

CONFÉRENCES DU PREMIER SEMESTRE 2019

Les Stations Orbitales

Par Christian Lardier, le 15 janvier 2019 à 18h30 à la mairie du XVème de Paris

L'idée de la station orbitale en orbite autour de la Terre date des origines de la conquête spatiale, au début du 20e siècle. Mais la concrétisation n'intervient qu'en 1958 avec les premiers projets de vaisseaux habités...



L'Aéronautique Chinoise

Par Jean-Paul Perrais, le 26 mars 2019 à 18h30 à la mairie du XVème de Paris

Une conférence pour exposer l'histoire, l'état de l'industrie et de la recherche aéronautique chinoise dans les domaines civil et militaire. Seront également évoquées les craintes et les opportunités pour l'Europe.



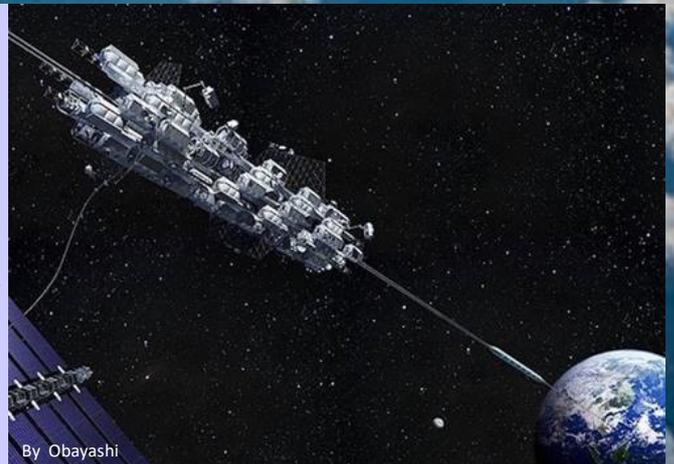
Avion de transport civil C919

53^{ème} Salon de l'Aéronautique et de l'Espace - 21 au 23 Juin 2019

Le Concept d'Ascenseur Spatial

Par Christophe Bonnal, le 14 mai 2019 à 18h30 à la mairie du XVème de Paris

Plusieurs équipes dans le monde travaillent sur l'idée d'un ascenseur spatial dans l'espoir de révolutionner l'accès à l'espace. Des réponses seront données quant à la crédibilité du projet et à ses difficultés de mise en œuvre.



INFORMATIONS GÉNÉRALES

Forum des Adhérents

La Gazette IdF est l'un des éléments fédérateurs du groupe Ile-de-France de la 3AF.

Pour que ce bulletin joue pleinement ce rôle, un échange convivial avec les adhérents est essentiel.

Le Forum des adhérents a pour but de recueillir vos questions, vos informations et vos suggestions, par courriel : 3af.idf@gmail.com

Appel aux adhérents

Le groupe 3AF Ile-de-France a **besoin de bénévoles** pour faire connaître l'Association auprès des jeunes, élargir l'offre existante de services (*conférences, bulletins d'information, visites techniques*) et l'étendre à d'autres secteurs de la région parisienne.

Si vous avez des idées et disposez d'un peu de temps, si vous souhaitez proposer des articles, alors n'hésitez pas, faites-en part au bureau du Groupe Ile de France en contactant Paul Kuentzmann, son président, à l'adresse : (ktz@onera.fr).

Association Aéronautique et Astronautique de France

6 rue Galilée 75016 Paris

Tél 01 56 64 12 30 - Fax 01 56 64 12 31

Email : gestionmembres@aaaf.asso.fr

www.3af.fr

Contact Groupe Ile-de-France

Site web: <http://www.3af.fr/groupe-regional/idf>

Email : 3af.idf@gmail.com

Tél 01 80 38 62 01 - Fax 01 80 38 62 69

SOMMAIRE

03 Éditorial : le groupe Ile-de-France de l'Association Aéronautique et Astronautique de France (3AF).

04 Résumés de conférences

- **Les remorqueurs spatiaux, d'Apollo à Nostromo** - ... Le concept de remorqueur est né dans le domaine maritime (*brevet de Jonathan Hulls de 1832*) ; il décrivait un bateau capable de tirer ou de pousser un autre bâtiment pour la manœuvre dans les ports. La taille des bateaux ayant fortement augmenté depuis cette époque ; les remorqueurs sont devenus des auxiliaires indispensables du trafic maritime. Un remorqueur spatial (« space tug ») reprend les ...
- **Le tourisme spatial : mythe ou réalité ?** - Christophe Bonnal et Jean-Luc Wibaux se sont livrés à un duo. En tant qu'agence nationale, le CNES n'investit pas d'argent dans le tourisme spatial mais possède un rôle de certification et veille à la synergie entre les activités spatiales conventionnelles et le tourisme spatial. Christophe Bonnal a en outre présidé dans le passé la commission tourisme spatial de l'IAA1...

11 Vie des Commissions : visite de l'établissement Essais des Propulseurs de la DGA à Saclay et visite du musée Jean-Baptiste Salis.

13 Publications & Courriers des lecteurs

14 Rétro-Agenda

16 Agenda : conférences, visites techniques, appel à tous.

Nouveaux membres 3AF - IdF

ALEXANDRE Inès
BRESSON Adrien
BESSON Claudine
BORAKIEWICZ Eva
BOUSSARD Aurore
BUSSIÈRE Gwénola
CHARMEAU Alain
COLOMBEL Jean-Yves

CORDESSE Pierre
DALLO Élisabeth
DAVID-LARROUSSE Matthieu
DEDIEU Vincent
DE NOINVILLE Marc
DERVEAUX Anne
DESCHAMPS Victor
FABREGUETTES Luce

GOUTAUDIER Dimitri
GUILLUT Alexandra
GUYOT Maxime
HENRY François
ISSALENE Maxime
LAGARDE Thomas
LEVREL Frederic
MALICK Florine

MARC Florian
NICKLAUS Jean-Marie
ORLAC'H Jean-Maxime
POUGNET Nadia
SABALY-GOMEZ Noah
SAUX Caroline
SEGRETAIN Maïa

Adhésions et paiement des cotisations 3AF : N'oubliez pas de régler vos cotisations pour 2019. Nous vous rappelons que la cotisation est due au premier janvier de chaque année. Ce règlement est nécessaire pour voter aux assemblées générales. Nous comptons également sur vous pour convaincre vos collègues et/ou vos amis de nous rejoindre. Pour connaître les modalités de paiement de la cotisation ainsi que les barèmes et, éventuellement, mettre à jour vous-même vos coordonnées, vous pouvez accéder à votre compte 3AF en ligne sur le site : <https://adherent.3af.fr/>. Vous pouvez régler par chèque ou en vous connectant sur le site. Si votre organisme règle votre adhésion et que vous désirez recevoir une facture, il vous conviendra de contacter le Secrétariat Exécutif 3AF. Vous pouvez accéder au site Internet dédié ci-dessus, via le site général : <http://www.3af.fr/>

LE GROUPE ILE-DE-FRANCE DE LA 3AF

Déjà trois années de parution pour la **nouvelle formule de La Gazette 3AF Ile-de-France**. Une Gazette pour capitaliser sur les conférences des mardis proposées à Paris dans les locaux de la mairie du 15ème, pour partager certaines des activités des commissions techniques ou mieux faire connaître les établissements d'enseignement et de recherche de l'Ile-de-France.

En parallèle de cette Gazette, **les résumés** des conférences (2 à 3 pages) sont regroupés tous les deux ans **dans un recueil** transmis par email à l'ensemble des membres du groupe Ile-de-France. Cinquante pages pour accéder rapidement à des informations générales sur des sujets aéronautiques ou spatiaux. Le prochain recueil paraîtra au début de l'année 2021.

Puis depuis août 2017, **un nouveau service de messagerie** pour vous informer sur l'évolution du calendrier des conférences (*Mini-Gazette*), vous présenter le sujet et l'objectif de la prochaine conférence (*affiche et inscription*), vous proposer des visites techniques en lien avec les commissions Aérodynamique et/ou Aviation Légère et Machines Dérivées et communiquer rapidement une information qui pourrait vous être utile (*Flash*).

Si vous avez un peu de temps, si vous souhaitez collaborer à la programmation des conférences et/ou des visites, participer à la communication (*Affiches, Mini-Gazettes, Flashs IDF*), prendre en charge la documentation et la rédaction d'une rubrique ou simplement vous initier à l'utilisation des outils de communication (*Sendiblue et Publisher*), venez rejoindre le bureau du groupe 3AF Ile-de-France. Le groupe Ile-de-France a besoin de bénévoles pour partager, promouvoir et pérenniser ses actions et sa communication.

Des seniors qui souhaitent mettre leurs compétences, leurs expertises et leur réseau à disposition des plus jeunes, **des jeunes**, étudiants et/ou actifs, pour intégrer les



attentes des nouvelles générations, pérenniser le futur du groupe et de l'association.

En 2019, ce besoin de ressources s'inscrira dans la perspective de deux grands rendez-vous : le **Salon du Bourget** qui se tiendra du 17 au 23 juin où la 3AF sera présente puis, une **Journée pour l'Aviation Légère** qui s'inscrira en continuité de la journée 2.0 de 2017. Cette nouvelle journée, centrée **sur l'environnement** et organisée en lien avec la Fédération Française Aéronautique (FFA), se tiendra en septembre dans les locaux et avec le soutien de la DGAC.

D'ici là, le groupe 3AF d'Ile-de-France souhaite à toutes et à tous une excellente année 2019.

*Patrick Gilliéron,
vice-président du Groupe 3AF Ile-de-France,
membre des commissions Aérodynamique et
Aviation Légère & Machines Dérivées.*

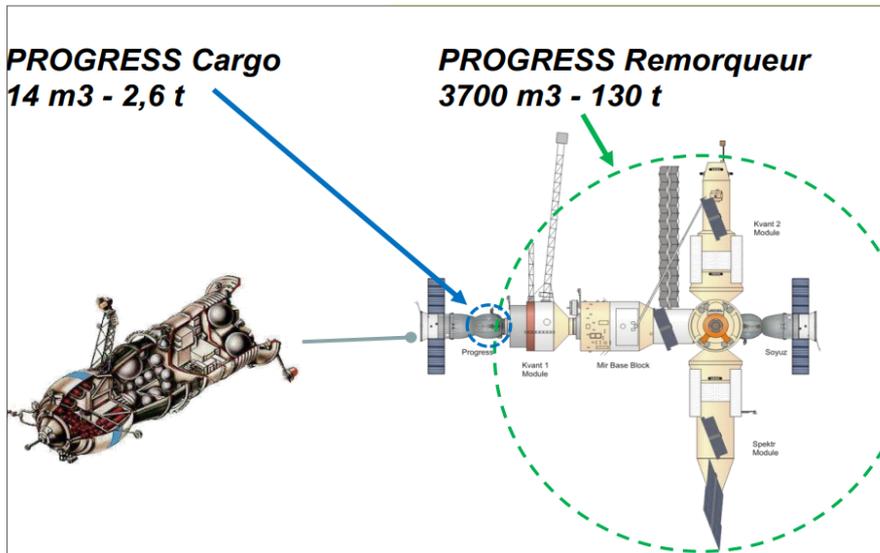


Fig. 1 - Le Progress, cargo ou remorqueur.

Pascal Bultel a livré une présentation très imagée et originale, en établissant un lien entre les nombreux projets qui ont vu le jour depuis les premières années de la conquête spatiale et les anticipations de la science-fiction qui les ont précédés ou accompagnés. Le concept de remorqueur est né dans le domaine maritime (brevet de Jonathan Hulls de 1832) ; il décrivait un bateau capable de tirer ou de pousser un autre bâtiment pour la manœuvre dans les ports. La taille des bateaux ayant fortement augmenté depuis cette époque, les remorqueurs sont devenus des auxiliaires indispensables du trafic maritime.

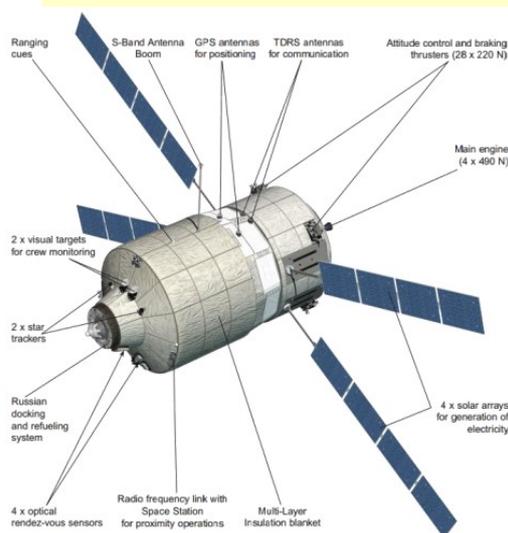


Fig. 2 - l'ATV, cargo, ravitailleur et remorqueur.

Un remorqueur spatial (« space tug ») reprend les caractères de propulsion et de navigation autonomes mais y ajoute pour certains, en plus du déplacement d'une charge utile externe, la capacité de ravitaillement d'un autre vaisseau spatial. Voici quelques exemples. Le premier remorqueur spatial opérationnel répondant à la définition précédente a été le « Service Module » du programme Apollo. La station spatiale internationale ISS est desservie par le Progress russe dont le premier lancement est intervenu en 1978. Progress est à la fois cargo et capable de maintenir à poste l'ISS grâce à son système de propulsion chimique de 1000 N (figure 1).

L'accostage automatique a été développé dès 1967 et les ATVs européens (figure 2), dont cinq exemplaires ont été lancés avec succès, a inauguré la maîtrise de l'accostage centimétrique par laser ; l'ATV détient encore le record du monde de masse déplacée (400 t).

Les remorqueurs spatiaux ont évolué au fil des années et notamment sur le plan de la propulsion. Tous les moyens connus ou futuristes ont été étudiés.

- La propulsion chimique, encore largement répandue.
- La propulsion nucléaire ; celle-ci a connu des développements au sol dans les années 1970 : programme Nerva aux Etats-Unis pour le programme post-Apollo NOVA, moteurs-fusées nucléaires russes de la série RD 400, projets ERATO et MAPS du CEA. Aucun de ces programmes n'a débouché sur des applications en raison d'un coût élevé de développement, partiellement lié aux questions de sécurité.
- Le solaire thermique (projet PHAETON de l'ONERA).

Le solaire voltaïque constitue une solution de grand avenir, en liaison avec la propulsion plasmique, mais est pour l'instant limité à des puissances électriques inférieures à 20 kW et donc à de faibles poussées.

Les remorqueurs spatiaux, d'Apollo à Nostromo

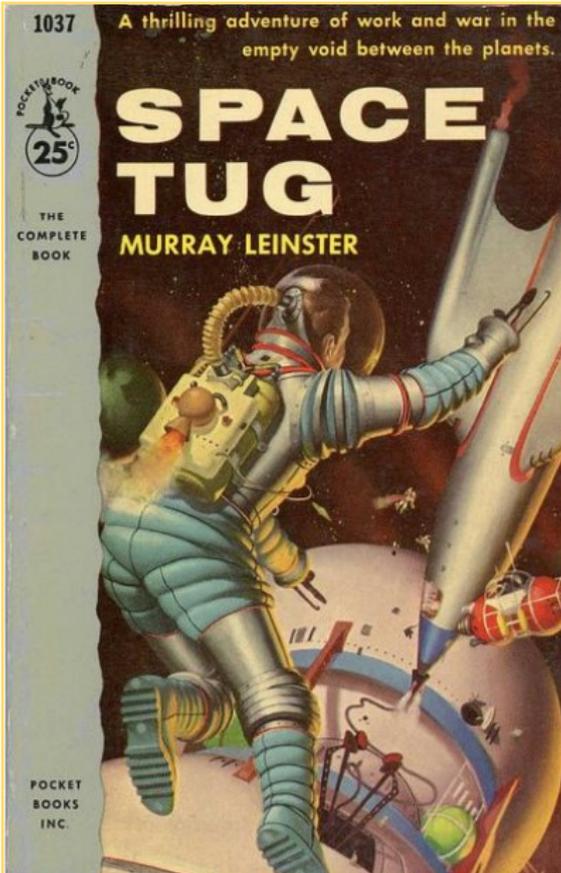


Fig. 3 - Le premier remorqueur spatial de la science-fiction.

L'auteur a présenté une synthèse de la plupart des projets de remorqueur spatial développés par les différents pays.

- États-Unis : 1969-1972, programme post-Apollo (Nuclear Shuttle) puis Space Tug. 1984-1987, Orbital Manoeuvring Vehicle (TRW). 1984-1989, Orbital Transfer Vehicle (NASA). 2009, AD Astra Solar Electric Tug (propulsion VASMIR), Boeing / DARPA FAST (propulsion plasmique).
- Union soviétique puis Russie : 22-10-67, accostage automatique de Cosmos 186 et 188. 1978, Progress ; Progress est le premier remorqueur polyvalent produit en grande série, sur la base du vaisseau Soyouz, système KURS d'accostage automatique par guidage radio. 1988-2008, concept MEK d'Energia (propulsion électrique de 300 N).
- Europe : 2008, premier lancement de l'ATV Jules Vernes, cargo, ravitailleur et remorqueur. Les européens possèdent la majeure partie des technologies-clefs dont la propulsion plasmique (Safran).

Un nouveau paradigme a émergé en 1979 (Chris Foss), c'est le « mining », c'est-à-dire l'exploitation de ressources extraterrestres minérales, provenant d'astéroïdes

ou de Mars. Les chercheurs situent le début du mining vers 2065 et un remorqueur spatial extrapolant les technologies disponibles et de caractéristiques suivantes :

- masse sèche du remorqueur en LE : 150 t (3 lancements) ;
- panneaux solaires de 120 t fournissant 9,5 MW ;
- propulsion plasmique de très forte puissance (le propulseur plasmique le plus puissant en développement est le NASA 457M.v2 dont la poussée de pointe est 2,3 N à 50 kW) ;
- fluide propulsif : 60t (xénon ou argon).

La seconde partie de la présentation a porté sur l'histoire du remorqueur spatial dans la science-fiction. Il est intéressant de noter que le terme de space tug a été utilisé pour la première fois en 1953 par Murray Leinster dans une publication (figure 3), donc bien avant le début de la conquête spatiale.

Quelques décennies plus tard, le remorqueur spatial a été un acteur dans les films de science-fiction, en particulier dans la série Alien à partir de 1979 : c'est le fameux Nostromo qui figure dans le titre de cette présentation. Le concepteur de Nostromo, Chris Foss, également promoteur du mining, s'est inspiré du nuclear shuttle et a imaginé un remorqueur de 334 m de long à propulsion nucléaire par fusion (figure 4). Seule une maquette au centième a été construite pour les besoins cinématographiques par Lockheed, ainsi qu'une maquette de raffinerie orbitale. La maquette Nostromo a mal vieilli et a dû être restaurée.

Le remorqueur spatial a donc été un acteur discret du spatial, tant au niveau des réalisations concrètes que de la science-fiction, sans que l'on puisse établir si ce sont les projets industriels qui ont inspiré des artistes visionnaires ou l'inverse.

La flexibilité d'emploi du remorqueur spatial et sa modularité ont amené de nombreuses technologies à progresser. À court et moyen termes, ces véhicules seront capables de transférer une dizaine de tonnes ; à long et très long termes, cette capacité devrait atteindre des centaines de tonnes.



Fig. 4 - Nostromo.

Les remorqueurs spatiaux, d'Apollo à Nostromo



Pascal Bultel à la mairie du 15ème.

À l'issue de cette brillante présentation, des questions ont été posées sur les points suivants :

- la possibilité d'utiliser l'air résiduel pour maintenir l'ISS à poste ;
- les solutions envisagées pour le retour à terre dans le cas du mining ;
- la propulsion électrique pour le maintien à poste de l'ISS ;
- les projets internationaux ;
- la suite de l'ATV ;
- le concept Skyhook.

Merci à Pascal Bultel pour cette présentation qui a dû combler tant les scientifiques

et techniciens que les passionnés de science-fiction.

PK

3AF Les Conférences du Groupe Ile-de-France
LES MARDIS DE L'AERONAUTIQUE ET DU SPATIAL
RECHERCHE, CONCEPTION, FABRICATION, PROJETS, ETUDES, ESSAIS...
www.3af.fr Association Aéronautique et Astronautique de France

LES REMORQUEURS ORBITAUX D'APOLLO AU NOSTROMO

Par Pascal Bultel, spécialiste des concepts avancés et président de la commission Exploration Spatiale et Observation de la 3AF.

Une conférence organisée par le Groupe Ile-de-France de la 3AF à la Mairie du XVe arrondissement, 31 rue Péclel - 75015 Paris (Métro Vaugirard)
MARDI 6 FÉVRIER de 18h30 à 20h

Pascal BULTEL, spécialiste des concepts avancés, retracera l'histoire et l'évolution des remorqueurs orbitaux, systèmes aux architectures multiples à propulsion chimique, solaire électrique ou nucléaire. La présentation couvrira la période allant du 1er brevet de remorqueur jusqu'aux concepts de science-fiction en passant par APOLLO, le vaisseau ravitailleur PROGRESS et le véhicule automatique de transfert européen désigné ATV.

INSCRIPTION OBLIGATOIRE sur le site 3AF
<http://www.3af.fr/rubriques/Manifestations/Conférences>

© Bob Cobb

Entrée gratuite et ouverte à tous, membres et non membres 3AF
Voir le site 3AF à l'adresse : <https://www.3af.fr/>

CALENDRIER DES PROCHAINES CONFÉRENCES 3AF ILE-DE-FRANCE (PROJETS)
Vers un remorqueur du transport supersonique par Gérard Théron, AAS & Ex AIRBUS, mardi 13 mars, 18h30/20h
Le tourisme spatial par Christophe Bonnal, CNES, mardi 15 mai, 18h30/20h

3AF - Association Aéronautique et Astronautique de France, 8 rue Galliéni, 75116 Paris - Groupe 3AF Ile-de-France
<https://www.3af.fr/> - <https://www.3af.fr/groupe-regionidf/>



⇒ Exemple d'analyse : étude IPSOS pour Astrium (2011)

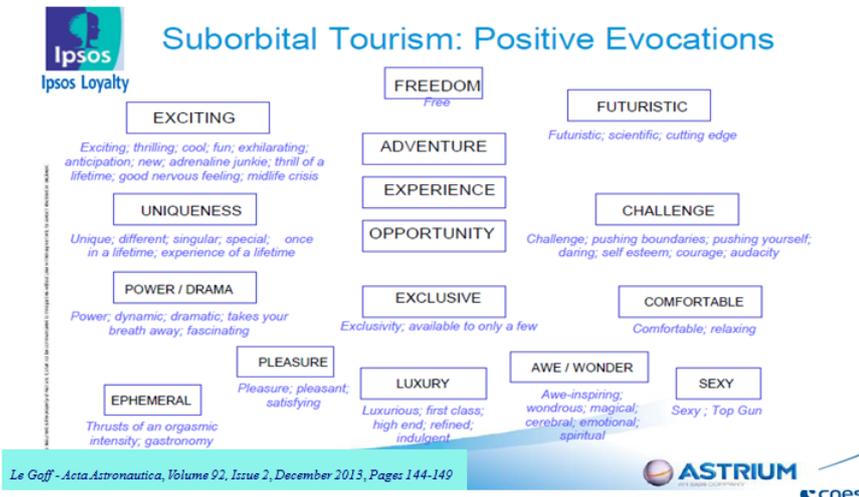


Fig. 1 - L'analyse IPSOS des motivations pour le vol suborbital.

1. IAA : International Academy of Astronautics.

Christophe Bonnal et Jean-Luc Wibaux se sont livrés à un duo. En tant qu'agence nationale, le CNES n'investit pas d'argent dans le tourisme spatial mais possède un rôle de certification et veille à la synergie entre les activités spatiales conventionnelles et le tourisme spatial. Christophe Bonnal a en outre présidé dans le passé la commission tourisme spatial de l'IAA¹, a édité le livre blanc IAA sur le sujet et organisé deux congrès sur l'Accès Privé à l'Espace. Jean-Luc Wibaux, représentant exclusif de Virgin Galactic en France, partage quant à lui une passion pour le tourisme spatial et un intérêt pour l'aspect business de cette activité.

L'accès privé à l'espace s'est développé depuis une quinzaine d'années et le tourisme spatial est l'une de ses composantes. Il existe deux familles d'accès à l'espace.

- L'accès orbital : l'altitude de l'orbite est au minimum de 200 km et la durée du séjour en orbite d'une semaine ; l'offre actuelle est limitée à Soyouz-TM mais 3 à 4 véhicules concurrents sont en développement aux Etats-Unis.
- L'accès suborbital : il s'agit d'atteindre une altitude minimale de 100 km par

une trajectoire balistique, ce qui permet de rester environ 4 minutes en apesanteur lors d'une mission de deux heures. 100 km est une altitude conventionnelle non officielle définissant le début de l'espace (ligne de Karman).

Ces deux modes d'accès à l'espace correspondent à des dépenses énergétiques très différentes, respectivement de 34 MJ/kg et 1 MJ/kg. Le vol spatial d'astronautes non-professionnels a été envisagé depuis plus de trente ans. Quelques candidats ont volé (Jake Garn, Bill Nelson, Tohohiro Akiyima) et de nombreux projets ont été étudiés sans pour autant voir le jour (Rockwell 74 passagers, module dérivé du Space Shuttle, Astrium Space Hotel Complex). La demande pour le tourisme spatial a toujours été élevée : en 1997, 100 000 personnes par an auraient été prêtes à payer 100 000 \$ pour un séjour en orbite mais à cette époque aucune solution crédible n'existait pour faire face à cette demande, seulement quelques projets ambitieux tels Astros d'Astrium ou Kankoh de KHI. La situation n'a guère changé, l'accès orbital de masse reste hors de portée. Par contre, on a assisté à la création de plusieurs agences de voyage spatial comme Space Adventures et Scandinavian Connection to Space, ainsi qu'à la multiplication d'activités plus ou moins liées au spatial : passage en centrifugeuse, vol sur avions supersoniques, vol sur avions 0g,... L'offre orbitale actuelle reste limitée à Soyouz mais est contrainte par la cadence de production et les besoins d'entraînement ce qui fait qu'à ce jour, seuls 7 participants privés sont allés en orbite.

L'accès privé de masse à l'espace passera obligatoirement par les vols suborbitaux. Mais quelles sont les motivations poussant un terrien à tenter un vol suborbital ?

- Du côté positif, c'est le rêve qui l'emporte : quel enfant n'a pas rêvé de devenir aviateur ou astronaute ?

Le tourisme spatial : mythe ou réalité ?

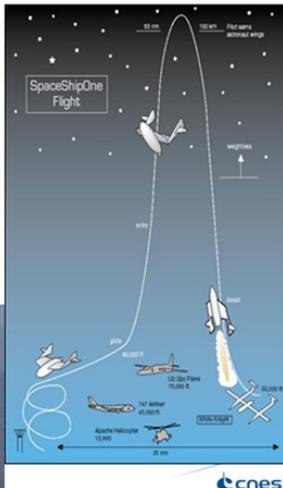
Concours Ansari X-Prize : le Space ShipOne de Scaled Composites

Principe :

- . Petit avion fusée Space Ship 1 : 1 pilote + 2 gueuses
- . Avion porteur dédié White Knight
- . Largage à 16 km d'altitude
- . Allumage du moteur Space Ship 1 pendant 80 s \Rightarrow Mach 3
- . Courbe en cloche jusqu'à 100 km
- . Financement par Paul Allen (Microsoft)



Fig. 2 - Le SpaceShip One.



C'est aussi la possibilité d'expérimenter de nouvelles sensations (apesanteur), d'avoir une vision de la Terre (conscience écologique), ...

- Du côté business, les leviers sont multiples : il s'agit pour certains de développer une nouvelle attraction genre Luna Park, pour d'autres de satisfaire une pulsion type shoot d'adrénaline ou « Étoffe des héros », pour les plus fortunés d'affirmer son rang social, ce qui relève d'un snobisme. Une sérieuse analyse a été menée en 2011 pour Astrium (figure 1).

La robustesse du marché dépend fondamentalement des motivations :

- la demande semble importante de prime abord mais n'est pas totalement comprise ;
- certains la croient crédible en prenant pour comparaison les activités de luxe qui représentent 100 Md\$ et 20 millions de touristes par an. Par conséquent, ils supposent l'existence d'une classe de gens fortunés susceptibles

de faire émerger le marché du tourisme spatial suborbital.

Le premier concours pour atteindre les 100 km d'altitude a été l'AnsariX-Prize proposé en 1996 par Peter Diamandis. Il s'agissait d'amener trois passagers à 100 km, de ramener le véhicule et les passagers intacts, de rééditer un vol dans les semaines suivantes en se réservant de 90% du véhicule et en utilisant seulement un financement privé. Le prix était de 10 M\$. Il y a eu 26 concurrents déclarés, plus ou moins sérieux. Le gagnant du prix AnsariX a été le SpaceShip One de Scaled Composites, financé par Paul Allen, l'un des fondateurs de Microsoft. Ce petit avion-fusée de 3,6 t, largué par l'avion porteur White Knight et propulsé par un moteur-fusée hybride fonctionnant pendant 80 s, a dépassé 100 km avec un pilote et deux gueuses simulant des passagers (figure 2). À la suite du succès de SpaceShip One, Richard Branson (Virgin Galactic) a commandé cinq exemplaires du SpaceShip Two, dont le premier exemplaire a été accidenté le 31 octobre 2014. Virgin Galactic a depuis trouvé de nombreux partenaires, dont un fond saoudien pour 350 M\$.

- La plupart des projets du prix AnsariX n'ont pas connu de suite. Seul le développement du SpaceShip s'est poursuivi par le SpaceShipTwo. Le New Shepard de Blue Origin, qui n'était pas candidat à l'AnsariX Prize, a connu des avancées ; il s'agit d'un monoétage propulsé par un moteur-fusée BE3 utilisant LOX et LH₂ et développant 400 kN (figure 3). Le retour de la cabine se fait par parachute. Le lanceur a fait l'objet de 8 lancements réussis, récupération comprise, il pourrait être le premier à embarquer un passager dans les prochains mois.

Si l'on s'intéresse aux aspects techniques concernant les véhicules en projet ou en développement, on constate qu'il y a une grande variété de concepts que l'on peut regrouper en quatre familles :

- les monoétages aérolargués ;
- les véhicules à décollages verticaux ou horizontaux ;
- les véhicules utilisant pour le retour des ailes, des fusées ou des parachutes ;
- la propulsion fusée éventuellement



Fig. 3 - Le New Shepard.

Le tourisme spatial: mythe ou réalité ?



Fig. 4 - Le Spacehub de Bordeaux-Mérignac vise large.

2. Man rated : acceptable pour un usage humain.

assistée par turboréacteurs.

Le nombre de passagers ne dépasse pas 8. De nombreuses questions restent aujourd'hui sans réponse, notamment les problèmes de transition, les anomalies redoutées, le niveau de réutilisation et les utilisations duales. La perception des passagers sera essentielle.

La propulsion fusée paraît selon les orateurs être obligatoire, peut-être assistée dans certaines phases de vol par une propulsion aérobique. En effet, une poussée de l'ordre de 400 kN est requise pour accélérer le véhicule jusqu'à Mach 3 à 4 dans la phase ascendante. Les technologies disponibles devront être adaptées aux besoins de modulation de poussée, de réutilisation, de sécurité et de faible impact environnemental. Toutes les technologies connues ont été proposées : propulsion solide bas coût, propulsion par ergols liquides, propulsion hybride.

Il faudra aussi penser aux installations sol. Les critères de sélection de ces ports spatiaux seront la sécurité, l'intérêt de la zone survolée, les contraintes météorologiques et celles associées au trafic aérien. Il existe des antagonismes entre ces différents critères. De nombreux projets de ports spatiaux sont à l'étude dans le monde, aux statuts juridiques flous. Pour la France, est né de Spacehub de Bordeaux-Mérignac qui constituerait le premier parc européen dédié au tourisme spatial. Ce parc se décompose en un parc à thème (Space Odyssée), un Space Port et un Space Campus. Space Odyssée est prévu pour accueillir de nombreux équipements spécialisés et pourrait être réali-

sé en une vingtaine d'années avec un budget d'une centaine de millions d'euros. Space Port comportera tous les ingrédients de formation et d'entraînement préparant au vol suborbital, Space Port et Space Campus seront dédiés aux marchés professionnels. Spacehub se situerait en bordure de l'aéroport international, à côté de Saint-Jean d'Illiac.

Le tourisme spatial commencera à l'évidence par des vols suborbitaux. Qu'en est-il de son extension au séjour orbital ? L'accès à l'orbite suppose la disponibilité de capsules spatiales et de lanceurs adaptés. Il existe des développements de Taxis spatiaux chez les constructeurs américains (SpaceX Dragon V2, Blue Origin, Boeing Space Liner, Sierra Nevada Dream Chaser), russes (PPTS Federatsia) et chinois (Shenzhou ?). Les lanceurs (SpaceX, Blue Origin, Ariane) devront être « man rated »².

Des moyens d'accueil en orbite des touristes spatiaux ont commencé à être étudiés : Bigelow Sundancer et B330 (figure 5), Stations Aurora, Excalibur et Almaz, Project Energia ; les modules Bigelow ont été qualifiés au sol. Les aspects médicaux, physiologiques et ergonomiques imposeront d'estimer à leur juste valeur les facteurs de risque pour les passagers, les contraintes physiologiques et psychologiques acceptables, les risques médicaux et les exigences d'habitabilité (combinaisons de vol). Il faudra probablement procéder à une sélection des candidats avec des installations au sol dédiées. Des critères de sélection semblables à ceux mis en œuvre pour les spationautes professionnels mais moins sévères devront être définis par les organismes officiels comme la FAA et l'EASA.

Un énorme problème a trait en outre à la fiabilité, à la sécurité et aux risques encourus par les touristes spatiaux (mission avortée, tolérances aux pannes, moyens de retour des passagers). Un progrès significatif doit être réalisé en matière de propulsion. Les statistiques pour les moteurs-fusées à propergol solide ou à ergols liquides démontrent que la probabilité d'une panne moteur est de 1 à 7 chances sur 100, la probabilité d'une explosion de 1 chance sur 1000 ; il n'existe pas de statistique sur les moteurs-fusées hybrides. Ces données posent la question

Le tourisme spatial: mythe ou réalité ?

⇒ Préparation de l'accès à l'orbite

- Il faut des hôtels : quelques initiatives (1/2)
- Bigelow Sundancer et B-330

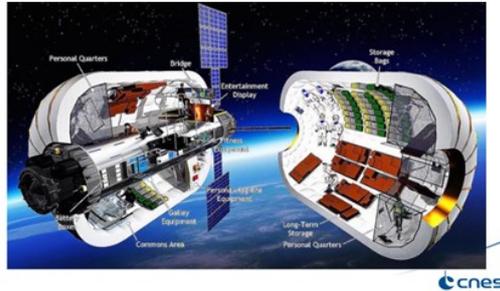


Fig. 5 - Des projets pour le séjour de touristes en orbite.

de la tolérance du tourisme spatial aux accidents : un accident mortel peut-il tuer le tourisme spatial ? A priori non si l'on prend pour exemple l'aviation militaire ou commerciale. L'accident du SpaceShip Two du 31 octobre 2014 (un pilote décédé, un pilote grièvement blessé) n'a pas empêché la reprise des vols le 8 septembre 2016.

Les risques encourus par le tourisme spatial débouchent sur des interrogations concernant les aspects juridiques, d'assurance et réglementaires. Ce sont des sujets difficiles encore mal maîtrisés qu'il conviendra de clarifier avant le début des opérations à grande échelle. Le rôle de la FAA aux États-Unis et de l'EASA en Europe sera déterminant. À rappeler l'existence d'un groupe de travail CNES-DGAC sur ces sujets. Le tourisme spatial peut ouvrir la porte à des applications secondaires telles que les vols 0 g de longue durée, la surveillance globale de la Terre, le vol express longue distance mais font déjà l'objet de projets spécialisés. Un point par contre plus positif est la capacité de mobiliser les jeunes générations autour d'une vision d'avenir.

En conclusion, le tourisme spatial pourrait se développer sous sa forme suborbitale dans un proche avenir, une fois surmontés les écueils mis en évidence sur les plans techniques et législatifs. Dans ce mouvement, qui sera principalement le fait du secteur privé, les agences se réservant les rôles de certification et d'élaboration des lois, de lourds investissements seront nécessaires. Pour le tourisme spatial orbital, il faudra sans doute

attendre une prochaine génération.

L'Accès Privé à l'Espace va probablement se concrétiser dans les prochaines années grâce à des entreprises offrant à une clientèle plutôt fortunée la possibilité de réaliser un vol suborbital. Des progrès sont indispensables en matière de propulsion pour accroître la fiabilité des lanceurs ou véhicules et assurer la meilleure sécurité aux passagers. Des questions restent ouvertes en ce qui concerne les aspects légaux, d'assurance et réglementaires. Le cadre régissant ces aspects devra être impérativement clarifié avant que le vol suborbital devienne une activité à caractère industriel. Les progrès attendus peuvent en outre profiter aux activités spatiales traditionnelles voire déboucher sur de nouvelles applications.

Des questions ont été posées à l'issue de la présentation. Les plus pertinentes ont été :

- pourquoi le choix de Mérignac pour le Spacehub ? Mérignac est proche de la mer et accueille déjà l'Airbus 0 g ; Istres a aussi été envisagé ;
- quel impact de l'activité suborbitale sur l'environnement ? La propulsion par propergol solide est la plus polluante, la plus propre repose sur le couple LOX-LH₂ (New Shepard de Blue Origin).

Les deux orateurs, Christophe Bonnal et Jean-Luc Wibaux, ont livré une conférence très complète abordant tous les aspects du tourisme spatial, qu'ils en soient chaleureusement remerciés.

PK

Visite de l'établissement de la DGA Essais propulseurs à Saclay



Fig. 1 - Investigation sur un enregistreur de vol à la station RESEDA, © DGA Essais propulseurs.

Le 25 septembre 2018, la Commission Technique Aérodynamique organisait, en liaison avec le groupe régional Ile-de-France, une visite de l'établissement de DGA Essais propulseurs à Saclay (DGA EP), visite qui a attiré 15 collègues sur le plateau de Saclay par cette belle journée de fin d'été. Nous étions accueillis par Émile Jérôme de la DGA, experte en aérodynamique et membre de la CT Aérodynamique, qui avait pris l'initiative de cette visite, et Valérie Ochs, responsable de la communication à DGA EP. La visite était précédée par une présentation générale de DGA EP et de ses activités par Valérie Ochs.

Ce bref compte-rendu ne donne qu'une très brève description des installations visitées, un article beaucoup plus documenté consacré à DGA Essais propulseurs devant paraître dans le numéro 34 de la Lettre de la 3AF.

Le premier poste de la visite était une présentation de la **station RESEDA** (fig. 1), de la division Évaluation des Systèmes Aéropropulsifs, dont le travail consiste en l'extraction, l'exploitation et la restitution des données des enregis-

treurs accidents (les fameuses boîtes noires, qui sont en réalité rouges).

Le deuxième poste de la visite était la **salle de commande TRIPODE** (fig. 2) qui assure le pilotage de l'ensemble des réseaux d'atmosphérisation alimentant tous les bancs d'essais. C'est la « tour de contrôle » assurant la coordination des essais et les moyens de conditionnement d'air en alimentation et en extraction,

Fig. 2 - Salle de commande TRIPODE, © DGA Essais propulseurs.



Visite de l'établissement de la DGA - Essais propulseurs à Saclay

permettant de maîtriser la température, la pression, l'hygrométrie pour recréer les conditions de l'altitude et de la vitesse de l'aéronef simulés.

Nous visitons ensuite le caisson d'essais du **Banc M1** (fig. 3), qui est un des bancs où on évalue les performances du moteur pour différents régimes et différentes conditions de vol. Pour les essais de démarrage avec imprégnation à froid, dans le banc d'essais, un débit d'air froid circule pendant plusieurs heures afin de refroidir le moteur à la température voulue.. Une fois le moteur imprégné, il est démarré. Le but est d'identifier d'éventuels problèmes de démarrage lors d'un décollage dans des conditions hivernales, après une nuit dans des zones arctiques par exemple, ou en altitude (montagne).

La visite s'est terminée par une présentation du **banc PAG** (Petit Anneau Givrant, fig. 4), dédié aux essais de givrage.

La Commission technique Aérodynamique et le Groupe régional Ile-de-France remercient vivement Émilie Jérôme, Valérie Ochs et les personnels de DGA EP pour la qualité de leur accueil et la présentation de certaines de leurs activités.

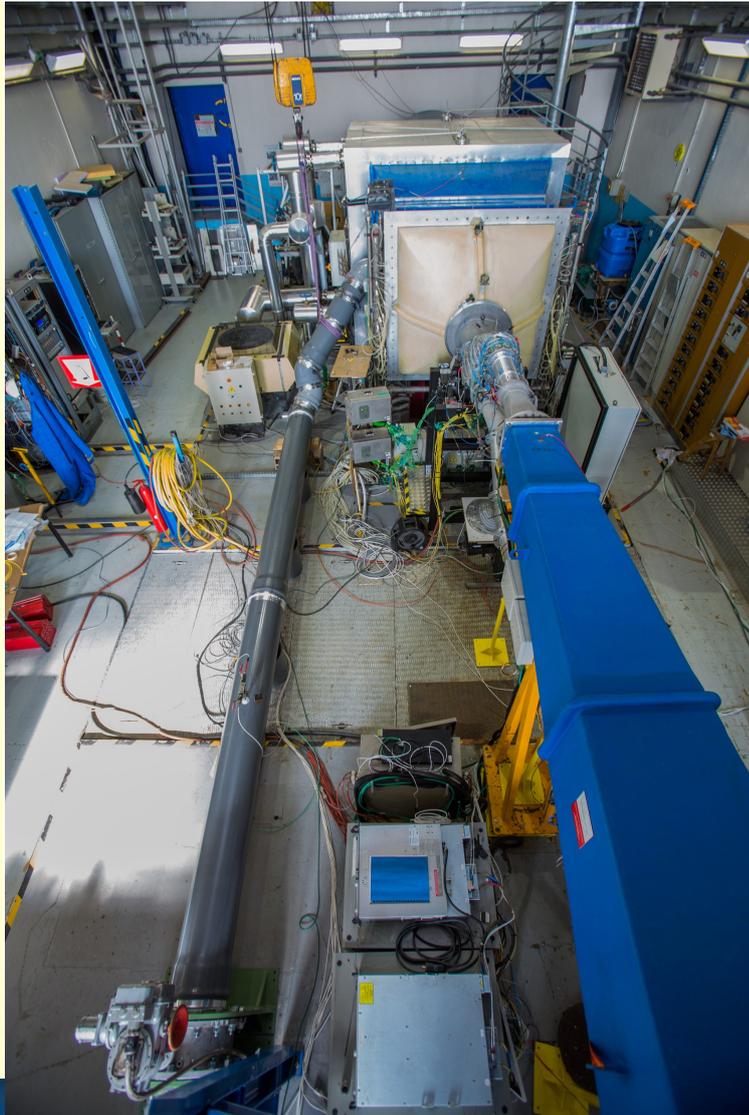


Fig. 3 - Caisson d'essais du banc M1, © DGA Essais propulseurs.



Fig. 5 - Visite de DGA Essais propulseurs le 25 septembre 2018.

Le Groupe 3AF Ile-de-France

par Patrick Gilliéron, membre émérite 3AF
Membre des commissions Aérodynamique et
Aviation Légère et Machines Dérivées

Visite du Musée Volant Jean-Baptiste SALIS

Fig. 2 - Avion Caudron G3 ; musée JB Salis.

Le groupe 3AF Ile-de-France en lien avec les commissions techniques "Aérodynamique" et "Aviation Légère et Machines Dérivées" proposait une visite commentée au **musée volant Jean-Baptiste Salis** le vendredi 30 novembre. Une visite de 2 heures commentée par **Brigitte Salis** qui a permis de découvrir ou redécouvrir les quelques 70 avions restaurés répartis sur près de 6000m². Cette visite s'effectuait avec des membres de l'aéroclub Renault (aérodrome de Chavenay-Villepreux).

Jean-Baptiste Salis est né en 1896. Pilote militaire puis instructeur et pilote d'essai au cours de la Première Guerre mondiale, il crée avec deux autres pilotes la première patrouille acrobatique aérienne. Il fonde en 1933 l'association "Les casques de cuir" pour promouvoir l'aviation légère parmi les jeunes. Sa collection d'appareils commence en 1937. Il s'installe à Cerny l'année suivante pour créer une école de mécaniciens puis, au terme de la Seconde Guerre mondiale, développe une école de vol à voile sur un terrain qui deviendra l'aérodrome de La Ferté Alais. Cette école donnera naissance à l'Amicale Jean-Baptiste Salis.



Le musée regroupe un Blériot XI (fig. 1), un Morane Saulnier H, un Caudron G3 (fig. 2), les Morane-Saulnier AI, Spad S.XIII et Fokker D.VII ainsi qu'une collection de Morane Saulnier construits à Puteaux ; appareils qui ont permis de cumuler de nombreux records de

vitesse, d'altitude et d'autonomie (MS 138, 185, 230, 317 et 502).

L'aviation sportive et de loisirs est également représentée avec les Bücker 131 et N3N, Boeing-Stearman PT17, Piper Cub J3, Nord 3202 et Cap 20.

Parmi les avions de la période 39-45, il est possible de voir un Polikarpov PO2 des sorcières de la nuit (1928-1950), des T6, un Douglas AD Sky-raider, un F4U-N Corsair et un magnifique B17.

Sont également à voir un magnifique Beechcraft 18, un Stinson Reliant avec son tableau de bord en ronce de noyer et un De Havilland Dragon rapide. Une multitude d'avions en état de vol que chacun peut venir visiter toute l'année.

Informations : voir le site <http://www.musee-volant-salis.fr/>

Adresse du musée : aérodrome de Cerny La Ferté Alais, 91590 Cerny.



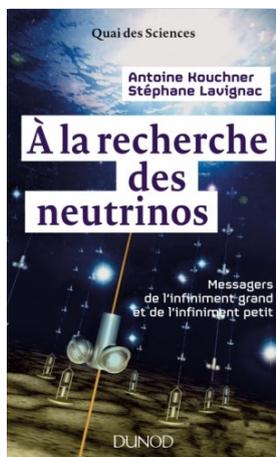
Fig. 1 - Blériot XI, traversée de la Manche le 25 juillet 1909 ; musée JB Salis.

PUBLICATIONS COURRIERS

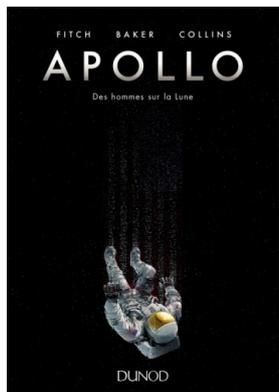


Le petit livre des trous noirs par Steven Gubser et Frans Pretorius, éditeur DUNOD, 224 pages, 2018, EAN : 9782100776931.

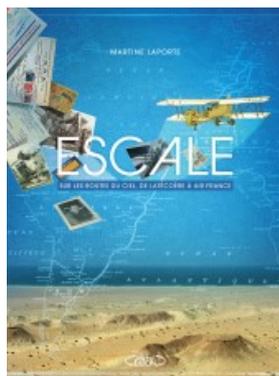
Des ondes gravitationnelles aux collisions de trous noirs, Steven Gubser et Frans Pretorius nous font découvrir la physique étrange des trous noirs.



A la recherche des neutrinos, par Antoine Kouchner et Stéphane Lavignac, éditeur DUNOD, 240 pages, EAN 9782100746736. Antoine Kouchner et Stéphane Lavignac retracent l'histoire passionnante du neutrino et nous font découvrir les grandes expériences consacrées à ce messager de l'infiniment grand et de l'infiniment petit.



Apollo par Matt Fitch, Chris Baker et Mike Collins, éditeur DUNOD, collection 50 clés pour comprendre, 160 pages, 2018, EAN: 9782100788262. Matt Fitch, Chris Baker et Mike Collins nous racontent l'histoire de la mission d'exploitation Apollo 11.



Escale par Marine Laporte, éditeur Michel Lafon, 2018, ISBN : 9782749934815, 255 pages, 2018. Mermoz, Guillaumet, Saint Exupéry... Ce livre événement rassemble près d'un millier de documents, presque tous inédits, sur ces aviateurs, la ligne Latécoère et l'Aéropostale.



Airbus A380, de 2005 à nos jours, par Robert Wicks, éditions ETAI, 192 pages, EAN 13 979-10-283-0275-7. Cet ouvrage permet de découvrir l'histoire de l'A380 et des nombreuses personnes qui l'ont conçu, fabriqué, testé, qui le font voler et qui en assurent la maintenance.



Erreurs de pilotage 12, par Jean-Pierre Otelli, éditions JPO Altipresse, 322 pages, EAN 978-2373010862, ISBN 2373010860.

Jean-Pierre Otelli nous explique, via des exemples d'accidents aériens, l'importance que revêt l'erreur aérienne dans la sécurité aérienne.

Un ouvrage aéronautique ou spatial à caractère technique ou scientifique qui vous a plu ? N'hésitez pas à le faire connaître via cette rubrique.

COURRIER DES LECTEURS

Qu'est ce que le space mining ?

Réponse Gr IdF : le space mining consiste à forer pour extraire des ressources minières extra-terrestres, par exemple de l'hélium 3 lunaire ou bien du cobalt en provenance d'astéroïdes. L'intérêt pour le space mining est lié à l'épuisement de ressources rares dont notre économie est friande par exemple pour les téléphones portables et à l'émergence de nouvelles technologies comme la fusion nucléaire utilisant de l'hélium 3.

Ce secteur d'activité attire nombre d'entrepreneurs privés et de nations. Ainsi, la Chine a prévu d'implanter une base spatiale permanente sur la Lune dans ce but. Il existe des failles et flous juridiques concernant l'exploitation des ressources. Des nations comme les Etats Unis et le Luxembourg ont profité de ces failles et légiféré dessus. Néanmoins, il est très coûteux et technologiquement difficile d'exploiter et de ramener sur Terre les minerais.

CONFÉRENCES & COLLOQUES ILE-DE-FRANCE

Mardi 18 Septembre
GROUPE ILE-DE-FRANCE -
La voltige aérienne ; la tête en l'air, les pieds sur terre. Une conférence proposée par Pascale Alajouanine, championne d'Europe de voltige. Un retour sur une discipline exigeante et un palmarès remarquable et remarqué. Lieu Mairie du 15ème, Paris.



1. OneWeb : projet de constellation d'environ 650 satellites de télécommunications positionnés sur une orbite basse destiné à fournir un plus large accès à Internet à haut débit.

Mercredi 19 Septembre
COMMISSION PROPULSION avec le GROUPE ILE-DE-FRANCE. Le SAM 146², histoire d'une coopération "Franco-Russe" par Benoît Biraud, Safran.

2. SAM 146 : turboréacteur produit au sein de PowerJet, destiné au marché des avions de 100 places.



expérience OneWeb¹ chez Airbus Defence & Space. Une solution qui permettra de baisser les coûts et d'améliorer les services offerts par les opérateurs

d'Internet. Une excellente présentation qui a su passionner un auditoire important. Lieu Mairie du 15ème, Paris.

Mardi 13 Novembre
GROUPE ILE-DE-FRANCE -
L'environnement spatial et ses effets sur les satellites, une conférence proposée par Sébastien Bourdarie, ONERA, responsable de l'unité



de recherche Environnement Radiatif Spatial, Département Physique, Instrumentation, Environnements & Espace (DPHY/ERS). Un exposé clair et structuré pour évoquer les incidences des radiations sur les systèmes spatiaux. Lieu Mairie du 15ème, Paris.

Mardi 27 Novembre
COMMISSION PROPULSION avec le GROUPE ILE-DE-FRANCE. Enjeux matériels associés au dimensionnement des aubages et des disques des turbines à gaz aéronautiques avancées" par Patrick Villechaize et Jonathan Cormier, PPRIME/CNRS/ENSM.A.

Retrouvez les supports de présentation sur le site 3AF
<https://www.3af.fr/events/archives>

3AF Les Conférences du Groupe Ile-de-France
 LA VOLTIGE AÉRIENNE : LA TÊTE EN L'AIR, LES PIEDS SUR TERRE
 de Pascale Alajouanine, double championne d'Europe

3AF Les Conférences du Groupe Ile-de-France
 MARDI 18 SEPTEMBRE
 LA TÊTE EN L'AIR, LES PIEDS SUR TERRE

3AF Les Conférences du Groupe Ile-de-France
 MARDI 13 NOVEMBRE
 L'ENVIRONNEMENT SPATIAL ET SES EFFETS SUR LES SATELLITES

3AF Les Conférences du Groupe Ile-de-France
 MARDI 27 NOVEMBRE
 COMMISSION PROPULSION avec le GROUPE ILE-DE-FRANCE

3AF Les Conférences du Groupe Ile-de-France
 L'ENVIRONNEMENT SPATIAL ET SES EFFETS SUR LES SATELLITES

Entrée gratuite et ouverte à tous, membres et non membres 3AF
 Voir le site 3AF à l'adresse : <https://www.3af.fr/manifestation/conférence>

CALENDRIER DES PROCHAINES CONFÉRENCES 3AF ILE-DE-FRANCE
 L'Environnement Spatial et ses effets sur les satellites, mardi 13 novembre 2018, 18h30-20h
 Les enjeux matériels associés au dimensionnement des aubages et des disques des turbines à gaz aéronautiques avancées, mardi 27 novembre 2018, 18h30-20h

3AF Association Mécanique et Aéronautique de France & ses filiales 1915 Paris - Groupe 3AF Ile-de-France
 1000, Avenue de la République - 75011 Paris - France - www.3af.fr

AGENDA

CALENDRIER DES CONFÉRENCES 3AF Ile-de-France

- **MARDI 15 JANVIER de 18h30 à 20h**, « *LES STATIONS ORBITALES* » par *Christian Lardier*, ex-chef de la rubrique *Espace* de la revue *Air & Cosmos* et membre 3AF.
- **MARDI 26 MARS 2019 de 18h30 à 20h**, « *L'AÉRONAUTIQUE CHINOISE* » par *Jean-Paul Perrais*, membre de l'*Académie de l'Air et de l'Espace (AAE)* et 3AF.
- **MARDI 14 MAI 2019 de 18h30 à 20h**, « *LE CONCEPT D'ASCENSEUR SPATIAL* » par *Christophe Bonnal*, expert senior au *CNES/DLA* et membre 3AF.

Venez enrichir et partager vos compétences

Au sein de nos Commissions Techniques et de nos Groupes régionaux

Avec nos colloques et conférences au meilleur niveau mondial

Avec nos publications régulières : études thématiques, Lettre 3AF, Gazettes régionales

3AF, Association Aéronautique et Astronautique de France

Plus de 70 ans de passion

L'association française de référence internationale

Venez vivre votre passion avec nous

Rejoignez plus de 1500 membres et 60 sociétés ou institutions aérospatiales

Partagez et échangez avec des passionnés d'aéronautique et d'espace

Vous êtes étudiant ? 3AF vous introduit dans le milieu aéronautique et spatial