mon parcours a débuté dans le milieu académique, avec un post-doctorat à l'université de Lund, en Suède, puis au Synchrotron SOLEIL. J'ai ensuite cherché un poste lié à la recherche dans l'écosystème scientifique français. Au sein de celui-ci, l'ONERA proposait une offre d'emploi sur son site internet, et j'ai tenté ma chance ! Plusieurs entretiens ont alors suivi avec les différents niveaux hiérarchiques scientifiques : à chaque fois, j'ai ressenti une réelle ouverture d'esprit et des personnes à l'écoute qui cherchaient "quelqu'un qui a fait autre chose".

Au-delà de cette dimension humaine très positive, j'ai découvert un environnement de travail stimulant, avec une instrumentation de pointe, comme la balance Micronewton pour les micropropulseurs de satellites ou le banc expérimental GRIFON dédié à la foudre. Ces moyens ne se trouvent pas partout. La gestion des projets, qui couvrent plusieurs niveaux de maturité technologique, est également très motivante. Le positionnement de l'ONERA me correspond bien, entre recherche exploratoire, par laquelle on peut approfondir les connaissances fondamentales, et recherche à visée applicative. Je suis au tout début de mon expérience à l'ONERA, mais, en observant l'émulation dans le travail en équipe, l'expertise pointue des ingénieurs, les problématiques de recherche sociétales et l'organisation en départements qui encourage les collaborations, je m'y retrouve parfaitement. »

Vague de prix sans précédent



De gauche à droite :
Manuel Rodrigues,
M^{me} Touboul,
Laurent Mugnier,
Denis Sipp et
Pierre Touboul



Prix Paul Doistau-Émile Bluet à **Denis Sipp** pour ses recherches en aérodynamique, qui se situent au meilleur niveau mondial. Ses recherches fondamentales sur les instabilités hydrodynamiques et leur contrôle ont un impact profond sur notre compréhension de la transition vers la turbulence.

Prix Lazare Carnot à **Laurent Mugnier** pour le développement de puissantes méthodes de déconvolution d'images permettant l'exploitation optimale de coûteux instruments, tels le Very Large Telescope européen ou le futur James Webb Telescope dans l'espace.



PRIX DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quatre scientifiques de l'ONERA se sont vu récompensés par l'Académie des sciences, prestigieuse institution dont la mission consiste à encourager l'esprit de recherche pour contribuer aux progrès des sciences et de leurs applications.

Prix Servant à **Pierre Touboul** et **Manuel Rodrigues** pour leur contribution majeure à la mission Microscope : ils ont développé l'instrument T-SAGE qui a permis d'éprouver la théorie de la relativité générale dans l'espace.

Prix de thèses

PRIX AMÉLIA EARHART

Trois doctorantes ONERA ont reçu ce prix, décerné par le club Zonta International, pour leurs travaux de thèse.

Marine Ruffenach, pour sa thèse sur la modélisation de capteurs de protons, afin d'étudier une gamme d'énergie encore peu observée, grâce à des détecteurs plus légers, plus précis et moins énergivores, qui pourront, à terme, être miniaturisés pour être embarqués sur des nanosatellites ou cubesats.

Eva Borakiewicz, dont la thèse CIFRE est financée par Airbus, pour son parcours et sa thèse sur le développement d'une méthode permettant de prédire virtuellement la propagation des dégâts sur les matériaux composites stratifiés des avions. L'objectif est d'améliorer les logiciels de simulation numérique.

Jahnvi Kantharaju, pour sa thèse sur l'analyse expérimentale de la dynamique des structures tourbillonnaires qui se forment dans les écoulements de jets. Les domaines applicatifs sont la propulsion et la combustion.

Cécile Ghouila-Houri, doctorante en aérodynamique entre 2015 et 2018, a reçu le prix de thèse de la Fédération de recherche CNRS transports terrestres et mobilité.



Les lauréates. Photo du haut, Marine Ruffenach, deuxième en partant de la droite.
Photo du bas : Jahnvi Kantharaju et Eva Borakiewicz.

Rémi Roncen et **Florian Monteghett**, doctorants respectivement en acoustique des matériaux poreux et aéro-acoustique numérique, sont lauréats du prix de thèse 2019 de la Fondation Isae-Supaero.

Thibault Désert a reçu le prix Pierre Maury de l'Académie des sciences de Toulouse pour sa thèse « Étude aéropulsive d'un micro-drone à voilure tournante pour l'exploration martienne ».

Autres prix scientifiques

Valérie Rialland, spécialiste des signatures infrarouges, a reçu, avec son groupe OTAN AVT-232, l'*AVT Team Panel Excellence Award* de la STO – organisation scientifique et technologique de l'OTAN – pour ses travaux sur l'aérothermochimie des jets de propulseur, l'émission infrarouge des jets, des surfaces et des cavités des aéronefs.

Pierre Bourdon, spécialiste de l'éblouissement laser, a reçu, avec son groupe OTAN SET-198, un *Scientific Achievement Award* pour ses travaux sur l'éblouissement laser de l'œil dans le visible.

Yoko Watanabe, lauréate du prix ICAS *John J. Green Award*, destiné aux jeunes professionnels du domaine aéronautique qui ont contribué à promouvoir la coopération internationale entre scientifiques. Yoko a été coordinatrice du projet EU-Japon H2020 VISION (amélioration de la tolérance aux pannes des avions).

Jean-Philippe Parmentier a reçu la *Carl. E Baum Memorial Medal* (Summa Foundation, USA) pour ses travaux sur la topologie électromagnétique.

Louise Sévin a reçu le prix des journées CNES Jeunes chercheurs pour « Matériaux ultra-haute température : optimisation thermomécanique composite FGM », et **Laurie Paillier** pour « Modèles de canal de propagation avec optique adaptative pour les liens optiques satellite-sol ».

Le *GARTEUR Award*, décerné au groupe de travail AD/AG52 pour ses travaux sur le thème « *Surrogate model based global optimization methods in aerodynamic design* », récompense **Gérald Carrier**, **Jacques Peter** et **Didier Bailly**, de l'ONERA, pour leur implication.

Best paper Awards

En 2019, l'ONERA a été sur les trois marches du podium du *Best Paper Award* EREA.

Fulvio Sartor et **Julien Dandois** pour « *CFD Benchmark of Active Flow Control for Buffet Prevention* ».

Jean-Marc Biannic et **Clément Roos** pour « *Robust Autoland Design by Multi-Model H ∞ Synthesis with a Focus on the Flare Phase* ».

Timothée Achard et **Christophe Blondeau** pour « *High-Fidelity Aerostructural Gradient Computation Techniques with Application to a Realistic Wing Sizing* ».

Rodrigo Caye Daudt a reçu le *Best Student Paper* du *workshop EarthVision* pour l'article « *Large Scale Computer Vision for Remote Sensing Imagery* ».

Michael Lienhardt a reçu le *Best Paper Award* pour son article « *Static Analysis of Featured Transition Systems* ».

Vincent Corbas et **Anthony Bourdelle** ont reçu le *Best Student Paper Award* des sessions respectives *Propulsion Physics* et *Flight Physics* du congrès EUCASS 2019.

Distinctions

Jean Leger, secrétaire général de l'ONERA, a été fait chevalier dans l'ordre national du Mérite.

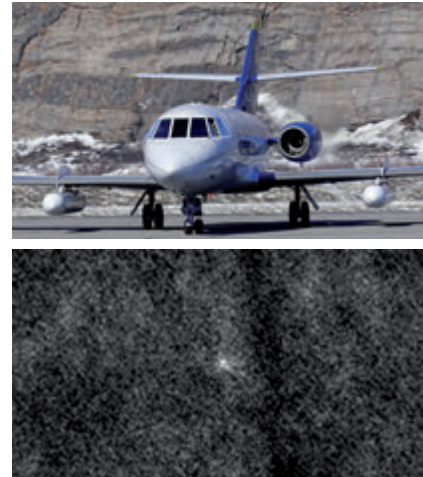
Franck Lefèvre, directeur technique général de l'ONERA, a été fait chevalier dans l'ordre de la Légion d'honneur.

Stéphane Andrieux, directeur scientifique général de l'ONERA depuis 2015, fait partie des seize nouveaux membres de l'Académie des technologies élus en décembre 2018 et décorés en mars 2019.

Annick Loiseau a été nommée au Comité des programmes scientifiques du CNES au titre de son expertise dans les nanosciences et les nanomatériaux, selon l'arrêté signé par la ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, et la ministre des Armées.

Nicolas Bérend (membre émérite), **Claudine Besson**, **Anne Denquin** et **Denis Gely** (membres seniors) ont été distingués lors de la cérémonie des grades 3AF (Association aéronautique et astronautique de France).

Bruno Chanetz a été désigné président du Haut conseil scientifique de la 3AF.



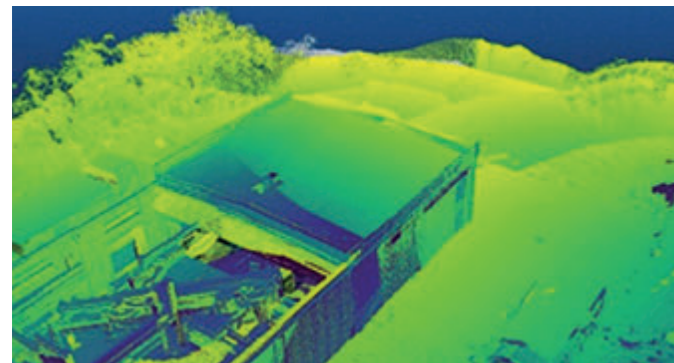
Crash aérien | aider le BEA grâce au système de détection ONERA

L'ONERA s'est mobilisé auprès du Bureau d'enquêtes et d'analyses (BEA) d'Airbus et Engine Alliance pour retrouver le *fan hub* de l'A380 au Groenland. Alors qu'une première campagne de recherche visuelle par hélicoptère n'a retrouvé que les éléments légers restés en surface,

les plus lourds s'étant enfoncés dans la glace puis ayant été recouverts de neige, l'ONERA a proposé son radar SETHI (système expérimental de télédétection hyperfréquence imageur), système aéroporté dédié à l'imagerie rassemblant des capteurs SAR à hautes performances et des capteurs optroniques. En février 2019, après dix mois d'efforts, le *fan hub* a été retrouvé grâce à la localisation de trois points mis en évidence par les outils d'analyse développés pour l'occasion par l'ONERA.

Mathématiques appliquées | un nouveau laboratoire

Le laboratoire de mathématiques appliquées à l'aéronautique et au spatial a été créé pour fédérer la communauté des mathématiciens et numériciens de l'ONERA, et favoriser la mutualisation des travaux. Cette discipline intervient dans tous les domaines de la physique et joue un rôle de premier plan dans l'élaboration des outils de simulation numérique. Il s'agit d'intervenir en amont du développement des codes de calcul, pour concevoir des méthodes et des algorithmes encore plus performants, et augmenter significativement les capacités de simulation des départements.



Drones | imagerie laser 3D haute résolution embarquée

Dans le cadre du projet européen INACHUS, dont le but est d'évaluer les dommages et de planifier les secours après une catastrophe par des méthodes et outils d'aide à la localisation de victimes sous les décombres, l'ONERA a développé des solutions de drones multi-rotors équipés d'imagerie laser 3D et les traitements associés. Avec succès, une expérimentation a permis d'obtenir de premières cartographies temps réel par LiDAR 3D, un travail qui servira à planifier le déploiement des secours et l'évaluation des dommages structurels, pour prioriser leur intervention et optimiser les délais d'assistance.

ONERA TERRISCOPE

Télédétection aéroportée | inauguration de la plateforme Terriscope



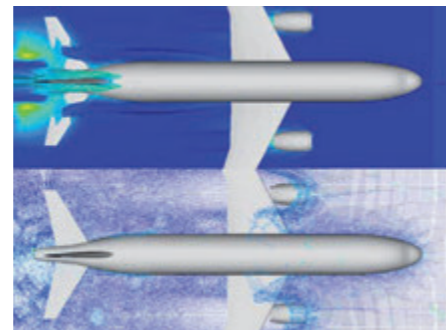
Terriscope est une plateforme mutualisée de recherche en télédétection optique aéroportée pour la caractérisation de l'environnement et des surfaces continentales à partir d'avions et de drones, utilisant des capteurs optiques de dernière génération. Ce moyen unique de télédétection optique passive et active intéresse aussi bien les recherches scientifiques que les travaux liés à la surveillance, la sécurité et la défense. En soutien à l'apport de l'ONERA, la plateforme a été financée à hauteur de 4,7 M€ par la région Occitanie, dont 2,3 M€ de fonds européens FEDER, et a reçu le soutien de quatre industriels : LYNRED, BOREAL, M3 SYSTEMS et LEOSPHERE.



Matériaux | simulation haute fidélité des chambres de combustion

Le calcul d'une portion de chambre de combustion comportant 1 200 micro-perforations a été réalisé dans le cadre du projet SEMAFOR (Simulation et

caractérisation ExpériMentAle de la FissuratiOn en plasticité géneRalisée) de l'Agence nationale de la recherche. Ces nouvelles simulations haute fidélité permettront aux industriels d'affiner le design des chambres de combustion. Le comportement, d'une chambre en superalliage de cobalt, soumise à des températures extrêmes, a été simulé avec le code de calcul Z-set codéveloppé par l'ONERA et le Centre des matériaux de Mines ParisTech.



Dynamique des structures | simulations numériques d'amerrissage

Un modèle de la structure d'un avion court et moyen-courrier a été développé dans le cadre du projet ADAWI (collaboration ONERA-

DLR) pour réaliser des simulations d'amerrissage. Il a permis de mettre en évidence des différences sur le comportement global de l'appareil. Cette coopération se poursuit au travers du projet RADIANT (*Robust Aircraft Ditching Analysis*), qui vise à simuler l'amerrissage d'un avion générique sur différents états de mer. Une part importante du projet est également consacrée à la validation des simulations au travers de comparaisons avec différents résultats expérimentaux produits à l'ONERA.

Simulation numérique | l'ONERA rejoint le consortium sur le traitement des incertitudes

Ce consortium de développement de la bibliothèque logicielle *open source* OpenTURNS permet le traitement des incertitudes en simulation numérique. Il est également composé d'EDF, d'AIRBUS, d'IMACS et de PHIMECA, et pourra favoriser les échanges et les bonnes pratiques dans une communauté de chercheurs, mutualiser les outils, et valoriser les résultats. La participation de l'ONERA au développement s'inscrit dans l'axe « Incertitudes » du laboratoire de mathématiques appliquées de l'ONERA.



Optimisation multidisciplinaire | l'ONERA contributeur d'un logiciel de la NASA

XDSMjts, bibliothèque permettant la visualisation de processus MDO (*MultiDisciplinary Optimization*), développée par l'ONERA en *open source*, vient

d'être intégrée dans la dernière version du *framework open source* OpenMDAO de la NASA Glenn. OpenMDAO est utilisé par l'ONERA pour la conception d'avant-projets d'avions et de lanceurs. Cette intégration prolonge la collaboration tissée depuis plusieurs années avec la NASA Glenn et l'université du Michigan dans ce domaine, et confirme l'ONERA comme contributeur majeur à OpenMDAO.

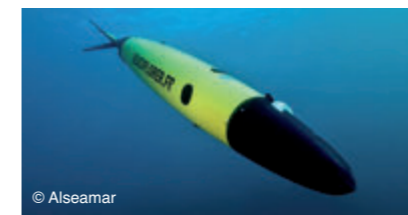
Innovation | un nouveau moyen de mesure de champ électromagnétique

Le brevet « Composant sensible pour dispositif de mesure de champ électromagnétique par thermofluorescence, procédés de mesure et de fabrication correspondants » a été déposé conjointement par l'ONERA, l'INSA et le CNRS. Il concerne le développement de la technique EMVI pour la cartographie d'environnements électromagnétiques et consiste à mesurer l'échauffement d'un film résistif par thermofluorescence. Les applications visées sont la caractérisation d'antennes et l'évaluation de champs électriques ou magnétiques dans une large bande de fréquences.



Propulsion distribuée | premier vol d'une maquette d'aéronef à huit propulseurs

En octobre 2019, le démonstrateur à propulsion distribuée, développé dans le cadre de la chaire CEDAR (*Chaire for Eco-Design of Aircraft*), a effectué son premier vol et vérifié, en conditions réelles, ses systèmes embarqués et ses caractéristiques de vol. Ce démonstrateur volant s'inscrit dans le cadre d'une thèse co-encadrée par l'ONERA et l'Isae-Supaero. Objectifs : proposer une méthode de co-design pour à la fois concevoir les lois de commande des moteurs et dimensionner la dérive, tout en respectant des contraintes de qualité de vol et de sûreté. Elle vise aussi à donner un point de comparaison avec une solution éprouvée en vol sur démonstrateur.



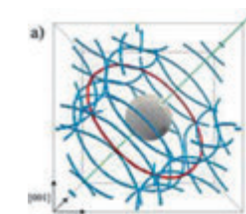
Drones | gestion de missions centralisée

Trois planeurs sous-marins Seaexplorer de la société Alseamar ont été pilotés par un système centralisé de

gestion de missions développé par l'ONERA. Pour pallier les incertitudes de positionnement, leur puissance limitée et leur déplacement aléatoire en raison de la diversité de leurs missions (défense, industrie et environnement), une expérimentation en conditions réelles a été menée pour tester les premières stratégies de supervision et de planification. Elle montre la possibilité de diminuer la charge des pilotes humains de planeurs sous-marins tout en augmentant l'efficacité des missions multidozons en termes de durée, d'énergie et d'utilisation des charges utiles.

Événement | première conférence aérospatiale internationale par l'ONERA et l'université Paris-saclay

En novembre 2019, l'ONERA, l'université Paris-Saclay et la Northeastern University, avec le soutien de l'université fédérale de Toulouse, organisaient une conférence scientifique franco-américaine – *Future of Innovation in Aeronautics and Aerospace* – avec un double objectif : permettre aux chercheurs et aux enseignants de présenter leurs recherches, identifier des sujets de collaboration, et discuter des opportunités de partenariats, avec l'industrie également, sur le plan national ou international.



Physique des matériaux | modélisation du passage isostatique à chaud

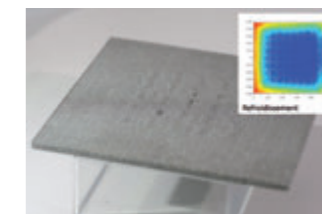
La sécurité des vols dépend en partie de la fiabilité des moteurs d'avion, notamment des aubes de la turbine de la partie chaude. Pour améliorer leur résistance, elles sont solidifiées

sous forme de monocristaux de superalliages base nickel, des éléments qui comportent des microporosités, réduisant de façon importante leur durée de vie. Ce défaut peut être éliminé par passage isostatique à chaud, un procédé réalisé à très hautes températures, pouvant endommager les aubes. Dans le cadre du projet européen MICROPORES-HIP, financé par l'ANR et la DFG*, l'ONERA a modélisé la contribution de l'activité plastique à l'annihilation des porosités. Le modèle permet ainsi de reproduire le comportement complexe des dislocations. * Fondation allemande pour la recherche

Composites | de la science ONERA dans un logiciel



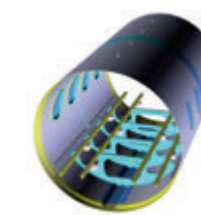
En matière de matériaux et structures, l'ONERA possède de nombreuses compétences numériques et participe au développement de plusieurs logiciels tels que Z-set et Europlexus. Il fait en outre un usage avancé de codes industriels (Abaqus, MSC Nastran, suite Hyperworks d'Altair) et réalise de nombreux développements de logiciels métiers autour de ces codes. Le dernier né, co-développé par l'ONERA, est le logiciel Cetim* QSD, fruit de plusieurs années de recherche commune pour la fabrication de structures composites thermoplastiques. Il est dédié à l'optimisation des structures composites stratifiées. * Centre technique des industries mécaniques



Moteurs du futur | matériaux transpirants pour les chambres de combustion

Dans le cadre du projet MOSART, financé par la DGA, et mené avec Safran, SIMaP et SinterTech, l'ONERA

a conçu et caractérisé des matériaux poreux obtenus par fabrication additive. L'application visée est le remplacement des parois multi-perforées des chambres de combustion aéronautiques. Les essais aérothermiques ont démontré une amélioration de l'efficacité de refroidissement en zone d'attaque. Les perspectives pourraient être une élaboration des matériaux par LBM (*Laser Beam Melting*) avec l'avantage d'une plus grande finesse des architectures poreuses engendrant un refroidissement plus efficace. Il a été sélectionné « projet phare » par l'Agence nationale de la recherche.



Électromagnétique | fin du projet européen EPICEA sur les composites

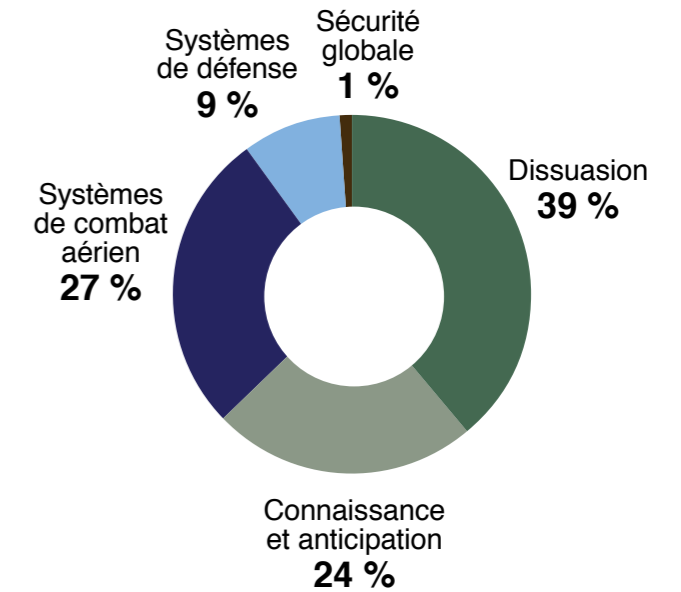
Ce projet, dont l'ONERA est le coordinateur européen, traite la problématique des effets des environnements sévères de type électromagnétique, issus des radiations cosmiques sur les structures

aéronautiques composites et de la modélisation de leurs effets sur les systèmes. L'ONERA a porté ses efforts autour du couplage électromagnétique sur des faisceaux de câblages complexes et l'étude de concepts d'antennes à faible empreinte, installés dans des structures massivement composites. Une plateforme de modélisation a été réalisée, et les développements ont été appliqués et validés par comparaison à des mesures sur un tronçon de fuselage de *business jet*, mis à disposition par Bombardier Aerospace et équipé d'un câblage prototype réalisé par Fokker Elmo.

Défense

L'innovation au service de la Défense

L'excellence scientifique, la pluridisciplinarité de ses équipes et une excellente connaissance du besoin opérationnel font de l'ONERA un véritable « outil d'innovation » au service de la Défense. Qu'il s'agisse d'innovations technologiques ou système répondant aux besoins des forces, de levées de risques au profit de la BITD française ou d'expertise au service des programmes d'armement, l'ONERA est au service de la Défense dans sa globalité.



Répartition des activités défense de l'ONERA en 2019



Lutte anti-drones : l'ONERA coordinateur d'un projet transverse

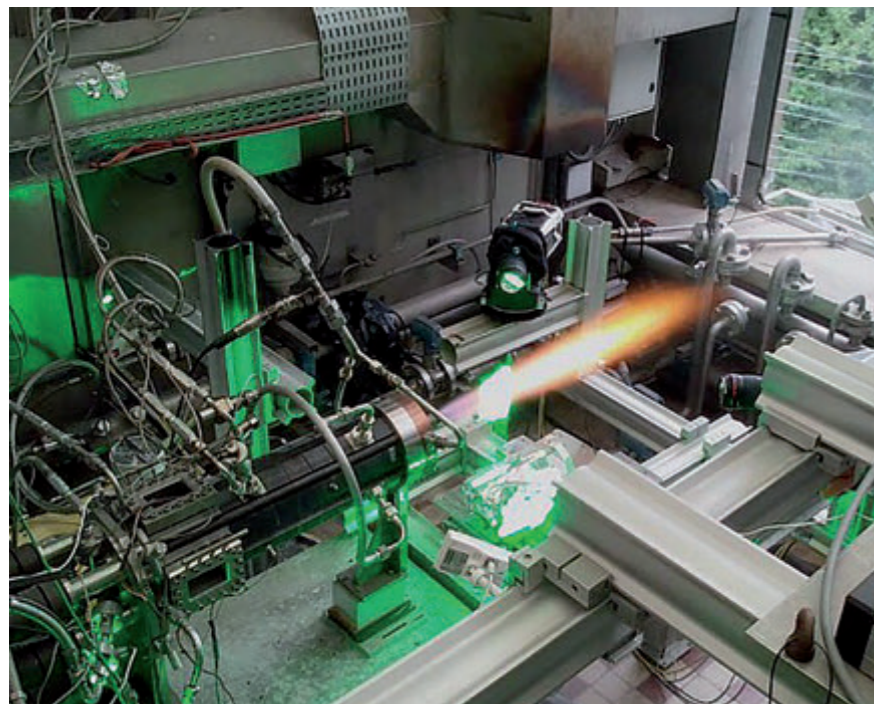
L'ONERA a lancé, en janvier 2019, le projet de R&D SHIELD, qu'il coordonne. D'une durée de deux ans, il intéresse l'ensemble de la communauté lutte anti-drone nationale, tant civile que militaire. L'objectif : monter une plateforme permettant d'étudier et d'évaluer de nouvelles technologies dédiées à la détection et à la neutralisation de drones. Les défis consistent à identifier et améliorer les capteurs, à évaluer les architectures de fusion et à innover dans les traitements, pour proposer un système complet et adapté à la neutralisation du drone.

Quatre départements scientifiques de l'ONERA sont impliqués : les départements « optique », « électromagnétique et radar », « traitement de l'information et systèmes », et « aérodynamique ».



Premier système européen de surveillance spatiale GRAVES : l'ONERA modernise encore le système

La DGA a demandé à l'ONERA une dernière montée de version du système, afin de le porter à ses performances maximales. Unique en Europe, il permet à l'Armée de l'air de suivre les satellites en orbite basse (1 000 km). À la suite de la phase de rénovation du site de réception de 2016 à 2019, cette nouvelle étape se porte sur le site d'émission. Ce procédé par étapes permet de garantir à l'Armée de l'air et au nouveau Commandement de l'espace la continuité de la mission de surveillance, sans altérer la détection. Pour accroître les performances, la DGA a en effet sélectionné l'option de réalisation la plus ambitieuse, proposée par les scientifiques de l'ONERA grâce à des outils et moyens de calcul exceptionnels.



Alerte avancée : aboutissement du projet ONERA « Signatures de missiles balistiques »

Le projet de recherche SIMBA – signatures infrarouge et radar de missiles balistiques – s’est achevé sur un bilan très positif, salué par l’ensemble des partenaires. Ce projet interdisciplinaire a permis de fournir les éléments d’un modèle de signature infrarouge et radar de jet de missile balistique, utilisé pour dimensionner et analyser les performances d’un futur système d’alerte. Notamment, différentes campagnes expérimentales ont été menées sur les bancs de l’ONERA : caractérisation des jets réactifs supersoniques par des mesures infrarouges, PIV (*Particle Image Velocimetry*), PLIF OH (*Planar Laser Induced Fluorescence of OH*) et images multi-spectrales de propergols en combustion, ainsi que de la simulation numérique, afin de réaliser les premiers calculs de jets réactifs et de leurs signatures infrarouge et radar.

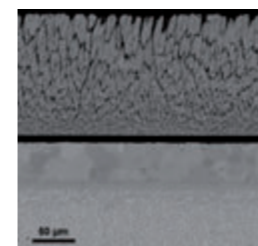
Renseignement militaire : succès de la campagne de tests Sysiphe

La version 3.5 de MATISSE, code de référence pour la simulation numérique de l’environnement des scènes de combat, a été livrée à la DGA. Incluant de nombreuses données (profils atmosphériques, nuages, aérosols, fonds...), ce code est utilisable facilement pour les calculs d’ingénierie. Il est également intégrable dans les simulations et prévisions de performances. MATISSE est, par exemple, utilisé pour les programmes de missiles, ainsi que dans l’outil de génération de scène utilisé par la DGA.



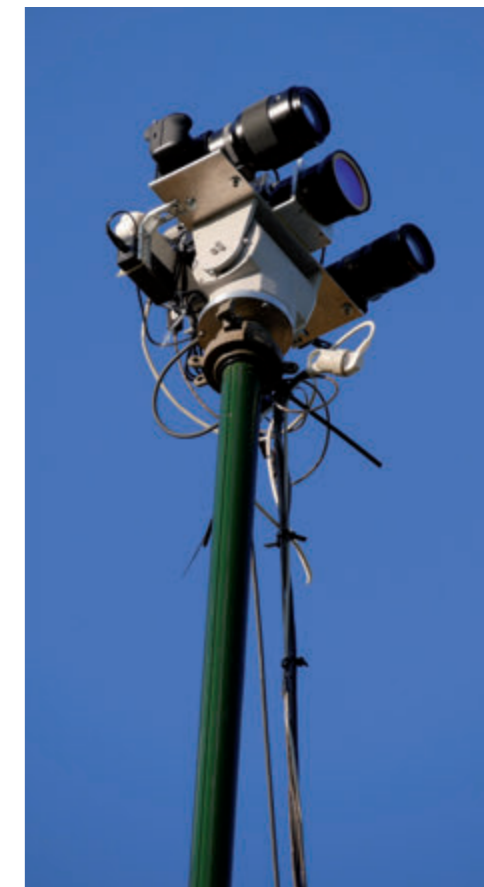
Optronique : succès de la campagne de mesures EVALOP

Financée par la DGA, cette campagne, menée à Djibouti, avait pour objectif l’acquisition d’images visibles couleur et proche infrarouge de personnels et véhicules, militaires et civils, armés ou non, en milieu désertique. Les tests ont été menés sur des scénarios similaires aux scénarios opérationnels. Ils ont nécessité le développement de moyens de modélisation de performance, de moyens de simulation d’images et de moyens d’évaluation en laboratoire ou sur le terrain. La base de données permettra de valider le moyen de modélisation en comparant les portées données par la métrique de perception aux scores subjectifs obtenus grâce à des expériences psycho-visuelles impliquant les experts du terrain.



Matériaux chauds : nouveau système pour aube de turbine

Financé par Safran Aircrat Engines de 2016 à 2019, le projet AGATHE (*Advanced Gas Turbine with High Efficiency*) s’inscrit dans le cadre du projet DGA TURENNE (Turbine et RÉgulation de Nouvelle gÉNération), qui vise à développer les technologies des turbines de nouvelle génération des moteurs d’avion de combat du futur (nouvelle version du Rafale et SCAF), notamment le nouveau système matériau pour aube de turbine haute pression. L’ONERA a proposé six nouvelles nuances monocristallines de superalliage à base de nickel, performantes mécaniquement à très haute température et résistantes à l’environnement. Un nouvel alliage ainsi qu’une nouvelle composition de barrière thermique sont d’ores et déjà intégrés dans le nouveau matériau pour aube de turbine HP de dernière génération, qui sera évalué lors d’essais moteurs dans le cadre d’un nouveau marché DGA.



Environnement électromagnétique : un ballon captif pour le mesurer

Pour faire face à la densité accrue d’émissions électromagnétiques, les forces armées doivent trouver des moyens de détection et de localisation optimisés et innovants. Le projet CERBERE, conduit par Ineo Défense et l’ONERA pour la DGA, a pour objectif de démontrer les performances d’une solution ROEM (Recueil du renseignement d’Origine ÉlectroMagnétique) sur un porteur de type ballon captif.



En juin 2019, lors de la campagne d’essais, l’ONERA a étudié l’ensemble des aspects du porteur et conçu les réseaux d’antennes et certains algorithmes de traitements spécifiques, capitalisés par Ineo Défense dans la charge utile. L’ONERA a également pris en charge

toute la logistique des essais et l’approvisionnement du porteur. Les résultats du projet seront pris en compte pour orienter les futurs programmes de renseignement et de guerre électronique conduits par la DGA au profit des armées.

Renseignement militaire : imagerie haute résolution par satellite

L’objectif de l’étude DGA OBSSAT (OBServation résolue de SATellites en orbite basse avec optique adaptative) est de démontrer, à l’aide du banc d’optique adaptative ODISSEE de l’ONERA et du télescope MeO de l’Observatoire de la Côte d’Azur, la possibilité de fournir des séquences vidéo de satellites en orbite basse, avec un niveau de qualité exploitable pour le renseignement militaire. Les améliorations du moyen ODISSEE et les algorithmes de post-traitement ont permis d’obtenir des vidéos d’une qualité excellente. Les performances du système expérimental permettent d’envisager une utilisation pour la surveillance de l’espace.

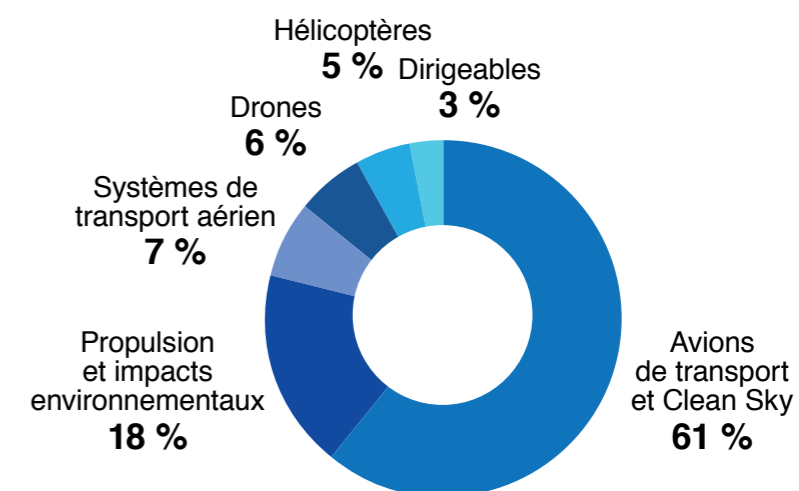
Lutte anti-drone : évaluation de techniques de deep learning

Dans le cadre de la thèse « Sélection et reconnaissance de drones par *deep learning* » co-encadrée par l’ONERA, une campagne de mesure de drones a été effectuée pour développer, en situation réelle, les techniques récentes des réseaux neuronaux en les adaptant à des signaux radars. Une dizaine de drones ont été utilisés, ainsi que de nombreux signaux d’oiseaux. En plus d’oiseaux communs, pour plus de réalisme, l’ONERA a travaillé avec des fauconniers afin de recueillir des signaux de faucons volant à des altitudes et des distances similaires aux drones.

Cette base de données est riche par sa diversité en termes de trajectoires (lignes droites, montées/descentes, cercles, pivots, trajectoires libres...), de météo, de signaux radars (polarisation HH/VV) et d’environnement (différentes hauteurs...). Elle permettra de développer les algorithmes de classification (distinguer les cibles entre elles – oiseaux/drones ou entre drones), mais aussi de simuler des signaux les plus réalistes possible par des méthodes de réseaux neuronaux.

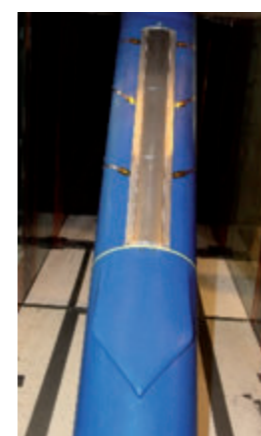
Préparer le ciel de demain

Au sein des activités en aéronautique civile, la part des travaux de l'ONERA sur la protection de l'environnement s'est accrue ; une tendance en adéquation avec la ligne affichée par les industriels, l'Europe ou les institutionnels, et avec les préoccupations sociétales actuelles.



Répartition des activités aéronautiques de l'ONERA en 2019

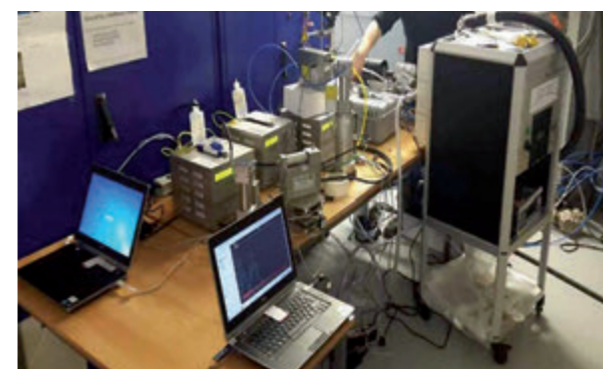
Aérodynamique : tests de contrôle de la couche limite



Pour la première fois, l'efficacité combinée d'un système passif d'anti-contamination et d'une aspiration active pariétale a été étudiée, lors d'une campagne de contrôle de la transition laminaire/turbulent sur la ligne de partage d'une aile. Les essais ont été menés en soufflerie dans le cadre du projet Nacor*, réponse commune de l'ONERA et du DLR à l'ITD (Innovative Technology Development) Airframe du programme Clean Sky 2. Les résultats de la campagne d'essais, fructueuse, vont nourrir toutes les activités sur la laminarité menées en Europe dans le cadre de Clean Sky 2.

tats de la campagne d'essais, fructueuse, vont nourrir toutes les activités sur la laminarité menées en Europe dans le cadre de Clean Sky 2.

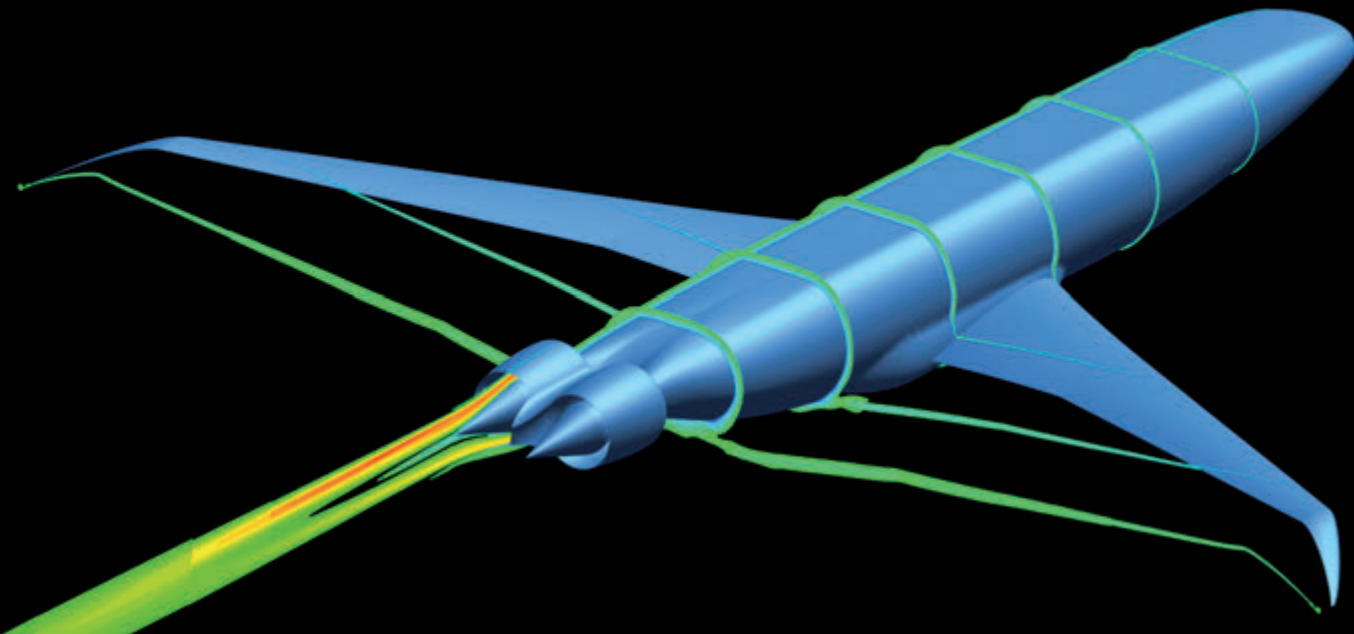
* *New Innovative Aircraft COnfigurations and Related issues*



SNCF-Altaméris Drosofilles

Drones : l'ONERA, acteur clé et référent national

L'ONERA est naturellement impliqué dans de nombreuses activités liées au domaine : convention PHYDIAS sur la sécurité des drones et convention CONCORDE sur les méthodes de conception et d'analyse pour les systèmes de drones et leur certification ; toutes deux à la demande de la DGAC. En 2019, grâce aux fonds du FEDER et de la région Occitanie, il a achevé la réalisation de la plateforme mutualisée de recherche en télé-détection optique aéroportée, Terriscope. Du côté des industriels, l'ONERA intervient, par exemple, dans le partenariat SNCF-Altaméris, DROSOFILLES, sur l'inspection des voies de chemin de fer. Divers autres projets, représentatifs de la multidisciplinarité de l'ONERA, concernent les domaines suivants : standardisation décollage/atterrissage, gestion des aléas, avioniques pour la sécurité, charges utiles, autonomie, etc.



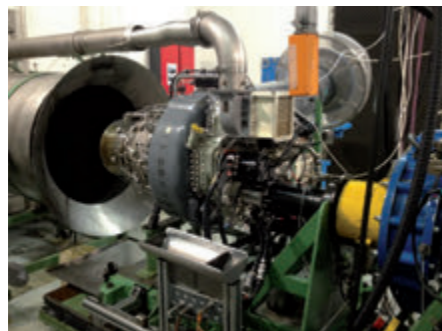
Installation motrice : configurations aéro-propulsives plus performantes

L'ONERA vient d'achever la deuxième phase du projet Nautilus, sous contrat direct Airbus, visant à évaluer son concept breveté d'installation motrice BLI*. Les travaux ont consisté à poursuivre la conception aérodynamique ainsi qu'à affiner la prévision du gain de rendement propulsif : l'optimisation de l'étage soufflante/redresseur a permis de limiter la dégradation de son rendement en présence de la distorsion générée par l'ingestion de la couche limite développée sur le fuselage. Ces travaux se poursuivront dans le cadre du projet européen Clean Sky 2 avec l'intégration d'autres disciplines telles que l'aéroélasticité et l'acoustique.

* *Boundary Layer Ingestion* (ingestion de couche limite)

Turbopropulseurs : concevoir une hélice

Safran a dévoilé le démonstrateur TechTP, équipé d'une hélice performante et silencieuse dessinée par l'ONERA. La contribution de l'ONERA dans le design de cette hélice de 2,5 m de diamètre, équipée de sept pales et du *spinner* a permis une forte réduction du bruit – 4,5 dBA – tout en conservant l'efficacité. Les émissions de CO₂ et la consommation de carburant seront inférieures de 15 %. Ces succès ont été obtenus grâce aux compétences de l'ONERA en aérodynamique, acoustique, matériaux et énergétique. Ces travaux ont été effectués dans le cadre du partenariat européen Clean Sky2, et plus particulièrement du projet ANTARES, coordonné par l'ONERA de 2017 à 2021.



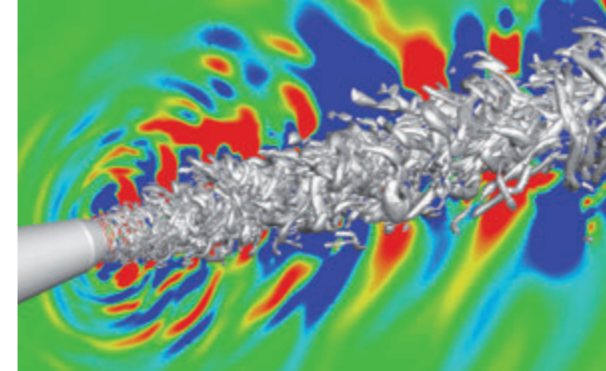
Réduction des émissions : techniques de mesure avancées

L'ONERA dispose de moyens de caractérisation de pointe des émissions d'un moteur d'hélicoptère. En 2019, l'ONERA a réalisé un suivi des émissions particulières et de gaz (CO₂, CO et SO₂) en sortie de moteur, grâce à des techniques expérimentales avancées, en partenariat avec Safran Helicopter Engines. Cette campagne de mesures a été réalisée dans le cadre du projet européen ANTARES du partenariat Clean Sky 2 - Engines ITD (*Integrated Technology Demonstrators*). Ces techniques contribuent à démontrer et valider des évolutions technologiques répondant aux objectifs environnementaux ACARE (*Advisory Council for Aeronautics Research in Europe*).



Une révolution de la propulsion des avions : la propulsion hybride électrique

À la tête d'un consortium de 27 partenaires européens et 6 partenaires internationaux, l'ONERA a soumis avec succès le projet IMOTHEP (*Investigation and Maturation of Technologies for Hybrid Electric Propulsion*) sur la propulsion hybride électrique dans le cadre d'Horizon 2020. IMOTHEP mènera une étude approfondie des technologies électriques pour la propulsion hybride électrique des avions commerciaux, en relation avec la conception de configurations innovantes développant de nouvelles synergies entre cellule et propulsion. L'objectif : dépasser les niveaux de réduction des émissions de l'aviation commerciale que l'on peut espérer de l'évolution des technologies conventionnelles à l'horizon 2035. IMOTHEP reçoit un financement de 10,4 M€ de la Commission européenne.



Bruit des avions de transport : l'ONERA plébiscité par la Commission européenne

Le bruit aéronautique provient de deux sources principales : le bruit du frottement de l'air sur l'appareil en vol (bruit aérodynamique) et le bruit du moteur. Dans le cadre d'un appel à projets européen H2020, l'ONERA est présent dans les trois projets retenus. Sur le projet INVENTOR, qu'il coordonne, il apportera son expertise sur le bruit aérodynamique (trains d'atterrissage, becs, volets, etc.). Son expertise sera aussi apportée sur le bruit de jet pour le projet DJINN et sur l'installation motrice avancée pour le projet ENODISE. Chaque fois, la contribution de l'ONERA s'est avérée déterminante grâce à la variété et la complémentarité des métiers de ses ingénieurs-chercheurs, notamment les différentes techniques de simulation numérique en aérodynamique.



Gestion du trafic aérien : les « SINAPS Open Day »

La plateforme SINAPS (*SWIM INAP Services*), outil d'aide à la décision pour la configuration dynamique des secteurs de contrôle, a été présentée aux contrôleurs aériens. Elle a été développée par la DSNA* et l'ONERA dans le cadre du projet SESAR** pour aider dans l'optimisation d'une salle de contrôle aérien. Cet outil innovant propose un ensemble de services qui s'adaptent en permanence à l'évolution du trafic aérien et aux ressources disponibles pour proposer une configuration optimale des secteurs à déployer en salle. Ce projet est cité à titre d'exemple, puisque l'ONERA dispose des compétences et des moyens d'essais (numériques et expérimentaux) nécessaires pour mener des projets en intelligence artificielle, en interfaces humain-système et en systèmes embarqués.

* Direction des services de la navigation aérienne

** *Single European Sky ATM (Air Traffic Management) Research*



Clean Sky : une implication plus large que l'environnement seul

L'ONERA est impliqué dans cinq grandes plateformes thématiques. À titre d'exemple, il intervient dans trois projets : IDEA (*Innovative Design of acoustic liners for Air conditioning System*), pour lequel il a caractérisé les sources de bruit d'un nouveau système de conditionnement d'air pour avions plus électriques (*jet pump*). Il a conçu, fabriqué et testé un prototype de *liner* pour réduire la propagation du bruit. EFACTS (*Ergonomic impact & new Functions induced by Active Inceptor integration in Cockpits*) : l'ONERA a développé et intégré dans un système de mini-manches actifs des fonctions de couplage pour améliorer les interactions pilote/copilote et équipage/système de bord. ANALYST (*ANALYSIS Statistical Techniques in aeronautics*) : il a modélisé des architectures de câblages pour optimiser les distances de ségrégation entre routes dans un avion par approches statistiques.



Dirigeables : des essais en soufflerie pour le renouveau de la filière

Plusieurs campagnes d'essais en soufflerie ont permis d'analyser l'aérodynamique

des dirigeables dans le cadre de projets variés : dirigeable stratosphérique – projet Stratobus pour Thales Alenia Space : dirigeable dédié au transport de charges lourdes – ou projet LCA60T (partenariat ONERA Flying Whales) : forme générique de type ellipsoïde dans le cadre de la thèse Cifre Flying Whales-ONERA sur la modélisation des effets d'écoulement inhomogènes. La finalité de ces travaux est la constitution de modèles de comportement dans un domaine de vol très étendu. Ils viendront alimenter les travaux réalisés sur les simulateurs de vol. Ces travaux expérimentaux s'accompagnent de calculs numériques.

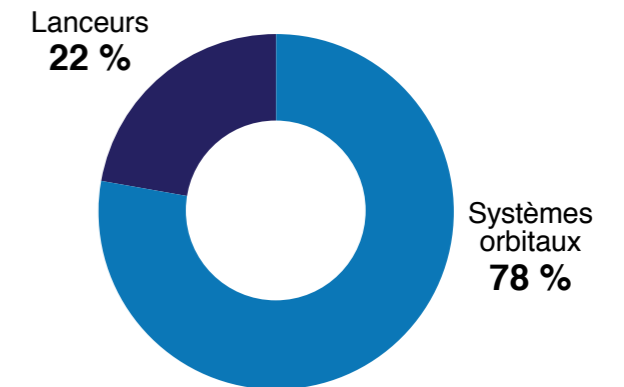


Aérodynamique : le contrôle actif des écoulements pour réduire la traînée des avions

Une campagne d'essai de contrôle du décolllement sur une dérive d'avion d'affaires a été menée en soufflerie (projet DGA RAPID ASPIC en partenariat avec la PME CEDRAT). L'objectif : augmenter la force latérale générée par la dérive en supprimant le décolllement qui apparaît sur la gouverne pour les forts angles de braquage. Ce contrôle permettrait de réduire la surface des dérives, et ainsi de réduire la traînée des avions d'environ 3 %.

Recherche spatiale du futur : l'ONERA sur tous les fronts

L'année 2019 aura été une année de préparation intense de l'avenir dans le domaine de la recherche spatiale : renforcement des échanges avec le partenaire historique CNES, ainsi que préparation du programme de recherche spatiale européen Horizon Europe et de la conférence ministérielle de l'ESA Space19+. Entre la promotion des projets de recherche amont au niveau national ou européen, et la poursuite des projets de recherche appliquée pour l'industrie, l'ONERA a été engagé sur tous les fronts.



Répartition des activités espace de l'ONERA en 2019

LANCEURS DU FUTUR

Collaborations : l'ONERA acteur majeur au sein d'ArianeWorks

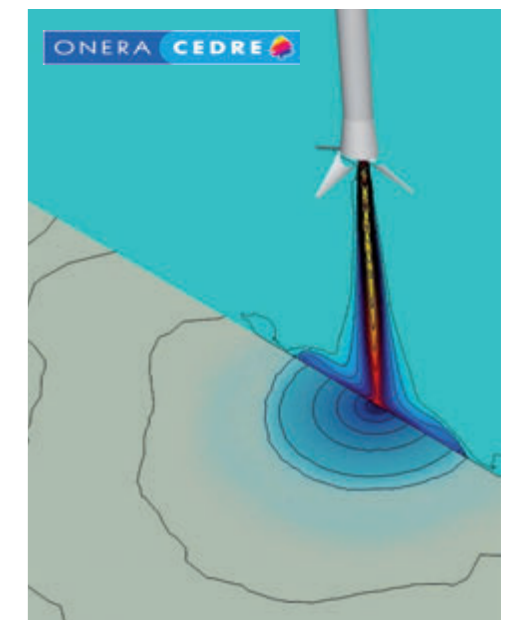
En 2019, le CNES et ArianeGroup ont signé à Paris un protocole d'accord pour la mise en place d'une plateforme d'accélération, ArianeWorks, destinée à préparer les lanceurs du futur, partiellement réutilisables, et en particulier le démonstrateur Themis. Fort de son expertise en optimisation multidisciplinaire, l'ONERA, qui a accompagné ArianeGroup et le CNES tout au long du développement de la filière Ariane, a choisi de rejoindre ArianeWorks pour apporter son expertise, avec un accent tout particulier sur la surveillance de la santé des structures, élément clé pour la réutilisation.

Ariane 6 : mesure des flux thermiques sur le pas de tir d'Ariane 5

Pour la conception optimisée du pas de tir pour Ariane 6, l'ESA a demandé à l'ONERA de mesurer les flux thermiques liés à l'impact des jets chauds, chargés de particules d'alumine issues des moteurs à propergol solide. L'ONERA a réalisé le système de mesure adapté à cet environnement sévère et l'a validé lors d'essais en laboratoire. Les mesures ont ensuite été envoyées au Centre spatial guyanais (CSG) pour être installées par le CNES et permettre de mettre à jour les flux spécifiés pour Ariane 6. Devant ce succès, il est envisagé de les mettre en place dans certaines zones jugées sensibles du pas de tir ELA4 lors des premiers vols Ariane 6.

Simulation numérique : atterrissage du lanceur du futur

L'ONERA a ainsi réalisé, fin 2019, la première simulation de l'atterrissage de Themis à l'aide du code CEDRE, ce qui a permis d'établir une base de données de référence pour les flux thermiques instantanés et leur intégrale, aussi bien sur le culot et les pieds de l'étage que sur le sol. Ces données seront utilisées afin de dimensionner les protections thermiques nécessaires pour les différents éléments.



PLUSIEURS PROGRAMMES D'INTÉRÊT COMMUN (PIC) STRUCTURANTS



PIC C₃PO : combustion cryotechnique CH₄ plus l'oxygène

En novembre 2019, l'ONERA et le CNES s'engagent pour quatre ans avec ce PIC dans le domaine de la combustion méthane/oxygène. Des essais au banc de combustion MASCOTTE, et des simulations ambitieuses avec le code CEDRE (basées sur les nouveaux modèles consolidés par les expérimentations) seront réalisés par les experts ONERA en combustion et en physique grâce à des techniques de mesure innovantes. Quatre thèses assureront par ailleurs une démarche scientifique en soutien au développement du démonstrateur de moteur bas coût réutilisable de l'ESA, Prometheus.

Signature du PIC C₃PO par Thierry Michal et Jean-Marc Astorg, directeur des lanceurs du CNES

PIC MATEO : mitigation de la turbulence optique

Pour les communications à très haut débit, les transmissions optiques se posent comme alternative aux radiofréquences, dans un contexte de saturation des bandes disponibles et de compétition pour l'allocation des fréquences avec les infrastructures sol, 5G en particulier. S'appuyant sur une dizaine d'années de recherche et de thèses à l'ONERA, le PIC MATEO répond à cet enjeu en étudiant les liaisons optiques à très haut débit vers les satellites de télécommunication, mais aussi le transfert rapide vers le sol des données des futures constellations d'observation de la Terre. Signé fin 2019 pour cinq ans et soutenu par un financement partagé de 1,5M€, le PIC portera particulièrement sur la modélisation et la mitigation du canal de communication optique, avec un important volet expérimental.



Signature du PIC MATEO par Thierry Michal et Jean-Claude Souyris, directeur adjoint CNES/DIA

Le PIC PERF2 : propagation électromagnétique radiofréquence

Signé en janvier 2020, il fait suite au PIC PERF, et confirme la volonté du CNES et de l'ONERA de structurer la R&D commune pour cinq ans, avec des campagnes expérimentales sur tous les continents et des modélisations du canal de propagation sol-satellite, travaux menés par le département électromagnétique et radar de l'ONERA.

Satellites : nouveaux matériaux pour de futurs propulseurs à ergols verts

Des essais menés sur le banc de combustion Mascotte de l'ONERA ont permis de valider la tenue en température de nouveaux matériaux, dits matériaux à gradient de propriétés (MGP), destinés aux chambres de combustion de futurs propulseurs à ergols verts de maintien à poste des satellites. Ces matériaux, qui associent une céramique et un métal réfractaire, sont développés par l'ONERA dans le cadre du programme d'intérêt commun ONERA/CNES « Propulsion à monergol vert ». Le banc Mascotte a permis de tester ces matériaux innovants en conditions réelles d'utilisation et d'en valider la résistance pour des températures de flamme atteignant 2 300 K.

Lancement spatial : largage réussi pour le démonstrateur de lanceur aéroporté réutilisable

Au Centre spatial guyanais, le démonstrateur à échelle réduite de système de lancement aéroporté de petits satellites, EOLE, mis au point par l'ONERA, le CNES et Aviation Design, a largué avec succès une maquette – inerte – de lanceur. La preuve que ce système innovant de lancement aéroporté fonctionne. Cette dernière campagne expérimentale a été un succès : vols automatiques « hors vue » culminant avec le largage de la maquette du lanceur, validant des technologies d'avionique et la technique de séparation/largage en mode automatique. Il s'agit de l'étape ultime du projet européen ALTAIR, financé par l'Union européenne (avec une contribution de la Suisse).

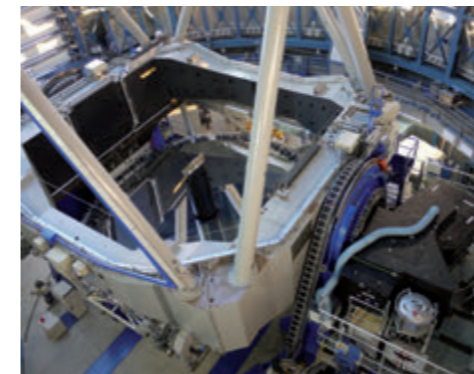


OBSERVATION DE LA TERRE

Dans le cadre du renforcement de ses relations avec les grands industriels français du domaine spatial, l'ONERA a été associé en 2019 à deux projets majeurs financés par le Programme d'investissements d'avenir, piloté par le Secrétariat général pour l'investissement (SGPI) et opéré par Bpifrance.

Constellations de satellites d'observation de la terre : projet LICHIE

Le projet LICHIE est porté par un consortium dirigé par Airbus DS et traite de la chaîne amont relative aux constellations de satellites d'observation de la Terre. L'ONERA, qui s'y investit pour un montant de 2,4 M€, apporte ses compétences en traitement de l'information et optique pour les appliquer d'une part à la conception et à la fabrication des satellites, et d'autre part à la gestion de la constellation. Il s'agit de mettre en œuvre une méthodologie duale liant conception de l'instrument et complexité du processus de fabrication en série, en prenant en compte des exigences sur la variabilité des instruments, et en optimisant le temps et le coût de production.



Optique adaptative : image haute résolution de la plus petite planète connue

Grâce à l'instrument SPHERE d'optique adaptative développé par l'ONERA, qui équipe le Very Large Telescope, une nouvelle image de Hygiea, la plus petite planète naine du système solaire, a été prise. Couplé avec l'algorithme de traitement d'image MISTRAL, lui aussi développé par l'ONERA, l'instrument SPHERE permet une capture d'image d'une netteté et d'une résolution jamais obtenues depuis le sol. Sur la base des images obtenues par l'instrument SPHERE, selon l'étude de Nature Astronomy du 28 octobre 2019, il s'agit en fait d'un énorme astéroïde, de forme sphérique. Découvert en 1849, Hygiea n'avait jamais été photographié en haute résolution.

Lidar : mesurer les gaz à effet de serre

Financé par l'Union européenne à hauteur de 3,37 M€, le projet H2020 LEMON, coordonné par l'ONERA, a démarré en 2019 dans le cadre d'un consortium composé de FRAUNHOFER (Allemagne), du CNRS, du KTH (*Royal Institute of Technology*, Suède), du SPACETECH (Allemagne), de l'UiB (University of Bergen), d'INNOLAS (Allemagne) et de L-UP. L'objectif du projet est de développer un lidar à absorption différentielle pour le sondage depuis l'espace des gaz à effet de serre (dioxyde de carbone et méthane) et de la vapeur d'eau, et de le tester en conditions aéroportées. Le projet permettra également de définir les feuilles de route et les expériences nécessaires à son application pour une mission spatiale. Il permettra d'aller au-delà des projets actuels de satellites, qui mettent en œuvre soit des systèmes de sondage passifs (spectromètres), soit des systèmes actifs à base de Lidar pour un gaz à effet de serre unique (satellite Merlin pour le méthane).

Communications optiques : très haut débit grâce à l'optique adaptative

Mené pour l'Agence spatiale européenne, le projet Feedelio (*Optical feeder-link for next generation telecommunication satellites*) vise à démontrer l'apport de l'optique adaptative afin de corriger les effets de la turbulence atmosphérique pour les futurs liens laser à très haut débit entre le sol et un satellite géostationnaire. Les bandes passantes des liens télécom RF arrivant à saturation, ces liens représentent un enjeu important puisqu'ils fonctionneraient en tout point du globe. L'ONERA a ainsi conduit en 2019 une expérience très innovante sur un lien de 13 km entre un simulateur de station sol et un simulateur de satellite. Les résultats démontrent pour la première fois l'apport de l'optique adaptative pour les liens bidirectionnels entre le sol et les satellites géostationnaires, constituant un jalon important dans la validation de tels liens.



Des moyens d'essais expérimentaux adaptés à chaque problématique

Lancement de la soufflerie givrante

Pour faire face au durcissement de la réglementation, l'ONERA, référent scientifique pour la certification givrage, a lancé la construction d'une soufflerie de recherche. Le 15 mars 2019, l'ONERA et la DGAC ont posé la première pierre de ce moyen qu'ils ont cofinancé. Objectif : améliorer la sécurité aérienne.



Des capacités uniques

- Température d'air : jusqu'à - 40 °C
- Prise en compte de l'altitude : 11 000 m
- Dimensions de la veine d'essai : 10 cm x 20 cm, 4 parois amovibles et larges accès optiques



Patrick Gandil, directeur général de l'aviation civile (DGAC), Nadia Pellefigue, vice-présidente de la région Occitanie, et Bruno Sainjon, président de l'ONERA

L'ONERA, expert étatique

Dès 2013, la DGAC confiait à l'ONERA des recherches sur la compréhension et la modélisation des processus physiques fondamentaux qui forment le givre, et sur ses conséquences sur les composants d'un aéronef (convention de recherche PHYSICE puis PHYSICE 2, en 2016).

Un moyen d'essai de pointe

Disposer d'un tel moyen servira deux objectifs : comprendre le phénomène physique pour mieux le combattre. Il permettra en effet d'acquérir des données expérimentales pour le développement et l'amélioration des codes de calculs, par ailleurs mis au point par l'ONERA. Il permettra également de développer des techniques de mesure et de tester l'efficacité de nouveaux matériaux glaciophobes.

L'expertise givrage de l'ONERA mondialement reconnue

Dès les années 90, l'ONERA a proposé des codes de calcul pour simuler le givrage. Plus récemment, il a développé une nouvelle génération d'outils numériques plus précis et interopérables avec d'autres codes. En 2018, il est impliqué dans tous les projets européens H2020 sélectionnés sur cette thématique :

- le projet MUSIC-HAIC, qu'il coordonne, sur le développement de modèles 3D pour le givrage en conditions cristaux ;
- le projet SENS4ICE sur les technologies innovantes de détection de givre ;
- le projet ICE-GENESIS sur la modélisation du givrage en conditions neige et SLD (projet coordonné par AIRBUS) pour lequel la nouvelle soufflerie givrante sera utilisée.

Par ailleurs, l'ONERA poursuit sa collaboration avec la NASA, avec le projet SUNSET 2 sur l'étude des dégradations de performances aérodynamiques dues au givre.



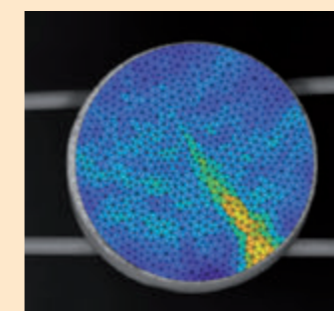
Zoom sur quelques essais de pointe dans le domaine des matériaux

Matériaux hautes températures

Les conditions de températures extrêmes (au-delà de 1 500 °C) auxquelles sont soumis les matériaux des missiles ou chambres de combustion nécessitent des essais en laboratoire.

Un banc innovant

L'ONERA a conçu un banc de laboratoire à gradient thermique de paroi contrôlé avec injection de CMAS (calcium-magnésium-aluminosilicate), permettant de reproduire les conditions réelles pour mieux comprendre les mécanismes de dégradation des aubes, situées dans les parties les plus chaudes des moteurs. Ce banc se démarque des autres moyens d'essais disponibles en France par l'utilisation d'un laser de puissance comme mode de chauffage et la possibilité d'injection de polluants (sable, cendres volcaniques...). Sur la base de ce moyen de laboratoire, un dispositif à caractère industriel pourrait être développé pour des campagnes en vue de la sélection de nouveaux matériaux.

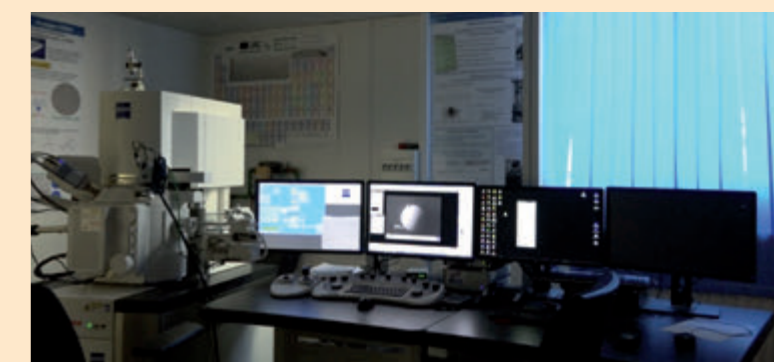
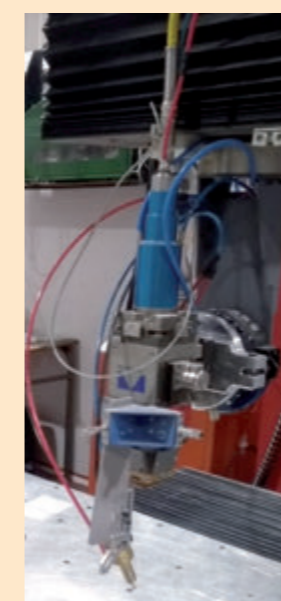


Mesures de champs de déplacement par corrélation d'images numériques

L'accès à des mesures de champs, indispensable à une meilleure compréhension des réactions des matériaux exposés à des températures extrêmes, reste un challenge majeur. La prise en compte des propriétés thermo-optiques des matériaux et le développement d'algorithmes permettant la correction d'images acquises lors d'essais réalisés sur un banc laser de l'ONERA ont permis d'obtenir des mesures de champs robustes en détectant la propagation d'une fissure à ces très hautes températures. Un tel résultat n'avait jamais été obtenu.

Fabrication additive : un procédé en une seule étape

L'ONERA et IREPA-LASER ont exploré la faisabilité de l'élaboration de pièces céramiques denses en une seule étape via le procédé CLAD de construction laser additive directe. L'élaboration de premiers murs en céramique eutectique, dont la structure nanométrique permet l'optimisation des propriétés de ténacité et de dureté, constitue une vraie réussite. Une perspective prometteuse pour l'élaboration de pièces à structure géométrique complexe en polymères ou en métaux, et pour les pièces de grande taille constituées de plusieurs composés. Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du projet inter-instituts Carnot CLADIATOR.



Microscopie : nouveau microscope à balayage

L'ONERA a acquis un nouveau microscope électronique à balayage et une platine d'essais micromécaniques à chaud. Doté de trois principales fonctionnalités nouvelles, ce nouveau microscope, complémentaire des moyens existants, permettra l'observation et l'analyse cristallographique par EBSD d'échantillons non conducteurs sans métallisation, ainsi que la réalisation d'essais micromécaniques à chaud.

Il permettra aussi de mettre en œuvre efficacement la technique ECCI (*Electron Channeling Contrast Imaging*) pour visualiser et caractériser des défauts cristallins tels que les dislocations.

Simulation numérique : être toujours plus fidèle

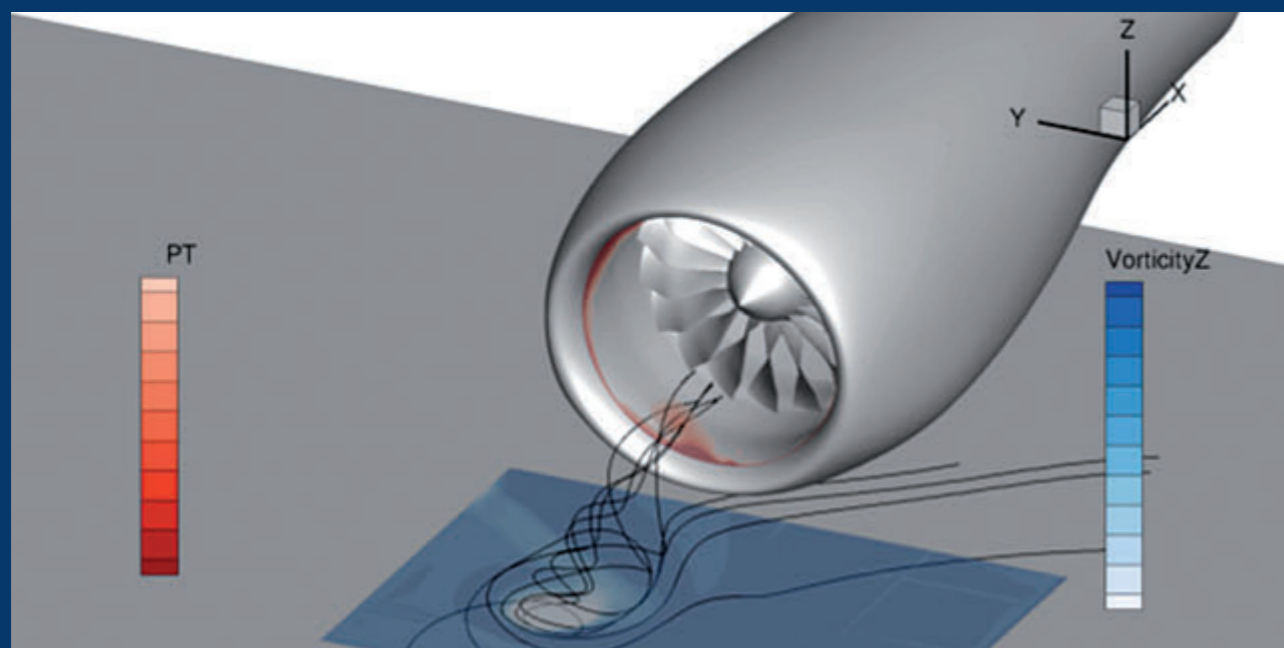
Plateforme multi-logiciels ORION

À la suite à la signature de l'accord de coopération avec Safran début 2019, la plateforme de simulation numérique multi-physique ORION prendra son essor en 2020. Son but : rationaliser et mutualiser les différents codes de l'ONERA et partager les bibliothèques (géométrie, algèbre, thermodynamique...) pour la mécanique des fluides, mais également pour la mécanique des matériaux, l'acoustique, la thermique, l'électromagnétisme, le rayonnement, etc.



Montée de version significative

Depuis deux ans, l'efficacité du code pour l'aérodynamique, elsA, a été grandement améliorée. Les gains démontrés sur un éventail important de cas tests sont de l'ordre de 7.



Des nouvelles des accords

L'accord de coopération signé en 2015 entre Airbus, Safran et l'ONERA pour le développement du logiciel elsA et son déploiement dans les chaînes industrielles prendra fin en avril 2020. Un nouvel accord entre Airbus, le DLR et l'ONERA a été signé en 2017 pour le développement d'un logiciel de nouvelle génération appelé CODA. Les travaux sont en cours.



Safran choisit la solution logicielle de l'ONERA pour le futur

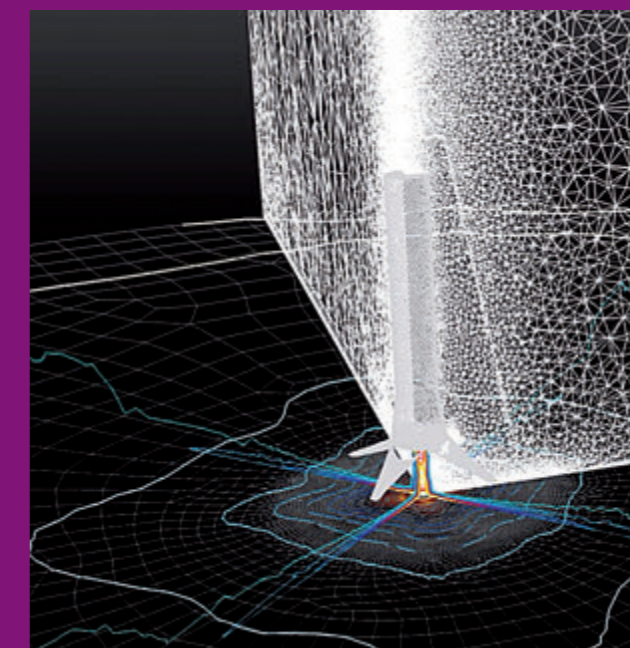
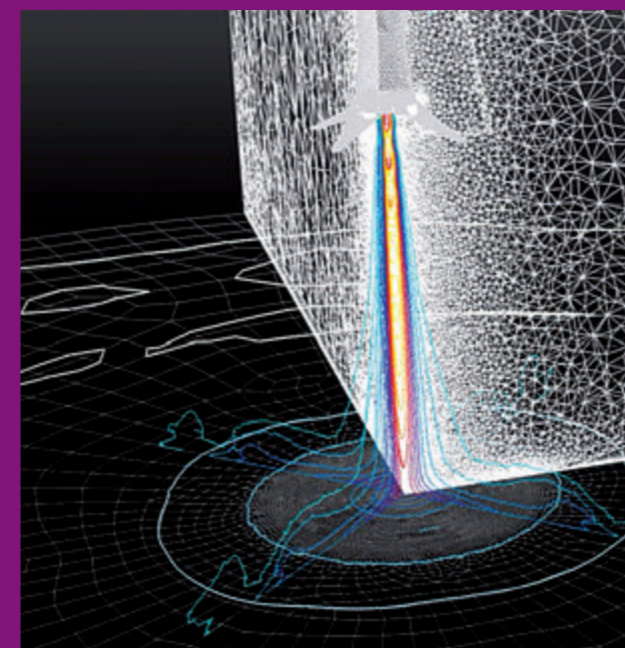
À l'horizon 2025, chez Safran Aircraft Engines, Safran Helicopter Engines et Safran Aero Boosters, un nouveau logiciel devrait succéder au code elsA, tout en bénéficiant de ses immenses acquis. Dans un monde toujours plus concurrentiel s'agissant du domaine de la mécanique des fluides numérique, Safran a mis l'ONERA en concurrence avec NUMECA et ANSYS en 2019. L'ONERA a relevé le défi et apporté des démonstrations extrêmement concluantes, grâce aux importantes améliorations de ces deux dernières années sur le code elsA, grâce aux progrès des pré et post-traitement Cassiopée et ParaDigma, et grâce à une compatibilité totale entre ces divers composants logiciels. Une solution logicielle pour la CFD du futur devrait être déployée à l'horizon 2025 en remplacement d'elsA.

L'ambition de l'ONERA pour l'aérospatial à horizon 2030 est double : être à la pointe en termes de méthodes amont, et développer une offre logicielle fédératrice sur tout le spectre de la mécanique des fluides et de l'énergétique.



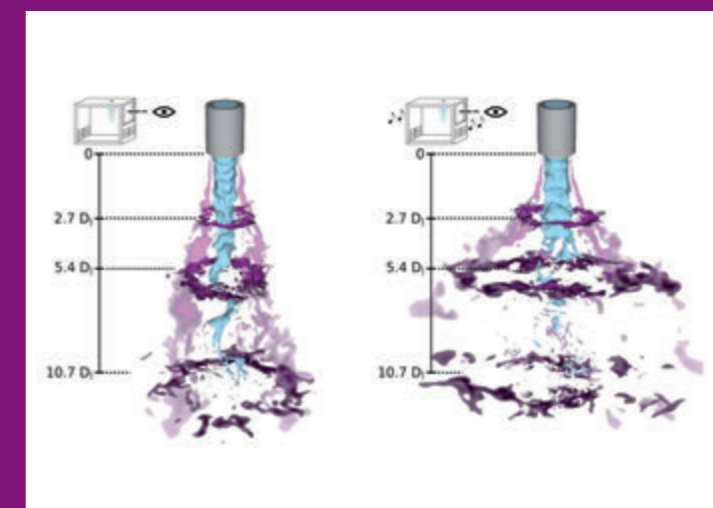
Futures évolutions d'Ariane : première simulation de l'atterrissage

Dans le cadre du projet THEMIS d'ArianeWorks, l'ONERA a réalisé fin 2019 la première simulation URANS de l'atterrissage de THEMIS, démonstrateur d'étage de fusée bas coût et réutilisable, qui prépare les futures évolutions d'Ariane. Cette simulation a été réalisée en utilisant en particulier la fonctionnalité de maillage conservatif chevauchant (MCC), sous l'hypothèse d'une décélération constante durant les deux à trois dernières secondes. Cette simulation a permis d'établir une base de données de référence pour les flux thermiques instantanés et leurs intégrales, aussi bien sur le culot de l'étage ou les pieds que sur le sol. Ces données seront utilisées afin de dimensionner les protections thermiques nécessaires pour ces différents éléments.



Combustion de moteur-fusée : simulation numérique du bruit

Dans le cadre des travaux menés avec le CNES sur les instabilités de combustion de haute fréquence dans les chambres de combustion de moteur-fusée, il s'est avéré que les hauts niveaux acoustiques rencontrés dans les moteurs pouvaient fortement impacter l'atomisation des ergols. La simulation numérique instationnaire d'un jet diphasique inerte en présence d'excitation acoustique a permis de reproduire l'influence des ondes sur le processus d'atomisation observée expérimentalement par le laboratoire du CORIA. Ce calcul fait intervenir un couplage entre le solveur CHARME, pour la phase gazeuse et le cœur liquide, et le solveur SPIREE, pour les gouttes.



Innover par la recherche

BOURGET 2019

Les activités de valorisation de l'ONERA se sont traduites par une présence remarquable au Salon du Bourget 2019, où l'accent a été mis sur la recherche partenariale avec les TPE et PME. Ainsi, l'ONERA, en qualité de pilote de la filière aéronautique Aircar, tenait un stand dédié à cette thématique, sur lequel trois contrats de partenariat avec des TPE et PME ont été signés. Cette dynamique de collaboration a également été relayée sur le stand institutionnel qui exposait nos activités avec Flying Whales, et la signature d'un laboratoire commun avec la société Poly-Shape. Ces partenariats illustrent la mission de valorisation des résultats de recherche de l'ONERA, et la grande diversité des schémas qui peuvent être mis en place.



AC Innov

L'ONERA et AC Innov se sont associés pour proposer des drones à ailes rhomboïdales destinés à des opérations de surveillance en situations météorologiques difficiles. Afin de résister à ces situations qui bouleversent la trajectoire des drones de cette forme, il est possible de jouer simultanément sur les cambrures de l'aile avant et de l'aile arrière, pour gagner en manœuvrabilité. L'ONERA a apporté son expertise par des calculs dits à très haute fidélité (logiciel elsA) afin d'évaluer les performances aérodynamiques des différentes versions du drone. Ces calculs ont permis de modéliser finement les principaux phénomènes physiques autour de la configuration à ailes rhomboïdales, et donc d'évaluer précisément ses performances. Ainsi, le processus d'innovation de la TPE réunionnaise a été accéléré, et deux brevets ont déjà été déposés.



Ascendance Flight Technologies

La collaboration a pour but la mise en service d'un VTOL à propulsion hybride pour un usage de taxi volant. Le défi consiste à trouver des solutions technologiques afin de décoller et d'atterrir en électrique pour moins de nuisances sonores et moins d'émissions de gaz à effet de serre en ville, puis de passer en croisière en propulsion thermique pour profiter notamment de l'autonomie offerte par ce système. L'ONERA a mené des études aérodynamiques et aéro-acoustiques des propulseurs verticaux. Objectif : valider la faible empreinte sonore de l'aéronef sur les phases de décollage et d'atterrissage. Ascendance a pu ainsi bénéficier des capacités de modélisation de l'ONERA, notamment pour le design des hélices, ainsi que d'une batterie de tests spécifiques.



Device-ALab

Depuis 2014, sur la base d'une relation classique client/fournisseur, l'ONERA a enrichi son parc d'instruments en achetant à Device-ALab des caméras thermiques hautes performances pour ses campagnes de mesures terrain et aéroportées. L'idée s'est naturellement imposée de structurer un partenariat dans un accord-cadre formel. Device-ALab bénéficie ainsi plus facilement de l'expertise ONERA, dont les équipes sont à la fois utilisateurs avertis connaissant les besoins du marché et experts parfaitement au fait des technologies disponibles en optique et capteurs.

L'ONERA met ses avancées scientifiques au service de tout acteur en quête d'innovation. Grandes, petites ou moyennes entreprises, ou encore start-up, la direction de la valorisation et de la propriété intellectuelle (DVPI) de l'ONERA ouvre son capital de connaissances et ses moyens d'essais pour développer de nouveaux produits et services.

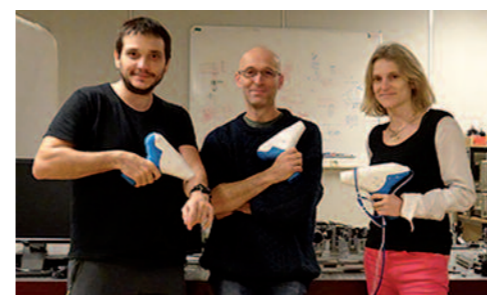
TRANSFERT DE TECHNOLOGIES ONERA : NAISSANCE D'UNE START-UP



ITAE Medical Research est la première start-up née dans le cadre du dispositif IMPULSION mis en place par l'ONERA en 2017, dans le but de favoriser le transfert de technologie et la création de start-up. Le microvascroscope voit le jour en 2019, à partir d'une technologie développée dans les laboratoires optiques de l'ONERA. Il s'adresse au secteur médical.



Un outil de diagnostic innovant



Avec une véritable volonté entrepreneuriale, Xavier Orlik, chercheur en optique à l'ONERA, et désormais président de la start-up ITAE Medical Research, souhaitait utiliser la physique dans le but de développer de nouvelles applications médicales. Avec ses associés Élise Colin Koeniguer et Aurélien Plyer, du département Traitement de l'information et systèmes, il crée le microvascroscope, qui utilise un éclairage laser et ses propriétés polarimétriques pour détecter les cancers de la peau. « Je savais que les cellules cancéreuses se multiplient plus vite, ont besoin d'un apport énergétique important, et donc une vascularisation plus dense : une particularité imperceptible à l'œil nu. »

Le microvascroscope est donc né de l'association originale de ces deux techniques : l'interprétation des micro-mouvements pour visualiser des tumeurs et l'utilisation de la polarimétrie pour détecter ces agitations en profondeur. Avec une longueur d'onde très pénétrante et optimisée pour faire rétrodiffuser les globules rouges, la microvascularisation se dessine, plus dense et évidente autour des mélanomes. Il est même possible de voir l'angiogenèse tumorale, c'est-à-dire de voir la tumeur se nourrir en temps réel et croître au fur et à mesure.

La physique au service de la médecine

Près de deux cancers mortels de la peau sur dix ne sont pas détectés lors de l'examen à l'œil nu ou au dermatoscope, réalisé par un dermatologue. Le microvascroscope fournit une image permettant potentiellement de fonder un diagnostic plus rapide et plus précis. La longueur d'onde utilisée permet de pénétrer jusqu'à trois millimètres de profondeur et de détecter ainsi des éléments anormaux plus profonds qu'avec la seule utilisation de la lumière blanche.

Avec le dispositif IMPULSION, mis en place en 2017, l'ONERA accompagne les start-up issues de ses laboratoires. La start-up ITAE Medical Research a ainsi été créée à l'initiative d'un chercheur du département optique de l'ONERA, afin de développer un nouvel instrument d'imagerie, fruit du mariage de technologies optiques. Le microvascroscope va ainsi permettre une détection précoce et un suivi des cancers de la peau (mélanomes, carcinomes...), avec la perspective de sauver de nombreuses vies.





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



ONERA - BP 80100 - 91123 PALAISEAU CEDEX - Tél. : +33 1 80 38 60 60 - Fax : +33 1 80 38 65 10

www.onera.fr