



# ACCESS and ECLIF – research on climate-friendly fuels for aviation

**Biofuel blending reduces soot particle emissions of aircraft by 50 to 70 percent compared to conventional fuel, according to a study published in the scientific journal Nature. The findings are based on an international flight experiment between NASA, the German Aerospace Center (DLR) and the National Research Council (NRC) of Canada. The results provide important information on how the use of biofuels in aviation can contribute to making air transport more environmentally friendly.**



Aircraft engines emit soot particles. These serve as condensation nuclei for small droplets and ice crystals, driving the formation of contrails. The ice crystals of the contrails can remain for several hours in cold and humid conditions at altitudes of between eight and twelve kilometres, where they form high-level clouds known as contrail cirrus. The impact of these so-called contrails, and the cirrus clouds that evolve from them, on Earth's climate is similar to that of all the aviation-related carbon dioxide emissions from air transport that have accumulated in the atmosphere for over a century. The soot emissions largely determine the number of ice crystals in contrails. The possibility of reducing the engine exhaust soot emissions by more than half using biofuels paves the way for reducing the climatic impact of contrails.

Scientists from the DLR Institute of Atmospheric Physics travelled to the USA, where they used the research aircraft Falcon to follow the NASA DC-8 research aircraft at close distances ranging from 30 to 150 metres to measure exhaust composition. The DC-8's CFM56 engines were alternately powered by normal Jet A1 fuel and a 1:1 blend of Jet A1 fuel with the biofuel HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids). Previous measurements had only provided information on soot formation using biofuels on the ground, whereas different environmental conditions prevail in flight. Starting from NASA's Armstrong Flight Research Center, the flight test campaign was part of the research project ACCESS (Alternative Fuel Effects on Contrails and Cruise Emissions Study), which involved DLR and the Canadian NRC.

DLR and NASA have been cooperating in the field of atmospheric research for just under 20 years. In aeronautics research, both partners are particularly involved in joint research projects in the areas of air traffic management, as well as low-noise and low-emission flying. Close cooperation in the research of biofuel emissions is planned for the future as well. In early 2018, NASA will participate with the DC-8 in a series of research flights in Germany conducted as part of DLR's own project, ECLIF (Emission and Climate Impact of alternative Fuel). During this campaign, the researchers want to more closely investigate how the composition of different alternative fuels influences the emissions and the climate-relevant properties of contrails.



**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt**  
German Aerospace Center

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) (German Aerospace Center, DLR)  
Dr. Hans Schlager • Institute of Atmospheric Physics • Münchener Straße 20, 82234 Oberpfaffenhofen-  
Weßling, Germany • Phone +49 8153 28-2510 • E-mail [hans.schlager@dlr.de](mailto:hans.schlager@dlr.de) • [DLR.de](http://DLR.de)



## ACCES et ECLIF

**Dans le transport aérien, un mélange de biocarburants réduit les émissions de particules de noir de carbone d'un vol de croisière de 50 à 70 pourcent par rapport à la combustion du kérosène. C'est ce que démontre une étude parue dans la revue spécialisée NATURE, fondée sur les vols de mesure menés conjointement par la NASA, le Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique (DLR) et le National Research Council (NRC) canadien. Les résultats révèlent tout d'abord d'importantes indications sur la manière dont les biocarburants peuvent contribuer à un développement respectueux de l'environnement dans le transport aérien.**



Les moteurs des avions émettent des particules de noir de carbone. Elles agissent comme des germes de condensation dans des petits cristaux de glace qui deviennent alors visibles comme traînées de condensation. Ces dernières peuvent perdurer, en cas de conditions humides et froides, à une altitude d'environ huit à douze kilomètres et former des nuages d'altitude. Ces cirrus de traînées de condensation, ainsi dénommés, ont aujourd'hui un impact aussi important sur le climat dans l'atmosphère que toutes les émissions de dioxyde de carbone réunies, celles-ci induites par l'aviation sur plus de 100 ans. Les émissions de particules de noir de carbone déterminent le nombre de cristaux de glace dans les traînées de condensation. Avec la possibilité d'utiliser les biocarburants pour réduire de plus de la moitié les émissions de noir de carbone résultant de l'échappement du moteur, une voie s'ouvre pour diminuer l'incidence climatique engendrée par les traînées de condensation.

Aux États-Unis, les scientifiques du DLR de l'Institut de la physique de l'atmosphère ont effectué des mesures du gaz d'échappement, avec l'avion de recherche, le Falcon, à une distance de 30 à 150 mètres du DC 8, l'avion de recherche de la NASA. À cet effet, les réacteurs du DC 8 ont été utilisés pour une comparaison alternée entre le kérosène ordinaire Jet A1 et un mélange pour moitié de Jet A1 et du biocarburant HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids). Les mesures réalisées antérieurement n'avaient fourni que des informations sur la formation du noir de carbone dans les biocarburants utilisés au sol, étant entendu qu'en configuration de vol, d'autres conditions environnementales prévalaient. La campagne passée d'essais en vol menée depuis le Armstrong Flight Research Center de la NASA faisait partie du projet de recherche ACCESS (Alternative Fuel Effects on contrails and Cruise Emissions Study), auquel le DLR et le NRC Canadien ont pris part.

Depuis près de 20 ans, le DLR et la NASA travaillent ensemble dans le domaine de la recherche atmosphérique. Dans la recherche aéronautique, les deux partenaires se sont engagés, notamment pour des projets de recherche communs dans les domaines de la gestion du transport aérien et des vols à faibles émissions et peu bruyants. Une étroite collaboration pour la recherche sur les émissions du biocarburant est également projetée dans l'avenir. La NASA participera à des vols de recherche début 2018 en Allemagne avec le DC 8, dans le cadre du projet DLR ECLIF (Emissions and Climate Impact of alternative Fuel). Les chercheurs veulent étudier ici comment la composition des divers carburants alternatifs influe sur les émissions et sur les caractéristiques visuelles climato-pertinentes des traînées de condensation.





## DLR research aircraft ATRA

The Airbus A320-232 'D-ATRA' has been in operation at the German Aerospace Center (DLR) since late 2008. ATRA (Advanced Technology Research Aircraft) is a modern and flexible flight test platform that sets a new benchmark for airborne test beds in European aeronautics research – and not only in terms of its size.



ATRA is used in the following areas:

- testing of aeroelastic measurement techniques
- analyses of cabin acoustics
- research of innovative cabin ventilation concepts
- measurement of airflow noise
- aerodynamic measurements on the wing and tail plane with the aim of reducing fuel consumption
- testing of new measurement techniques such as IPCT (Image Pattern Correlation Technique), a method for measuring wing deformation, as well as in-flight PIV (Particle Image Velocimetry) to visualise aircraft airflow
- measurement of wake vortices, an automatic consequence of the generation of lift by a wing
- prediction of wake vortices and analysis of alternative algorithms
- engine measurements
- testing of state-of-the-art navigation and communication technologies for aircraft
- research into low-noise approach procedures based on highly precise satellite navigation methods
- measurement and identification of individual noise sources on the aircraft and research of suitable measures to reduce noise emissions of the aircraft as a whole
- implementation of various airborne testing projects as preparation for future laminar concepts in commercial aircraft.

### Technical data

<b>Length</b>	37.57 metres
<b>Height</b>	11.76 metres
<b>Wingspan</b>	34.10 metres
<b>Empty weight</b>	42.3 tons
<b>Total weight</b>	max. 75.5 tons
<b>Cabin length</b>	29.10 metres
<b>Cabin width</b>	3.70 metres
<b>Cabin height</b>	2.40 metres
<b>Seats</b>	max. 179
<b>Engine</b>	two International Aero Engine V2500 engines
<b>Thrust</b>	111 kilonewton each
<b>Range</b>	approx. 5000 kilometres
<b>Cruising altitude</b>	max. 11,800 metres (39,000 feet)
<b>Speed</b>	max. 840 kilometres per hour
<b>Flight time</b>	max. 6:30 h in test operations
<b>Fuel tank capacity</b>	23,858 litres



**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt**  
German Aerospace Center

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) (German Aerospace Center, DLR)  
Dipl.-Ing. Gerald Ernst • Flight Experiments • Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig,  
Germany • Phone +49 531 295-2846 • E-mail gerald.ernst@dlr.de • DLR.de



## Avion de recherche ATRA du DLR

L'Airbus A320-232 « D-ATRA » est utilisé depuis fin 2008 par le Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique (DLR). L'ATRA (Advanced Technology Research Aircraft) constitue une plateforme d'essai en vol moderne et flexible qui ne se veut pas uniquement une nouvelle référence comme support d'essai remarquable par sa taille, dans la recherche aéronautique européenne.



L'ATRA est utilisé dans les domaines suivants :

- Essai des méthodes de mesures aéro-élastiques
- Études sur l'acoustique intérieure
- Recherche de nouveaux concepts de ventilation de cabine
- Mesures du bruit d'écoulement de l'air
- Mesures aérodynamiques sur l'aile et l'empennage avec comme objectif, une économie de carburant
- Essai de procédures de mesures nouvelles telles que l'IPCT (Image Pattern Correlation Technique), d'une nouvelle méthode de mesure de déformation structurale de la torsion de l'aile et l'Inflight PIV (Particle Image Velocimetry) pour la visualisation de l'écoulement de l'air autour de l'avion.
- Mesures de turbulences de sillage que les turbulences engendrées par les surfaces portantes sous influence de la poussée induisent
- Pronostic de turbulences de sillage et recherche sur des algorithmes alternatifs.
- Mesures des réacteurs
- Essai des technologies de navigation et de communication modernes pour les avions
- Recherche sur les procédures d'approche peu bruyantes basées sur des procédures de navigation par satellites de haute précision.
- Mesure et identification de la source sonore unique de l'avion et recherche de mesures adaptées pour la réduction des émissions de bruit de l'ensemble de l'avion
- Mise en œuvre de projets d'essais en vol différents en prévision des concepts laminaires futurs pour les avions de transport.

### Données techniques

<b>Longueur</b>	37,57 mètres
<b>Hauteur</b>	11,76 mètres
<b>Envergure</b>	34,10 mètres
<b>Poids à vide</b>	42,3 tonnes
<b>Poids total</b>	75,5 tonnes maximum
<b>Longueur de la cabine</b>	29,10 mètres
<b>Largeur de la cabine</b>	3,7 mètres
<b>Hauteur de la cabine</b>	2,4 mètres
<b>Nombre de places</b>	maximum 179
<b>Motorisation</b>	deux turboréacteurs V2500 de International Aero Engine
<b>Poussée</b>	111 kilos Newton chacun
<b>Distance de vol env.</b>	5 000 kilomètres
<b>Altitude de vol</b>	11 800 mètres maximum (39 000 pieds)
<b>Vitesse</b>	840 km par heure maximum
<b>Durée du vol</b>	en vol d'essai max. 6 h 30
<b>Capacité des réservoirs</b>	23 858 litres



**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt**  
German Aerospace Center

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) Centre Aérospatial Allemand (DLR)  
Dipl.-Ing. Gerald Ernst • Département du Vol d'Essai • Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig,  
Allemagne • Téléphone +49 531 295-2846 • E-mail gerald.ernst@dlr.de • DLR.de



## CRISPMulti – the aircraft engine of the future

**The CRISPMulti (Counter Rotating Integrated Shrouded Propfan) project being conducted by the German Aerospace Center (DLR) aims to make engines more efficient, more environment-friendly and quieter. The increase in efficiency is based on a simple physical principle – the effectiveness of thrust generation will increase if the speed of the exhaust airflow is reduced. This also decreases what is referred to as exhaust noise, as vortex formation on the boundary of the exhaust gas flow – one of the main sources of engine noise – declines. In this project, two counter rotating, shrouded rotors form the fan. This concept provides the opportunity to reduce weight and, above all, the outer diameter of the engine.**



The challenges in modern engine construction lie mainly in the largely incompatible requirements of making them more eco-friendly, as well as quieter. Studies show that innovative engines with counter-rotating rotors without shrouding would be the most fuel-efficient variation. But the lack of shrouding also means an absence of noise insulation – and the engine would be significantly louder. The CRISPMulti project involves close collaboration between the DLR Institute of Propulsion Technology, the Institute of Aeroelasticity and the Institute of Structures and Design. Among other things, the partners use a new CFRP (carbon fibre-reinforced polymer) structure to build the individual blades of the rotors, as CFRP is very light and more durable than titanium. Here, the scientists have a certain leeway in the design of the blades, which requires application of state-of-the-art methods within automated optimisation. The aim is to produce blade forms that deliver maximum efficiency with minimal noise generation.

The DLR Institute of Propulsion Technology is specialised in the development of high-performance, quiet and eco-friendly aircraft engines and power plant turbines. This includes the development and application of highly efficient methods and rapid simulation procedures, as well as the use of unique test rigs and sophisticated measurement approaches. The Institute of Structures and Design develops high-performance structures for aviation and aerospace, vehicle construction and energy technology. It focuses on components made of fibre-reinforced ceramics and polymer composites, as well as on hybrid structures. The Institute works along the entire process chain – from materials and demonstrators to production technology.

The Institute of Aeroelasticity in Göttingen is committed to providing reliable predictions of aeroelastic phenomena such as flutter or oscillation caused by aerodynamic loads, hence permitting the safe operational design of innovative aircraft, rotorcraft, wind energy systems and turbomachinery. Experimental and numerical methods are developed and applied for these analyses.





## CRISPmulti

**Rendre les réacteurs plus efficaces, plus respectueux de l'environnement et plus silencieux est l'objectif du projet CRISPmulti (Counter Rotating Integrated Shrouded Propfan) du Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique (DLR). L'augmentation de l'efficacité repose sur un principe physique simple : l'efficacité de la poussée augmente lorsque la vitesse du jet d'air est réduite à la sortie du turboréacteur. Simultanément, le bruit de l'éjection de l'air ainsi dénommée diminue car les turbulences en périphérie du flux d'air (source principale de l'émission du bruit dans le réacteur) se réduit. Dans ce projet, le fan est formé de deux rotors carénés. Ce concept offre la possibilité de réduire non seulement le poids mais aussi et surtout le diamètre extérieur.**



Les défis dans la construction de réacteurs modernes résident avant tout dans les exigences difficiles à concilier, d'une part concevoir un réacteur respectueux de l'environnement et, d'autre part, silencieux. Les études montrent que les nouveaux réacteurs avec rotors contrarotatifs sans carénage seraient ceux qui consommeraient le moins de carburant. L'absence d'un carénage entraînerait le manque d'une protection anti-bruit, ce qui rendrait le réacteur significativement plus bruyant. Dans le projet CRISPmulti, l'Institut DLR sur la technique de motorisation, l'Institut sur l'aéroélasticité et l'Institut pour la recherche sur les méthodes et les modèles de construction travaillent en étroite collaboration. Les partenaires utilisent entre autres une nouvelle méthode de construction en fibres de carbone (plastique renforcé de fibres de carbone) pour la production de lames individuelles des rotors car les fibres de carbone du titane sont très légères en comparaison et peuvent être soumises à des contraintes plus élevées. Les scientifiques ont de ce fait beaucoup de latitude dans la conception des lames pour lesquelles l'application des méthodes les plus modernes d'une optimisation automatisée est nécessaire. L'objectif de la recherche est de produire des formes de lames qui délivrent une efficacité maximale avec une émission de bruit minimale.

L'Institut DLR pour la technologie de motorisation est orienté sur le développement d'une propulsion aéronautique performante, silencieuse et respectueuse de l'environnement, ainsi que sur le développement des turbines de centrales électriques. En font partie notamment, aussi bien le développement et l'application de méthodes d'efficacité élevée et de procédés de simulation plus rapides que l'utilisation de bancs d'essai inédits et de procédés de mesure plus exigeants.

L'Institut pour les méthodes de construction et la technologie structurelle développe des structures de haute performance pour l'aéronautique et l'aérospatial, la construction automobile et la technologie énergétique. En point de mire, se trouvent les pièces de fibre céramique, les matériaux polymères et composite ainsi que les structures hybrides. L'Institut travaille tout au long de la chaîne du processus, du matériau à la technologie de production en passant par la démonstration.

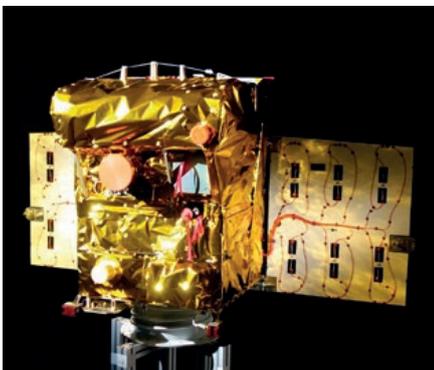
L'Institut pour l'aéroélasticité à Göttingen se donne comme objectif de définir de manière fiable les phénomènes aéroélastiques tels que le flottement ou les oscillations provoqués par les contraintes aéronautiques afin que les nouveaux développements puissent fonctionner en toute sécurité, dans le domaine de l'aéronautique, des giravions, de l'éolien et des turbomachines. Des méthodes expérimentales et numériques sont développées et utilisées pour ces analyses.





## FireBIRD – using satellites to detect fire

**FireBIRD is an Earth observation mission with the primary goal of monitoring fires from a remote location in space. It involves the detection and measurement of so-called high temperature events and the provision of remote sensing data for research at DLR and for external partners. The mission has purely scientific objectives, and all segments of this Earth observation mission are controlled by DLR.**



The space segment consists of the two satellites TET-1 (Technology Experiment Carrier) and BIROS (Berlin InfraRed Optical System). The TET-1 satellite has been circling Earth in a polar orbit since July 2012 and has successfully concluded the first part of its mission as a technology testing platform. The BIROS satellite has the same bus as TET-1, but is additionally equipped with a propulsion system for active attitude and orbit control. BIROS was launched on 22 June 2016 at 05:55 CEST. The main payload for both satellites is a multispectral camera system.

The high-resolution infrared data acquired by FireBIRD can make an important scientific contribution to climate research. The main payload on board each of the two FireBIRD satellites is an identical system of three autonomous cameras. At the core of the 'bi-spectral infrared sensor system' are two cameras that operate in the middle (3.4–4.2 micron) and far infrared (8.5–9.3 micron) ranges. The mid-infrared range is ideal for fire detection, while the far infrared system mainly records the background temperature as a benchmark.

In addition, BIROS was used to dispatch technologies and experiments from various DLR institutes and industrial partners into space: a new propulsion system in the form of a cold gas thruster is currently being tested that allows a satellite to actively change its position in orbit. The AVANTI experiment was performed on the basis of these findings, allowing autonomous approach navigation to a distance of 50 metres from the TU Berlin picosatellite BEESAT-4. Furthermore, the satellite's newly designed reaction wheels – so-called high-torque wheels – enable rapid and precise panning of the infrared camera, permitting even repeat imaging of a single point of a specific region on Earth's surface from different perspectives.

Internal data processing and communication capabilities with Earth have also been steadily improved: the OSIRIS experiment provides the satellite with an optical downlink to send data to Earth at a speed of up to one gigabit per second. There are also plans to use a separate modem to e-mail the parameters for discovered fires to mobile devices, practically in real time. The data will be made available for scientific use worldwide.

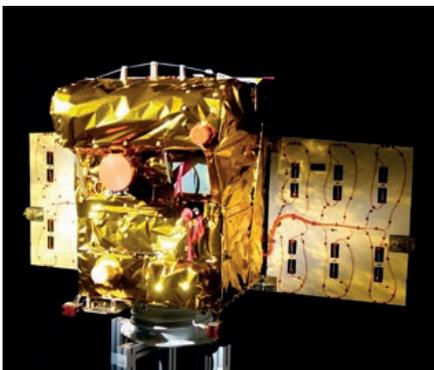
The DLR Institute of Optical Sensor Systems investigates and develops active and passive optical sensor systems for use in aviation, airborne platforms and robotic systems. It participates in the scientific analysis of the measured data and uses its core competencies to contribute to numerous national and international collaboration projects.





## FireBIRD

**La mission FireBIRD est une mission d'observation terrestre qui a pour principale tâche la télédétection des incendies au niveau mondial. En font notamment partie la détection et la mesure de ce qu'on appelle les phénomènes à haute température et la représentation des données de télédétection pour la recherche scientifique au Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique (DLR) et pour les partenaires extérieurs. La mission poursuit un objectif strictement scientifique et tous les segments de cette mission d'observation terrestre sont contrôlés par DLR.**



Le segment spatial est constitué de deux satellites, le TET-1 (support d'essais de technologie) et BIROS (Berlin InfraRed Optical System). Le satellite TET-1 est depuis juillet 2012 déjà en orbite polaire et a terminé avec succès la première partie de sa mission en tant que support d'essais de technologie. Le satellite BIROS, qui a rejoint TET-1 dans l'espace le 22 juin 2016 est équipé d'un système de propulsion pour un système actif de correction d'altitude et d'orbite. La charge utile principale des deux satellites est un système de caméra multi spectral.

FireBIRD peut apporter une importante contribution scientifique pour la recherche sur le climat grâce à des données infrarouges de haute résolution. La charge utile principale des deux satellites FireBIRD est un système identique constitué de trois caméras indépendantes les unes des autres. L'élément principal de ces deux systèmes de capteurs infrarouges bi-spectraux est constitué de deux caméras qui travaillent dans une moyenne de 3,4 à 4,2 micromètres, respectivement dans un infrarouge lointain de 8,5 à 9,3 micromètres. L'infrarouge moyen est la plage optimale pour la détection des incendies, l'infrarouge lointain enregistre avant tout la température naturelle comme élément de comparaison.

De plus, de nouvelles technologies et expérimentations des différents départements du DLR et des partenaires industriels sont envoyées dans l'espace avec BIROS : une nouvelle propulsion sous forme de système de propulsion à gaz froid est testée. Il permet aux satellites de changer leur position sur l'orbite. L'expérimentation AVANTI a été menée sur la base de ces résultats et a permis une navigation d'approche autonome sur une distance de 50 m vers le pico-satellite de la TU-Berlin dénommée « BEESAT ». De plus, les roues de réaction nouvellement conçues des satellites, dénommées High-Torque-Wheels permettent de faire pivoter les caméras infrarouges de façon plus rapide et précise. Les prises de vue répétées sous des angles différents d'un point précis sur la surface de la Terre sont ainsi possibles.

La performance du traitement interne des données et la communication avec la Terre a continuellement augmentée : le satellite peut envoyer ses données à la Terre avec un débit de données jusqu'à un gigabit par seconde via une liaison optique descendante par le biais de l'expérimentation OSIRIS. De plus, il est prévu que les paramètres des incendies détectés soient envoyés en temps quasi réel, via un modem séparé directement par courriel sur appareil mobile. Les données seront rendues accessibles à l'usage scientifique au niveau mondial.

Le département DLR de systèmes de capteurs optiques étudie et développe des systèmes de capteurs optiques actifs et passifs pour l'aéronautique, les plateformes aéroportées et les systèmes robotisés. Ce département participe à l'analyse scientifique des données mesurées à l'aide de ces systèmes et met à contribution ses compétences dans de nombreuses coopérations nationales et internationales.



# Climate-optimised flight routes for environment-friendly aviation

**In addition to the optimisation of aircraft and engines, reducing the climatic impact of air transport will require route changes. What is the best route, and what factors must be considered during the planning process? Researchers from the German Aerospace Center (DLR) are exploring these issues. The scientists hope to find large potential savings from individual flights in which small changes can have a great effect.**



The atmosphere is an important aspect in the planning of climate-optimised flight routes. This is because it does not respond identically to the exhaust gases of aircraft at every location: for instance, parts of the contrails forming in particularly damp and cold regions do not disappear after a few minutes, but remain for several hours, therefore influencing the climate. Likewise, the climatic impact of ozone, which is formed by the emitted nitrogen oxides, varies significantly depending on the region and time.

A detailed analysis of meteorological conditions at specific times of the day has revealed that the climatic impact of aviation emissions differs by a factor of 10, depending on the prevailing weather conditions. This means there is particular potential for reducing the climatic impact of aviation, especially by optimising non-carbon dioxide emissions – nitrogen oxides, contrails and soot particles – by preventing the formation of contrails and the greenhouse gas ozone.

## Reduction in climate impact

A global climate chemistry model (EMAC) was combined with an air transport model (SAAM) to analyse potential savings in the climatic impact of aviation through the introduction of climate-optimised routes on transatlantic flights. The findings of a one-day study of the North Atlantic Flight Corridor indicate that slight variations in the flight routes substantially reduce the effects of contrails and ozone. The reduction in environmental impact (approximately 25 percent) would be more than sufficient to justify the marginal increase in fuel consumption and operating costs (by around 0.5 percent).

The DLR Institute of Atmospheric Physics investigates the physics and chemistry of the global atmosphere from the ground up to the upper boundary of the middle atmosphere at an altitude of approximately 120 kilometres. The Institute covers the full range of methods comprising sensor development, observation on different spatial scales (local to global), analysis, theory development and numerical modelling, including predictability. With these competencies, it addresses fundamental and application-oriented questions.



**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt**  
German Aerospace Center

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) Centre Aérospatial Allemand (DLR) • Prof. Volker Grewe  
Institute of Atmospheric Physics, Earth System Modelling • Münchener Straße 20, 82234 Oberpfaffenhofen-  
Weßling, Germany • Phone +49 8153 28-2536 • E-mail volker.grewe@dlr.de • DLR.de

# Voies aériennes optimisées pour le climat

**Afin de réduire les effets climatiques du transport aérien, l'optimisation des avions et des turboréacteurs ainsi que le changement des itinéraires de vol sont nécessaires. Quels sont les itinéraires de vol les plus pertinents pour cet objectif et sur quels facteurs doit être établie la planification des vols? Ces questions sont abordées par les scientifiques du Centre Aérospatial Allemand (DLR). Les scientifiques espèrent générer d'importantes économies sur chaque vol au cours duquel tout petit changement peut avoir d'importantes répercussions.**



L'atmosphère est un aspect important dans la planification des itinéraires de vol climatiquement optimisés. En effet, l'atmosphère ne réagit pas aux échappements de gaz des avions de la même façon partout, comme par exemple les traînées de condensation qui se forment plutôt dans des zones humides et froides et qui ne se dissolvent pas en quelques minutes mais en quelques heures et qui influent sur le climat. De même, l'impact climatique de l'ozone, qui se forme par les oxydes d'azote émis, varie fortement selon la période et la région considérée.

Une analyse détaillée des conditions météorologiques à des moments précis de la journée a démontré que l'impact climatique dû aux émissions du transport aérien peut varier jusqu'à dix fois, en fonction des conditions météorologiques du moment. Cela montre qu'il existe un potentiel de diminution des effets climatiques dus au transport aérien, notamment par l'optimisation du zéro CO<sub>2</sub> (émissions, oxyde d'azote, traînées de condensation et particules de noir de carbone) en évitant la formation de traînées de condensation et de gaz à effet de serre.

## Réduction de l'impact climatique

En combinant un modèle global chimio-climatique (EMAC) avec un modèle de transport aérien (SAAM), une étude a été menée sur les réductions potentielles d'effets climatiques dus au transport aérien grâce à la mise en place d'itinéraires de vols optimisés pour les vols transatlantiques. Les résultats d'une étude portant sur une journée du couloir aérien de l'Atlantique nord montrent que des itinéraires de vol légèrement modifiés permettraient de réduire considérablement les effets de gaz à effet de serre. Bien que la demande en carburant et les coûts d'exploitation augmenteraient légèrement (env. 0,5 % de plus), la diminution de l'impact climatique (env. 25 %) pourrait justifier ces mesures.

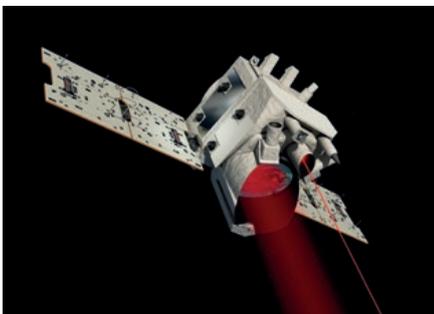
L'Institut DLR de physique de l'atmosphère explore la physique et la chimie de l'atmosphère mondiale depuis la Terre jusqu'au-dessus de la limite supérieure de l'atmosphère moyenne à 120 km d'altitude. Le DLR couvre tout le spectre des méthodes qui comprend le développement des capteurs, les observations à différentes échelles spatiales (locales à globales), les analyses, les théories et la modélisation numérique y compris les valeurs prédictives. Grâce à cette expertise, l'Institut s'occupe des questions tant fondamentales que d'applications directes.





## MERLIN

**Acquiring a better understanding of the methane cycle is essential in order to introduce effective climate protection. Highly precise, global measurement of methane content in Earth's atmosphere can only be performed from space. Particular key regions like tropical wetlands, rainforests and expanses of permafrost are difficult to access without satellites. Starting in 2021, the minisat MERLIN (Methane Remote Sensing Lidar Mission) will be tasked with detecting and monitoring methane from an altitude of approximately 500 kilometres using a Lidar instrument (Light Detecting and Ranging). One of the objectives of the three-year mission is to generate a global map of worldwide methane concentration.**



After carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane is the largest contributor to human-caused global warming. A committee of scientists appointed by the United Nations confirmed that methane outstrips the global warming potential of carbon dioxide by a factor of 25. Since the start of industrialisation, the global atmospheric concentration of methane content has doubled, while carbon dioxide content has risen by 'only' 30 percent. The greenhouse gas methane is released when microorganisms break down biological material in the absence of oxygen. The principal human-made sources of methane include rice cultivation, livestock farming, crude oil and natural gas production, mining and landfills. In addition, the thawing of permafrost soil and a rise in ocean temperatures may precipitate a significant increase in methane gas concentration.

The mission is the first Franco-German project in the area of Earth observation since 1994. It was agreed by the two countries during the meeting of the Franco-German Ministerial Council in February 2010. By taking this step, Europe's two largest aerospace nations decided that their space agencies CNES and DLR should make a visible contribution to increasing knowledge of what causes climate change.

German industrial firms and research institutes provide the technologies for the active Lidar instrument that will be installed in MERLIN. The German contribution to the MERLIN system will be delivered by a consortium under the aegis of Airbus Defence and Space GmbH (Ottobrunn) on behalf of the DLR Space Administration. The contributors include SCISYS Deutschland GmbH (Bochum), von Hoerner & Sulger (Schwetzingen), SpaceTech GmbH (Immenstaad), Safran-REOSC (Saint Pierre du Perray, F), Airbus Defence and Space SAS (Toulouse, F), Airbus Defence and Space Netherlands (Leiden, NL) and the Fraunhofer Institute for Laser Technology (Aachen). Scientific responsibility for the instrument on the German side lies with the Lidar Department at the DLR Institute of Atmospheric Physics in Oberpfaffenhofen.

France will be entrusted with the overall system and the satellite bus – a so-called MYRIADE Evolution platform – as well as with satellite operation. The two nations will together fund the launch vehicle and will collaborate on the payload ground segment and the scientific analysis of methane data.



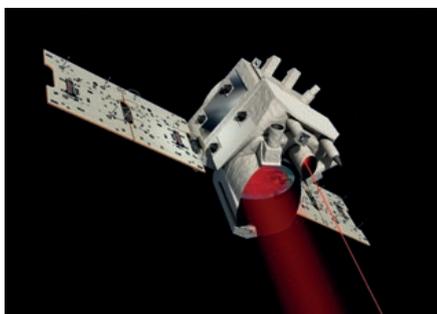
**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt**  
German Aerospace Center

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) (German Aerospace Center, DLR)  
Dr. Matthias Alpers • Space Administration, Earth Observation • Königswinterer Straße 522–524,  
53227 Bonn, Germany • Phone +49 228 447-585 • E-mail matthias.alpers@dlr.de • DLR.de



## MERLIN

**Pour pouvoir protéger efficacement le climat, il est urgent de comprendre le cycle du méthane. La mesure globale de haute précision de la teneur en méthane dans l'atmosphère terrestre ne peut se faire qu'à partir de l'espace. Les régions clés notamment comme les zones tropicales humides, les forêts tropicales et les zones de pergélisol sont difficiles à accéder sans satellites. Le petit satellite MERLIN (Methane Remote Sensing LIDAR Mission) doit à l'aide d'un instrument LIDAR (Light Detecting and Ranging), à partir de 2021, dépister et surveiller le méthane à une altitude d'environ 500 kilomètres. L'objectif de cette mission de trois années est entre autres, la création d'une carte globale des concentrations mondiales de méthane.**



Le méthane (CH<sub>4</sub>) est le deuxième plus grand contributeur au réchauffement climatique causé par les humains, après le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Un panel de scientifiques désignés par l'ONU certifiait que le méthane a un potentiel de réchauffement global 25 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>. Depuis le début de l'industrialisation, la teneur mondiale en méthane a doublé sa concentration atmosphérique, tandis que la teneur du dioxyde de carbone, elle, a augmenté «seulement» de 30 pourcent. Le méthane, ce gaz à effet de serre, est produit lors de la décomposition des matières organiques par les micro-organismes dans un environnement anaérobie. Les principales sources de méthane issues des activités de l'homme sont la production rizicole, la production pétrolière et gazière, les exploitations minières et les décharges. À l'avenir, la concentration du gaz de méthane pourrait augmenter également dans de fortes proportions à cause du dégel du pergélisol et le réchauffement des océans.

La mission est le premier projet commun de l'Allemagne et de la France dans le domaine de l'observation terrestre, depuis 1994. Elle a été décidée par les deux nations dans le cadre de la conférence ministérielle franco-allemande en février 2010. Ce faisant, les deux grandes nations spatiales européennes ont décidé d'apporter une contribution visible pour une meilleure compréhension des causes du changement climatique à travers leurs centres de recherche aérospatiale, le CNES et le DLR.

Les entreprises industrielles et instituts de recherche allemands fournissent les technologies pour l'instrument Lidar actif, installé sur MERLIN. La contribution allemande au système MERLIN est fournie sur ordre de la gestion des missions spatiales du DLR par un consortium dirigé par Airbus Defence and Space GmbH (Ottobrunn). Parmi les autres entreprises se trouvent SCISYS Deutschland GmbH (Bochum), von Hoerner & Sulger (Schwetzingen), SpaceTech GmbH (Immenstaad), Safran-REOSC (Saint-Pierre du Perray, France), Airbus Defence and Space SAS (Toulouse, France), Airbus Defence and Space Netherlands (Leiden, NL) et l'Institut Fraunhofer de technique laser (Aix-La-Chapelle). La responsabilité scientifique pour l'instrument du côté allemand est confiée au département Lidar de l'Institut DLR de physique de l'atmosphère à Oberpfaffenhofen.

La France se voit confier l'ensemble du système et de la plateforme satellitaire, une plateforme dénommée MYRIADE Evolutions, ainsi que l'exploitation des satellites. Les deux nations partagent le financement du lanceur et s'occupent conjointement du segment sol de la charge utile et de l'évaluation scientifique des données sur le méthane.





## MASCOT – landing on an asteroid

**The MASCOT asteroid lander developed jointly by the German Aerospace Center (DLR) and the French Space Agency CNES is currently en route to the asteroid Ryugu (1999 JU3). The 'Mobile Asteroid Surface Scout' embarked on its journey through space on 3 December 2014 when it was launched on board the Japanese Hayabusa2 spacecraft. It will reach its destination in summer 2018. While the Hayabusa2 orbiter will circle the asteroid in a tight orbit and collect material from its surface to bring back to Earth, MASCOT will land on Ryugu and become the first spacecraft perform on site measurements at several locations of an asteroid.**



Upon arrival at Ryugu, Hayabusa2 will first map the one-kilometre diameter asteroid. Once the mapping is complete, the orbiter will start to approach the surface in early 2019 in preparation to collect material samples. The separation between lander and mother craft and the subsequent touchdown will be the greatest challenge, as the precise gravitational pull of the asteroid is unknown. Starting from an altitude of 100 metres, MASCOT will drop to the surface of the asteroid in freefall. After touching down, the shoebox-sized landing craft, which weighs just 10 kilogrammes on Earth, will use its sensors to resolve its position and determine whether it has landed in an upright position or on its head. Then, the lander will use its internal swing arm to 'hop' into the right position, align itself and begin taking measurements.

### Using the swing arm to hop to the next location

A radiometer and camera developed by DLR, a spectrometer from the Institut d'Astrophysique Spatiale and a magnetometer by TU Braunschweig will be used to analyse the mineralogical and geological composition of the asteroid surface and determine the surface temperature, as well as the asteroid's magnetic field. Once all instruments have completed their measurements, the swing arm automatically activates, and MASCOT hops several metres to its next site. The asteroid researchers expect to receive up to 16 hours of data. The lander is not equipped with solar panels for recharging, so its mission will come to an end when the battery – developed by the French space agency CNES – is exhausted after two asteroid days and nights.

The DLR Institute of Space Systems developed the landing craft and tested it under space conditions during parabolic flights, in the drop tower, on a shaker table and in a thermal vacuum chamber. The DLR Institute of Composite Structures and Adaptive Systems was responsible for the stable structure of the lander. The DLR Institute of Robotics and Mechatronics developed the swing arm that MASCOT will use to 'hop' on the asteroid. The DLR Institute of Planetary Research built the MASCAM camera and the MARA radiometer. The asteroid lander is monitored and operated by the Microgravity User Support Center (MUSC) in Cologne.





## MASCOT – Atterrissage sur un astéroïde

L'atterrisseur d'astéroïde MASCOT du Centre Aérospatial Allemand (DLR) et du Centre National d'Études Spatiales (CNES) est en chemin vers l'astéroïde Ryugu (1999 JU3). Le 3 décembre 2014, le « Mobile Asteroid Surface Scout » commençait son voyage dans l'espace, à bord de la sonde japonaise Hayabusa2. À l'été 2018, son objectif sera atteint. Pendant que l'orbiteur Hayabusa2 se déplacera en orbite serrée autour de l'astéroïde et récoltera des ressources de sa surface pour les ramener vers la Terre, MASCOT se posera sur Ryugu (1999 JU3) et pour la première fois dans l'histoire aérospatiale, effectuera des mesures en plusieurs endroits de l'astéroïde.



En arrivant sur Ryugu (1999 JU3), Hayabusa2 doit tout d'abord cartographier l'astéroïde d'un diamètre d'un kilomètre avant d'approcher sa surface début 2019 pour prélever des échantillons. Le plus grand défi est la séparation de l'atterrisseur de la sonde mère et l'atterrissage consécutif car l'attraction gravitationnelle exacte de l'astéroïde reste inconnue. MASCOT descendra en chute libre d'une hauteur de 100 mètres sur l'astéroïde. Après l'impact, un paquet de la taille d'une boîte à chaussures et d'un poids représentant dix kilogrammes sur Terre sera orienté à l'aide de capteurs et il sera déterminé s'il a atterri sur sa partie supérieure ou inférieure. L'atterrisseur pourra avec son bras pivotant interne « rebondir » dans une position correcte, s'orienter et commencer à prendre des mesures.

### Utilisation du bras pivotant pour le déplacement sur l'astéroïde

À l'aide d'un radiomètre et d'une caméra du DLR, d'un spectromètre de l'Institut d'Astrophysique Spatiale et d'un magnétomètre de l'Université de technologie de Braunschweig, la composition minéralogique et géologique de la surface de l'astéroïde sera examinée et la température de surface ainsi que le champ magnétique de l'astéroïde seront déterminés. Lorsque tous les instruments auront été utilisés, MASCOT réactivera automatiquement le bras pivotant et bondira de plusieurs mètres pour atteindre son emplacement suivant. Les explorateurs de l'astéroïde comptent obtenir jusqu'à 16 heures de données. Si la batterie, contribution du Centre National d'Études Spatiales (CNES), est déchargée au bout de ce qui représente deux jours et deux nuits pour l'astéroïde, la mission de l'atterrisseur se terminera car il ne dispose pas de panneaux solaires pour le recharger.

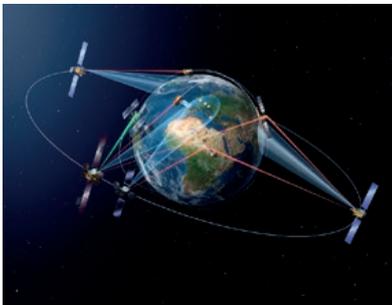
L'Institut DLR de systèmes spatiaux a développé l'atterrisseur et l'a testé dans des conditions spatiales au cours de vols paraboliques, en tour de chute, sur une table vibrante et dans une chambre à vide thermique. L'Institut DLR de construction légère en matériaux composites à fibres et d'adaptatronique était responsable de la structure stable de l'atterrisseur. Le Centre DLR de la robotique et de la mécatronique a développé le bras pivotant qui permet au MASCOT de bondir sur l'astéroïde. L'Institut DLR de recherche planétaire supervisait la caméra MASCAM et le radiomètre MARA. L'atterrisseur d'astéroïde est contrôlé et exploité depuis le centre de contrôle DLR du centre d'expérimentation spatiale (MUSC), à Cologne.





# Laser Communications Terminal

**Global networking in our information society requires increasingly large data transmission rates. Satellite communications presents an excellent opportunity as an addition to terrestrial networks. The technology used for this groundbreaking data link comes from Germany: the Laser Communications Terminal (LCT) was developed by the German Aerospace Center (DLR) Space Administration under the aegis of Tesat-Spacecom GmbH, using funds provided by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi).**



In future, LCT technology will be used to transmit substantially greater volumes of data around the clock and in real time. The aim is to make storing large amounts of data on board satellites unnecessary and allow users to access the information more quickly.

LCT is relevant for a large number of environmental and security monitoring systems, among them the European Copernicus Programme. Laser Communications Terminals are core parts of the emerging, satellite-assisted European data highway EDRS (European Data Relay System): within EDRS, satellites use laser to transmit real-time data to relay nodes in space, which send them to ground stations on Earth in real time. This means that high-resolution images acquired by Earth observation satellites of the European Sentinel programme can be made available to users in less than 20 minutes.

## High-speed data transmission

The high-speed, inter-satellite data link successfully completed a practical test using the satellites Sentinel-1A and Alphasat I-XL in late 2014. Alphasat I-XL is 'parked' in geostationary orbit and is able to send data continuously to its ground station at the DLR site in Oberpfaffenhofen. Passing over both poles as it orbits the Earth, Sentinel-1 is only able to use current methods to transfer data when it passes over one of its ground stations. With the high-speed LCT data link, the Sentinel data can be dispatched to a ground station via Alphasat almost in real time.

The LCTs installed on the two satellites can transmit data at up to 1.8 gigabits per second across a distance of up to 45,000 kilometres. This is equivalent to 180 DVDs per hour. Compared with the first laser link between a geostationary satellite and its near-Earth counterpart, LCT technology permits a data rate that is 30 times higher, although it weighs only a third and its telescope is half the size.

Advanced laser technology for use in space has the potential to ensure secure data transmission in a mobile Internet system that is available at any time and from any location. Optimised to suit this application, laser technology can therefore lay the foundations for cost-efficient infrastructure that will make a key contribution to the development of tomorrow's digital society.



**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt**  
German Aerospace Center

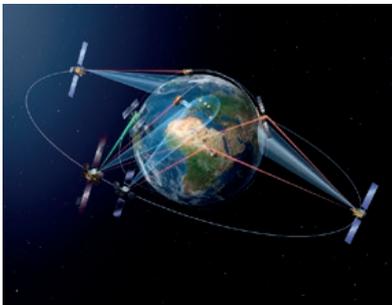
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) (German Aerospace Center, DLR)  
Rolf Meyer • Space Administration, Satellite Communication • Königswinterer Straße 522-524,  
53227 Bonn, Germany • Phone +49 228 447-206 • E-mail rolf.meyer@dlr.de • DLR.de

Tesat-Spacecom • Matthias Motzigemba, Head of Laser Products • Gerberstraße 49, 71522 Backnang,  
Germany • Phone +49 7191 930-2650 • E-mail matthias.motzigemba@tesat.de



# Laser Communications Terminal

**Dans le contexte de l'interconnexion globale du monde d'aujourd'hui, notre société de l'information exige des taux de transfert de données toujours plus élevés. La télécommunication par satellite offre une excellente occasion de compléter les réseaux terrestres. La technologie novatrice pour la liaison de données vient d'Allemagne : le terminal de communication laser (LCT) a été soutenu par la gestion des missions spatiales du Centre Aérospatial Allemand (DLR) avec le soutien du ministère fédéral de l'Économie et de l'Énergie (BMWi) et développé avec le concours de Tesat-Spacecom GmbH.**



Avec la technologie LCT, à l'avenir, des quantités de données significativement plus élevées pourront être transmises sans délai à tout moment de la journée et de la nuit. La sauvegarde de grandes quantités de données devient donc superflue et les utilisateurs pourront accéder l'information plus rapidement.

Le LCT est aussi d'une importance significative pour de nombreux systèmes pour le contrôle de la sécurité et la surveillance de l'environnement tels que le programme européen Copernicus. Les Laser Communication Terminals font partie intégrante du système européen de relais de données (EDRS – European Data Relay System): dans l'EDRS, les satellites transmettent les données en temps réel par laser aux nœuds de relais dans l'espace qui, à leur tour, les transmettent aux stations de sol sur terre. Les images haute résolution acquises par des satellites européens Sentinel en charge d'observer la Terre sont ainsi disponibles pour l'utilisateur final en moins de 20 minutes.

## Transmission de données à grande vitesse

La liaison de données à haute vitesse entre les satellites a été testée avec succès entre les satellites Sentinel-1A et l'Alphasat I XL. L'Alphasat I XL est stationné sur orbite géostationnaire et peut envoyer des paquets de données en continu à sa station de réception au DLR située à Oberpfaffenhofen. Sentinel-1 est en orbite autour de la Terre au-dessus des pôles et ne peut transférer ses données que lorsqu'il survole ses stations de réception, en fonction de la procédure suivie jusqu'ici. Grâce à la liaison de données à haute vitesse, les données de Sentinel peuvent être envoyées à la station de réception via Alphasat presque sans délai.

Le LCT installé sur les deux satellites peut transporter des volumes de données jusqu'à 1,8 gigabits par seconde sur une distance allant jusqu'à 45 000 kilomètres. Cela correspond à 180 DVD par heure. Par rapport au premier Laser-Link, envoyé en 2001 par un satellite géostationnaire à un satellite en orbite basse, la technologie LCT permet un débit de données 30 fois plus élevé pour un tiers du poids et la moitié de la taille d'un télescope.

La technologie laser perfectionnée pour l'espace a le potentiel d'assurer une ligne de transfert de données sûre pour l'internet mobile disponible partout et à tout moment. Optimisé pour répondre à cet usage, la technologie laser fonde ainsi la base d'une infrastructure rentable qui apporte une contribution essentielle au développement de la société numérique de demain.



**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt**  
German Aerospace Center

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) Centre Aérospatial Allemand (DLR) • Rolf Meyer  
Gestion des missions spatiales, télécommunication par satellite • Königswinterer Str. 522-524,  
53227 Bonn, Allemagne • Téléphone +49 228 447-206 • E-mail rolf.meyer@dlr.de • DLR.de

Tesat-Spacecom • Matthias Motzigemba, Head of Laser Products • Gerberstraße 49, 71522 Backnang,  
Allemagne • Phone +49 7191 930-2650 • E-mail matthias.motzigemba@tesat.de



# Tandem-L – mapping of dynamic processes on the Earth's surface

**Tandem-L is a proposal for a highly innovative satellite mission for the global observation of dynamic processes unfolding on the Earth's surface in hitherto unparalleled quality and resolution. The innovative imaging technology and immense recording capacity will allow Tandem-L to deliver urgently required information to investigate highly topical scientific issues from the fields of the bio-, geo-, cryo- and hydrosphere. Tandem-L will therefore make a significant contribution to better understanding the system Earth and its dynamism.**



Important mission objectives include global measurement of forest biomass for a greater understanding of the carbon cycle; the systematic mapping of deformation on the Earth's surface in a millimetre range for the research of earthquakes and the performance of risk analysis; the quantification of glacier movements and melting processes in the polar regions; the expansive observation of ocean currents; as well as scaled measurements of variations in soil humidity close to ground level. In an age of intense scientific and public debate on the extent of climate change and its consequences, Tandem-L will hence deliver important and previously unavailable information to improve scientific forecasts and to prepare downstream recommendations for socio-political action.

The Tandem-L mission concept comprises two L-band radio satellites. The use of special radar technology with synthetic aperture (SAR) enables high-resolution modelling of the Earth's surface, regardless of the weather and daylight, thus providing ideal conditions for continuous observation of dynamic processes on the Earth's surface. Moreover, the extended wavelength compared to X-band satisfies the requirements for tomographic modelling of the three-dimensional structure of vegetation and ice regions, as well as large-scale mapping of deformation in a precise millimetre range.

## Variable flight formation

In addition to its scientific components, a characteristic feature of Tandem-L is the outstanding standard of innovation with regard to methodology and technology. Examples include polarimetric SAR interferometry for the measurement of forest elevation; multi-pass cohesion tomography to determine the vertical structure of vegetation and ice; the use of state-of-the-art digital beamforming technology to expand strip width and resolution; as well as the tight formation flight of two cooperating radar satellites with variably adjustable intervals.

Research conducted by the DLR Microwaves and Radar Institute focuses on the design and development of new technologies and systems for radar apparatus with synthetic aperture and the associated sensor-specific applications. The institute's remit also comprises the implementation of long-term research programmes in aircraft and satellite-based remote sensing, transportation management, intelligence and security.





## Tandem-L

**Tandem-L est une proposition pour une mission satellitaire éminemment novatrice pour l'observation globale des processus dynamiques sur la surface terrestre d'une qualité et d'une résolution jusque-là jamais atteintes. Grâce à ses nouvelles techniques d'imagerie et de son énorme capacité d'acquisition, Tandem-L fournira les informations urgentes et nécessaires pour la résolution des questions scientifiques brûlantes, dans les domaines de la biosphère, la géosphère, la cryosphère et l'hydrosphère. Tandem-L contribue ainsi de manière significative à une meilleure compréhension du système terrestre et de sa dynamique.**



Les objectifs importants de cette mission sont la mesure de la biomasse forestière pour une meilleure compréhension du cycle du carbone, l'enregistrement systématique des déformations de la surface terrestre de l'ordre du millimètre pour la recherche sismique et l'analyse des risques, la quantification des mouvements des glaciers et des processus de fusion dans les régions polaires, l'observation à grande échelle des courants océaniques ainsi que l'évaluation fine des variations de l'humidité du sol près de la surface. En ces temps de débats scientifiques et de discussions publiques intenses sur l'ampleur et les effets du changement climatique, Tandem-L fournit ainsi des informations importantes et jusqu'ici manquantes pour des prévisions scientifiques améliorées et, bâties sur ces dernières, des recommandations socio-politiques concrètes.

Le concept de la mission Tandem-L utilise deux satellites radar en bande L. L'utilisation de la technique spéciale de radar à ouverture synthétique (SAR) permet une imagerie de haute résolution de la surface terrestre indépendamment de la météo, de la lumière du jour et offre ainsi les conditions optimales d'une observation continue des processus dynamiques à la surface de la Terre. En outre, une longueur d'onde élevée par rapport à la bande X respecte les préalables requis pour une prise de vue de la structure tridimensionnelle des zones de végétation et des glaciers ainsi qu'une vaste mesure des déformations avec une précision millimétrique.

### Vol en formation variable

En plus de sa composante scientifique, Tandem-L se caractérise par son niveau élevé d'innovation en termes de méthodologie et de technologie. On peut citer par exemple l'interférométrie polarimétrique SAR pour la mesure de la hauteur des forêts, la tomographie par cohérence multi-pass afin de déterminer la structure verticale de la végétation et de la glace, l'utilisation de la technique de formation de faisceaux numériques pour augmenter la largeur de la bande et la résolution ainsi que le vol en formation serrée de deux satellites radar coopératifs à distance réglable de manière variable.

La recherche de l'Institut DLR pour la technologie haute fréquence et les systèmes de radar se concentre sur la conception et le développement de techniques et de systèmes nouveaux pour radar avec ouverture synthétique et sur les applications spécifiques de capteurs associées. La mise en œuvre de programmes de recherche à long terme dans la télédétection par avion et satellite, la gestion du trafic, le renseignement et la sécurité font partie des missions de l'Institut.





## DLR Lampoldshausen: unique test facilities for LOX/methane

**The French national space agency CNES, Airbus Safran Launchers/Ariane Group and the German Aerospace Center (DLR) are collaborating within the Prometheus project to develop a cost-efficient, high-thrust and reusable rocket engine powered by liquid oxygen (LOX) and methane. Numerous projects around the world have investigated the use of methane as a rocket fuel for decades. But so far the LOX/methane propulsion system has not been used in a launch vehicle. Research and technology development in the Prometheus project have been a part of the Future Launchers Preparatory Programme by the European Space Agency ESA since 2016.**



A fuel mixture of methane and liquid oxygen has an auspicious role to play in the development of new liquid rocket fuels. Methane's potential extends from its addition to the current rocket fuels used in the Ariane launchers, to a complete replacement of liquid hydrogen. Airbus Safran Launchers and DLR began working together in 2016 to drive rapid progress in LOX/methane technology. The project partners conducted a 12-month test campaign at test rig P3 that yielded important findings for the continued development of necessary, crucial technologies such as the combustion chamber. The next objective is to test a LOX/methane technology demonstrator with 100 tons of thrust under representative conditions. This engine has the potential to reduce the costs of the Vulcain main stage propulsion system by a factor of 10.

### Flexible and cost efficient

The DLR project LUMEN will expand the research objectives from the component level to the system level of an entire thruster. The project will develop and test a pump-operated LOX/methane engine. DLR will provide the engine developers with the findings acquired with its French project partner at an early stage of their work. DLR is also developing a concept for efficient and optimised use of the test rigs, which will employ digitalisation and technologies already used in Industry 4.0. Aspects such as flexibility, fuel supply, data processing, quality and occupational safety are the main considerations to ensure that the test rigs can run more flexibly and at lower cost.

DLR operates unique rigs and systems to test rocket engines at its site in Lampoldshausen. These facilities are of crucial importance for European aerospace. They cover the entire portfolio of test requirements: from component and engine tests, to the testing of entire engine rocket stages. The test site is used to research and develop experiments, as well as to perform qualification and characterisation tests. Research is conducted on a variety of scales, ranging from the laboratory combustion chamber investigations, to tests under conditions that can be considered representative for stage propulsion systems like Vulcain 2.1 and Vinci.



**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt**  
German Aerospace Center

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) (German Aerospace Center, DLR)  
Prof. Dr. Stefan Schleichriem • Director, Space Propulsion • Langer Grund, 74239 Hardthausen,  
Germany • Phone +49 6298 28-203 • E-mail stefan.schleichriem@dlr.de • DLR.de



# DLR Lampoldshausen : installation de test unique pour LOX/Méthane

**Le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), Airbus Safran Launchers/Groupe Ariane et le Centre Aérospatial Allemand (DLR) travaillent conjointement au « projet Prometheus » pour le développement d'une fusée économique, à forte propulsion et réutilisable, qui devra fonctionner à l'oxygène liquide (LOX) et au méthane. L'utilisation du méthane comme carburant de fusée a été étudiée durant des décennies. Mais un système de propulsion alimenté par LOX/méthane n'avait jamais encore été utilisé pour un lanceur. La recherche et le développement technologique, dans le contexte du « programme Prometheus » font partie depuis 2016 du « Future Launchers Preparatory Programme » de l'Agence spatiale européenne.**



Dans le développement de propergols liquides, la combinaison du méthane et de l'oxygène liquide joue un rôle prometteur. Les possibilités qu'offre le méthane vont de la complémentarité jusqu'au complet remplacement de l'hydrogène liquide alimentant jusqu'ici les lanceurs Ariane. En 2016, Airbus Safran Launchers et le DLR ont formé une alliance pour faire avancer rapidement la technologie LOX/méthane. Dans une campagne de test de 12 mois au banc d'essai P3, les partenaires ont obtenu des résultats significatifs pour la poursuite du développement des technologies critiques nécessaires telles que celles de la chambre de combustion. Le prochain objectif maintenant est de tester un démonstrateur technologique LOX/méthane avec 100 tonnes de poussée dans des conditions représentatives. Ce réacteur a le potentiel de réduire, d'un facteur de 10, les coûts du réacteur à étage principal européen nommé Vulcain.

## Flexible et économique

Dans le projet DLR « LUMEN », les objectifs de recherche sont élargis du niveau des composants au niveau du système de l'ensemble de la motorisation. Dans ce cadre, un réacteur LOX/méthane à pompe est développé et testé. Le DLR mettra à la disposition des développeurs du réacteur, à un stade précoce de leur travail, les résultats obtenus en collaboration avec les partenaires français du projet. Le DLR a également développé un concept pour un fonctionnement efficace et optimisé du banc d'essai dans lequel la numérisation et les technologies issues du domaine de l'industrie 4.0 sont utilisées. Les aspects tels que la flexibilité en termes d'approvisionnement en carburant, le traitement des données, la qualité et la sécurité sont mis ici au premier plan pour exploiter le banc d'essai avec flexibilité et de façon plus économique.

Le DLR, sur le site de Lampoldshausen, exploite des bancs d'essai et des installations uniques pour tester la propulsion des fusées, qui sont, pour l'industrie aérospatiale européenne d'une importance fondamentale. Ces services couvrent l'ensemble des exigences relatives aux essais : du test de composants en passant par l'essai du réacteur jusqu'à l'essai complet des étages de la fusée. Le site de Lampoldshausen est aussi bien utilisé pour des tests pour la recherche et le développement que pour des tests de caractérisation et de qualification. Les travaux de recherche sont menés à différentes échelles, allant des études faites au brûleur de laboratoire jusqu'aux tests en conditions pour la motorisation étagée, comment par exemple pour Vulcain 2.1 ou pour Vinci.



**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt**  
German Aerospace Center

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) Centre Aérospatial Allemand (DLR)  
Prof. Dr. Stefan Schleichriem • Directeur de l'Institut des systèmes de propulsion spatiale • Langer Grund,  
74239 Hardthausen, Allemagne • Téléphone +49 6298 28-203 • E-mail stefan.schleichriem@dlr.de • DLR.de