



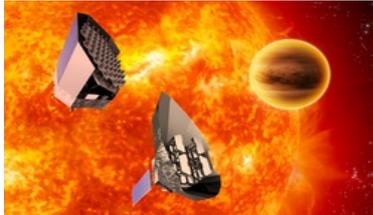
**Editorial F.Guimera**



**Remise de prix aux écoles**



**Le merveilleux voyage de Rosetta J.Muller**



**Proxima b M.Rieugnié**



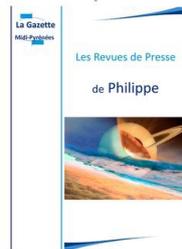
**Supercam sur Mars 2020 : A la recherche de signatures du vivant M.Deleuze**



**Orion à la Cité de l'espace P.Mairet**



**France & Russie : Expériences aérospatiales communes & croisées P.Mairet**



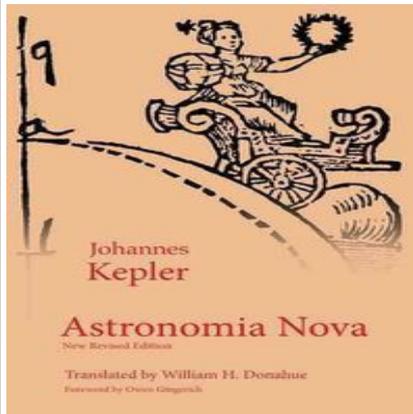
**Les revues de presse EOS de Philippe**



**Le Breguet XIV a cent ans G.Destarc**



**Transition cybernétique de la conduite du vol JC.Ripoll**



**Johannes Kepler, l'astronome protestant qui a découvert les lois du mouvement des planètes E.Soulié**



**Le carnet gris**



**Annonce ETTC 2017**



# La Gazette

**Groupe  
Régional  
Midi-Pyrénées**

**N° 36**

**Juin - Déc.  
2016**



**Midi-Pyrénées**

ISAE campus SUPAERO  
Bureau 02-034  
10, avenue Edouard Belin  
31400 Toulouse

Téléphone : 05 62 17 52 80  
Messagerie : [aaaf-mp@sfr.fr](mailto:aaaf-mp@sfr.fr)  
Site : [www.3af-mp.fr](http://www.3af-mp.fr)

## Editorial

Chers amis,

Une fois n'est pas coutume, mon éditorial de la gazette n° 36 voudrait se référer au discours que j'ai dit le 3 décembre à l'ISAE-SUPAERO, à l'occasion des remises de prix annuels :

« Ma présence parmi vous ce soir ?

Parce qu'en tant que responsable du groupe Midi-Pyrénées de la 3AF je me devais d'être parmi vous ce soir !

La 3AF, me direz-vous, pourquoi ?

Parce la 3AF est la Société Savante française à plusieurs missions définies par :

- Rassembler des personnes concernées par les sciences et techniques de l'Aéronautique et de l'Astronautique,
- Distinguer parmi ses membres les meilleurs spécialistes au niveau international
- Représenter l'ensemble de ses membres auprès d'autres sociétés scientifiques et techniques françaises ou étrangères,
- Favoriser des contacts fréquents avec d'autres membres, dans sa spécialité ou hors de sa spécialité, tout particulièrement pour les plus jeunes.

Mais encore pourquoi la 3AF auprès de vous, jeunes diplômés ?

Parce que d'Eole à Airbus, des Frères Wright à Boeing, du spoutnik à Rosetta, l'industrie aéronautique et spatiale mondiale a connu des mutations majeures dans tous les domaines. C'est une industrie de très hautes technologies animée par des acteurs déployant des stratégies globales sur des marchés mondialisés. Et pour ce faire cette industrie a besoins des meilleurs sortis d'écoles, ces écoles identifiées comme étant capables de produire des spécialistes reconnus dans les spécificités de l'innovation.

L'ISAE en est une sans aucun doute ! »

Par ces quelques paroles d'introduction, j'ai voulu exprimer l'épopée passée depuis l'époque des bricoleurs géniaux et entreprenants, sublimer les transformations techniques, organisationnelles, industrielles et institutionnelles.

Mais j'ai ainsi voulu mettre l'accent sur l'importance de l'enseignement sanctionné par un diplôme de valeur et que ces élèves en soient félicités leur souhaitant bon courage pour la vie qui les attend, vie de passion et de découvertes !

J'espère ainsi que ces quelques paroles reflètent l'esprit qui nous anime à la 3AF-MP, une passion commune pour l'aéronautique et l'espace.

Francis Guimera

## Sommaire

- 1 Editorial
- 2 Remise de prix aux écoles
- 3 **Les nouvelles de  
l'Astronautique**
- 4 **Le merveilleux voyage de  
Rosetta**
- 7 **Proxima b**
- 11 **Supercam sur Mars 2020 : A  
la recherche de signatures  
du vivant**
- 14 **Orion à la Cité de l'espace**
- 15 **France & Russie :  
Expériences aérospatiales  
communes & croisées**
- 17 **Les revues de presse EOS  
de Philippe**
- 20 **Les nouvelles de  
l'Aéronautique**
- 21 **Le Breguet XIV a cent ans**
- 22 **Transition cybernétique de  
la conduite du vol**
- 27 **Les hommes de l'air  
et de l'espace**
- 28 **Johannes Kepler, l'astronome  
protestant qui a découvert  
les lois du mouvement  
des planètes**
- 31 **Le carnet gris**
- 32 **Annonce ETTC 2017**

## REMISE DE PRIX AUX ÉCOLES D'INGÉNIEURS PARTENAIRES

Francis Guimera

Au dernier trimestre de l'année 2016, traditionnellement, la 3AF Midi Pyrénées a remis un certain nombre de prix, à des élèves qui ont su se faire remarquer par leurs maîtres :

Ce fut d'abord à l'ENSEEIH le 7 Octobre dans l'amphithéâtre du cinéma le Gaumont, célébrant ainsi la remise des diplômes à la nouvelle promotion,

Le 14 Octobre, à l'ISAE, à l'occasion des remises de prix aux Masters ISAE/ ENAC, lors d'une cérémonie en toute simplicité, pendant laquelle de nombreux échanges ont eu lieu,

L'ENAC le 18 Novembre, dans leur salle symposium Bellonte, moment unique de joie et de bonheur pour les nouveaux diplômés méritants,

Et enfin le 3 Décembre, lors d'une belle soirée de prestige organisée à l'ISAE, un moment privilégié de célébration des élèves des campus ISAE-Supaero et Ensica.

Nous avons voulu ainsi, par la remise de modestes prix, manifester l'intérêt que la 3AF porte aux jeunes dont l'activité a été remarquée au sein de leurs écoles et qui représentent un creuset de notre continuité. C'est toujours une grande satisfaction et un plaisir que d'honorer ces nouveaux diplômés, à l'orée de leur entrée dans la vie active.

Le message que nous avons voulu passer est que la 3AF veut promouvoir les contacts d'après école pour chacun, avec d'autres membres, dans sa spécialité ou hors de sa spécialité, tout particulièrement pour les plus jeunes et ainsi constituer une tribune qui permette à ses membres de faire connaître leur point de vue et leurs travaux.



Remises de prix aux Masters ISAE/ ENAC

# La Gazette

Groupe  
Régional  
Midi-Pyrénées



# Les Nouvelles de l'Astronautique

## LE MERVEILLEUX VOYAGE DE ROSETTA

*Suite et fin*

Jack Muller

Bonjour ! C'est encore moi, Rosetta. Pour les Amis qui suivent cette page vous vous souvenez certainement qu'il y a deux ans je suis venu vous présenter comme un Conte de Noël, et c'en est un ! L'extraordinaire histoire de mes dix années de voyage entre les planètes pour un rendez-vous avec la comète Tchoury, ce vénérable paquet de glace sale encore plus vieux que notre Terre. La rencontre avait eu lieu vers le mois de juin 2014. Mais nos routes ne faisant que se croiser, cette rencontre aurait été brève si les techniciens qui veillent sur moi n'avaient réussi habilement à me mettre en orbite à une dizaine de kms autour de Tchoury. Passons sur ces mois de manœuvres et sur l'énergie dépensée. Quand tout a été clair, j'ai pu envoyer Philae, le petit atterrisseur de 100 kg que j'emportais vers la comète où il s'est logé dans une crevasse mi ombre, mi soleil. Et voilà, en ce Noël 2014 tout était prêt pour ausculter la comète et ajouter de belles pages à l'étude de la naissance de notre système solaire. C'est sur cette promesse de moisson que je vous ai quittés.

### RAPPEL SOMMAIRE

Avant de redonner la parole à Rosetta et d'écouter sa vision imagée de la mission, quelques détails techniques et quelques chiffres sont indispensables pour bien situer ce remarquable projet spatial.

**HORIZON 2000** : Programme scientifique sur 20 ans de l'Agence spatiale européenne (ESA) établi en 1984.

Il prévoit notamment l'envoi d'une sonde vers une comète (Budget estimé 1 milliard d'€)

**ROSETTA** : Sonde spatiale de 3 tonnes dont 1700 kg d'ergols pour les manœuvres. Construite par l'industrie européenne dont Astrium et Alcatel Alenia Space et lancée par Ariane 5G+ le 2 mars 2004 pour atteindre et être mise en orbite autour de la comète Tchouriomov-Guerassimenko. Elle emporte 11 instruments de mesure auxquels plusieurs laboratoires français ont participé.

**PHILAE** : Atterrisseur de 100kg fixé à la sonde et éjectable pour envoi sur le sol de la comète. Il emporte 10 instruments de mesure et communique avec la sonde pour envoyer ses résultats. Il pèse si peu sur la comète (1 g ?) qu'on lui a mis des griffes pour s'agripper sur ce sol glacé.

**COMMUNICATION** : Autre défi : avoir des échanges à 650 millions de km. On fait au mieux sur la sonde avec une antenne de bonne taille (3m ) et surtout, sur terre, on mobilise les «grandes oreilles» de 35m de diamètre de la station New Norcia à Perth (Australie) ainsi que des stations du Deep Space pour communiquer à 8,4 Ghz.

**PARCOURS** : Pour atteindre la comète, il a fallu 10 ans à la sonde Rosetta et quatre orbites autour du soleil à des distances de plus en plus grandes. On a profité des passages près de la Terre et de Mars pour gagner de l'énergie et accélérer un peu la sonde (assistance gravitationnelle). En début 2015, la sonde était en orbite autour de la comète à une dizaine de km et l'atterrisseur Philaé avait été envoyé et déposé sur le sol de Tchoury.

## **AU TRAVAIL ROSETTA**

*C'est de nouveau Rosetta qui vous parle.*

*En ce début d'année 2015 tout était prêt pour apporter aux nombreux scientifiques qui nous observaient les premiers résultats des instruments qu'ils m'avaient confiés voilà plus de 10 ans. Disons de suite qu'il serait trop long de décrire toutes les données intéressantes fournies par les 20 instruments de mesure que Philaé et moi avons emportés. Et d'ailleurs, il y aura encore de longs mois d'analyse avant de les avoir exploitées et d'avoir déchiffré leurs messages.*

### **TCHOURI ACCUEILLE PHILAE**

*C'est avec beaucoup de précautions que j'ai envoyé le petit atterrisseur vers le sol de la comète. Une descente lente à 3 ou 4 km/h pendant 7h et une arrivée en douceur.*

*Et malgré cela, Philae a rebondi trois fois sans que ses griffes très élaborées lui permettent de s'accrocher.*

*Plus dure que prévu la comète !! En final, une attitude de travers dans une petite crevasse et de l'ombre sur ses panneaux solaires. Tous les instruments marchent mais deux inconvénients : la batterie ne se recharge pas et la position de travers n'est pas favorable aux forages du sol qui étaient prévus. On aura quand même un bon mois de mesures.*

### **SATELLITE D'UNE COMETE**

*Ce satellite, c'est moi Rosetta avec l'acrobatie qu'on me demande d'exécuter autour de la petite masse d'une comète qui a bien de la peine à me garder en orbite autour d'elle.*

*Les ingénieurs qui me surveillent apportent les petites corrections nécessaires : j'ai encore des ergols. Mais, il me faut vous conter ce jour où je leur ai échappé. C'est fin mars 2015.*

*On s'approche du soleil et ça commence à chauffer sur la comète. Des gaz et des poussières se dégagent et lors d'un passage, ils masquent mes capteurs. Aveuglée, je me mets en sauvegarde et pars tout droit. Ils m'ont retrouvée à 400km et il a bien fallu 15 jours pour remettre tout en ordre. Ca a dû chauffer aussi dans les salles d'ops !!*

### **TCHOURI DANS TOUS SES ETATS**

*Le périhélie, passage au plus près du soleil est un moment important pour une comète. La chaleur va lui permettre de se draper d'écharpes lumineuses de poussières et de gaz ionisés.*

*Cela s'est passé le 13 août 2015 et quelques mois autour de cette date, Tchouri a été en effervescence. Elle qui éjectait quelques litres d'eau par minutes l'a dispersée par centaines de litres. Cela a même permis à Philaé de se réveiller un peu dans sa crevasse, malheureusement pour trop peu de temps.*

*Inutile de vous dire que cette période a été très active pour moi Rosetta. Les scientifiques voulaient un maximum de données et mes instruments n'ont pas chômé.*

## **MISSION ACCOMPLIE**

*Savez-vous qu'ils sont des milliers ceux qui ont travaillé sur le programme Rosetta ? Et le nombre de nationalités, je ne le compte plus ! De quoi être fière de ma mission. Mais, pour découvrir quoi ?*

*La liste est longue des éclairages nouveaux que mes mesures ont apportés aux scientifiques et je ne retiendrai que ceux qui m'amuse le plus.*

### **EAU DE LA TERRE**

*Un jour, il a fait si chaud sur Terre que toute forme d'eau a du disparaître. On pensait que les comètes nous l'avaient rapportée. Le deutérium de Tchouri dit non ! Cherchons ailleurs.*

## **MOLECULES ORGANIQUES**

*Les gaz de la comète en contiennent beaucoup, mais pas de quoi amorcer les origines de la vie. Pour le fun, il n'y a pas d'alcool éthylique comme sur la comète Lovejoy.*

*Pas drôle Tchouri !*

*Par contre, avec de l'eau bien sûr, du gaz carbonique, de l'oxyde de carbone, de l'ammoniac, du méthane, du méthanol, etc...*

## **DECOUPAGE DE LA COMETE**

*Je l'ai photographiée et analysée en détails et les scientifiques ont fait un joli découpage selon les caractéristiques physiques et la nature du sol. Et c'est l'Egypte ancienne qui donne leurs noms à toutes ces zones. Et je ne parle pas de son cœur de glace qu'on a sondé avec des ondes radio.*

## **IDEES DE RECHERCHE**

*C'est fou les idées que je vais leur avoir données pour lancer leur recherches dans le cosmos. On prépare Horizon 2020 !*

## **FIN DU VOYAGE ?**

### **1<sup>er</sup> OCTOBRE 2016**

*Bye bye Rosetta !! Ils n'ont plus besoin de moi et d'ailleurs je ne peux plus être très utile car ma comète repart vers ces froides régions où elle va se mettre en sommeil. Autant profiter de son accueil et terminer ma mission avec Philaé blottis sur Tchouri. C'est la dernière opération de ces pilotes qui me guident d'aussi loin. Doucement et sûrement avec un peu de regret, ils m'ont guidée vers cette comète que j'accompagne depuis si longtemps. J'ai pris mes dernières photos avant de m'installer sans heurt.*

*On revient dans 6 ou 7 ans, mais on nous aura oubliés.*

## **CONCLUSION**

*Le programme Rosetta a apporté beaucoup d'informations scientifiques et techniques. Il a complété notre connaissance sur certaines comètes et fait avancer la vision actuelle des origines du système solaire. Il a fait l'objet de communications savantes et très probablement l'exploitation des mesures alimentera les publications scientifiques pendant encore des années. Ajouter une description technique dans cette Page aurait été superflu et sans grand intérêt pour les Amis qui la lisent.*

*Par contre, il fallait bien dire que ce programme qui s'achève pour le grand public a été suivi depuis trois ans avec enthousiasme dans les laboratoires, dans les écoles et dans la presse. Que Rosetta, Philaé et Tchouri sont devenus les héros d'une aventure passionnante avec ses attentes, son suspense et ses rebondissements.*

*Et dans notre société de communication, c'est l'image qui crée les vocations. Tintin ne me dira pas le contraire !*

*Et comme dernier cadeau, Rosetta par l'intermédiaire de l'Agence Spatiale Européenne son mentor, nous offre un résumé de sa mission : regardez-le ! C'est une bonne conclusion.*

[http://www.dailymotion.com/video/x4ve8w4\\_la-mission-rosetta-s-acheve-que-nous-a-t-elle-appris\\_tech](http://www.dailymotion.com/video/x4ve8w4_la-mission-rosetta-s-acheve-que-nous-a-t-elle-appris_tech)

# PROXIMA b

Marc Rieugnié

A la fin de l'été, une petite planète, lointaine, s'est invitée dans nos médias: Proxima b, une planète autour de l'étoile la plus proche du soleil, et qui plus est semblable à la Terre et "potentiellement habitable", le "potentiellement" étant par ailleurs parfois omis. Alors qu'a-t-on réellement découvert et quelle est l'importance réelle de la découverte?

## La planète

Proxima b a été découverte par une équipe travaillant sur les télescopes de l'ESO, Pale Red Dot, dédiée à la détection de planètes autour de notre plus proche voisine, Proxima Centauri, par la méthode des vitesses radiales. Proxima Centauri est une naine rouge. Les naines rouges sont les étoiles de plus faible masse, autour de un dixième de masse solaire.

La méthode des vitesses radiales est la première méthode utilisée pour détecter des planètes extrasolaires. Alors que la planète reste noyée dans l'éclat de l'étoile, on peut, par une analyse suffisamment précise du spectre de l'étoile, mesurer sa vitesse le long de la ligne de visée, et détecter un mouvement régulier dû à la présence de la planète. La méthode est d'autant plus facile à appliquer que le rapport des masses est faible (l'étoile bouge plus) et la période orbitale courte (vitesse plus grande et moins de temps d'observation nécessaire). Les premières planètes détectées ont donc été des jupiters chauds, planètes massives (plusieurs centaines de masses terrestres) tournant près de leur étoile (période de quelques jours). Les naines rouges permettent de détecter des planètes plus petites, et comme elles sont beaucoup moins lumineuses que le soleil, des périodes courtes peuvent correspondre à la zone dite habitable, où l'énergie reçue de l'étoile autorise la présence d'eau liquide à la surface de la planète.

On a donc découvert une planète d'une masse minimale de 1,3 masses terrestres autour de Proxima Centauri, l'étoile la plus proche du soleil, à 4,24 années-lumière. Proxima Centauri a une masse de 0,12 masse solaire et une luminosité d'un dix-millième de luminosité solaire.



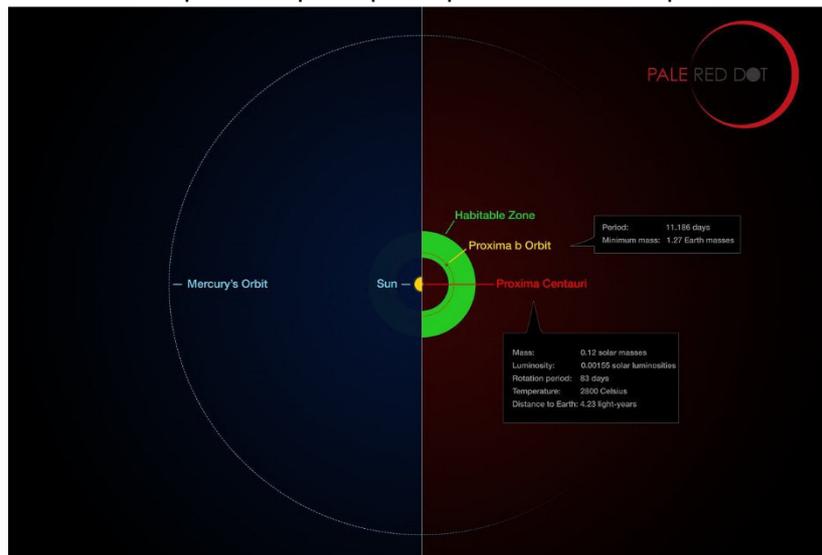
Bien qu'étant l'étoile la plus proche, elle n'est pas visible à l'œil nu! La période de la planète est de 11,186 jours, et sa distance à l'étoile est donc de 7 millions de kilomètres. Ce sont les seules mesures que nous avons sur ce corps, tout le reste n'est que le résultat de modèles physiques plus ou moins bien validés. On n'a pas non plus d'image de la planète, la méthode des vitesses radiale étant une méthode indirecte.

Noter qu'on ne connaît qu'une masse minimale de la planète. En effet, la méthode des vitesses radiale mesure des vitesses de l'étoile suivant la ligne de visée, alors que le plan de l'orbite peut être quelconque. La masse réelle

de la planète est supérieure d'un facteur  $1/\cos(i)$ , où  $i$  est l'angle entre la ligne de visée et le plan de l'orbite. On sait déjà que  $i$  est non nul, car dans ce cas la planète passerait devant l'étoile, ce qui serait détectable. C'est d'ailleurs la deuxième méthode de détection des planètes extrasolaires, méthode des transits exploitée par les télescopes spatiaux Kepler et Corot. En considérant que l'orientation de l'orbite est aléatoire, on peut quand même affirmer que la planète a 87% de chances d'avoir une masse inférieure à 2 masses terrestres.

## Similitude avec la Terre

Il y a donc une probabilité élevée que Proxima b soit une planète de faible masse, pas assez massive pour accréter une atmosphère massive de gaz primordiaux, hydrogène et hélium. On estime en effet qu'il faut plusieurs masses terrestres pour qu'une planète puisse accumuler une quantité significative de gaz pris dans le disque d'accrétion autour de son étoile. Proxima b est donc sans doute une planète tellurique, avec une surface solide (ou liquide) et une composante gazeuse faible par rapport à sa masse totale. Sa structure est donc probablement semblable à celle de la Terre, mais aussi de Mercure et Vénus. C'est bien là le problème: s'il paraît probable que la masse de son atmosphère est faible par rapport à sa masse totale, nous ne savons absolument pas s'il n'y en a pas du tout (Mercure), beaucoup trop (Vénus) ou assez (Terre) pour permettre l'existence d'eau liquide à sa surface. Nous ne savons pas non plus quelle peut être sa composition.

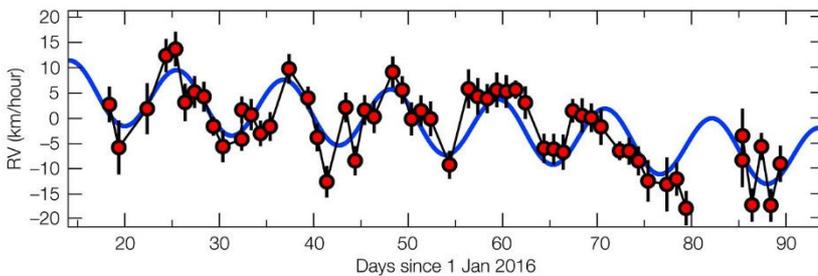


La planète est dite située dans la zone habitable (image 2). La définition de cette zone habitable est très dépendante des compositions et pressions supposées de l'atmosphère planétaire. Suivant les auteurs, la zone habitable autour du soleil pourrait s'étendre entre 0,95 et 1,5 unités astronomiques, ou entre 0,8 et 2, voire 2,5 unités astronomiques. Tout dépend si l'on considère une planète avec une atmosphère ayant la composition actuelle de celle de la Terre, ou si on s'autorise des compositions différentes, avec plus ou moins de gaz à effet de serre et plus ou moins de pression. Simultanément à la publication de la découverte de Proxima b, d'autres articles ont été publiés pour évaluer la possibilité de présence d'eau liquide à sa surface. Il faut noter que les hypothèses prises par les auteurs en ce qui concerne l'atmosphère de la planète et sa rotation sur elle-même, quoique "raisonnables", ne sont basées sur aucune donnée d'observation.

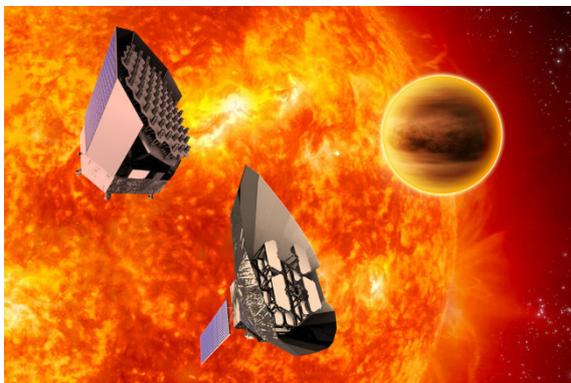
Proxima Centauri, comme beaucoup de naines rouges, est une étoile à forte activité magnétique. Elle est le siège d'éruptions stellaires fréquentes, au moins aussi intenses (en valeur absolue) que les éruptions solaires. Proxima b étant très proche, nettement plus proche que Mercure du soleil, son atmosphère pourrait être soumise à une érosion intense par ce phénomène. La sonde MAVEN a montré que c'était probablement le mécanisme qui avait enlevé à Mars la majeure partie de son atmosphère. Ceci à condition que Proxima b ne soit pas protégée par un champ magnétique suffisamment intense... ce que nous ignorons totalement.

## Importance de la découverte

Le télescope spatial Kepler a déjà montré que beaucoup d'étoiles ont des planètes, et que les naines rouges ont tendance à avoir des planètes plus petites et plus serrées autour d'elles. La découverte d'une planète relativement petite autour de Proxima Centauri n'est donc pas une grande surprise. Elle est tout à fait compatible des statistiques de Kepler, qui observé une zone du ciel dans la constellation du Cygne, à peu près à l'opposé du Centaure. Elle permet toutefois d'en observer les conséquences à proximité immédiate du soleil.



Techniquement, l'opération reste difficile. L'amplitude de variation de la vitesse radiale est de 10 km/h seulement. Elle a nécessité l'utilisation du meilleur instrument dans ce domaine, le spectrographe HARPS, spécialement conçu pour



la détection d'exoplanètes, sur le télescope de 3,60m de l'ESO, couplé avec des observations systématiques permettant de déterminer quand Proxima était active, et donc d'éliminer les mesures dégradées par l'activité stellaire: les matériaux éjectés peuvent produire un signal en vitesse radiale beaucoup plus fort que la présence d'une planète. Pour détecter une planète semblable à la Terre autour d'une étoile de type solaire, il faut encore gagner un ordre de grandeur, sur des périodes plus d'un ordre

de grandeur plus longues. Ce devrait être réalisé à partir de 2017 par l'instrument ESPRESSO sur le VLT.

Pour les (avant-)projets de voyages interstellaires, la découverte est importante car elle donne enfin une destination certaine et non plus spéculative à ce type de mission. Nous savons maintenant qu'une planète existe autour de l'étoile la plus proche. La difficulté de l'entreprise n'en est pas réduite pour autant. La difficulté est à peu près similaire pour nous à celle que pouvaient avoir les Grecs anciens pour aller sur la Lune.



Pour en savoir plus sur Proxima b, il faudra attendre la nouvelle génération d'instruments, dans la prochaine décennie. Les télescopes de la classe des 30 mètres devraient être équipés pour extraire un

signal exploitable de ce type de planète, pour déterminer en particulier les caractéristiques de son atmosphère, ou peut-être en obtenir une image directe. Cette observation montre aussi que les télescopes au sol sont encore complémentaires des missions spatiales dans la découverte d'exoplanètes. En effet, on ne sait pas embarquer les gros spectrographes nécessaires à la méthode des vitesses radiales. Les missions spatiales, dans un futur proche, restent sur la méthode des transits. Proxima b, qui ne transite pas, n'aurait pas pu être découverte par une de celles-ci. Plusieurs missions spatiales vont maintenant s'intéresser de près à la découverte de planètes autour des étoiles proches, après avoir déterminé les statistiques globales des systèmes planétaires les plus facilement accessibles. La mission TESS de la NASA observera entre autres les 1000 naines rouges les plus proches, pour détecter des planètes telluriques de période inférieure à 72 jours, à partir de 2017. La mission PLATO de l'ESA s'intéressera à des étoiles relativement brillantes, donc proches pour la plupart, sur la moitié de la sphère céleste, pour détecter des planètes semblables à la Terre à partir de 2024.

Toutes deux devront se reposer sur les spectrographes des télescopes terrestres pour confirmer que les variations de luminosité observées sont bien dues à la présence d'une planète.



image 1: Champ de Proxima Centauri - crédit Digitized Sky survey 2 - Davide De Martin/Mahdi Zamani

image 2: Orbite de Proxima b - crédit ESO/M. Kornmesser/G. Coleman

image 3: Courbe de vitesse radiale de Proxima - crédit ESO/G. Anglada-Escudé

image 4: image 5: Concepts PLATO - crédit ESA

## SUPERCAM SUR MARS 2020 : A LA RECHERCHE DE SIGNATURES DU VIVANT

Muriel Deleuze, CNES

*Alors que ChemCam embarqué sur le rover Curiosity a dépassé au printemps dernier les 300 000 tirs laser sur Mars, la NASA prépare déjà la prochaine mission martienne avec un nom éponyme « Mars 2020 ».*

*A son bord, se trouve une version améliorée de ChemCam, appelée SuperCam, fourni par le CNES, ses partenaires du CNRS et des universités.*

**La mission Mars2020 : de la recherche de signatures du vivant au premier jalon dans « the Journey to Mars »**

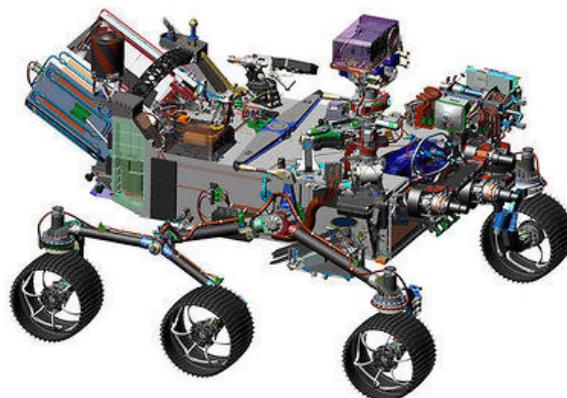
Le programme martien de la NASA se construit par étapes : Curiosity a permis de franchir une première étape scientifique importante en démontrant que les conditions d'habitabilité étaient réunies sur Mars.

La nouvelle mission de la NASA Mars2020 est très ambitieuse puisqu'elle se concentrera cette fois sur la recherche de signatures du vivant. Elle se présente aussi comme « *la première étape d'une potentielle série de missions visant à ramener sur Terre des échantillons de roches et de sols martiens soigneusement sélectionnés* » selon Geoffrey Yoder de la Direction des missions scientifiques de la Nasa. *Il ajoute que « cette mission constitue un important jalon dans « the Journey to Mars » [en français, le voyage vers Mars] de la Nasa, afin de déterminer si la vie y a jamais existé et, également, pour servir notre objectif d'envoyer des humains sur la planète rouge ».*

Dans ce contexte, les instruments de Mars 2020 ont été sélectionnés pour aider à repérer les roches et les sols susceptibles de contenir de la matière organique et ce afin d'en collecter des échantillons.

Pour accomplir cette mission, le robot d'une tonne se déplaçant sur six roues est équipé d'une foreuse destinée à prélever, et aussitôt à sceller, des échantillons martiens qui seront conservés dans des « conteneurs » en vue de leur récupération ultérieure. La décision de rapporter ces conteneurs sur Terre pour des analyses approfondies sera prise par la suite, en fonction de la qualité des échantillons et des ressources budgétaires disponibles pour financer une telle mission

Dans l'optique de la préparation de la venue de l'homme sur Mars, ce rover sera également bardé de capteurs météo destinés à scruter températures, pressions, vents, poussières ainsi que d'un dispositif baptisé MOXIE (Mars Oxygen ISRU Experiment) ayant pour objectif de tester, in situ, la production d'oxygène à partir de dioxyde de carbone abondant dans l'atmosphère de Mars.



## SuperCam : une version améliorée de ChemCam

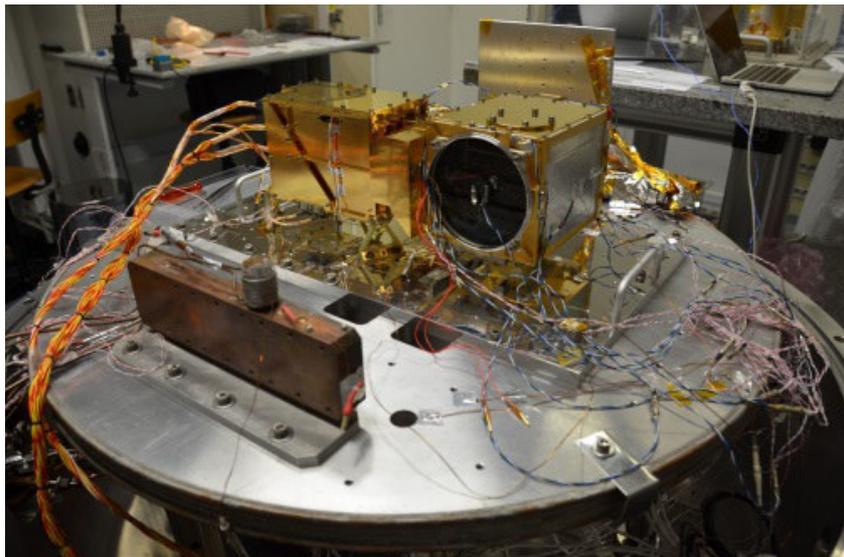
Cette version améliorée de ChemCam entend toujours mesurer à distance la composition des roches et des sols de Mars grâce à son laser infrarouge.

Mais SuperCam aura deux nouvelles cordes à son arc : des spectromètres Raman et infrarouge qui vont analyser toujours à distance, soit l'émission des roches stimulée par un laser vert, soit la lumière du Soleil réfléchie sur ces mêmes roches. Dans les deux cas, il s'agit de remonter à la minéralogie, c'est-à-dire à la façon dont les atomes sont liés en molécules, un diagnostic pertinent pour la découverte de chimie organique.

SuperCam emportera également une micro caméra couleur de très haute définition capable de déterminer la texture et le contexte des cibles analysées.

Un dernier élément a été rajouté récemment ; il s'agit d'un micro qui permettra d'apporter des informations supplémentaires sur les roches étudiées par les tirs laser car *la masse de matière vaporisée est liée au volume du son*.

En terme de développement, un premier modèle fonctionnel a déjà été fabriqué à l'IRAP. Celui-ci a été livré au Los Alamos National Laboratory (LANL) en octobre dernier afin d'être testé avec les spectromètres développés par ce laboratoire américain.



## Test d'un premier modèle thermique

Le modèle suivant est déjà en cours de préparation ; il s'agit d'un modèle de qualification qui restera au sol pour servir de modèle de calibration pour les scientifiques durant toute la mission. Les premiers éléments arrivent à l'IRAP et l'intégration de ce modèle va démarrer dès le mois de novembre.

Le modèle de vol sera livré au LANL début 2018 puis au Jet Propulsion Laboratory (JPL) pour prendre sa place sur la tête du rover.

L'ensemble de ces réalisations est le fruit d'une collaboration avec les partenaires institutionnels du CNES que sont les laboratoires CNRS et les universités : en premier lieu l'IRAP maître d'œuvre, mais aussi l'OMP (Observatoire Midi-Pyrénées) et l'ISAE (Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace) à Toulouse ; le LAB (Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux) à Bordeaux ; le LESIA (Laboratoire

d'Etudes Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique), le LATMOS (Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales) et l'IAS (Institut d'Astrophysique Spatiale) en région parisienne. Des sociétés de la région sont aussi impliquées ; on peut citer Comat pour la réalisation des parties mécaniques, Steel et Microtech pour la conception et/ou la réalisation de cartes électroniques, Mecano-ID pour les analyses mécaniques et thermiques et la réalisation de tests d'environnement, HIREX pour l'approvisionnement de composants électroniques et Axon pour la réalisation du harnais.

Le laser, comme sur ChemCam est toujours fourni par TOSA. Il a cependant évolué avec l'ajout d'une voie verte. Ce sous-système complexe peut être développé avec un cycle développement court (le modèle de vol est attendu mi 2017) grâce aux actions de R&D menées par le CNES depuis Chemcam.

A noter que la micro caméra couleur bénéficie aussi de ces actions R&D. Elle est développée par 3Dplus et sera le premier modèle à voler d'une nouvelle ligne de produit.

**Le lancement de Mars2020 est programmé en juillet 2020 pour un atterrissage sur Mars en février 2021.**

## "ORION" A LA CITE DE L'ESPACE

Philippe Mairet

L'événement 3AF MP "ORION" du 5 octobre 2016 en partenariat avec le CNES et la Cité de l'espace à Toulouse a été un succès : plus de 80% de taux de remplissage de la salle IMAX de l'Astralia, soit environ 260 participants. Il n'y eut qu'un conférencier, Mr Jean-Luc Bonnaire, Airbus Defence and Space Les Mureaux, Directeur adjoint du Programme Orion, Jean-François Clervoy, Astronaute de l'Agence Spatiale Européenne (ESA), témoignant de son expérience du vol spatial. Bénédicte Escudier les y accueillit.



La prestation de Mr Bonnaire n'était pas concentrée sur la technique. Il travaille, en effet, dans l'équipe de management du Programme Orion. Il expliqua la plupart des essais en cours (mécaniques, propulsifs, etc...) qui sont en cours en ce qui concerne les modèles de l'ESM (European Service Module) d'Orion. Il produisit un tableau indiquant les relations entre les différents centres spatiaux NASA/Lockheed-Martin et ESA/Airbus Defence and Space (par exemple : Les Mureaux et Denver pour le Management, Lampoldhausen et White Sands pour la Propulsion, etc...). Notons qu'il y a aussi quelques essais en propulsion sur un modèle de qualification en Suède. Il montra aussi des photographies montrant des essais en cours à Plum Brook et le début de l'assemblage/l'intégration de l'ESM à Brême.

Airbus Defence and Space est le "Prime" en relation avec l'ESA. Thales Alenia Space joue aussi un rôle important.

L'évènement débuta à 18h30 et se termina à 20h00. Puis, Jean-François Clervoy retourna sur Bordeaux, où il participe à une campagne de vol parabolique (Jean-François Clervoy est Président du Conseil d'Administration de Novespace). Jean-Luc Bonnaire prit son repas entre amis.

Jean-Luc Otal et Anne-Marie Delpont acceptèrent fort sympathiquement de dîner avec moi, ce que nous fîmes.

## FRANCE ET RUSSIE : EXPERIENCES AEROSPATIALES COMMUNES ET CROISEES

Philippe Mairet

La présente Gazette n°36 se devait, après le Dossier du Groupe Midi-Pyrénées de la 3AF à propos du cinquantenaire des sorties extravéhiculaires russe et américaine dans l'Espace, et en parallèle du jumelage permanent entre la 3AF MP et l'AIAA Section Houston, faire l'inventaire des expériences aérospatiales communes et croisées entre la France et la Russie. D'après de nombreux ouvrages et articles de toutes sortes, on peut citer les faits suivants :

- Spoutnik (du russe : спутник signifiant « compagnon de route » ou « satellite ») est une famille de satellites lancés par l'URSS. Spoutnik 1, lancé le 4 octobre 1957, a été le premier engin placé en orbite autour de la Terre et a marqué le début de l'ère spatiale.
- Iouri ou Youri Alexeïevitch Gagarine (en russe : Юрий Алексеевич Гагарин, né en 1934 et décédé en 1968, a été le premier homme à avoir effectué un vol dans l'Espace (la 1ère femme fut Valentina Terechkova), au cours de la mission soviétique Vostok 1, le 12 avril 1961. Youri Gagarine acquit une notoriété internationale et fut décoré de nombreuses distinctions. La mission Vostok 1 fut son seul voyage spatial. Il décéda à l'âge de 34 ans lors du crash de son Mig 15.
- Charles de Gaulle fut le premier occidental à assister au lancement d'un satellite soviétique depuis la base spatiale secrète de Tyuratam (ou « Baïkonour ») : Cosmos 122 le 25.6.66
- Dans le domaine scientifique (dès 1967), à noter l'étude du champ magnétique terrestre (Professeur Blamont avec fusées-sondes MR-12), l'astronomie et la planétologie. La première coopération spatiale Est/Ouest au monde data du 10.11.70 avec le réflecteur laser Aérospatiale Lunakhod 1. Puis, il y eut les premières photographies d'une comète (Halley le 3.3.86 par une caméra Aérospatiale sur Vega 1). L'apport d'instruments français de haut niveau, intégrés sur des satellites russes, est plus récent.
- Dans le domaine des Vols Spatiaux Habités, notons les stations spatiales Saliout 7 (avec le PVH du français Jean-Loup Chrétien), MIR, la station spatiale internationale (ISS) et les 5 accostages d'ATV (vaisseau cargo européen « Automated Transfer Vehicle ») au module russe Zvezda de l'ISS.
- La Société Starsem, qui, dès 1996, commercialisa des lancements de fusées Soyouz à Baïkonour (1er lancement 9.2.99).
- Des fusées Soyouz ont été lancées depuis la Guyane française (1er lancement 21.10.11).
- Des satellites de télécommunications furent co-produits (accords Aérospatiale / ISS Reshetnev en 1997 et avec RKK Energia).
- Il y eut un transfert de technologie entre le russe Fakel et la Snecma dans le domaine de la propulsion spatiale électrique.

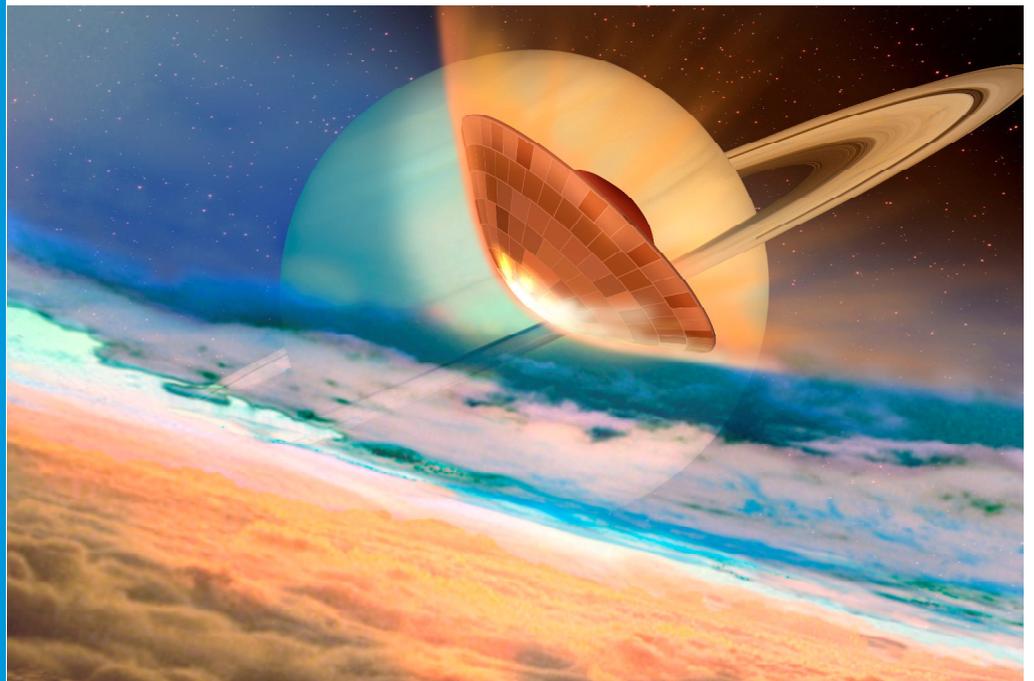
– La première sonde (TGO) du Programme Exomars fut lancée avec succès vers Mars en mars 2016 par une fusée Proton. Elle fut mise en orbite autour de la planète Mars avec succès ; mais la capsule Schiaparelli qu'elle emportait se crasha, hélas, à l'atterrissage le 19 octobre 2016. Le crash fut occasionné par un problème informatique dans le programme de navigation qui a interrompu la procédure de descente bien trop tôt et a entraîné une chute libre fatale de 3700 mètres de haut.

Au cours du Salon International ILA 2016 de Berlin, l'ESA (Agence Spatiale Européenne) et Airbus Defence and Space ont signé le 2 juin un nouveau contrat couvrant les phases B et C avancée du développement d'un système européen dénommé Pilot (pour « Precise and Intelligent Landing using On-board Technologies ») devant être fourni par l'ESA à l'Agence spatiale russe « Roscosmos » pour équiper la sonde lunaire Luna Resource Lander (Luna 27). Le Canada participe actuellement à son développement en cours sur les sites AD&S de Brême et de Toulouse.

Le Conseil Ministériel de l'ESA de décembre 2016 a décidé l'allocation d'une provision budgétaire des contributions de l'ESA à la mission Luna 27 menée par la Russie. Cette exploration spatiale de la lune aura pour cible la région du pôle sud lunaire (c'est une première !) et pour objectifs la mesure du contenu hydrique que l'on croit y trouver et la détermination de son origine.

En ce qui concerne les collaborations de nature historique, on peut citer, entre autres, le rôle de la « branche russe » de la Fondation Saint Exupéry, dont le Président est le Cosmonaute « russo-ukrainien » Igor Petrovitch Volk (en russe: Игорь Петрович Волк), ancien pilote d'essais de la version atmosphérique OK-GLI de la navette spatiale russe Bourane. Parmi les membres d'honneur de cette même branche figurent Philippe Jung, le sympathique Président de la Commission Histoire de la 3AF, et Philippe Castellano, en tant que responsable du groupe ayant identifié le F-5B d'Antoine Saint-Exupéry et également au titre du réflecteur laser cannois sur les Lunokhod. Enfin, notons l'existence de l'Escadrille Normandie-Niemen basée à Mont-de-Marsan (Landes) et des 144 écoles « Neu-Neu » en Russie. Cet escadron franco-russe, unique dans l'Histoire, remporta 273 victoires du 28.11.42 au 20.06.45, avec notamment l'As français n°2 Marcel Albert.

# Les Revues de Presse de Philippe



## Changement climatique

La France est le 1er pays à avoir ratifié l'accord COP21.

Les deux principales alliances de villes de l'Union Européenne et dans le monde, engagées dans la lutte contre le changement climatique, se sont unies, créant ainsi le plus grand réseau de métropoles avec cet objectif. La Convention mondiale des maires pour le climat et l'énergie rassemble ainsi plus de 7100 villes d'environ 120 pays, représentant un peu moins de 10% de la population sur Terre.

## Encelade

Une étude internationale a mis en évidence qu'Encelade, lune de Saturne, possédait un océan souterrain, probablement situé à quelques kilomètres sous sa surface glacée. Les résultats de ces travaux ont été publiés dans la célèbre revue *Geophysical Review Letters*.

## Luna 27

La sonde Luna 27 sera probablement lancée vers la lune après 2020

Russie

La Russie a repoussé l'exploration lunaire habitée à plus tard (après 2030)

## Découverte

Des chercheurs américains ont découvert un satellite quasi-naturel – autre que la lune – orbitant autour de la terre

## Orion

La construction d'un deuxième module de service européen (ESM) pour le vaisseau d'exploration spatiale Orion a été confirmée au cours du Conseil Ministériel de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) qui a eu lieu les 1er et 2 décembre 2016 à Lucerne (Suisse). C'est historique ! Ce 2ème ESM servira pour la 1ère mission habitée EM-2 lancée par une fusée SLS (Space Launch System).

## Dream Chaser en version cargo

Le 26 septembre 2016, lors du Congrès IAC au Mexique, l'UNOOSA a officialisé la signature d'un protocole d'accord intervenu le 28 juin dernier avec Sierra Nevada (SNC), l'entreprise spatiale américaine pour l'utilisation de la navette automatique récupérable Dream Chaser en version cargo que SNC conçoit et développe.

Longue de 9 mètres et capable d'emporter 6 tonnes sur orbite basse, ce véhicule spatial sera le vaisseau spatial ad-hoc.

La mission définie avec l'UNOOSA (prévue en 2021) prévoit d'embarquer des expériences sur orbite basse pendant une quinzaine de jours. Ces expériences seront, si tout va bien, sélectionnées en 2018.

Cette proposition historique est ouverte aux 193 membres de l'ONU. Toutefois, priorité sera donnée aux pays n'ayant pas de capacités propres d'accès à l'espace ou qui ont des soucis de financement.

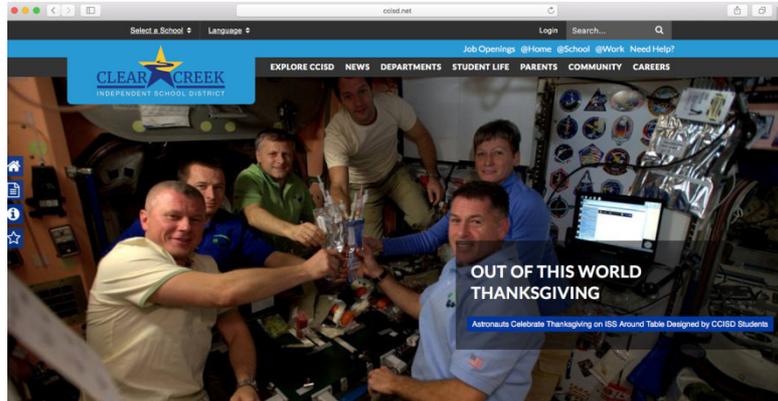
Rappelons que l'UNOOSA a, pour l'une de ses missions principales, la promotion de la coopération internationale dans l'utilisation pacifique de l'espace.

## Space Rider

Il est apparu à la mi-2016 un projet Européen "Space Rider" (avec Lockheed Martin UK - CIRA et Thales Alenia Space Italia Turin - ESA) ayant des missions différentes de l'US (SNC) Dreamchaser version cargo. Le Conseil Ministériel de l'ESA (Agence Spatiale Européenne) de décembre 2016 a confirmé ce Programme "Space Rider", successeur du démonstrateur "Experimental IXV".

## ISS

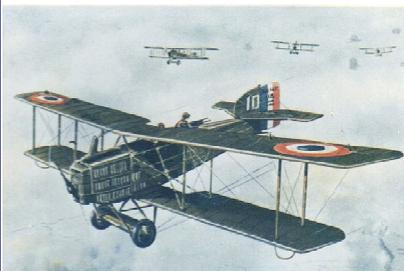
Une intervention de radioamateurs d'ARISS France notamment, qui organisent un projet pédagogique ARISS pour les collégiens et lycéens de l'Etablissement Montalembert - Les Maristes Toulouse, où étudie Loup Mairet (dont un dessin avait été publié dans des articles de Gazette 3AF MP, Lettre 3AF et Revue "Horizons" de l'AIAA Houston Section), s'est déroulée le lundi 12 décembre 2016 à 14h29 heure française, avec le 10ème Astronaute français, Thomas Pesquet, en "direct solo" depuis l'ISS (Station Spatiale Internationale).



3AF MP remercie Douglas Yazell, contact à l'AIAA Houston Section pour 3AF MP et enseignant adjoint au sein des collèges et lycées du CCISD - Clear Creek Independent School District (élèves âgés de 11 à 17 ans) situés à Houston, TX, USA, de nous avoir transmis la photographie ci-contre, montrant Thomas Pesquet et ses collègues appréciant un dîner pour Thanksgiving 2016 à l'intérieur de l'ISS. La table a été conçue par les élèves du CCISD.

**La  
Gazette**

**Groupe  
Régional  
Midi-Pyrénées**

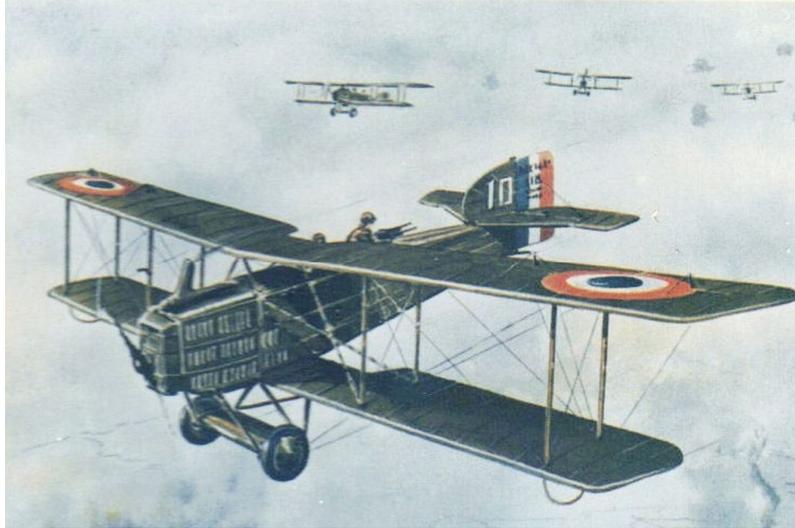


**Les  
Nouvelles  
de  
l'Aéronautique**

## LE BREGUET XIV A CENT ANS !

Guy Destarac

Groupe de travail patrimoine



En effet c'est le 21 novembre 1916 que cet avion conçu par Louis Breguet effectue son premier vol, piloté par son concepteur. Il est ensuite accepté par la Section Technique de l'Aéronautique (STAé) comme avion de reconnaissance et de bombardement en 1917. C'est alors le plus rapide des avions biplace et le plus efficace comme bombardier moyen.

C'est aussi une machine solide grâce à sa structure en acier soudé qui remplace celle en bois des avions de l'époque, cela lui donne une grande agilité et lui permet une meilleure résistance aux dégâts dus au combat.

Durant la fin de la première guerre mondiale il a eu une carrière opérationnelle brillante en participant à des bombardements stratégiques et à de nombreux raids sur la ligne de front en particulier durant la seconde bataille de la Marne.

A la fin de la guerre plus de 5000 Breguet XIV ont été construits, il continuera à être produit jusqu'en 1928 et selon les sources le total de toutes les versions civiles et militaires est de 7800 à 8370 unités.

A partir de 1918 cette machine robuste a naturellement été utilisée par les pionniers du transport civil pour l'ouverture des lignes : La compagnie aérienne Latécoère en fait fabriquer une centaine, en version civile, pour exploiter ses lignes transsahariennes à partir de 1919. Il est utilisé aussi par la Compagnie des Messageries Aériennes pour faire du transport de fret entre Paris et Lille à partir d'avril 1919 et du transport de passagers entre Paris et Londres à partir de septembre 1919.

Sa carrière militaire se termine en France en 1932, et de nos jours il a physiquement pratiquement disparu en Europe.

A partir de 1992, une équipe de passionnés autour d'Eugène Bellet a entrepris la construction d'une réplique qui a volé en novembre 2003, certifié en 2009. Immatriculé F-POST, cette magnifique machine a refait en 2010 le vol de Toulouse à Cap Juby, depuis elle participe à diverses manifestations aériennes.

Sources : Diverses sources du web.

## TRANSITION CYBERNETIQUE DE LA CONDUITE DU VOL

Jean-Claude Ripoll  
octobre 2016

Ce bref article expose la vision de l'auteur sur l'avenir de l'automatisation des avions. Alors que les développements courants donnent souvent l'impression d'un ajout de couches successives inspirées par la technologie, il est proposé d'explicitier une structuration généralement implicite et d'en faire le fil conducteur d'un programme global.

### L'équivalent d'un état de taille respectable

Le transport aérien commercial connaît une expansion soutenue malgré les crises. Le triplement à l'horizon 2050 estimé en 2012 par l'Académie de l'Air et de l'Espace pourrait bien être atteint plus tôt grâce à la modération du prix du pétrole. Les constructeurs affichent des carnets de commande d'une décennie, exception dans l'industrie. Malgré l'augmentation de taille des avions et un meilleur remplissage il faudra assurer beaucoup plus de mouvements. L'obsolescence des modèles pour des raisons économiques et environnementales n'empêchera pas les flottes de se multiplier.

Cette activité, réputée pour être à l'échelle mondiale l'équivalent d'un état de taille respectable (en termes de PIB), se heurtera à des problèmes de ressources rares. Même si les réserves de pétrole brut affichées restent très confortables toutes catégories confondues, ce produit non renouvelable finira par se raréfier. Plus prochainement le kérosène de raffinage, qui ne représente qu'une fraction du brut, ne suffira plus aux besoins aéronautiques. Les grands aéroports ne pourront plus s'étendre dans beaucoup de régions, l'acceptabilité par les riverains ne cesse de diminuer alors que l'amplitude d'activité est impliquée par l'intensité du trafic. Les bandes dédiées du spectre de fréquences radio deviennent insuffisantes pour l'interconnexion généralisée et de nouvelles fonctions. Les exigences futures sur les qualités d'un personnel navigant long et coûteux à former restreignent la population candidate face aux besoins des opérateurs, les moyens de formation de qualité risquent de manquer. Les promesses environnementales se heurteront à une insuffisance de droits sur le marché. La saturation des lieux touristiques est parfois déjà atteinte, rien ne garantit la pérennité séculaire de la pension à voyager.

### Une automatisation informatique généralisée

La gestion d'un système de systèmes complexes de telle ampleur dans de telles conditions ne peut se concevoir sans une automatisation informatique généralisée. Les prémisses en ont été données par l'automatisation de la conduite du vol permise par les commandes numériques. Les entreprises (Compagnies aériennes) ont suivi le mouvement de l'informatisation pour satisfaire leurs besoins internes et de relation avec les clients. Le contrôle de la circulation aérienne paraît plus en retard si l'on en croit l'ampleur des programmes SESAR et NextGen de rattrapage. Pendant ce temps l'univers tout entier se «digitalise» : les réseaux de téléphonie font circuler de par le monde entre personnes constamment connectées messages, voix, images, films, données. Désormais les objets sont aussi connectés. L'automatisation s'étend inexorablement ; parfaitement justifiée sur les réseaux terrestres de transports en commun, facile et commode dans la domotique, elle s'étend à l'automobile individuelle sans justification bien claire. Au-delà des automates industriels, des robots peuvent s'acquitter de missions complexes dans des milieux hostiles, impliquant des choix et des modifications tactiques, toutefois sous une surveillance étroite. Le transport aérien ne saurait échapper à un tel mouvement, sous réserve naturellement de sa rentabilité. Il s'agira d'une transition cybernétique d'envergure

## L'automatisation de la conduite du vol

Nous nous intéressons ici à l'automatisation de la conduite du vol proprement dit. Cette pratique peut être considérée comme pionnière dans le système global ; elle serait obligatoire lors d'une automatisation totale du contrôle, mais en fait se développe pour elle-même en avance de phase. On constate une corrélation entre l'automatisation croissante des générations successives d'avions commerciaux et l'amélioration de la sécurité, ce qui encourage à poursuivre, mais en interrogeant l'apparition de limites, au moins d'asymptotes. Au plan économique l'automatisation peut contribuer au respect des planifications d'exploitation, évitant des déviations coûteuses (retards, déroutements, prolongation du vol consommateur). L'idée qu'elle a permis de réduire de 5 à 2 l'effectif de l'équipage embarqué en fonction induit celle d'une réduction à l'unité, voire le remplacement par un robot, économiquement intéressant. Ici ou là le comportement de corporations de navigants peut pousser dans ce sens.

## Cinq étapes de la construction du vol

Nous n'aborderons pas ici la totalité du vol au sens commercial. Les opérations logistiques au sol, les phases de circulation au sol sur l'aérodrome, par leurs caractéristiques, constituent deux problématiques spécifiques. Le thème sera donc le vol «aérothermodynamique» du lâcher des freins à l'évacuation de la piste.

L'envol, la trajectoire aérienne, l'atterrissage sont le résultat de l'application de forces à l'objet peu déformable qu'est l'avion. Ces forces, issues d'une réaction chimique pour la propulsion, et d'effets aérodynamiques sur des formes appropriées, pales, aubes, ailes, surfaces mobiles, excroissances diverses, provoquent des accélérations conformément à aux lois de la physique et de la mécanique. De l'origine de ces forces résulte un calcul dans le référentiel «air» local (en raison des mouvements atmosphériques complexes on ne peut définir un référentiel air global). Ces accélérations s'intègrent en vitesses linéaires et de rotation, l'intégration suivante se traduit par des Transitions cybernétiques de la conduite du vol. évolutions et des distances parcourues, c'est-à-dire le suivi d'un hodographe du vecteur-vitesse du centre de gravité. La sommation des parcours élémentaires repérés dans le référentiel «sol» mène à une position spatio-temporelle, dite souvent «4D». Cette position peut aussi se repérer dans un référentiel «air» local défini autour des mobiles proches. Nous appelons «manœuvre» l'opération qui prescrit un hodographe permettant d'atteindre une position définie à l'avance. Enfin l'enchaînement de manœuvres accomplit une « mission », l'exécution du vol complet.

## Cinq «modes» de conduite du vol

A ces cinq étapes de la construction du vol sont attachés cinq «modes» de conduite du vol, en évitant la terminologie usuelle de «pilotage». Au premier niveau l'opérateur applique des forces en manipulant des «braquages» (en étendant ce terme aux régulations de propulsion), effectués désormais par des servomécanismes. Au suivant l'opérateur prescrit une accélération qui lui paraît adéquate en la circonstance ; des calculateurs déterminent et commandent avec précision les braquages nécessaires en respectant diverses contraintes. Ces braquages sont multiples et même dynamiques, hors de portée d'une opération manuelle. A ces deux niveaux les automatismes restent d'exécution (faible niveau d'intelligence), et sont des moyens d'augmenter la performance de l'opérateur, en force (servomécanismes) ou habileté (calculateurs) ; le respect des contraintes (aérodynamiques, thermiques, mécaniques) est le fait de « lois » de commandes, mais le discours usuel les nomme aussi « modes ». On voit ainsi apparaître toute une liste de ces « modes » sous forme d'acronymes difficiles à interpréter, alors même qu'ils sont inclus dans un même « mode » au sens ici adopté.

Le niveau (troisième) supérieur marque le passage d'une économie de moyens à une économie de résultats : l'hodographe. C'est alors un **automate** qui traduit la demande d'un hodographe en commandes d'accélération ; cet automate n'est sensible qu'aux conditions extérieures qui influencent l'aérodynamique ou la mécanique du vol (turbulences). Le niveau supérieur, conduite par manœuvres, introduit les robots, qui sont de plus sensibles au contexte ; le **robot « délégué »** reçoit la commande d'une manœuvre et élabore les trajectoires (hodographes) pouvant la réaliser en tenant compte du terrain, des zones réglementées, de la météo (zones dangereuses), des clairances du contrôle, toutes informations disposées dans une base de données. L'opérateur choisit la solution qu'il préfère et lance son exécution. Le robot met continuellement à jour les informations externes et internes, et signale éventuellement la nécessité de modifier la manœuvre ; l'opérateur peut recevoir de son entreprise l'instruction d'un changement.

Le dernier niveau réclame **un robot « substitut »** qui est capable de définir et sélectionner les manœuvres successives pour accomplir la mission, y compris en assimilant les instructions numérisées du contrôle et de l'entreprise (tout ici le robot est un logiciel). Les choix de trajectoires dépendent de critères de risques météo, et de considérations économiques. A ce stade apparaît la possibilité d'un vol complet sans intervention humaine embarquée, pour autant que tout se passe bien. Or le robot est inapte à traiter les situations imprévues, c'est-à-dire non programmées faute d'avoir été identifiées. A ce titre les incidents avec les passagers et les avaries matérielles étendues, des phénomènes météo explosifs, les attentats, peuvent mettre en défaut le robot et exiger une intervention humaine, seule susceptible d'inventer une solution. Et l'opérateur embarqué reste tout de même le mieux placé pour apprécier la situation. Il doit rester au sommet d'une stricte hiérarchie des automatismes selon le schéma décrit.

Le fonctionnement de ces automates et robots reposera sur la modélisation embarquée : un modèle générique reçoit les ordres synthétiques standardisés, un modèle spécifique à l'état de l'appareil les traduit en commandes effectives. Ce modèle assure les cohérences et fournit éventuellement des valeurs probables des paramètres devenus non mesurables. Il pourrait même un jour réinterpréter les mesures des instants antérieurs.

## Il y aura toujours à bord un humain

Considérant aussi les aspects éthiques, juridiques, et sociétaux, nous en concluons qu'il y aura toujours à bord un humain, représentant des entités responsables ayant autorisé, organisé, vendu le service de transport, habilité à intervenir dans la conduite du vol, et partageant ainsi le sort des passagers. Mais avec l'automatisation aux niveaux successifs son rôle s'éloigne de celui du traditionnel « pilote », ses qualités et responsabilités se situent au plus haut niveau de compréhension et de décision, tactique et stratégique, spécialement dans les situations difficiles, inattendues, urgentes, risquées ou dangereuses, alors que l'habileté aux manipulations de commandes est confiée aux automatismes, plus à même d'élucider les problèmes de mécanique du vol dans les positions inusuelles.

Quel que soit le niveau d'automatisation il y a donc lieu de prévoir qu'un opérateur humain sera amené à prendre en charge une partie au moins des tâches de conduite du vol. Soit par nécessité ou décision en fonction du contexte, soit parce que le robot ou l'automatisme se trouvera dans l'impossibilité de poursuivre au même niveau. Il faut donc assurer la continuité de cette fonction. Une redondance est la solution actuelle normale, qui devra exister encore longtemps en raison de l'inertie du système, notamment avec la durée de vie des modèles et des appareils, et de la nécessaire précaution dans le processus de mise au point et de certification des robots. L'automatisation de niveau 5 impacte la composition des équipages jusqu'à «un seul pilote» exigeant une relève Transition cybernétique de la conduite du vol. à distance par télécommande, surtout en phase finale. Ce niveau touche aussi la composition et la gestion des équipages sur longs courriers, avec la possibilité de repos pendant des périodes en régime «drone».

## L'humain « dans la boucle ».

Classiquement l'humain est donc « dans la boucle » des tâches de conduite : assimilation des informations, interprétation, évaluation de la situation, jugement, décision, planification, ordonnancement, choix des moyens, application de commandes, effets, mesures des paramètres, présentation des informations, etc. Les deux interfaces entre l'humain et la machine (input et output) se situent à différentes étapes selon le mode en fonction, et doivent être conçues en conséquence. Elles doivent permettre d'identifier immédiatement et sans ambiguïté le mode en fonction, sachant que l'abandon d'un mode par l'automatisme ne doit conduire qu'au mode immédiatement inférieur (règle de conception), et offrir aussi un organe de commande spécifique. En parallèle des automatismes doivent contrôler la validité des actions de progression dans la boucle, exigeant la complétude des check-lists et la cohérence des ordres avec le contexte, éventuellement corrigeant les erreurs.

## Préparer la transition

Il est reconnu que l'automatisation, telle qu'elle est déjà pratiquée, très fiable, mais guidée par les opportunités techniques et conjoncturelles, peut conduire à une perte d'habileté « manuelle » des pilotes, à un excès de confiance, à une incompréhension du comportement des automatismes, plus prosaïquement à la perte de vigilance. De nombreux travaux, rattachés à la problématique des facteurs humains et de l'interaction humain-machine, visent à corriger ces dérives en agissant sur le pilote. Nous pensons que ces travaux, difficiles, sont indispensables puisque le dispositif actuel ne changera que très lentement : il faut si possible l'améliorer pour répondre aux objectifs de sécurité ; et en même temps ces travaux sont quelque peu régressifs, en essayant de reconstituer le cas idéal du pilote parfaitement compétent et toujours en forme, dans un environnement sécurisé. Il nous semble devenu essentiel de prendre acte de l'évolution cybernétique, et de concevoir le système pour structurer la relation humain-machine au point que l'humain se concentre sur ses facultés irremplaçables. Il doit dominer le système jusqu'à l'aider, au lieu d'être aidé par le système. Pour préparer la transition nous préconisons de prendre le mode « par hodographe » comme mode minimal en fonction, rendu aussi fiable que les modes inférieurs. La présentation synthétique de la trajectoire locale extrapolée sur quelques secondes doit alors s'accompagner d'une commande synthétique spécifiant l'hodographe. Les commandes traditionnelles perdent leur utilité et doivent disparaître, l'important réside dans le choix de la trajectoire. Evidente apparaît alors l'implantation d'un automate « par défaut », assurant une trajectoire localement acceptable dès lors qu'aucun ordre, le surpassant, n'est donné. Cet automate n'est pas un recours « anti panique » mais un outil de gestion (ou une sauvegarde).

## Le vol est une trajectoire dans un espace d'état généralisé

Le vol est une trajectoire dans un espace d'état généralisé aux très nombreuses composantes dont certaines ne sont pas physiques (facteurs de risque, cost index, etc.). Optimiser cette trajectoire généralisée, avec autant de paramètres variables, n'est pas trivial. A fortiori optimiser l'ensemble des vols est un objectif qui semble encore dépasser les capacités mathématiques et de calcul pour longtemps. Le règne des incertitudes et des approximations successives n'est pas terminé, et il n'existe pas de science (au sens strict, la pratique est une ingénierie) pour traiter les problèmes des systèmes mêlant homme et machine dans la boucle. De plus le pilotage effectif (prise de décisions) est attribué selon les phases de vol à l'une ou l'autre des trois autorités, l'opérateur embarqué ou un substitut en télécommande, souvent le contrôleur de la circulation, quelquefois le directeur des opérations de l'entreprise : à chacun son automatisation et ses critères.

### Une longue marche à structurer

Notre parcours succinct de la problématique laisse ouverte la question du colloque de l'AAE « le transport aérien sera-t-il tout automatique en 2050 ? ». La prolifération des automatismes demande une structuration de la démarche, ce qui est ici proposé. Il semble indispensable d'associer étroitement les concepteurs (ingénieurs) et les utilisateurs (navigants). Un programme international précompétitif devrait prévoir une expérimentation d'automates et robots démonstrateurs sur les appareils des modèles les plus récents et en conception. Mis en œuvre en quelque sorte en «double commande» ces automatismes seraient progressivement amenés au niveau «certifiables» avant d'être «lâchés». Quelques décennies seront nécessaires !

*Il est clair que les idées exposées sont nées et ont prospéré dans le cadre des travaux de Fedespace (avant 2009) puis de l'Académie de l'Air et de l'Espace autour des colloques «Comment volerons-nous en 2050» (mai 2012) et «Le transport aérien sera-t-il tout automatique en 2050» (juin 2016). La Commission technique «Aviation commerciale» de 3AF a été un autre lieu de culture. L'auteur n'essaiera pas de citer tous les spécialistes qu'il y a fréquentés, à qui il exprime sa reconnaissance. Tout en citant Jean Pinet, l'auteur n'essaiera pas de citer tous les autres spécialistes qu'il y a fréquentés, à qui il exprime sa reconnaissance.*

La Gazette

Midi-Pyrénées

# Les hommes de l'air



# et de l'espace



## Johannes KEPLER (1571-1630), l'astronome protestant qui a découvert les lois du mouvement des planètes

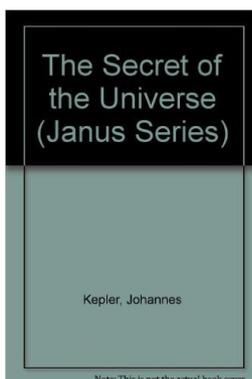
par Edgar Soulié

Président de la Commission des Étoiles Doubles  
Société Astronomique de France



Johannes Kepler naît à Weil der Stadt (duché de Wurtemberg) dans une famille protestante ; son père est mercenaire des armées. Les aptitudes intellectuelles de Johannes s'étant manifestées pendant ses études à « l'école allemande », il poursuit ses études (en latin) au séminaire inférieur d'Adelberg (1584-1586) et au séminaire supérieur de Maulbronn (1586-1588). Il reçoit une bourse et devient étudiant (1589-1594) au Stift, le séminaire de Tübingen, qui forme les futurs pasteurs luthériens. A ce séminaire, il est l'élève de Michael Mästlin (1550-1631), avec lequel il reste en relations épistolaires pendant de nombreuses années. Mästlin est l'une des très rares personnes qui a lu et assimilé le livre intitulé « *Des révolutions des orbes célestes* ».

Dans ce livre, Nicolas Copernic (1473-1543) présente son système du monde ; la Terre y tourne autour du Soleil (et non l'inverse). Mästlin est devenu un adepte du système du monde de Copernic et malgré l'opposition des théologiens catholiques et protestants, il ose l'enseigner. Devenu lui aussi adepte du système de Copernic, Kepler serait devenu pasteur s'il n'avait pas accepté en 1594 le poste de *mathématicien provincial* (de la Styrie), devenant professeur de mathématiques à la *Stiftsschule* de Graz, une école protestante créée par des nobles. Parallèlement, Kepler vend des horoscopes mais n'y croit pas.



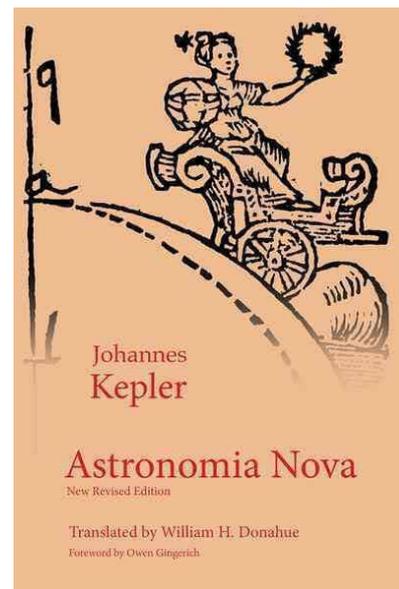
En 1595, il publie son premier livre « *Mysterium Cosmographicum* » qui lui confère une notoriété, notamment auprès de Tycho Brahé (1546-1601) et de Galilée (1564-1642). Les Protestants étant évincés de Graz sur ordre de l'archiduc catholique, Kepler quitte Graz le 1<sup>er</sup> janvier 1600 et rejoint Tycho Brahé le 4 février au château de Benatek près de Prague. Tycho Brahé, *mathématicien impérial*, avait chargé son assistant Longomontanus de déterminer l'orbite de la planète Mars.

Comme celui-ci n'y parvient pas, Tycho Brahé demande de reprendre la détermination de l'orbite de Mars à Kepler, devenu son assistant. Kepler pense y parvenir en quelques jours. Il se fâche avec Tycho Brahé puis se réconcilie avec lui. Tycho Brahé meurt le 13 octobre 1601. Kepler est nommé mathématicien impérial à sa place. Kepler sait que Tycho Brahé s'était équipé de grands instruments de visée pour obtenir la meilleure précision possible sur les mesures de position des planètes (dont la planète Mars) et cette précision était **deux minutes** de degré. Avec le modèle mathématique d'une orbite circulaire de la planète Mars qu'il a utilisé, Kepler constate des écarts de **huit minutes** de degré entre des positions observées par Tycho Brahé et des positions calculées. Faisant confiance à la précision des mesures de Tycho Brahé, Kepler renonce à l'orbite circulaire pour Mars. Il révisé l'orbite de la Terre et, grâce à deux erreurs qui se compensent, il découvre sa première loi : « Dans le mouvement d'une planète, le rayon vecteur balaie des aires égales en des temps égaux ».

A la recherche de la forme de l'orbite de Mars, il tâtonne avec une ovale, commet des erreurs, pense à l'ellipse, qui représente bien la trajectoire de Mars, et parvient à la « seconde loi » portant son nom :

« Les planètes décrivent des ellipses ayant le centre du Soleil pour foyer ». Il publie ses résultats en latin dans un livre intitulé « *Astronomia nova...* » dont le titre en français serait « *Astronomie nouvelle, fondée sur les causes, ou physique céleste, exposée dans des commentaires sur les mouvements de l'étoile Mars d'après les observations de Tycho Brahé...* ». A la suite de la publication par Galilée de son « *Nuncio sidereo...* », Kepler publie « *Dissertatio cum nuncio sidereo...* » (Conversation avec le messager céleste ...). La mère de Kepler est accusée de sorcellerie et emprisonnée ; Kepler

passé un temps considérable à rédiger une défense de sa mère et paye des frais de justice. Pendant des années, Kepler avait recherché une relation entre les périodes de révolution des planètes et leurs distances au Soleil. Il trouve une relation satisfaisante et la publie à Linz en 1619 dans son livre « *Harmonices Mundi Libri V...* » (Harmonie du monde en V livres ...). De 1618 à 1622, il publie « *Epitome astronomiae copernicanae* » ou « Abrégé d'astronomie copernicienne » dans lequel il étend son modèle céleste à toutes les planètes du système solaire. Ses « Tables rodolphines » publiées à Ulm en 1627 furent sa dernière grand œuvre. Après sa mort, ces tables permirent à Pierre Gassendi (1592-1655) de faire la première observation d'un passage de la planète Mercure devant le Soleil le 6 novembre 1631 et à l'Anglais Jeremiah Horrocks (1618-1641)



de faire la première observation d'un passage de la planète Vénus devant le Soleil le 24 novembre 1639 (calendrier julien).

Kepler fut le précurseur d'Isaac Newton (1642-1727), qui postula la loi de l'attraction universelle dans son livre « *Philosophiae naturalis principia mathematica* ». Cette loi s'énonce comme suit : deux corps massifs s'attirent avec une force  $F$  proportionnelle au produit de leurs masses  $M_1$  et  $M_2$  et inversement proportionnelle au carré de leur distance  $R$ . Elle s'exprime par la relation

$$F = G.M_1.M_2/R^2 \text{ où } G \text{ désigne la constante de l'attraction universelle.}$$

De cette loi, Isaac Newton déduisit les deux premières lois de Kepler et une généralisation de la troisième loi de Kepler, qui relie la somme des masses du Soleil et d'une planète au demi-grand axe de l'orbite décrite par la planète autour du Soleil et à la période de révolution de cette planète autour du Soleil.

En 1803, William Herschel (1738-1822) découvrit que les composantes de *certaines* étoiles doubles (les « couples physiques ») se déplaçaient autour de leur barycentre et comprit que ce mouvement résultait de la force attractive postulée par Newton. Ce faisant, William Herschel « faisait sortir la loi de l'attraction universelle du système solaire ». Grâce à la généralisation de la troisième loi de Kepler, les mesures d'un *couple physique* peuvent (sous certaines conditions) donner accès à la connaissance de la somme des masses des deux composantes de ce *couple physique*. De même, la généralisation de la troisième loi de Kepler permet d'estimer la masse du « trou noir » qui se trouve au centre de notre galaxie.

De façon métaphorique, les trajectoires elliptiques képlériennes suivies par des sondes spatiales envoyées auprès d'autres planètes lorsque l'attraction du Soleil est largement dominante par rapport à celle de la Terre et à celle de la planète ou de l'astéroïde-cible sont comparables aux autoroutes sur lesquelles les véhicules terrestres circulent après avoir quitté une « bretelle d'entrée » et avant d'emprunter une « bretelle de sortie ». Mais, contrairement à nos véhicules terrestres, sur ces « autoroutes de l'espace » (bretelles exclues), les véhicules spatiaux ne consomment pas d'énergie pour se propulser ! Les trajectoires képlériennes sont directement impliquées dans les calculs préliminaires de la trajectoire d'une sonde spatiale en prévision de son lancement. Ces trajectoires ne sont que des approximations, mais ce sont de **bonnes approximations** qui conservent toute leur pertinence.

## Décès de Michèle Chauvet, 4 novembre 2016 (72 ans)



Michèle Chauvet née Deroudhile, titulaire d'une maîtrise de sciences physiques avait choisi une carrière d'enseignante (concours IPES). Elle rentre donc en tant qu'assistante au laboratoire de physique de la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie de Marseille en octobre 1968 où elle est chargée, en rapport avec l'IRAMIR, du contrôle, au plan radioactif, des rejets dans la Durance de Cadarache. Suite à l'individualisation de la faculté de Pharmacie de Marseille désormais autonome, elle est affectée au laboratoire de physique pharmaceutique. Elle soutient en 1978 une thèse d'Université à propos de l'étude des transferts d'énergie dans les gels scintillants couramment utilisés pour les dosages radioactifs des suspensions biologiques. Elle poursuit ensuite sa recherche, après obtention du DEA, au sujet de l'interaction de l'anticancéreux méthotrexate et de ses principaux métabolites et de l'enzyme cible la dihydrofolate réductase essentiellement par quenching de fluorescence. Docteur d'état en 1981, elle est nommée Maître de conférences, participe aux travaux de recherche du laboratoire réalisés sur des échantillons biologiques par des techniques physico-chimiques variées et en particulier techniques de fluorescence très élaborées. Ainsi sa collaboration active en recherche matérialisée par nombre de publications internationales lui permet de bénéficier d'une prime à la recherche jusqu'à son départ à la retraite en 2004.

Parallèlement Michèle excelle en tant qu'enseignante. Son empathie remarquable la fait fort appréciée par les étudiants comme par les thésards et de façon générale par tous les membres du laboratoire mais aussi par le personnel des autres services de la Faculté ou d'autres structures de recherche en liaison avec le laboratoire.

Nous remercions grandement Mme Madeleine Bourdeaux, membre 3AF affiliée aux GRs 3AF MP et Provence, et grande amie de Michèle Chauvet, pour ce devoir de mémoire et cet hommage.

## Joseph Guy Thibodaux, Jr. - November 27, 1921 - April 26, 2016

Joseph Guy Thibodaux, Jr., passed away on April 26, 2016 in Houston, TX. Guy was born in Verett Parish, Louisiana on November 27, 1921.

Guy attended grade school in New Orleans, Louisiana and went on to receive a Bachelor of Science in Chemical Engineering from Louisiana State University in 1942. During his time at LSU, he was a cadet in the Army ROTC. Upon graduation, Guy served as an Officer in the Army Corps of Engineers and was stationed in Burma during World War II where he played an instrumental role in the construction of the Ledo and Burma Roads. Following his return home from the war, Guy began his extraordinary professional career in 1946 as an Aeronautical Research Scientist in the Pilotless Aircraft Research Division for the National Advisory Committee for Aeronautics in Newport News, Virginia. In 1964, Guy and his family moved to Houston, TX, where he assumed the role of Chief of the Propulsion and Power Division at NASA Johnson Space Center until his retirement in 1980. Guy holds five patents on solid rockets and solid rocket manufacturing techniques. He has specialized in the fields of vehicle propulsion, liquid rockets, thermal protection, high temperature materials, meteoroid and impact phenomena, thermal arc technology, flight test technology and pyrotechnics. Guy received many accolades, including the James H. Wylde Award for Propulsion, the Presidential Medal of Freedom and his induction into the LSU Engineering Hall of Distinction in 2005.



Guy was a very kind person to his family members, friends, and colleagues from NASA, partners (TRW...) and subcontractors.

He worked on LEM propulsion systems and engines for Apollo space vehicles.

Guy was an AIAA Fellow and AIAA Houston Section Chair 1969 – 1970.

He got NASA Exceptional Service Medals (twice in 1969, the year that People first walked on the Moon!).

Guy was a modest person.

Guy will be missed and never forgotten.

3AF MP contact person for AIAA-Houston Section, Philippe Mairet, put a candlelight the 11th of June, 2016, in Saint-Joseph Church, avenue de Saint-Exupéry, Toulouse, France, en souvenir and to honour his memory.

# 3AF

La Société Savante  
de l'Aéronautique et de l'Espace



## CONFERENCE EUROPEENNE DES ESSAIS ET TELEMESURE EUROPEAN TEST AND TELEMETRY CONFERENCE

13-15 JUIN 2017  
JUNE 13-15, 2017

TOULOUSE - France



# ETTC'17

Mise en page 3AF MP - Edition Airbus SAS

Le comité de rédaction remercie toutes les personnes qui ont permis la publication de cette gazette.

3AF MP - ISAE, campus Supaéro - Bureau 02-034- 10 avenue Edouard Belin - 31400 Toulouse

Site : [www.3af-mp.fr](http://www.3af-mp.fr) - Mail : [aaaf-mp@sfr.fr](mailto:aaaf-mp@sfr.fr) - Tél.: 05 62 17 52 80

ISSN : 2112-728X