



Dossier de presse  
Mercredi 5 septembre 2018 - 10h – Toulouse

# EXAEDRE : une campagne scientifique inédite pour chasser les éclairs



**Safire**  
Aéroport de Toulouse Francazal  
135 avenue du Comminges  
31270 Cugnaux

## Contacts

Presse CNRS (Toulouse) | Clément Blondel | 05 61 33 60 14 | [clement.blondel@dr14.cnrs.fr](mailto:clement.blondel@dr14.cnrs.fr)

Presse CNES | Claire Dramas | 05 61 28 28 36 | [claire.dramas@cnes.fr](mailto:claire.dramas@cnes.fr)

Presse Météo-France | Anne Orliac | [anne.oriac@meteo.fr](mailto:anne.oriac@meteo.fr)

Presse Univ.Toulouse III – Paul Sabatier | Nadia Vujkovic | [nadia.vujkovic-bukvin@univ-tlse3.fr](mailto:nadia.vujkovic-bukvin@univ-tlse3.fr)

## SOMMAIRE

1. LE PROJET EXAEDRE .....	3
2. LA CAMPAGNE EXAEDRE : OBJECTIFS ET STRATEGIES .....	4
3. LES INTERVENANTS .....	6
4. L'INSTRUMENTATION.....	7
4.1. Les laboratoires mobiles .....	7
4.2. Les instruments aéroportés .....	8
4.3. Les instruments au sol .....	9
4.3.1. Les réseaux sol .....	9
4.3.2. Le super site de San Giuliano .....	10
4.4. Archivage des données.....	11
5. LES LABORATOIRES ET PARTENAIRES PRIVES IMPLIQUES.....	12
6. SAFIRE : DES LABORATOIRES VOLANTS AU SERVICE DE LA RECHERCHE .....	13
7. MISSIONS SPATIALES.....	14

## 1. LE PROJET EXAEDRE

Les scientifiques sont encore loin de connaître et de comprendre tous les phénomènes associés aux éclairs et leurs liens avec les nuages d'orage. Le projet Exaedre (EXploiting new Atmospheric Electricity Data for Research and the Environment) a pour objectif de consolider les activités de recherche entamées durant la campagne HyMeX (Hydrological cycle in Mediterranean Experiment) autour de l'étude de l'électricité atmosphérique. En couplant **observation et modélisation**, le projet Exaedre vise ainsi à **améliorer les connaissances** des différents processus microphysiques, dynamiques et électriques des nuages d'orages qui conduisent au déclenchement et à la propagation d'un éclair. Ces nouvelles connaissances permettront de **mieux suivre les orages en temps réel** et d'en **améliorer les prévisions météorologiques** en assimilant la donnée "éclair" dans les modèles de prévision numérique du temps.

L'apparition d'orages de plus en plus violents et électriquement plus actifs obligera la société à adapter son quotidien et à définir dès à présent des stratégies pour anticiper les impacts de ces phénomènes extrêmes que ce soit pour la conception et l'opération des systèmes de transport ou de distribution de l'électricité, ou pour la gestion en temps réel les activités de secours en cas de catastrophe majeure. En comprenant mieux les phénomènes nuageux potentiellement dangereux, les membres du projet Exaedre souhaitent in fine pouvoir **proposer de nouveaux outils d'aide à la décision** en exploitant les observations haute fréquence de détecteurs d'éclairs placés en orbite géostationnaire dans le cadre du programme « Météosat Troisième Génération » d'Eumetsat<sup>1</sup>.

Le volet observation du projet Exaedre s'articule autour : **d'observations** déjà collectées durant le programme HyMeX (lancé en 2012) des mesures de l'activité électrique réalisées par le réseau **Saetta**<sup>2</sup> (Suivi de l'activité électrique tridimensionnelle totale de l'atmosphère) de détection tridimensionnelle des éclairs depuis 2015 et le réseau opérationnel **Météorage**<sup>3</sup>; du développement de **nouveaux détecteurs d'éclairs**, et d'une **campagne de terrain** en Corse.

Le volet modélisation du projet Exaedre repose sur le modèle de recherche MésO-NH, utilisé pour **comprendre les processus électriques** à l'œuvre au sein des nuages d'orage et pour affiner les analyses des observations collectées durant le projet. Les scientifiques chercheront également à évaluer la capacité du modèle opérationnel de Météo-France Arome à intégrer l'observation « éclairs », pour **améliorer la prévision** des orages.

Exaedre est une campagne de mesures, et au-delà de cela un projet de recherche, stratégique pour le développement et la structuration de la communauté scientifique et opérationnelle française, à un moment où la programmation spatiale internationale dans le domaine de l'électricité atmosphérique est très riche, avec plusieurs missions spatiales déjà en orbite (sur la station spatiale internationale par exemple) ou en développement (mission Cnes Taranis<sup>4</sup> notamment), dont les données alimenteront de nombreux domaines d'application (recherche, prévision immédiate, prévision numérique, climat, hydrologie, trafic aérien, ...).

---

<sup>1</sup> Voir <https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/FutureSatellites/MeteosatThirdGeneration/index.html>

<sup>2</sup> Opéré dans le cadre de la [Plateforme CORSICA d'observations atmosphériques](#) du Laboratoire d'aérodynamique (LA-OMP, CNRS/Université Toulouse III – Paul Sabatier). Ce réseau, de technologie LMA (Lightning Mapping Array), nommé Saetta (Suivi de l'activité électrique tridimensionnelle totale de l'atmosphère) fonctionne en Corse depuis 2014, une des régions de France métropolitaine les plus impactées par les orages (moyenne Météo-France 1971-2000).

<sup>3</sup> Depuis 1987, Météorage opère le réseau de détection foudre français désormais élargi à une majeure partie de l'Europe.

<sup>4</sup> Taranis est une mission spatiale CNES visant à étudier a) les sprites, jets, elves, b) les flashes gamma provenant de la Terre, c) les émissions électriques, magnétiques, d) le faisceau d'électrons de haute énergie. Voir : <https://taranis.cnes.fr/fr>

## 2. LA CAMPAGNE EXAEDRE : OBJECTIFS ET STRATEGIES

Dans le cadre du projet Exaedre, une campagne de mesure inédite en Europe aura lieu du 13 septembre au 12 octobre 2018, durant une partie de la saison orageuse corse, pour mieux comprendre les processus à l'origine des éclairs et leurs liens avec les nuages d'orage. La campagne du projet Exaedre a pour but de documenter in situ les conditions dynamiques, microphysiques et électriques dans lesquelles les éclairs se déclenchent et se propagent. Elle **permettra aux scientifiques de caractériser les propriétés des nuages d'orage et l'activité électrique qui s'y développe. Cette campagne reposera sur un dispositif expérimental unique composé entre autres d'instruments aéroportés et du réseau de détection Saetta, capable de cartographier les éclairs en trois dimensions.** Comparées aux sorties des modèles, ces observations permettront de valider et d'affiner les paramétrisations numériques des processus physiques implantées dans ces modèles. Une fois totalement validés, ces modèles seront utilisés pour étudier les liens entre les processus physiques des orages et pour guider l'analyse des données collectées durant la totalité du projet Exaedre.

La stratégie observationnelle consiste à réaliser des mesures *in situ* grâce à un avion de recherche durant une période donnée et à conduire des observations depuis le sol sur une durée plus longue (de quelques mois à plusieurs années). Les mesures aéroportées seront réalisées depuis le Falcon 20 opéré par l'unité Safire (CNRS/CNES/Météo-France). Le secteur aérien ciblé couvre la Corse et un domaine de 200 km autour de la Corse (Figure 1). Les mesures sol seront réalisées à partir d'un super site localisé sur les terrains de l'INRA à San Giuliano, à partir de véhicules mobiles, et d'instruments en service depuis plusieurs années comme les réseaux de détection des éclairs Saetta et Météorage et les radars du réseau national de Météo-France (Figure 2). Différents outils d'aide à la décision en temps réel ont été développés par le consortium Exaedre qui combinent sur le même écran les observations météorologiques disponibles pour guider en vol l'équipage du Falcon 20 et les scientifiques au sol.

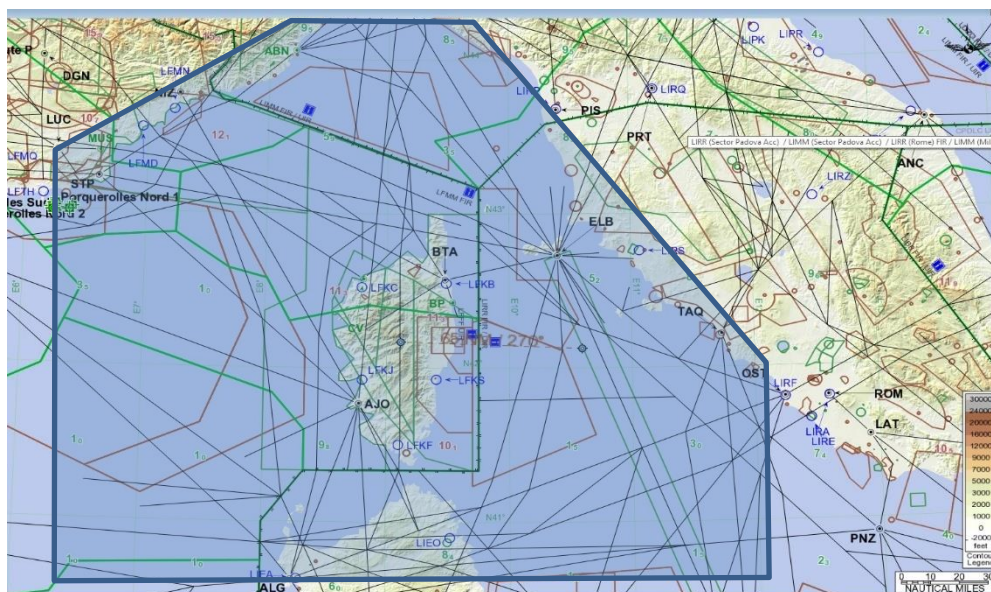


Figure 1. Le secteur aérien incluant les secteurs (civil et militaire) français et italiens.

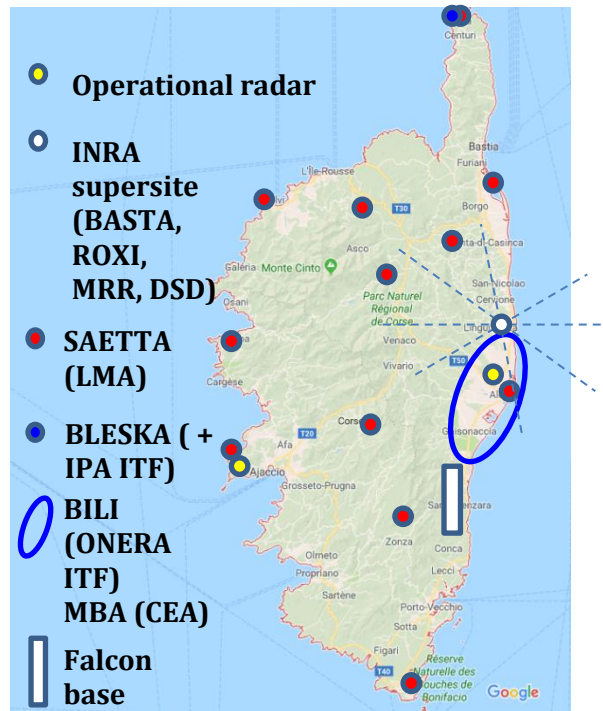


Figure 2. Distribution géographique des instruments de la campagne EXAEDRE.

Selon les prévisions météorologiques fournies par les étudiants de l'Ecole nationale de météorologie et leurs enseignants, un plan de vol sera déposé pour obtenir une autorisation de vol. La stratégie de vol dans un nuage consistera à échantillonner d'abord l'enclume de l'orage dans sa partie haute en s'approchant de plus en plus du cœur de convection au fur et à mesure que l'orage se développe (Figure 3). A priori un nuage d'orage sera échantillonné à trois niveaux de vol, 10, 7 et 5 km, qui correspondent aux altitudes moyennes des zones de charge (10 et 5 km) et à l'altitude moyenne où le champ électrique est maximal (7 km). Le plan de vol sera adapté selon les conditions météorologiques, l'évolution spatio-temporelle des orages et les contraintes imposées par le contrôle aérien.

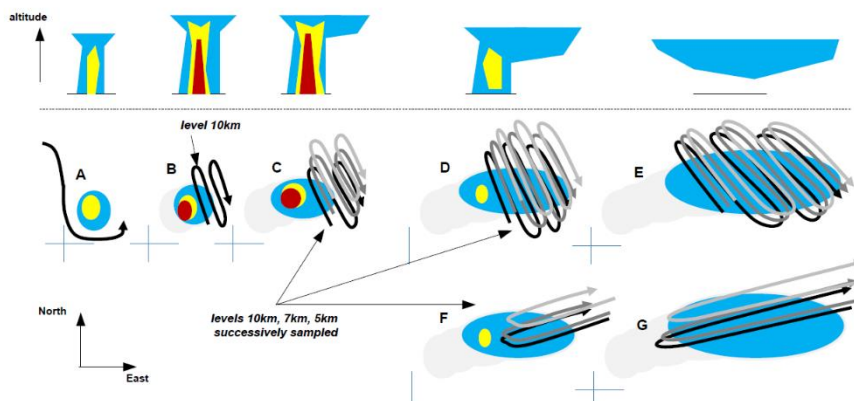


Figure 3. Exemple de plans de vol pour échantillonner un orage durant son cycle de vie.

Cette campagne de mesures est financée par l'ANR (ANR-16-CE04-0005), le CNES et le programme Mistrals/HyMeX. Les données collectées durant la campagne Exaedre seront archivées au pôle Aéris<sup>5</sup>.

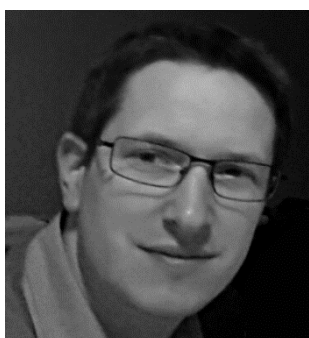
<sup>5</sup> Aéris est le pôle national de données et services pour l'Atmosphère. Ce pôle est soutenu par le CNES, le CNRS, le CEA, Météo-France, l'IGN, l'IRD, l'Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, l'Université Paul Sabatier, l'Université de Lille et la Région des Hauts de France.



### 3. LES INTERVENANTS



**Eric Defer** est chargé de recherche au CNRS au sein l'équipe AOC (Atmosphère Océan Couplage) du Laboratoire d'aérodologie (LA – OMP, CNRS/Université Toulouse III – Paul Sabatier) à Toulouse. Il étudie les nuages convectifs et les éclairs à partir d'observations sol, aéroportées et spatiales et de simulations numériques. Il est aussi impliqué dans la conception d'instruments, de campagnes de mesure et de missions spatiales. Il est le responsable scientifique du projet Exaedre. Il est aussi responsable du projet SOLID (Space-based Optical Lightning Detection) financé par le CNES, projet dédié à la préparation de l'exploitation des observations des éclairs depuis l'espace.



**Olivier Caumont** est chercheur au Centre national de recherches météorologiques (CNRM, Météo-France/CNRS) à Toulouse. Il étudie les orages aux latitudes tempérées et cherche à améliorer leur prévision avec le modèle Arome de Météo-France, notamment en s'appuyant sur de nouvelles observations. Au sein du projet Exaedre, il est le responsable scientifique du CNRM et s'intéresse plus particulièrement à l'exploitation des observations d'éclairs pour améliorer la prévision numérique des orages.



**Pierre Tabary** est responsable de la thématique Atmosphère météorologie climat au CNES. Dans cette thématique, son rôle est d'une part de contribuer à l'élaboration de la stratégie du CNES, en tenant compte de l'expression des communautés d'utilisateurs françaises et du contexte européen et international, et d'autre part d'accompagner les chercheurs et utilisateurs dans leur travail de préparation ou d'exploitation des missions spatiales.



**Thierry Perrin** est ingénieur à Météo-France. Il est le responsable de l'instrumentation avion du Service des avions français instrumentés pour la recherche en environnement (Safire, CNRS/Météo-France/CNES) depuis sa création en 2005. Safire est une unité mixte de service de Météo-France, du CNRS et du CNES, qui dispose de trois avions, véritables laboratoires volants. Ces derniers constituent des outils d'observation pour une meilleure compréhension de notre environnement et climat, la validation satellitaire et le développement aéronautique.

## 4. L'INSTRUMENTATION

### 4.1. Les laboratoires mobiles



© SAFIRE

Le Dassault Falcon 20 f-GBTM de l'unité Safire est disponible pour les opérations scientifiques depuis 2006. Cet avion est principalement utilisé pour la recherche pluridisciplinaire en haute troposphère et basse stratosphère : télédétection, chimie, microphysique... Il a été grandement modifié afin de pouvoir embarquer une grande variété d'instruments de mesures atmosphériques et

environnementales. Sa perche de nez, ses larges hublots sous et au-dessus du fuselage, ses points d'emports sous les ailes, ses aménagements intérieurs incluant un réseau électrique et informatique spécifique en font un véritable laboratoire volant. **Durant la campagne EXAEDRE, le Falcon 20 embarque particulièrement le radar de nuage Rasta (RADar SysTem Airborn), les sondes de microphysique PMA, les moulins à champ Ampera et des détecteurs de particules à haute énergie. L'équipe à bord durant un vol est composée de sept personnes : 2 pilotes, 1 technicien, 3 ingénieurs et 1 scientifique.**



© LOA

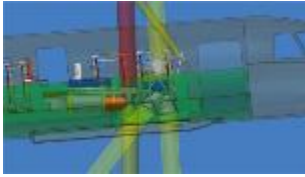
Le Laboratoire d'optique atmosphérique – LOA (CNRS/Université de Lille) déploiera son système d'observation mobile (MAMS) pour réaliser des mesures d'aérosols (profil vertical, colonne et in situ), mobiles ou non, depuis le sol à proximité des nuages d'orage échantillonnés par le Falcon 20. Ces mesures sont assurées par un lidar à rétrodiffusion et divers radiomètres.



© Météorage

Météorage déploiera son laboratoire mobile afin de mesurer en sécurité au plus près des éclairs, le rayonnement électromagnétique émis par les éclairs dans les basses fréquences radio. La propagation des éclairs, via l'intense rayonnement visible émis, seront aussi enregistrés à l'aide d'une caméra ultrarapide.

## 4.2. Les instruments aéroportés



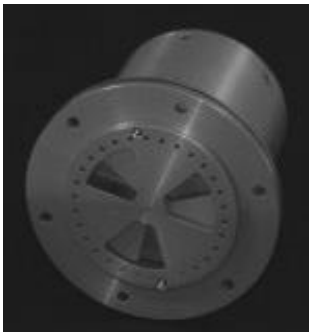
© LATMOS

Le Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales (Latmos – CNRS/UVSQ/Sorbonne université) opérera le radar de nuage RASTA (95 GHz) depuis le Falcon 20. Cet instrument de télédétection active permet de caractériser les nuages en dessous et au-dessus de l'avion en termes de réflectivité, de contenu en glace et de vent.



© LaMP

Le Laboratoire de météorologie physique (LaMP – CNRS/Université Clermont Auvergne) effectuera des mesures de microphysique nuageuse à l'aide de 4 sondes (granulomètres et imageurs). Ces sondes sont installées sous les ailes du Falcon 20 et produisent des images de tout type d'hydrométéores de toute taille (gouttes d'eau, agrégats, cristaux de glace) le long de la trajectoire de vol. Ces images permettent de calculer la distribution en taille des hydrométéores, d'identifier le type d'hydrométéores et d'étudier leur forme.



© ONERA

L'Office national d'études et de recherches aérospatiales (Onera) installera 8 moulins à champ à différents endroits sur le Falcon 20, 4 sur le fuselage de l'avion, 4 autres à l'arrière des 4 sondes de microphysique. Ces 8 points de mesure permettront de restituer les 3 composantes du champ électrique (composante verticale  $E_z$  et les deux composantes horizontales  $E_x$  et  $E_y$ ) en ciel clair et en conditions nuageuses.



L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) réalisera des comptages de particules à haute énergie à l'aide de détecteurs miniaturisés installés dans la cabine du Falcon 20.



### 4.3. Les instruments au sol

#### 4.3.1. Les réseaux sol



© LA

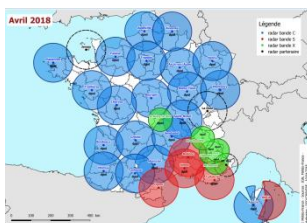
Le réseau Saetta du Laboratoire d'aérodologie, composante de la Plateforme CORSiCA d'Observations Atmosphériques (PCOA), détecte l'activité totale des éclairs, i.e. les éclairs intra-nuage et les éclairs nuage-sol, dans un rayon de 200 km. Constitué de 12 stations déployées en Corse, Saetta localise en trois dimensions les éclairs en détectant le rayonnement émis par les décharges électriques dans le domaine des fréquences radio (VHF, 60-66 MHz) et en appliquant la méthode des temps d'arrivée pour les positionner dans l'espace et le temps. Délivrant une information toutes les 80  $\mu$ s, Saetta permet d'étudier la propagation complexe des éclairs, l'extension verticale et horizontale des éclairs et de localiser le lieu de leur déclenchement. Les

observations du réseau Saetta seront utilisées en temps réel pour identifier les orages à échantillonner et pour guider le Falcon 20. Ces données seront transmises au Falcon 20.



Les observations du réseau opérationnel Météorage seront aussi utilisées en temps réel pour suivre l'activité électrique des orages. En effet, ce dernier fournit des données complémentaires à Saetta, basées

sur la détection basse-fréquence des signatures électromagnétiques des décharges de courant Nuage-Sol et Intra-Nuage. Les performances en termes de précision de localisation, environ 100 m, et d'efficacité de détection, supérieure à 98%, permettent à Météorage de fournir des données de qualité aux équipes de chercheurs sur le terrain et ainsi de participer au projet Exaedre. Différents outils de visualisation et produits de suivi des orages développés par Météorage seront mis à disposition durant la campagne. Météorage poursuit l'extension de son réseau en Europe dans le but d'homogénéiser les performances des observations à l'échelle de l'Europe de l'Ouest (plus de 150 capteurs). Les données Météorage seront aussi transmises au Falcon 20 durant les vols scientifiques.



© Météo-France

Les radars de Météo-France permettront de suivre en temps légèrement différé l'évolution des orages à l'aide des différents produits comme le composite de réflectivité et la lame d'eau. Les observations du nouveau radar de Météo-France installé au nord d'Ajaccio, opérationnel depuis fin juillet 2018, sont déjà prises en compte dans l'élaboration de ces produits. Les observations collectées individuellement par les radars d'Aléria (Corse), de la Punta (Corse) et

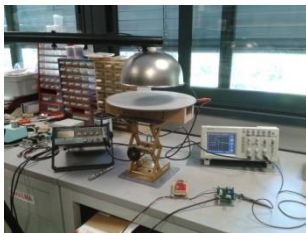
de Collobrière (Var) seront exploitées par les scientifiques après la campagne. Les données radar seront également transmises au Falcon 20 durant les vols scientifiques.

### 4.3.2. Le super site de San Giuliano

Le super site de San Giuliano, situé sur le domaine de l'INRA, est équipé d'instrumentation *in situ* et de télédétection. Certains sont en fonctionnement depuis fin juin 2018 et seront opérés jusqu'à la fin de l'automne 2018. D'autres seront uniquement installés et opérés durant la période de la campagne aéroportée d'Exaedre.

L'Onera déploiera un interféromètre large bande opérant dans le domaine des fréquences radio VHF pour détecter et localiser les éclairs. Ce prototype et les réseaux Saetta et Météorage documenteront de manière unique les différences phases d'un éclair pour une meilleure compréhension de la physique de la décharge naturelle. Cet interféromètre a été développé spécifiquement pour le projet Exaedre.

Le CEA gèrera un réseau de microphones pour caractériser les propriétés acoustiques des éclairs (le tonnerre). Ces mesures permettront non seulement d'étudier la propagation du signal acoustique mais aussi de reconstruire en trois dimensions la position de l'origine de ce signal. Couplées aux observations des réseaux Saetta et de Météorage et de l'interféromètre de l'Onera, et aux observations optiques de la caméra rapide de Météorage, ces mesures acoustiques compléteront de manière unique la caractérisation du spectre énergétique des éclairs.



© LA

Le Laboratoire d'aérodynamique (LA – OMP, CNRS/Université Toulouse III – Paul Sabatier) installera un capteur sensible aux effets des éclairs sur la redistribution des charges au sein du nuage et de leurs impacts sur le champ électrique ambiant. Cet instrument a été développé dans le contexte du projet Exaedre. Le LA réalisera également des radiosondages en coïncidence avec des passages du Falcon 20 au-dessus du site de San Giuliano.



© LA

Le Latmos installera deux radars de nuage de type Basta afin de caractériser les propriétés verticales des nuages au-dessus du site de San Giuliano. Un de ces radars effectuera des scans à élévation variable et azimut constant. Plusieurs passages du Falcon 20 au-dessus de ces deux radars seront réalisés afin d'inter-étalonner les radars Basta et Rasta.



© LATMOS

Le Latmos opérera aussi le radar de pluie ROXI en bande X. Il servira à caractériser les propriétés verticales des nuages et des précipitations au-dessus du site de San Giuliano. Couplées aux observations des radars Basta, ces observations permettront de décrire la colonne atmosphérique condensée de manière détaillée en exploitant la technique de mesure « multi longueur d'onde ».



Le LA et l'Institut des géosciences de l'environnement (IGE – CNRS/Grenoble INP/IRD/UGA) déploieront des disdromètres afin de mesurer précisément la granulométrie des précipitations et les quantités de pluie tombées à leur emplacement.

© LA



Le Latmos opérera un Micro-Lidar qui caractérisera les profils atmosphériques en aérosols et ainsi que les nuages fins constitués de petits cristaux de glace.

© LA



Le LOA déploiera un photomètre Triple (solaire et lunaire) sur le super site de San Giuliano pour la caractérisation des aérosols de jour comme de nuit. Ces observations pourront compléter les données du Micro-Lidar du Latmos pour les profils d'extinction le long de la colonne atmosphérique.

© LAO

#### 4.4. Archivage des données

Le pôle national de données et de services pour l'atmosphère (Aéris) assurera notamment l'archivage des données de la campagne. Aéris est soutenu par le CNES, le CNRS, le CEA, Météo-France, l'IGN, l'IRD, l'Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, l'Université Toulouse III – Paul Sabatier, l'Université de Lille et la Région des Hauts de France.

## 5. LES LABORATOIRES ET PARTENAIRES PRIVES IMPLIQUES

Le consortium participant à cette campagne de mesures est constitué d'équipes de recherche et d'industriels complémentaires et experts dans leurs domaines :

- **Le Laboratoire d'aérodynamique - LA-OMP** (CNRS/Université Toulouse III – Paul Sabatier) coordonnera la campagne Exaedre tant scientifiquement que logistiquement. Il apportera son expertise en électricité atmosphérique et en convection nuageuse grâce aux observations d'éclairs réalisées par son réseau Saetta et les mesures de précipitation spécialement réalisées depuis le site de San Giuliano (Corse) sur des terrains de l'Inra ;  
<http://www.aero.obs-mip.fr/>
- **Le Centre national de recherches météorologiques - CNRM** (CNRS/Météo-France), apportera son expertise dans la connaissance des orages mais aussi dans la visualisation en temps réel des données météorologiques disponibles ;  
<https://www.umr-cnrm.fr/>
- **Le Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales – Latmos** (CNRS/UVSQ/Sorbonne université) apportera, en plus du radar aéroporté Rasta, des radars de recherche au sol et un lidar, un type particulier de laser, permettant de caractériser les nuages depuis le site de San Giuliano ;  
<http://www.latmos.ipsl.fr/>
- **Le Laboratoire de météorologie physique – LaMP** (CNRS/Université Clermont Auvergne), apportera son expertise dans le domaine de la microphysique à l'aide de ses sondes aéroportées ;  
<http://www.observatoire.univ-bpclermont.fr/atmos/>
- **Le Service des avions français instrumentés pour la recherche en environnement – Safire** (CNRS/CNES/Météo-France), assurera les mesures aéroportées à l'aide de son Falcon 20 ;  
<http://www.safire.fr/fr>
- **L'Office national d'études et de recherches aérospatiales - Onera** aidera à la mesure du champ électrique ambiant depuis un aéronef et à la détection des éclairs par interférométrie dans le domaine des fréquences radio ;  
<https://www.onera.fr/dphy>
- **Météorage** fournira aux scientifiques ses observations opérationnelles de détection des éclairs. Il effectuera aussi des mesures du champ électromagnétique émis par les éclairs, combinées à des vidéos à haute résolution temporelle ;  
<https://www.meteorage.com/>
- Les entreprises **Ciele Ingénierie** <http://www.ciele.fr/> et **[IS]²** <https://www.is2ws.com/> apporteront leurs expertises techniques et scientifiques en soutien aux opérations et l'exploitation des instruments spécialement construits pour le projet Exaedre ;
- Les étudiants de **l'école nationale de la météorologie**, et leurs encadrants, fourniront les briefings météorologiques quotidiens et contribueront aux activités opérationnelles de guidage de l'avion ;  
<http://www.enm.meteo.fr/>

- **Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives - CEA** déploiera un réseau de microphones pour étudier le tonnerre ;  
<http://www.cea.fr/>
- **L'Institut des géosciences de l'environnement – IGE** (CNRS/Grenoble INP/IRD/UGA) apportera des instruments quantifiant les précipitations au sol et caractérisant les tailles des gouttes d'eau au niveau du sol ;  
<http://www.ige-grenoble.fr/>
- **Le Laboratoire d'optique atmosphérique – LOA** (CNRS/Université de Lille) déploiera sa station mobile CaPPA pour réaliser des mesures d'aérosols depuis le sol à proximité des nuages d'orage échantillonnés par le Falcon 20 ;  
<http://www-loa.univ-lille1.fr/>
- **L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire - IRSN** installera à bord du Falcon 20 des détecteurs de particules à haute énergie.  
<https://www.irsn.fr/>
- **Le pôle national de données et de services pour l'atmosphère - Aéris** assurera notamment l'archivage des données de la campagne.  
<http://www.aeris-data.fr/>

## 6. SAFIRE : DES LABORATOIRES VOLANTS AU SERVICE DE LA RECHERCHE



© SAFIRE

Basé à l'aéroport de Toulouse-Francazal, Safire (Service des avions français instrumentés pour la recherche en environnement) est un outil d'investigation unique en France pour la recherche climatique et environnementale, la validation satellitaire et le développement aéronautique. Créée en 2005, cette structure publique commune au CNRS, à Météo-France et au CNES a pour mission de mettre en œuvre ces avions au profit de la recherche dans le cadre des campagnes expérimentales. Elle dispose de trois avions instrumentés pour la mesure en vol, véritables laboratoires volants : l'ATR 42, le Falcon 20 et le Piper-

Aztec sont des appareils de série lourdement modifiés qui couvrent une vaste palette de capacités d'emport, d'altitude de mesure et de projection. Pilotes, ingénieurs, techniciens, gestionnaires et personnels de support administratif travaillent en étroite collaboration avec les communautés scientifiques internationales pour une meilleure compréhension du système Terre, la préparation, la calibration et la validation de systèmes spatiaux, la recherche et le développement.

Avec plus de 3 000 heures de données en vol, 500 scientifiques embarqués et 50 laboratoires utilisateurs, Safire conjugue l'excellence technologique de moyens embarqués à l'expertise de ses personnels afin de réaliser des vols spécifiques en support à la recherche et à l'industrie.



## 7. MISSIONS SPATIALES

Deux missions spatiales européennes dédiées aux éclairs seront lancées ces prochaines années : la mission TARANIS (Tool for the Analysis of Radiation from lightning and Sprites) du CNES et la mission MTG (Météosat Troisième Génération) d'EUMETSAT qui emportera le détecteur optique LI (Lightning Imager).



© CNES

La mission défilante TARANIS se focalise sur l'étude des phénomènes lumineux transitoires (TLE) et des flashes gamma terrestres (TGF). Son lancement est prévu en 2019. Les principaux responsables scientifiques sont le CNRS et CEA/DAM. La plateforme TARANIS emportera comme charges utiles des caméras et des photomètres, des détecteurs de rayons X et gamma, des détecteurs d'électrons de haute énergie, des senseurs électromagnétiques, des antennes de mesure du champ électrique basse et haute fréquence. **Les différentes techniques de détection des éclairs déployées durant la campagne EXAEDRE**

**fourniront des observations coïncidentes multi-spectrales des éclairs qui en attendant les premières observations de la mission TARANIS.**



© EUMETSAT

La mission MTG sera lancée en 2021 pour être placée en orbite géostationnaire. Le capteur LI assurera la détection des éclairs à partir de leur rayonnement optique émis à 777 nm. Ce sera la première fois que les Européens mettront un tel capteur dans l'espace avec des spécifications techniques et opérationnelles assez contraignantes. Le capteur LI couvrira l'Europe, la Méditerranée, l'Afrique dans sa totalité, une grande partie de l'océan atlantique, et une partie du Brésil. Le détecteur LI prendra une image toutes les 2 millisecondes de la Terre et les pixels illuminés de la caméra seront identifiés et expertisés en temps réel depuis le satellite et au sol pour être mis à disposition aux Utilisateurs en moins de 30 secondes. Cette diffusion quasi temps réel des données spatiales va ouvrir une nouvelle ère de l'observation

météorologique spatiale pour le suivi des orages ou pour les activités opérationnelles en lien avec les transports aérien et maritime. **En attendant, le projet EXAEDRE étudiera la possibilité d'adapter les différents outils et méthodes de suivi des orages développés en son sein aux futures observations de MTG-LI. Une stratégie de validation du capteur MTG-LI sera aussi proposée tenant compte des résultats et des développements instrumentaux du projet EXAEDRE.**



© NASA-ESA

En attendant ces deux missions européennes, les participants d'EXAEDRE exploiteront les observations du détecteur optique d'éclairs Lightning Imaging Sensor (LIS) de la NASA installé sur la station spatiale internationale depuis février 2017 lors de ses deux passages journaliers au-dessus de la Corse. **Des vols du Falcon 20 pourront être coordonnés avec les passages de la station spatiale pour des conditions météorologiques et des contraintes de vol favorables.**