

## Le vol d'avions instrumentés : des ailes pour la recherche

De véritables laboratoires volants et une équipe de scientifiques, technicien-ne-s, ingénieur-e-s, pilotes et mécanicien-ne-s sont mis à disposition des chercheur-es. Trois avions de la flotte du Service des avions français Instrumentés pour la recherche en environnement (SAFIRE), un biréacteur Falcon 20, un biturbopropulseur ATR42 et un bimoteur Piper Aztec, couvrent ainsi des hauteurs de quelques dizaines de mètres au-dessus du sol aux limites de la stratosphère.

Ces avions instrumentés contribuent à des expérimentations dans des domaines variés : le changement climatique, les phénomènes météorologiques, la préparation, la calibration et la validation de missions spatiales, la recherche et le transfert technologique en aéronautique, l'observation des surfaces terrestres voire l'astronomie, sans oublier la formation d'étudiant-e-s à la recherche aéroportée.

Ainsi, les scientifiques effectuent des missions de plusieurs semaines, après une longue et minutieuse préparation. Cela concerne l'intégration et la certification aéronautique du matériel scientifique embarqué, les plans de vol spécifiques à négocier avec les autorités des pays concernés et l'entraînement de tous les navigant-e-s. Ces missions impliquent un déploiement de moyens lourds reposant sur une parfaite organisation logistique. Dans le futur, le projet d'intégrer à la flotte des drones de taille moyenne et un nouvel avion permettra d'augmenter le domaine possible des vols.



Installation d'instruments scientifiques sur l'ATR  
© Caroline Lamorthe/SAFIRE



Analyses en vol des données © DR/SAFIRE



ATR42 en vol © Jean-Christophe Canonici/SAFIRE

## KIOSQUE

Comprendre l'actu avec les scientifiques !

Prochain Kiosque  
**LES SYSTÈMES COMPLEXES**  
Dimanche 4 février 2018

Cet événement permet d'accueillir les chercheur.e.s des laboratoires toulousains pour expliquer au grand public la recherche en cours et partager les connaissances. Les Kiosques se présentent sous forme d'un 'marché des sciences' où chacun.e vient échanger, apprendre et découvrir la recherche, dans une ambiance conviviale. Les thématiques sont variées et montrent la diversité du monde la recherche et des disciplines étudiées, en lien avec l'humain, la nature et l'environnement.

MUSÉUM DE TOULOUSE  
35 allées Jules-Guesde  
31 000 Toulouse

CONTACTS COMMUNICATION  
com@dr14.cnrs.fr  
communication.museum@toulouse-metropole.fr

www.cnrs.fr/midi-pyrenes  
@CNRSMip

### Ont participé à ce Kiosque :

**Gérard Latil, Mathieu Lihoreau**  
Centre de recherches sur la cognition animale  
CRCA/CBI (CNRS/ UT3)

**Ludovic Villard, Dominique Tarisse**  
Centre d'études spatiales de la biosphère  
CESBIO (CNES/ CNRS/ IRD/UT3)

**Yves Gourinat**  
Institut Clément Ader  
ICA (CNRS/ UT3/ ISAE-SUPAERO/ Mines Albi/ INSA)

**Carole Henaux, Dominique Harribey, Gurvan Jodin**  
Laboratoire plasma et conversion d'énergie  
LAPLACE (CNRS/ INP/ UT3)

**Aurélien Bourdon, Jean-Christophe Canonici**  
Service des avions français instrumentés  
pour la recherche en environnement  
SAFIRE (CNES/CNRS/Météo France)

**Responsable scientifique des Kiosques,  
CNRS Midi-Pyrénées/Muséum de Toulouse :**  
Magali Jacquier : magali.jacquier@dr14.cnrs.fr

# KIOSQUE

Comprendre l'actu avec les scientifiques !



## LE VOL DES INSECTES AUX SATELLITES

Grâce à quelques battements d'ailes, les rapaces peuvent planer pendant des heures. Dans le règne animal, les insectes ou les chauves-souris sont aussi capables de voler pour trouver une source de nourriture ou se protéger des prédateurs. Comment étudier et comprendre le vol des animaux ? Comment les oiseaux sont-ils source d'inspiration pour les scientifiques, dans l'aéronautique par exemple ? Comment les satellites peuvent-ils voler et permettre d'étudier la Terre ? À travers ce Kiosque, les chercheur.e.s toulousain.e.s vous feront découvrir les recherches en cours sur le vol des animaux, le vol des avions ou des satellites !

## Observer et comprendre le vol des animaux



Fleurs électroniques équipées de capteurs © Mathieu Lihoreau, CRCA/CBI

### Déchiffrer le vol du bourdon

Depuis une vingtaine d'années, on se rend compte que les facultés cognitives ne sont pas exclusivement observées chez les vertébrés, mais se retrouvent également chez une très grande diversité d'animaux, y compris les organismes les plus simples. Les insectes, par exemple, ont un répertoire comportemental très riche malgré leur système nerveux de petite taille. Certaines fourmis prennent des « décisions collectives » pour exploiter les meilleures ressources de leur environnement, les termites construisent des « nids cathédrales » pouvant atteindre plusieurs mètres de haut, les abeilles apprennent des concepts et utilisent un système de vote pour sélectionner un nouveau site de nidification.

Les insectes pollinisateurs, abeilles et bourdons notamment, se déplacent d'une fleur à l'autre en volant et en transportant le pollen. Afin de comprendre l'importance de l'apprentissage et de la mémoire dans le comportement de butinage chez les pollinisateurs, les chercheur-e-s utilisent des fleurs électroniques équipées de capteurs à radio-identification pour enregistrer les visites des fleurs par les insectes.

Ces travaux montrent que les butineuses développent graduellement des routes minimisant les distances de trajet entre les fleurs. Ce comportement est analogue à celui du voyageur de commerce qui, grâce aux mathématiques, doit trouver la route la plus courte pour visiter plusieurs villes une seule fois et revenir à son point de départ. Ce problème est extrêmement complexe car le nombre de routes possibles augmente factoriellement avec le nombre d'endroits à visiter et nécessite généralement d'utiliser des clusters de calcul (plus de 1 million de routes pour 11 villes). La question à laquelle les scientifiques cherchent donc à répondre est de savoir comment les insectes résolvent ce type de situation avec leur faible nombre de neurones (1 million chez l'abeille contre 100 milliards chez l'humain).



© Mathieu Lihoreau, CRCA/CBI

# Avion & bioinspiration : les principes du vol



Vision de l'avion du futur bioinspiré © Gurvan Jodin/Pixabay

## Comment la nature est-elle source d'inspiration pour les scientifiques ?

Dès les débuts de l'aéronautique, la conception des avions s'est inspirée de la nature. Tout d'abord, en utilisant des outils simples, tels qu'une feuille de papier ou une plume, on peut découvrir et apprivoiser l'écoulement de l'air pour se porter et se diriger dans l'atmosphère.

Les albatros planent pendant des heures en devinant la météo et économisant leur énergie. Pour l'optimisation du vol,

les logiciels les plus récents tentent de copier ces stratégies individuelles, pour parvenir un jour au vol permanent avec des énergies renouvelables.

Les concepteurs d'escadrilles de drones s'inspirent de l'organisation des nuages d'oiseaux pour améliorer l'efficacité des groupes d'aéronefs, à la fois en énergie et en observabilité.

Les êtres humains, quant à eux, s'inspirent de la conception globale de l'oiseau, qui est totalement intégré dans le biotope à la fois en amont et en aval : l'oiseau est entièrement recyclable après sa vie ! La certification de l'avion contemporain doit en effet intégrer ces exigences à la fois pour des impératifs environnementaux et pour la réutilisabilité directe et indirecte des matériaux, des structures et des systèmes.



© Vincent BRETAGNOLLE/CNRS photothèque

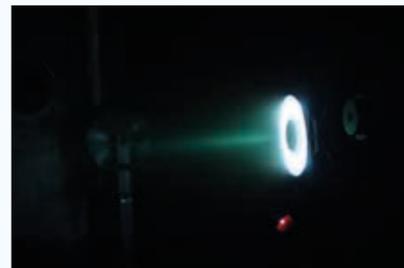
# Le vol des satellites : comment les propulser dans l'espace ?

## Propulseur ionique PPS-Flex

Pour déplacer les satellites et les sondes dans le vide spatial, il existe aujourd'hui deux technologies, la propulsion chimique et la propulsion électrique.

Dans la propulsion électrique, la poussée est créée via la génération d'un plasma. Ce plasma résulte de l'ionisation d'un gaz (xénon) dans un canal cylindrique au sein duquel un champ électrique et un champ magnétique sont créés comme dans les propulseurs à effet Hall. Ce système s'avère très efficace dans l'espace car la propulsion électrique permet de diviser la masse à embarquer par cinq et possède une plus grande durée de vie.

Le dispositif expérimental PPS-Flex mis au point à Toulouse permet, pendant les campagnes d'essais dans des caissons sous-vide, de tester une infinité de points de fonctionnement et de valider en temps réel, l'efficacité du plasma généré. Les résultats ont largement contribué à augmenter les connaissances sur l'interaction champ magnétique-plasma. Ils sont à la source d'avancées scientifiques décisives pour l'avenir des voyages spatiaux au long cours.



Le PPS-Flex allumé dans un caisson sous vide où sont recrées des conditions spatiales © Dominique Harribey, Laplace (CNRS, UT3, INPT)



Le PPS-Flex équipé de ses ailettes de refroidissement © Dominique Harribey, Laplace (CNRS, UT3, INPT)

# Comment étudier la Terre grâce au vol ?

## Survoler les forêts pour mieux comprendre leurs impacts sur le climat

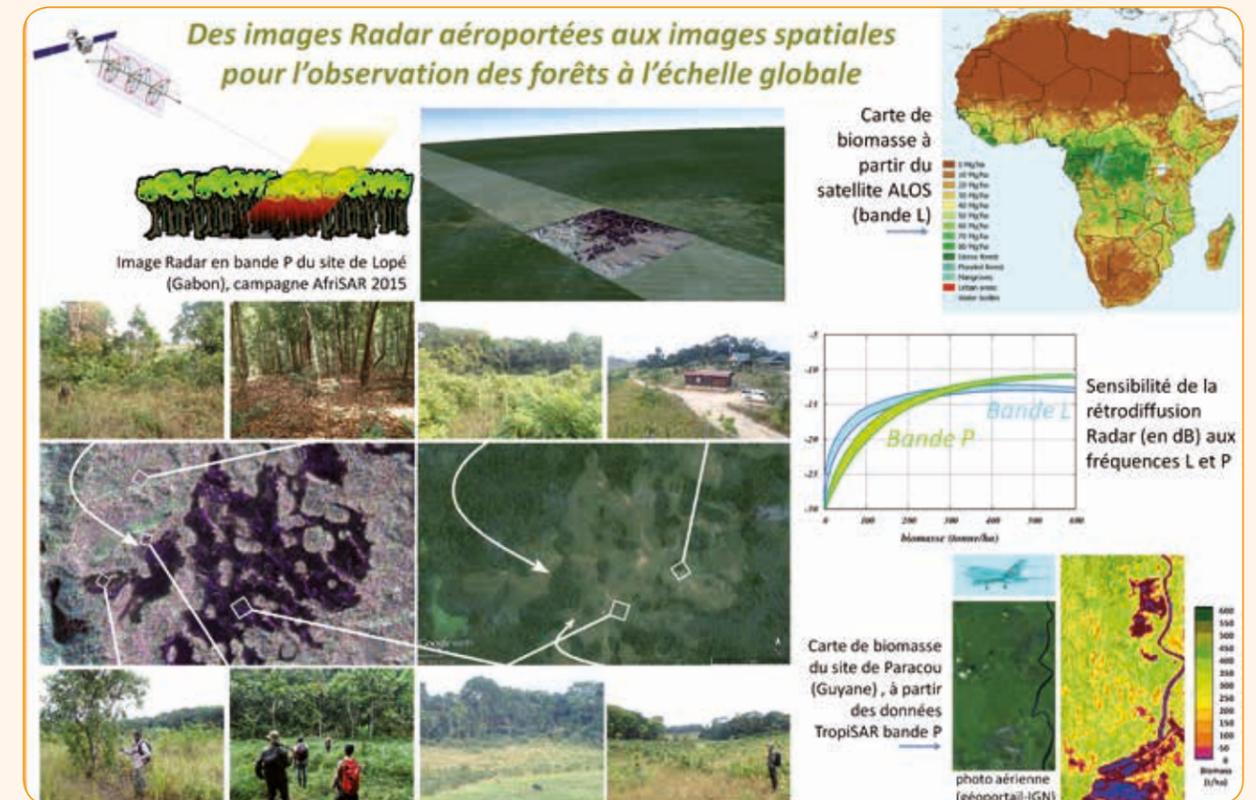
Les forêts sont essentielles à la vie humaine, que ce soit pour leur biodiversité et les ressources en bois qu'elles procurent, ou encore pour leur participation au cycle du carbone et ses conséquences sur le climat. Pour mieux comprendre ce dernier, les enjeux actuels résident dans un meilleur suivi des forêts à l'échelle de la planète entière, et particulièrement pour les forêts tropicales. Ce sont en effet les forêts les plus mal connues alors qu'elles représentent la majorité des stocks. De plus, elles concentrent l'essentiel des émissions de carbone qui sont liées à la déforestation.

Bien que plus précises, les mesures faites directement dans les forêts ne permettent que le suivi de petites surfaces : de l'ordre de l'hectare par site. Ainsi, les moyens aéroportés ou spatiaux permettent le survol de grandes étendues de forêts, à partir d'instruments embarqués de télédétection et effectuent des mesures à

distance. Parmi ces instruments, les Radars permettent d'utiliser des fréquences micro-ondes ayant des capacités tout-à-fait remarquables pour l'observation des forêts. Lorsqu'ils sont associés à un support en vol (spatial ou aéroporté), ces Radars permettent, grâce à un séquençage approprié des émissions/réceptions, de former des images, en exploitant la technique de la synthèse d'ouverture.

Le vol est donc essentiel pour les Radars imageurs, appelés aussi Radars à synthèse d'ouverture, afin d'obtenir des images de qualité pour bien observer les forêts.

Pour illustrer ces recherches, les scientifiques montrent en particulier le lien entre les mesures aéroportées et les mesures spatiales, à partir des résultats de récentes campagnes aéroportées en Guyane française et au Gabon.



© Cesbio