

SOMMAIRE

P.2 EDITO

Par Gilles Marcoin

P.3 EN DIRECT

- Les Etoiles 3AF 2014
- Christian Mari Président de l'ICAS
- Une nouvelle dynamique pour le GR Bretagne Pays de Loire

P.4 INTERVIEW

- Philippe Gaudon

P.8 DOSSIER

- Au coeur de l'Air & Missile Defence
- L'aérodynamique des micro-drones : défis techniques et problèmes scientifiques - Partie 3

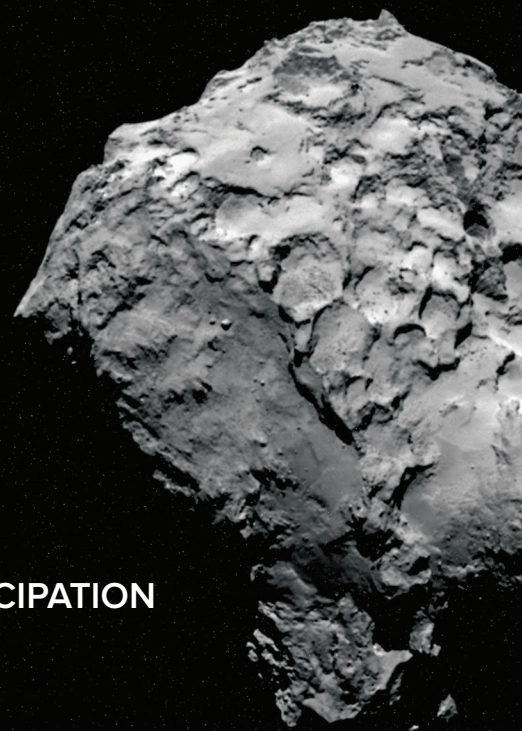
P.11 SCIENCES ET TECHNOLOGIES

- La fabrication rapide : focus sur le LBM
- Le contrôle local de la gravitation Mythe ou perspective ?

P.17 CULTURE

- Ces artistes inspirés par l'aéronautique ... Jean Letourneur et Marc Newson

P.20 AGENDA



INTERVIEW

PHILIPPE GAUDON

CHEF DE PROJET POUR LA PARTICIPATION
FRANÇAISE À ROSETTA, CNES



Chères lectrices, chers lecteurs,

Le secteur aéronautique et spatial est riche en événements. Dans le domaine de l'aviation civile, faisant suite au succès du premier vol le 25 septembre 2014 du moyen courrier Airbus A320Neo, une phase importante du programme long courrier Airbus A350 a été franchie, celle de la certification de l'appareil par l'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne (AESa), après une campagne d'essais en vol exemplaire. Dans le domaine spatial, nous suivons tous attentivement et avec grand intérêt le développement de la mission Rosetta : vous trouverez dans la présente lettre une interview de Philippe Gaudon du CNES à ce sujet. Mais je voudrais citer ici une autre échéance importante pour l'avenir du spatial européen et en particulier celui des lanceurs européens Ariane : les ministres en charge de l'espace des 20 Etats membres de l'ESA se réuniront à Luxembourg le 2 décembre prochain pour décider des objectifs et priorités de l'Europe Spatiale.

Un autre domaine important et innovant, celui des drones, mérite également notre attention. L'Académie de l'air et de l'espace et 3AF organisent en coopération un colloque international portant sur les drones civils, les 13 et 14 Novembre à Paris dans les locaux de la DGAC (et en visioconférence avec l'ENAC Toulouse), intitulé « Présent et futur des drones civils ». L'objectif de ce colloque est de réunir les acteurs-clés pour confronter et affiner les points de vue, permettant d'aboutir à une vision intégrée et de faire émerger les sujets à améliorer et les actions à entreprendre, afin que ce « jeune » secteur aéronautique puisse se développer harmonieusement. La principale difficulté est l'introduction des drones dans le trafic aérien en toute sécurité. Dans le même domaine mais sur un plan plus technique, vous trouverez dans cette Lettre le troisième et dernier volet de l'article de Jean-Marc Moschetta, traduit depuis l'anglais par Jean Détery « L'aérodynamique des micro-drones : défis techniques et problèmes scientifiques ».

Si vous souhaitez vous replonger avec délice dans la théorie de la relativité générale, je vous conseille fortement l'article

passionnant de Pierre Marx de la Commission SIGMA « Le contrôle local de la gravitation : mythe ou perspective ? ». La dixième édition du colloque « Missile Défense » s'est déroulée à Mayence (Allemagne) du 17 au 20 juin 2014 et a été un grand succès. Vous trouverez ci-après un article de Luc Dini à ce sujet. Plus récemment, 3AF a organisé à Troyes du 24 au 26 septembre 2014 le 12ème Forum Européen sur l'Intelligence Economique et Stratégique, IES 2014, qui a rassemblé plus de 160 participants, et où ont été présentées plus de 50 communications de très bon niveau : un succès important. Une synthèse sur ce qu'a apporté cette conférence sera publiée prochainement.

Je vous invite à venir nombreux à la prochaine Assemblée Générale annuelle de la 3AF qui aura lieu à Paris au Pavillon Dauphine le 25 novembre prochain et qui sera suivie par la deuxième édition de la soirée de prestige « Les Etoiles de 3AF » au même lieu. La première soirée « Les Etoiles de 3AF » du 6 décembre 2012 avait rencontré un grand succès en réunissant de nombreux acteurs du secteur Aérospatial et de Défense qui font la force de notre Association. A la demande de nos membres nous renouvelons donc, le 25 novembre, « Les Etoiles de 3AF » avec, pour cette édition, la célébration du 70ème anniversaire de notre Société Savante.

Nous aurons l'honneur d'accueillir cette année le Général d'Armée Jean-Louis Georgelin, Grand Chancelier de la Légion d'Honneur. Après un cocktail dans l'un des salons du Pavillon Dauphine, la soirée se poursuivra par un dîner et la remise des Prix 3AF pour l'année 2014, en présence du jury présidé par Christian Mari, Président du Haut Conseil Scientifique. Le livre anniversaire de 3AF sera présenté par Bernard Vivier, Président du Groupe Régional Pays de l'Adour. La soirée sera animée par Michel Polacco, journaliste spécialisé Aéronautique, Espace et Défense.

Il ne me reste plus qu'à vous dire « à bientôt » et à vous souhaiter bonne lecture.

GILLES MARCOIN
Secrétaire Général 3AF

Éditeur

Association Aéronautique et
Astronautique de France - 3AF
6, rue Galilée, 75116 Paris
Tél. : 01 56 64 12 30
Fax : 01 56 64 12 31

Directeur de la Publication
Michel Scheller

Rédacteur en chef
Gilles Marcoin

Comité de rédaction
Pierre-Guy Amand, Bruno
Chanetz, Pierre Bescond,
Jean Détery, Pierre Froment,
Paul Kuentzmann, Jacques
Sauvaget, Jean Tensi, Anne
Venables et Sophie Videment.

Rédaction
Tél. : 01 56 64 12 30
sophie.videment@aaaf.asso.fr

Conception
Ici la Lune

Impression
Impression Design
Dépôt légal : 4ème trimestre
2014

ISSN 1767-0675
Droit de reproduction, textes
et illustrations réservés pour
tous pays.

LES ÉTOILES DE 3AF - 25 NOVEMBRE 2014



La première soirée de prestige "Les Étoiles de 3AF" du 6 décembre 2012 a rencontré un grand succès et a réuni de nombreux acteurs de l'Aéronautique et de l'Espace qui font la force de 3AF -personnalités du domaine, directeurs d'industrie, ingénieurs, chercheurs... - Les Étoiles de 3AF, soirée au cours de laquelle ont été remis les Prix 3AF, a été l'occasion de célébrer et rendre hommage à ceux qui contribuent à l'excellence des sciences et techniques aérospatiales.

Les membres de 3AF ont souhaité que cette manifestation devienne périodique, tous les deux ans. 3AF renouvelle donc, le 25 novembre, "Les Étoiles de 3AF" avec pour cette édition la célébration du 70ème anniversaire de notre Société Savante.

Nous aurons l'honneur d'accueillir cette année le Général d'Armée Jean-Louis Georgelin, Grand Chancelier de la Légion d'Honneur.

Après un cocktail dans l'un des salons du Pavillon Dauphine, la soirée se poursuivra par un dîner et la remise des Prix 3AF pour l'année 2014, en présence du jury présidé par Christian Mari, Président du Haut Conseil Scientifique.

Le livre anniversaire de 3AF sera présenté par Bernard Vivier, Président du Groupe Régional Pays de l'Adour.

La soirée sera animée par Michel Polacco, journaliste spécialisé dans les questions d'aéronautique, d'espace et de défense

LES ÉTOILES DE 3AF

Soirée de prestige de la Société Savante de l'Aéronautique et de l'Espace

Pavillon Dauphine

Place du Maréchal de Lattre de Tassigny, 75116 Paris

25 novembre 2014



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

Pour tout renseignement,
contactez:
Sophie Videment
lesetoiles3af@aaaf.asso.fr
tél : +33 1 56 64 12 38



CHRISTIAN MARI ÉLU PRÉSIDENT DE L'ICAS POUR 2 ANS

Christian Mari vient d'être élu Président de l'ICAS pour 2 ans.

L'ICAS (International Council of Aeroanautical Sciences) est une organisation internationale, fondée en 1957 par l'Ingénieur Theodore von Kármán, dont le but est d'encourager l'échange fructueux d'informations scientifiques et technologiques au profit du monde aéronautique mondial.

Forte de ses 27 pays membres, elle organise un Congrès international de renom qui attire tous les 2 ans plus de 1000 participants du monde de la recherche et de l'industrie.

La réputation de cette organisation ainsi que sa notoriété sont en constante augmentation, qui se traduit par un flux constant de nouveaux pays membres ainsi que de membres associés (entreprise, universités, centres de recherche).

UNE NOUVELLE DYNAMIQUE POUR LE GR BRETAGNE PAYS DE LOIRE

Impliqué activement depuis 2011 dans le Groupe Régional Provence, Olivier Capelle a récemment repris les rênes du GR Bretagne / Pays de Loire avec beaucoup d'enthousiasme et de dynamisme.



Olivier Capelle

« Passionné depuis toujours par l'aéronautique, je trouve aujourd'hui au travers de mon implication en tant que Président du GR Bretagne / Pays de

Loire une perspective et un véritable sens.

En accord avec la ligne directrice de 3AF, voici les grands thèmes que je souhaite poursuivre dans ce cadre :

- Communication auprès des acteurs de l'éducation afin de renforcer l'attrait pour les métiers que propose l'industrie aéronautique et astronautique, en lien avec le Comité Jeunes.
- Ces actions de communication seront adaptées au public visé :
 - BTS, DUT, Universités, Ecoles d'ingénieurs
 - Collèges, Lycée
- Resserrer les liens industriels dans l'aéronautique en Bretagne – Pays de Loire ; promotion des actions PME de 3AF ; Soutien au développement des PME/PMI locales du domaine aéronautique et/ou spatial. Etablir des liens avec les principaux donneurs d'ordre régionaux.
- Organisation d'un événement du GR d'ici fin 2014 : **participation au**

Salon Elastopôle: Applications des élastomères pour les marchés de l'aéronautique.

- Organisation d'un événement trimestriel au sein du GR à partir de 2015. Ces événements pourront être des conférences, des visites de sites...
- Edition de la gazette « Breizh-PadL »

Si vous voulez donner libre cours à votre passion ou que vous soyez simplement curieux de découvrir le monde merveilleux de l'aéronautique et de l'espace, n'hésitez pas à nous rejoindre, toutes les bonnes volontés seront accueillies avec chaleur et dynamisme.»

OLIVIER CAPELLE

*Président du GR Bretagne/Pays de Loire
tel : +33 (0)2 44 07 77 46
1 bd Leferme 44600 Saint-Nazaire*

INTERVIEW

PHILIPPE GAUDON, CHEF DE PROJET POUR LA PARTICIPATION FRANÇAISE À ROSETTA, CNES

Alors que Rosetta est en orbite autour de Churyumov-Gerasimenko, nous en savons toujours un peu plus sur la comète ; Philippe Gaudon, chef de projet pour la participation française à Rosetta au sein du CNES, nous livre sa vision de cette mission extraordinaire et des challenges techniques qui l'accompagnent.

Avant de parler du projet et des challenges techniques qui lui sont associés, pouvez-vous nous faire partager votre vision sur ce que cette mission Rosetta a d'extraordinaire ? Quels sont les enjeux scientifiques associés à cette mission ?

C'est une mission magnifique, très ambitieuse. Etre acteur d'un projet

comme celui-ci, c'est un objectif que je poursuis depuis toujours il me semble, tant j'ai toujours été passionné de planétologie.

L'objectif premier de Rosetta est de comprendre ce qu'est une comète, qui est, d'après la théorie, un corps à l'origine du système solaire, et qui préexistait à la création des planètes.

INTERVIEW

D'où le nom de Rosetta, en référence à la Pierre de Rosette qui a permis à Champollion de décrypter les hiéroglyphes. L'idée est de décrypter l'histoire du Système Solaire.



Philippe Gaudon

Le deuxième objectif est de trouver dans le sol de la comète des molécules qui permettraient d'expliquer les origines de la vie. En effet, toujours d'après la théorie, bien après la formation des planètes, il y a environ 3 milliards d'années, les comètes auraient percuté la Terre et leur eau serait à l'origine de la formation des océans. Ce sont elles qui auraient amené des molécules complexes sur Terre, telles que les acides aminés. Ces molécules se trouvant dans des conditions favorables, l'eau sous forme liquide en particulier, elles auraient permis la formation des molécules du vivant. Ainsi, avec Rosetta, nous devrions être capables de remonter le temps, entre 5 milliards d'années – la formation des comètes – et 3 milliards d'années – au moment des derniers impacts importants sur la Terre.

Afin d'étudier le noyau de la comète, ainsi que le gaz et la poussière éjectés par le noyau lorsque la comète s'approche du Soleil, Rosetta emporte une suite de onze instruments à bord de l'orbiteur ainsi qu'un atterrisseur, Philae, équipé de dix instruments supplémentaires qui réaliseront des mesures en surface.

Au départ de la mission, la sonde Rosetta se dirigeait vers un corps

totalelement inconnu, et dont nous savons aujourd'hui encore peu de choses. Nous savions que sa taille était d'environ 4 km et qu'il avait une rotation de 12 heures. A cause de sa petite taille, nous n'avions pas les moyens de le voir correctement dans les télescopes les plus puissants actuellement disponibles. Lorsqu'elle est loin, leur résolution ne permet pas de voir le noyau. Lorsque la comète est proche de la Terre, elle est entourée d'une « coma » opaque, ce qui nous empêche d'identifier sa forme ou la composition de sa surface à distance. Au plus proche, elle a été à une distance de 70 millions de km de la Terre. Au plus loin, à 800 millions de km du Soleil et environ 650 – 850 millions de km de la Terre.

Rosetta observe Churyumov-Gerasimenko avec toujours plus de précision, qu'avez-vous récemment découvert de la comète ?

Après avoir effectué des orbites pyramidales face à la comète, dos au soleil pour pouvoir mieux l'observer, Rosetta est, depuis le 11 septembre, en orbite complète autour de Churyumov-Gerasimenko, à une distance comprise entre 10 et 30 km d'altitude. Depuis le début de l'été, nous avons eu la surprise de découvrir un corps double, divisé en deux parties dissymétriques, resserré au centre, et qui comporte des falaises importantes.

Vous vous attendiez à découvrir une telle forme ?

Je n'imaginai pas une forme aussi tourmentée. Cinq comètes ont déjà été survolées auparavant, et aucune n'avait un tel relief. Les comètes sont plutôt ovoïdes, en forme de cacahouète ou de ballon de rugby. Même parmi les astéroïdes, peu de corps sont aussi accidentés.

Nous avons également appris le 7 août la température du sol de la comète (-50°C) qui est plus chaude de 20°C par

rapport à nos prévisions. Le sol, très noir, d'apparence goudronneuse, est de composition encore indéterminée. C'est au travers de cette « croûte » que s'effectue le dégazage, composé d'eau vaporisée, de CO et de CO₂.

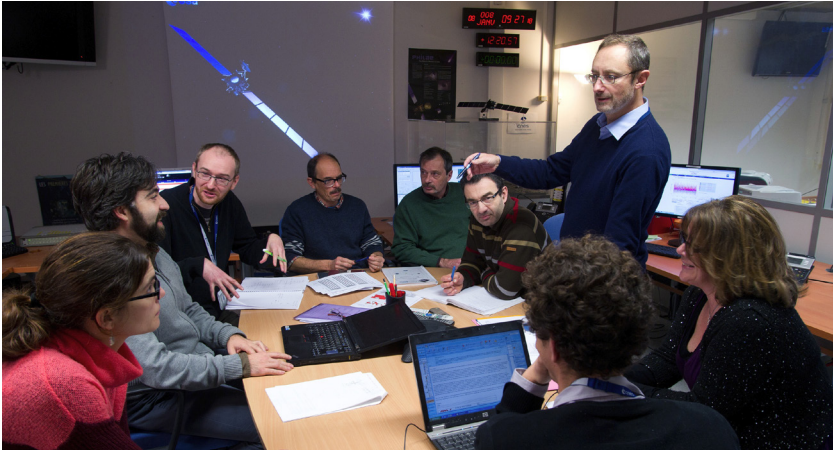
Ce relief accidenté va-t-il poser des problèmes pour identifier le site d'atterrissage de Philae ?

Cette forme accidentée ne va effectivement pas nous simplifier la tâche ; il est risqué d'atterrir compte tenu du nombre de rochers. Les 23 et 24 août derniers, puis les 13 et 14 septembre, nous nous sommes réunis à Toulouse avec 70 scientifiques et ingénieurs pour présélectionner 5, puis 2 sites d'atterrissage, pour finalement choisir mi-octobre le site J pour site d'atterrissage définitif. Ce choix s'est effectué selon de nombreux critères, tels que le relief, l'ensoleillement ou la capacité de communication entre le lander (Philae) et l'orbiteur (Rosetta). La date d'atterrissage a été fixée au 12 novembre prochain, et Rosetta sera alors à 450 millions de km du soleil.



Pouvez-vous nous rappeler l'organisation et la mission de la France et du CNES vis-à-vis de Rosetta, Comment ce projet international est-il organisé en termes de responsabilité et de financement ?

Rosetta est une mission internationale menée sous la responsabilité de l'Agence Spatiale Européenne (ESA). Le lancement est financé par l'ESA. Les



instruments sont quant à eux financés directement par les Etats. Ainsi, si le CNES a participé indirectement au financement de la plateforme satellite par le biais de sa contribution au budget de l'ESA, la réalisation des instruments scientifiques a fait l'objet d'un mode de financement national. La part d'instruments scientifiques français de Rosetta et Philae est très importante dans le projet et représente un budget de l'ordre de 100 millions d'euros.

Le CNES gère par ailleurs la contribution française à l'atterrisseur Philae. Philae est géré dans le cadre d'un consortium d'instituts et d'agences spatiales internationaux dont nous assurons le co-management avec l'Allemagne et l'Italie.

De plus, nous avons directement fourni deux sous systèmes de l'atterrisseur :

- les piles et batteries pour le stockage de l'énergie
- le système de télécommunication entre Philae et l'orbiteur

Enfin, le CNES intervient directement au travers du SONC (Science Operation & Navigation Center), situé à Toulouse. Ce Centre comprend un ensemble de moyens qui permettent de préparer les activités scientifiques, coordonner, recevoir, traiter les données scientifiques. Une heure après l'émission des données par l'orbiteur, les données

sont reçues, stockées, traitées et mises à disposition des scientifiques pour des analyses plus poussées. Ce centre effectue aussi des études techniques de descente et d'atterrissage (pentes, altitude, ensoleillement, transmissions des données, ...), de reconnaissance du lieu et de la position d'atterrissage une fois que Philae est fixé au sol.

Quels sont les points clés de cette mission Rosetta, les challenges techniques qu'il a fallu relever et ceux encore à venir ?

Pour accomplir une telle mission, il a effectivement fallu relever des challenges techniques difficiles ; d'autres sont encore à venir. Voici quelques uns des points clés de cette mission :

L'assistance gravitationnelle : Pour atteindre la vitesse lui permettant d'arriver au plus près de la comète Churyumov-Gerasimenko, Rosetta a utilisé l'assistance gravitationnelle de la Terre, 3 fois, et de Mars, ce qui a permis d'accélérer la sonde de près de 10km/s sur sa vitesse initiale. Il a fallu faire pour cela plusieurs orbites autour du soleil, ce qui a demandé 10 ans.

L'hibernation : Au cours de son voyage, lors de la dernière orbite, Rosetta a dû passer dans des zones extrêmement froides. Malgré leur taille immense, les panneaux solaires ne permettaient pas de produire l'énergie nécessaire au

fonctionnement normal de la sonde. D'où la nécessité de mettre Rosetta en hibernation afin de maintenir l'électronique en température. La sonde elle-même était alors très peu active, nous ne pouvions pas communiquer avec elle, seule la température était régulée.

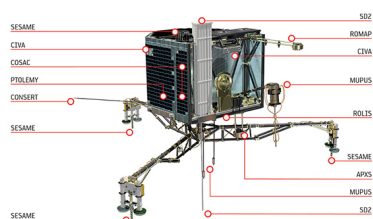
Avant la sortie d'hibernation, nous ne savions pas dans quel état de fonctionnement nous la retrouverions... Le 20 janvier dernier, l'horloge interne a déclenché le réveil de Rosetta, puis le 28 mars cela a été le tour de Philae. A chaque fois, nous avons retrouvé Rosetta et Philae tout à fait dans le même – très bon – état de fonctionnement observé avant l'hibernation.

Le freinage : Une phase délicate a consisté dernièrement, de juin à août 2014, à freiner la sonde « par à coups », ce qui a correspondu à l'arrivée de Rosetta près de la comète (100 km et moins).

Après la phase d'observation actuelle, la phase d'atterrissage aura lieu aux environs du 11 novembre ; c'est une phase délicate notamment en raison du flux de gaz qu'éjecte la comète. La comète est un corps léger, avec une densité faible. La sonde sera donc en micro gravité autour de la comète, et une micro-gravité qui varie fortement vu la forme biscornue de la comète. Il faut donc composer avec toutes les forces, dont la force due aux gaz.

Pendant la phase d'observation, en août, nous sommes passés d'une distance d'environ 100 km de la comète, à une distance comprise entre 10 et 30 km en octobre. Pendant la phase de séparation de Rosetta et Philae, Rosetta s'approchera à 3 km d'altitude de la comète, et ne s'en approchera plus d'aussi près par la suite. Quelques heures après la séparation, elle sera remontée à 30 km d'altitude, qui est une position de sécurité pour Rosetta.

INTERVIEW



L'atterrisseur Philae est entièrement automatisé et géré par un logiciel de vol. Dès que l'atterrisseur aura détecté l'impact au sol de la comète, une tuyère sera mise en œuvre pour le maintenir plaqué au sol. Les harpons seront alors lancés pour le fixer définitivement à la surface. On ne sait pas encore si le sol sera meuble ou très dur, et les harpons sont conçus pour fonctionner pour tout type de sol.

Que va faire Philae, une fois fixé sur la comète ?

Immédiatement après l'atterrissage, les piles vont fournir de l'énergie pour actionner tous les instruments pendant les 2,5 jours qui suivront ; les instruments de Philae vont transmettre le maximum d'informations au SONC, via l'orbiteur Rosetta, le plus rapidement possible :

CONSERT (Comet Nucleus Sounding Experiment by Radio wave Transmission) va envoyer des rayonnements dans la comète pour reconstituer l'intérieur de la comète.

ROMAP (ROsetta lander MAGnetometer and Plasma monitor) dans le même objectif, va mesurer le champ magnétique à l'intérieur de la comète. Une foreuse va prélever un échantillon qui sera analysé par 3 instruments sur place :

CIVA, un microscope.

PTOLEMY, un instrument qui va identifier la composition à l'échelle atomique.

COSAC, un instrument qui va étudier la composition à l'échelle moléculaire

MUPUS va rechercher la dureté du sol et mesurer la température.

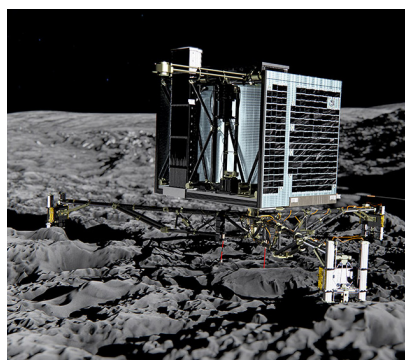
SESAME (Surface Electrical,

Seismic and Acoustic Monitoring Experiments) va identifier les caractéristiques électriques du sol.

APXS (Alpha Proton X-ray Spectrometer) va aussi mesurer la composition du sol par l'envoi de rayon X.

ROLIS (Rosetta Lander Imaging System) quant à lui, va réaliser des prises de vue avant l'atterrissage et sous Philae une fois atterri.

Philae va dans un premier temps fonctionner avec des piles qui fourniront 1400 Wh (l'équivalent de la consommation d'une ampoule de 100 W pendant 14 heures), puis avec une batterie secondaire rechargeable grâce aux panneaux solaires, qui a une capacité de 140 Wh.



Les échantillons ne seront pas envoyés sur Terre. Ils seront directement analysés par les instruments sur place et les résultats transmis via Rosetta au SONC. Les instruments de télécommunication sont donc très importants pour la réussite de la mission.

Que va-t-il advenir de Philae et de Rosetta une fois les informations transmises ?

Philae a été conçu pour fonctionner dans le froid. Au fur et à mesure que la comète se rapprochera du soleil avec Philae sur son dos, la température moyenne de Philae va augmenter et il devrait donc subir une panne, due à la chaleur, en mars 2015. De plus, nous ne savons pas si les panneaux solaires ne se recouvriront pas rapidement de poussière....

La fin théorique de la mission de l'orbiteur Rosetta est prévue pour le 31 décembre 2015 ; cette date dépendra de la quantité d'ergols dont il disposera alors. Il pourrait continuer sa mission d'observation au-delà.

Quelle est la suite logique d'une telle mission pour l'observation spatiale internationale ?

Compte tenu du contexte économique international, les missions d'observation ne sont pas les plus prioritaires. La sonde Rosetta ayant été lancée il y a 10 ans dans un contexte plus favorable, nous avons pu heureusement poursuivre cette mission dans sa totalité.

J'espère que nous allons préparer de nouvelles missions d'exploration, et que ces missions seront encore plus ambitieuses que Rosetta.

La suite logique de Rosetta serait une mission de récupération d'échantillons à ramener sur Terre. Il faudra très probablement un projet géré conjointement par l'ESA et la NASA ; compte tenu de l'ampleur d'une telle mission, il se pourrait qu'elle ne soit pas réalisée avant 2030/2040.

L'autre grande mission consisterait à emmener des astronautes à la surface de Mars, mais il faudra certainement attendre encore plus, 2050 voire 2100. Envoyer des hommes sur Mars serait une mission extrêmement intéressante, sans commune mesure avec une mission robotique telle que Curiosity, pourtant très complexe. En effet il n'y a pas de véritable exploration sans exploration humaine : l'homme peut prendre des décisions, orienter la mission... Il s'agit évidemment d'une mission très coûteuse.

Par **SOPHIE VIDEMENT**

Directrice de la Communication Institutionnelle et des Relations Presse 3AF

AU CŒUR DE L'AIR & MISSILE DEFENCE : CONFÉRENCE INTERNATIONALE MD 2014 DE 3AF



La 10ème Conférence Internationale Missile Défense, organisée par 3AF, s'est tenue à Mayence du 17 au 20 juin 2014, en présence de 200 représentants de 13 pays dont la Turquie et la Corée.

Airbus Defence & Space ainsi que Thales ont présidé cette conférence qui compte de nombreux sponsors parmi les sociétés majeures américaines (Aerojet-Rocketdyne, ATK, LMCo, Leidos, Parsons, Raytheon), européennes (Airbus Defence & Space, MBDA, SAFRAN, THALES et Thales-RaytheonSystems) et Israélienne (IAI), auxquelles s'ajoutent d'autres sociétés ou institutions qui participent activement aux travaux.

Des représentants institutionnels de très haut niveau se sont exprimés dans un environnement international complexe (Ukraine, Syrie, absence de la Russie), à trois mois du sommet de l'OTAN qui vient d'avoir lieu au Pays de Galles.



De gauche à droite : Ingénieur en Chef des Etudes et Techniques d'Armement Jean-François Roullot, Mr Safina (Director of senior representatives Office/ US Navy/ maritime forum), (DGA/ SASF France), Colonel Katz (attaché d'armement d'Israël en Roumanie), Ingénieur Général Hors Classe (2s) Jean Fournet (former NATO ASG, modérateur).

Les tables rondes, de l'OTAN sur le Retour d'Expérience sur l'Integrated Air & Missile Defence (IAMD), sur le futur de la Missile Défense et sur l'approche « multisenseurs » (c'est à dire la mise en réseau en temps réel des senseurs d'alerte et de conduite de tir), ont permis d'aboutir à des recommandations. Elles incitent à plus d'actions collectives dont les essais communs avec une implication plus forte de l'industrie, à



Panel industriel De gauche à droite : Mr B. Levy (VP General Manager- IAI Missiles), Mr R.GLEESON (Vice President Missile Defence Programs – ATK), Mme V. Cham-Meilhac (Business Development Director for EAD/BMD, MBDA), Mr L. Dini (Directeur Business Development Missile Défense Thales, Cochairman Conférence MD), Mr Y. Devouassoux (Head of Missile and NATO programs space systems, Airbus Defence & Space, cochairman Conference MD), Ingénieur Général Hors Classe (2s) Jean Fournet (former NATO ASG, modérateur).

produire un « White Paper » industriel et transatlantique pour étudier des normes de mise en réseau de senseurs et à la poursuite de la table ronde « Future Missile Défense » pour rassembler des opérationnels, des industriels mais aussi des politiques, lors de la prochaine conférence, à Barcelone en juin 2015.

Deux ans après la remise du rapport 3AF sur la DAMB (Defense Anti Missile Balistique) aux plus hautes instances gouvernementales et de l'OTAN, juste avant le sommet de l'OTAN de 2012, le Président de 3AF, Michel Scheller, a remis au ministre de la Défense, Jean-Yves Le Drian, un compte rendu de cette conférence. Il rappelle l'effort soutenu des Etats-Unis sur la Missile Défense (SM3 antimissile mais aussi Patriot) et le besoin de souveraineté Air et Missile Défense de pays tels que la Pologne et la Turquie. De plus, il propose une initiative collective européenne « IAMD » fondée sur trois recommandations, tout en renforçant l'ACCS (Air Command and Control System) de l'OTAN. Elles préconisent de valoriser les systèmes et technologies européens – le tissu industriel européen est riche en effet d'une expertise remarquable avec des acteurs de premier plan comme Airbus Defence & Space, MBDA et Thales –, sur plusieurs segments :

Les systèmes d'alerte (radar Smart-L, radar démonstrateur Très Longue Portée, satellite Spirale et simulations...) qui contribuent à la surveillance de la prolifération.

Le système terrestre antiaérien et antimissile SAMP/T, avec le radar multifonction Arabel et le missile Aster B1, dont les évolutions sont prévues.



De gauche à droite : LT General Wehren (vice chief of NL Defence), Mr Frank Rose (USA: assistant to Sec of State), Son Excellence B. Aureescu (Defense Sec of State of Romania), Ingénieur Général Hors Classe (2s) Jean Fournet (former NATO ASG, modérateur).

Les systèmes de défense aérienne navale, avec le missile Aster et les conduites de tir radar (dont par exemple le radar SF500 à Antenne Active en bande S, dont le développement débute avec une technologie commune aux radars Multifonctions terrestres longue portée du type GF1000).

Les essais collectifs encouragés plus haut constituent un

thème de coopération potentiel qui permettrait de tester des senseurs européens en réseau avec des senseurs américains, l'ensemble étant relié au BMC3 (Battle Mananagement Command Control Communications) de l'OTAN dont l'ACCS. Cela s'inscrit pleinement dans la perspective des partenariats élargis évoqués lors du dernier sommet de l'OTAN, et notamment de « l'initiative globale pour l'interopérabilité avec les partenaires ».

Bibliographie :

Voir les articles sur la Missile Defence publiés avec une contribution de Thales dans la Lettre 3AF, le bulletin CEAS sur la Missile Defence et la participation à l'inauguration de la Missile Defence Exhibition de l'OTAN au sommet de Chicago en mai 2012.

LUC DINI

Missile Defence Business Development Director, Thales-cochairman de la Conférence Internationale Missile Defence 3AF

L'AÉRODYNAMIQUE DES MICRO-DRONES : DÉFIS TECHNIQUES ET PROBLÈMES SCIENTIFIQUES - PARTIE 3

Troisième partie de notre dossier dont les parties 1 et 2 ont été publiées dans les Lettres de mai et juillet 2014

6. LES MICRO-DRONES DE LONGUE ENDURANCE

Jusqu'à présent, les micro-drones ont été utilisés pour des missions de surveillance à courte distance. Or des recherches récentes ont montré qu'ils pouvaient en fait accomplir des missions de surveillance de longue durée s'ils étaient convenablement conçus. Dans une première tentative, un micro-drone d'envergure 1,6 m a été étudié en vue de voler au-dessus de la Méditerranée de Menton à Calvi, soit un voyage de 185 km. Un micro-drone appelé « Spirit of Corsica » (SPOC) a été conçu et fabriqué en s'inspirant du théorème de Laitone-Naylor établissant que la traînée induite dans les conditions de la croisière est minimale quand l'empennage horizontal ne

produit presque pas de portance. Sa masse totale était inférieure à 2 kg, y compris 1,3 kg de batteries au lithium installées dans l'aile. Cette dernière était basée sur le profil SB96 et dessinée de façon à produire une charge aérodynamique uniforme tout en évitant le

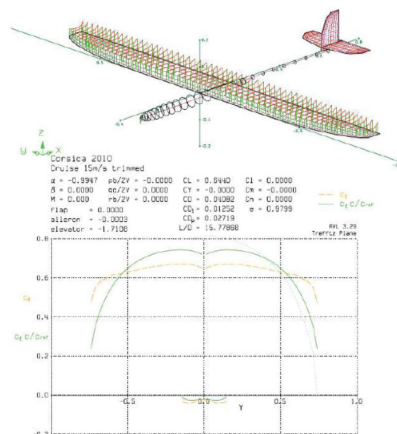


Figure 24 – Distribution de portance sur l'aile SPOC avec un empennage horizontal optimisé.

décollement aux extrémités (voir figure 24).

Une étude de performance spécifique a été conduite pour optimiser l'hélice et des essais en soufflerie ont montré que l'appareil pouvait voler sur 250 km à une vitesse constante de 15 m/s. Les développements en cours envisagent un nouveau concept pour une envergure de 1 m appelée Eternity (voir figure 25) qui devrait voler pendant 4 à 6 heures pour une version équipée de cellules photovoltaïques.

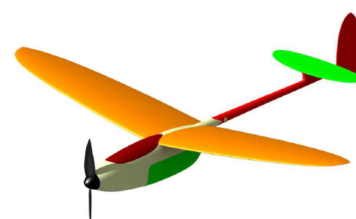


Figure 25 – Le micro-drone « Eternity » d'un mètre d'envergure développé par Murat Bronz (thèse ISAE et ENAC).

L'appareil, testé avec succès en 2012, est à présent équipé de l'autopilote Paparazzi développé par Murat Bronz à l'ISAE et à l'ENAC. En 2011, une thèse sur les moyens d'extraire l'énergie de l'environnement comme dans le dynamic soaring (ou « vol de gradient ») a été démarrée en collaboration entre l'ISAE et l'University of West England. L'idée de base est de concevoir un micro-drone de grande autonomie en s'inspirant du vol de l'albatros par application d'une stratégie de navigation adaptée.

7. UNE SOUFFLERIE POUR MICRO-DRONES

Une nouvelle soufflerie basse vitesse consacrée aux études de micro-drones a été inaugurée en 2009 à l'ISAE. Sa veine d'essai fermée a une section de $1,2 \times 0,8 \text{ m}^2$ pour une longueur de 2,4 m (voir figure 26).



Figure 26 – La soufflerie ISAE pour micro-drone équipée d'un ventilateur à calage variable.

Elle est équipée de fenêtres en verre en vue de futures mesures par PIV et un système de positionnement 3D a été ajouté pour maintenir la maquette par l'intermédiaire d'une balance dard à 5 composantes. Cette soufflerie basse Reynolds appelée SabRe est actionnée par un ventilateur à calage variable qui permet de contrôler la vitesse et l'uniformité de l'écoulement pas action sur la rotation du ventilateur et le calage des pales.

Bien que les micro-drones volent d'habitude dans la couche limite atmosphérique où le taux de turbulence varie de zéro à l'infini [17-18], le niveau

de turbulence de SabRe n'est que de 0,2 % à 3 m/s. La vitesse du vent peut varier de 2 à 25 m/s ce qui correspond aux régimes de vol typiques d'un micro-drone. La soufflerie SabRe peut de ce fait recevoir des micro-drones propulsés à échelle 1 commandés par radio depuis l'extérieur (voir figure 27).



Figure 27 – Veine d'essai avec la maquette du MAVion à l'échelle un.

8. CONCLUSION

Le développement actuel des micro-drones a ouvert la voie à des configurations variées selon les missions de reconnaissance à distance à effectuer. La combinaison prop rotor - aile fixe est considérée comme une source fructueuse de configurations ne requérant pas la complexité de la technologie aile battante. Même des performances de grande autonomie peuvent être attendues de la part de micro-drones bien conçus. Enfin, les configurations convertibles basées sur des rotors soit coaxiaux, soit en tandem, apparaissent comme étant les plus prometteuses pour les applications pratiques. En outre, l'addition de structures de protection peut être bénéfique pour de nouvelles fonctionnalités, telles que le roulage le long des murs.

9. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le FEDER et l'Union Européenne ainsi que la Région Midi-Pyrénées qui ont supporté le projet MIDDLE. L'étude présentée a été

en partie financée par la DGA (MRIS) et Toulouse Tech Transfer. L'auteur remercie les étudiants et collègues qui ont grandement contribué au présent travail durant ces dernières années à l'ISAE : Dominique Bernard, Boris Bataillé, François Defaÿ, Jan Bolting, Maxime Itasse, Jacques Lamaison, Christian Colongo, Nicolas Quendez, Chinnapat Thipyopas, Murat Bronz, Manuel Reyes, Roger Barènes and Sergey Shkarayev.

10. REFERENCES

1. McMasters, J.H. & Henderson M.L. (1980), "Low Speed Single Element Airfoil Synthesis", *Tech. Soaring*, 6(2), 1-21.
2. Lissaman, P.B.S. (1983), "Low Reynolds-Number Airfoils", *Annual Rev. of Fluid Mechanics*, 15, 223-239.
3. Shyy, W. (2008). *Aerodynamics of Low Reynolds Number Flyers*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, p34.
4. Moschetta J.M. & Thipyopas C. (2007). "Aerodynamic Performance of a Biplane Micro Air Vehicle", *J. of Aircraft* 44 (1), 291-299.
5. Torres, G. E. & Mueller T.J. (2004). "Low Aspect Ratio Wing Aerodynamics at Low Reynolds Numbers", *AIAA J.* 42 (5), 865-873.
6. Hammons C & Thompson D. S. (2006). "A Numerical Investigation of Novel Planforms for Micro UAVs", *AIAA paper 2006-1265*, 44th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, 9-12 January 2006, Reno, Nevada, USA.
7. Viieru D., Albertani R., Shyy W., Ifju P. G. (2005), "Effect of Tip Vortex on Wing Aerodynamics of Micro Air Vehicles", *J. of Aircraft* 42 (6), 1530-1536.
8. Huo, C., Barènes, R. and Gressier, J. (2011). "Numerical study on parametrical design of long shrouded contra-rotating propulsion system in hovering", *International Conference on*

Mechanical and Aerospace Engineering 2011- ICMAE 2011, 28-30 Nov 2011, Venice, Italy.

9. Thipyopas, C., Barenès R., Moschetta J.M. (2008). "Aerodynamic Analysis of a Multi-Mission Short-Shrouded Coaxial UAV: part I – Hovering Flight", AIAA Paper 2008-6243, 26th AIAA Applied Aerodynamic Conference, 18-21 August 2008, Honolulu, Hawaii, USA.

10. Thipyopas, C., Poutriquet S., Barenès R., Moschetta J.M. (2010). "Aerodynamic Analysis of a Multi-Mission Short-Shrouded Coaxial UAV: part II – Translation Flight", AIAA Paper 2010-1427, 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting, 4-7 January 2010, Orlando, Florida, USA.

11. Holsten J., Ostermann T., Moormann D. (2011), "Design and wind tunnel tests of a tiltwing UAV", CEAS Aeronautical J.

2(1-4), pp 69-79.

12. Bataille, B., Moschetta, J.M., Poinso, D., Berard, C., Piquereau, A., (2009), "Development of a VTOL mini UAV for multi-tasking missions", *The Aeronautical J.* 113 (1140). pp. 87-98.

13. Shkarayev, S., Bataille, B., Moschetta, J.M. (2008), "Aerodynamic Design of Micro Air Vehicles for Vertical Flight", *J. of Aircraft* 45 (5). pp. 1715-1724.

14. Stone, R.H. (2008), "Aerodynamic Modeling of the Wing-Propeller Interaction for a Tail-Sitter Unmanned Air Vehicle", *J. of Aircraft* 45 (1). pp. 198-210.

15. Itasse, M., Moschetta, J.M., Ameho, Y., Carr, R., (2011), "Equilibrium Transition Study for a Hybrid MAV", *Intern. J. of Micro Air Vehicles* 3 (4). pp. 229-245.

16. Bronz, M., Moschetta, J.M., Brisset,

P., Gorraz, M., (2009), "Towards a Long Endurance MAV", *Intern. J. of Micro Air Vehicles* 1 (4). pp. 259-272.

17. Watkins, S., Ravi, S. & Loxton, B. (2009), "The Effect of Turbulence on the Aerodynamics of Low Reynolds Number Wings", *Engineering Letters*, 18(3), EL_18_3_09, 2009.

18. Loxton B., Abdulrahim M. & Watkins S., "An Investigation of Fixed and Rotary Wing MAV Flight in Replicated Atmospheric Turbulence", 46th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, 7-10 Jan. 2008, Reno, NV, USA.

JEAN-MARC MOSCHETTA

Professeur d'aérodynamique à l'Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace (ISAE)

SCIENCES ET TECHNOLOGIES

LA FABRICATION RAPIDE: FOCUS SUR LE LBM (LASER BEAM MELTING)

De nombreux termes génériques sont employés pour désigner les procédés de fabrication rapide. Les principaux étant la « fabrication additive », « fabrication directe », « impression 3D » ou encore « prototypage rapide ». Ces procédés ont vu le jour dans le domaine médical et de la bijouterie il y a maintenant 20 ans. Initialement, les matériaux utilisés dans ces domaines étaient essentiellement des matériaux non métalliques.

Ce n'est que très récemment que le monde de l'aéronautique et de l'espace a ouvert ses portes à ces techniques de fabrication directe. De part leurs spécificités les procédés de fabrication directe offrent de nombreux atouts. Ils

procurent une grande flexibilité dans la réalisation des pièces expérimentales et de développement (prototypage rapide). Ils permettent ainsi la fabrication rapide des pièces complexes et innovantes qui ne seraient pas réalisables avec des procédés conventionnels. Ces nouvelles techniques de fabrication libèrent ainsi les bureaux d'études de certaines contraintes, font appel à la créativité des équipes, stimulées par l'envie d'aller toujours plus loin en matière d'innovation technologique.

Ces techniques peuvent permettre aussi de simplifier les gammes de fabrication en supprimant certaines d'opérations.

Enfin, la réduction des coûts et des cycles de développement générée est significative. Ce gain est estimé à près de 60%.

Malgré les nombreuses et récentes avancées faites dans le domaine de la fabrication additive, il est encore difficile de faire des généralités. L'utilisation des procédés de fabrication directe doit être réfléchie et ne doit pas devenir systématique. Il y a, par exemple, pour chaque géométrie ou design un nombre de pièces au-delà duquel ces procédés ne sont plus avantageux. Ce nombre est bien sûr dépendant du type de pièce mais aussi des matériaux utilisés.

De nombreuses sociétés aéronautiques expérimentent ces procédés. Une des technologies les plus couramment utilisée est la fusion laser sur lit de poudre, appelée aussi LBM (Laser Beam Melting). Ce procédé permet la fabrication de pièces complexes en une seule opération à partir de fichiers 3D C.A.O. Les pièces sont construites en utilisant la fusion sélective de poudre, le tout dans une atmosphère contrôlée. Les machines se composent d'un container de stockage de poudre et d'une plateforme de construction (Figure 1).

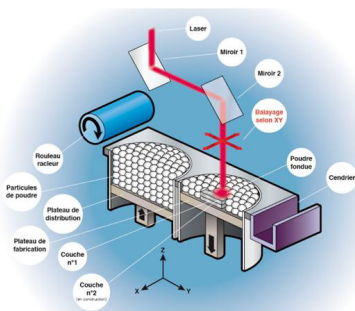


Figure 1 – Principe du procédé de fusion laser sur lit de poudre

Le piston du réservoir de poudre permet de monter la poudre sur une petite distance tandis que le piston de la plateforme de construction s'abaisse de la hauteur de l'épaisseur de couche à déposer. La poudre est amenée du réservoir grâce à un racleur qui reprend alors la poudre à la surface de la plateforme de construction, sur la couche précédente. Le laser balaye alors la surface, fondant la poudre nécessaire pour construire une couche et fondant partiellement la couche précédente pour assurer une bonne liaison entre les couches successives. Ces étapes sont répétées jusqu'à construire couche par couche la pièce souhaitée.

Une fois terminée, la pièce est retirée du lit de poudre et généralement soumise à un traitement thermique et à une finition de surface ou usinage partiel suivant l'application.

Le procédé de fusion laser sur lit de poudre peut être considéré comme un procédé spécial pour lequel les paramètres de fabrication doivent être maîtrisés et figés. Beaucoup de paramètres sont à prendre en compte, nous pouvons citer ici la puissance du laser, la vitesse de balayage, le schéma de passage... Ces paramètres sont nombreux ont un impact important sur les mécanismes de fusion/solidification successifs de chacune des couches qui constitueront la pièce finie. On comprend dès lors qu'ils influencent grandement la microstructure de l'alliage, son état de contraintes internes, ... et donc les propriétés mécaniques sans lesquelles il ne sera pas possible de rendre fonctionnelle la forme fabriquée.

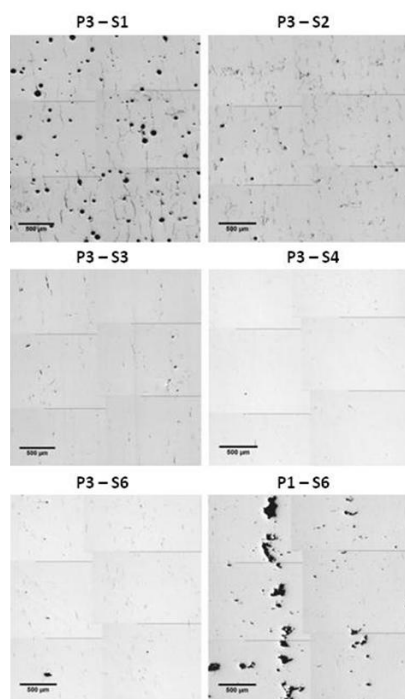


Figure 2 – Effet des paramètres puissance du laser et vitesse de balayage sur la microstructure

La figure 2 illustre bien l'impact que ces paramètres peuvent avoir sur la santé métallurgique finale de la pièce. Les micrographies présentées ont été obtenues à partir d'échantillons fabriqués avec des puissances de laser

croissantes (P1 à P3) et des vitesses de balayage croissantes (S1 à S6).

La micrographie (a) correspond aux paramètres P3/S1 c'est-à-dire la puissance la plus élevée avec la vitesse de balayage la plus faible. Cette configuration est la plus énergétique. La configuration P1/S6 qui correspond à la micrographie (f), correspond à la puissance la plus faible et la vitesse de balayage la plus élevée. Cette configuration est la moins énergétique. Ces 2 cas extrêmes en terme d'énergie conduisent à l'apparition soit de porosités de formes sphériques dues à la vaporisation (cas de la configuration P3/S1) accompagnées de nombreuses fissures soit de porosités de formes complexes dues à la présence d'infondus (cas de la configuration P1/S6), tel illustré par la figure 3. Entre ces 2 cas extrêmes il existe un optimum qui permet d'obtenir une microstructure sans porosités, fissures, ...

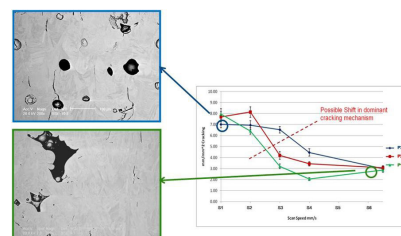


Figure 3 – Impact de la puissance du laser et de la vitesse de balayage sur la porosité et la densité de fissure.

Ces exemples mettent en évidence que même s'il peut être relativement simple de fabriquer une géométrie définie, il est souvent beaucoup plus complexe de s'assurer de la bonne santé métallurgique de la pièce.

Autre point important, les pièces construites par SLM présentent le plus souvent une anisotropie dans le sens de la construction avec des grains allongés selon cet axe (figure 4). Ce phénomène est dû en partie à la refusion de la couche n-1 lorsque que l'on construit la couche n. Un phénomène proche

de l'épitéxie s'installe et induit une orientation préférentielle.

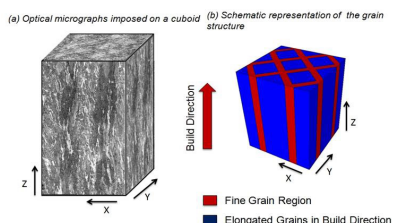


Figure 4– Orientation des grains*

Il est important de prendre en compte ce phénomène notamment pour sélectionner la position dans laquelle sera construite la pièce. Ce positionnement sur le plateau de construction sera en fait le résultat d'un compromis entre plusieurs paramètres : l'anisotropie inhérente au procédé bien sûr, la géométrie de la pièce mais aussi la stratégie de disposition des supports de la pièce, Ces supports sont en effet parfois nécessaires pour maintenir la pièce durant la construction et éviter son effondrement dû à une géométrie non adaptée.

Cette anisotropie microstructurale induit une anisotropie des propriétés mécaniques qui a été vérifiée à de multiples reprises. Les propriétés mécaniques mesurées sur des éprouvettes brutes de fabrication

obtenues dans un plan parallèle à l'axe de construction sont différentes de celles mesurées sur des éprouvettes obtenues dans un plan perpendiculaire à l'axe de construction. Si cette anisotropie n'est pas prise en compte lors de la conception et du dimensionnement des pièces il est possible que localement la tenue mécanique ne soit pas suffisante. On retrouve alors des phénomènes comparables à ceux que l'on peut observer dans des pièces forgées, laminées pour lesquelles le fibrage de la matière induit là aussi une anisotropie des propriétés mécaniques.

Notons qu'il est aussi possible d'atténuer ce phénomène d'orientation préférentielle par traitement thermique post fabrication qui va homogénéiser la microstructure. En règle générale, une fois ce type de traitement thermique appliqué, les propriétés mécaniques mesurées se situent entre des propriétés obtenues avec des éprouvettes issues de fonderie et des propriétés obtenues avec des éprouvettes issues de bruts forgés.

En première approximation et pour des pièces non soumises à des chargements complexes en service, il peut alors être suffisant de dimensionner les pièces avec des propriétés matière de fonderie pour ne pas rencontrer de problèmes

lorsque ces pièces sont fabriquées en LBM.

Les paramètres de fabrication doivent être maîtrisés et leurs influences connues sur chacun des matériaux mis en œuvre. Cette dépendance doit être étudiée sur différents lots de poudre et sur différentes machines du même type pour s'assurer de la reproductibilité de ces procédés. Il est important de continuer les recherches associées à ces procédés afin d'acquérir le niveau de maturité suffisant pour se créer de nouvelles opportunités et ouvrir de nouvelles voies d'application. Microturbo et plus généralement le groupe Safran sont confiants en leurs capacités à acquérir un niveau de maturité technologique élevé quant à l'utilisation de ce procédé : la fabrication de pièces innovantes à géométrie complexe, et dont les propriétés physiques seront comparables aux pièces coulées, usinées ou assemblées, est donc bien engagée.

*F. Wang et al. Materials Science and Technology, 2011, VOL 27, NO 1

EMILIE HERNY ET STÉPHANE VAILLANT

Microturbo – Safran

LE CONTRÔLE LOCAL DE LA GRAVITATION MYTHE OU PERSPECTIVE ?

« Combien de fois vous ai-je dit qu'après avoir éliminé l'impossible, ce qui reste, si improbable soit-il, doit être la vérité » (Conan Doyle / Sherlock Holmes)

L'approche scientifique du phénomène OVNI suppose un examen sans concessions d'observables significatives, autant que possible quantifiables et vérifiables. Certains d'entre eux, notamment cinématiques et dynamiques, semblent en contradiction radicale avec les lois connues, ce

qui les rend inexplicables.

On propose ici une interprétation basée sur une généralisation de l'électromagnétisme de Maxwell qui pourrait permettre de modifier localement la gravitation et rendre compte ainsi de ces observations inédites. Par ailleurs, elle peut également expliquer une partie des effets secondaires observés. Cela étant, cette théorie n'est, pour l'instant, aucunement validée tant il apparaît très difficile de créer les

conditions permettant de l'expérimenter. Mais il arrive que la théorie précède l'expérience ou bien, plus prosaïquement, qu'elle soulève un coin du tapis...

INTRODUCTION

L'accès à l'Espace est aujourd'hui possible grâce à la mise au point, au cours de la deuxième moitié du 20ème siècle, des fusées porteuses multi-étages à propulsion chimique, seul moyen de sortir du puits de gravitation

terrestre. Mais les limites et les contraintes qu'imposent ces engins et l'absence d'alternative suffisamment crédible, amènent à chercher à contrôler localement la gravitation plutôt que de lutter contre elle. Toutefois, sa nature reste un mystère et donc évidemment le moyen d'y parvenir.

Il semble pourtant qu'un tel moyen se manifeste si l'on cherche à interpréter certains phénomènes aérospatiaux non identifiés (PAN). On sait qu'une proportion importante d'entre eux est le fait de témoignages considérés comme irréfutables sans qu'aucune explication relevant de nos connaissances scientifiques ou technologiques actuelles ne puisse en être donnée. Dans l'hypothèse où certains de ces PAN/D [1] ne seraient pas tous naturels mais, pour certains cas, des machines, leur comportement et leurs effets observés suggèrent, parmi différentes hypothèses, que l'intensité de la gravité à l'endroit où elles se trouvent serait modifiée.

Il n'est pas commode de traiter le sujet. Il n'a aucun rapport avec la science aérospatiale d'aujourd'hui toute faite de thermodynamique, de mécanique des fluides, de mécanique du vol et de physico-chimie des matériaux. Par ailleurs, aux préventions de la plupart des scientifiques envers les PAN, s'ajoute un rejet quasi-viscéral d'une possibilité de contrôler la gravitation. Seule la science-fiction l'a depuis longtemps intégrée. Il arrive qu'elle soit prémonitoire. Comme notre démarche ne privilégie aucune hypothèse, on ne peut s'interdire d'explorer celles qui nous semblent dignes d'intérêt. Essayons donc...

GRAVITATION ET INERTIE

En montrant, il y a trois siècles, que la chute des corps (Galilée) et le mouvement des planètes (Kepler) procédaient de la même cause: la force d'attraction mutuelle des corps

matériels, Newton a fondé la mécanique céleste, toujours largement en usage de nos jours. Mais à la fin du 19^{ème} siècle, la théorie électromagnétique de Maxwell s'avère incompatible avec la mécanique classique du fait qu'elle ne vérifie pas le principe de relativité de Galilée [2]. En 1905, Einstein les réconcilie avec une théorie révolutionnaire: la Relativité Restreinte qui, en réalité, généralise le principe de Galilée à toutes les lois physiques. Dix ans plus tard, le même propose la Relativité Générale (RG) où la force de Newton est remplacée par la modification de la métrique (et, partant, de la courbure) de l'espace-temps [i] par la matière. Pratiquement inutile et inutilisée dans la vie courante [3], la RG est, par contre, l'outil incontournable de la cosmologie moderne.

Pour illustrer le concept, on utilise souvent l'image du drap tendu horizontalement et creusé en son centre par le poids d'une boule de pétanque [4]. Alors, une bille lancée depuis le bord va décrire une courbe (on dit une géodésique [5]) et non une droite. Tout se passe comme si la boule «attirait» la bille alors que c'est l'espace (ici à deux dimensions) dans lequel se meut la bille qui est déformé par la boule.

Imaginons alors une bille «magique» qui, au lieu de subir passivement la déformation du drap, s'emploierait à la contrer en créant à chaque instant une sorte de bosse dans le drap à l'endroit où elle se trouve. Entendons-nous bien: «l'attraction» de la boule n'est pas compensée par une quelconque force extérieure ou par l'éjection d'un fluide propulsif mais par la modification de l'espace à l'endroit de la bille.

Le mouvement de la bille dépendra évidemment de la hauteur de la bosse: faible, la trajectoire sera moins incurvée, élevée, la courbure sera inversée comme si la gravitation était devenue répulsive [6]. Un cas intermédiaire donne une trajectoire rectiligne ou pas de mouvement du tout, comme

si la boule de pétanque n'était plus là (mais ce n'est vrai que localement). Ainsi cette petite bosse, en modifiant la courbure de l'espace à l'endroit où se trouve la bille, lui permet de décrire n'importe quelle trajectoire et non pas seulement celles qu'impose la forme du drap.

Une conséquence essentielle de ce processus est l'absence apparente de forces d'inertie et, partant, une cinématique plutôt inédite. En effet, la bille n'étant soumise à aucune force autre que gravitationnelle, elle est toujours en chute libre, comme l'est un satellite ou, temporairement, un objet lâché dans le vide. Ainsi, la bille ne subit aucun effort inertiel quelle que soit sa trajectoire [7].

Remplaçons maintenant le drap à 2 dimensions par notre espace à 3+1 dimensions (l'espace ordinaire + le temps), la boule de pétanque par la Terre et la bille magique par un engin tout aussi étrange (un PAN/D peut-être ?). Quelle ne sera pas la perplexité d'un observateur devant un phénomène qui défie son entendement? Or, dans certains cas de PAN de type D2 [8], il s'agit là d'observations: l'immobilité (pas de courbure) suivie d'un départ fulgurant, comme une «chute vers le ciel» (courbure inversée), des accélérations foudroyantes suivies d'un arrêt brutal ou des virage instantanés (pas d'inertie apparente). Il y a plus étonnant: si l'observateur est un pilote d'aéronef et qu'il s'approche du PAN, celui-ci va l'attirer comme s'il créait un champ de gravitation autour de lui en jouant, cette fois, le rôle de la boule de pétanque. De sorte que l'aéronef, s'il se rapproche par dessous, peut se retrouver en vol ascensionnel contre la volonté du pilote. Ce type d'observation étonnante a été consigné dans des comptes rendus sérieux de pilotes de l'US Army confrontés à un PAN et étudiée par A. Sturrock et un groupe de scientifiques en 1998 (voir note en fin d'article).

Si donc on disposait d'une machine

capable, à l'endroit où elle se trouve, de modifier la courbure du 4-espace, elle se déplacerait naturellement, c'est-à-dire sans aucun moyen de propulsion, le long d'une géodésique dont la déformation locale l'accompagnerait. Choisir une trajectoire reviendrait donc à la considérer comme une géodésique du 4-espace et à en déduire un programme de modification de la courbure préexistante pour qu'il en soit ainsi.

Malheureusement, nous ne savons pas agir directement sur le champ gravitationnel et donc réaliser ce phénomène étrange et fabuleux. Sauf, peut-être, si...

GRAVITATION ET ÉLECTRO-MAGNÉTISME

Les équations d'Einstein relient la courbure de l'espace-temps à la masse m qui l'engendre [ii], c'est-à-dire à l'énergie équivalente mc^2 . Mais elles sont valables pour toute autre forme d'énergie et, notamment, l'énergie électromagnétique (EM).

Malheureusement, celle-ci est trop faible, et de très loin, pour un effet mesurable. Ainsi, la densité d'énergie d'un champ électrique de 10^4 V/m est 10^{24} fois plus faible que celle de la Terre [iii]! La meilleure preuve est que les lois de l'EM classique (deuxième groupe des équations de Maxwell [9]), dont la validité est largement prouvée, ne font pas apparaître de champ de gravitation induit. Exit donc la possibilité de créer un champ de gravitation appréciable à partir d'un champ EM !

Les lois de la nature diffèrent de celles des hommes du fait qu'on ne peut pas les changer! Toutefois, on peut en imaginer de plus générales sous réserve qu'elles ne contredisent pas les lois en vigueur dans leur domaine de validité. Ainsi, la RG redonne la loi de Newton pour les champs de gravitation faibles. C'est ce que je propose pour les lois de l'EM avec l'espoir que ces lois plus générales, à condition évidemment d'être validées par l'expérience, permettront de

contourner l'impossibilité précédente. Cela peut paraître un pari insensé mais il ne faut y voir qu'une proposition sans la prétention ridicule à refaire la physique.

En voici le principe. D'un point de vue formel, en ignorant le champ de gravitation créé par le champ EM, les équations de Maxwell (dans le vide) contredisent la RG, ce qui incite à penser qu'elles ne sont peut-être plus vraies pour des champs extrêmement élevés. Cette hypothèse semble raisonnable dans la mesure où ces équations sont linéaires, traduisant le fait que le champ EM obéit au principe de superposition [10] quelle que soit son intensité, ce qui n'est le cas d'aucun système physique. On peut donc supposer que le domaine de validité des équations de Maxwell n'est pas illimité mais si étendu qu'on n'en a jamais observé (et encore moins franchi) la frontière.

Dans ces conditions, il se peut qu'il existe des équations plus générales qui, linéarisées, donnent les équations de Maxwell du 2ème groupe. C'est le cas si l'on suppose que le lagrangien du champ EM est fonction non pas seulement du champ lui-même mais également, via les coefficients de la métrique, des potentiels électrique V et magnétique A dont dérivent les champs E et B . Il n'y a pas place ici pour en dire beaucoup plus. Cette approche a fait l'objet d'un article publié dans les «Annales de la Fondation Louis de Broglie» (numéro 34-1/2009), sous le titre «Effets gravitationnels des champs EM intenses» auquel on pourra se référer [11].

Il n'est pas impossible que des effets «gravitoélectromagnétiques», traduisant la relation entre champ de gravitation et électromagnétisme, puissent être mis en évidence au sein d'étoiles ou au voisinage de supraconducteurs haute température ou de lasers à haute énergie. Depuis une vingtaine d'années, nombre de chercheurs s'y emploient, apparemment sans succès pour le moment. Ainsi, en 1992, le

chimiste russe Eugène Podkletnov, spécialiste des supraconducteurs haute température, pense avoir observé une réduction de 2% du poids d'un objet placé au-dessus d'un disque supraconducteur en rotation. De même, en 2006, Martin Tajmar de l'Austrian Institute of Technology, financé par l'ESA, observe des effets gravitométriques avec un disque supraconducteur mais différents de ceux qu'a observé E.P. Par ailleurs, le sujet a suscité nombre d'études théoriques mais rien de tout cela n'a été validé [12].

Revenons aux PAM/D. Nombre de témoignages font état d'effets lumineux (du halo à la lueur aveuglante et de l'orangé au bleu), thermiques (sol brûlé, sensations de chaleur) et électriques (pannes de véhicules, perturbation d'instruments de bord, paralysie), semblant révéler la présence de champs EM intenses. On peut évidemment penser qu'il s'agit d'effets secondaires mais aussi que cela révèle un principe antigravitationnel basé sur l'énergie EM, cette hypothèse étant cohérente avec ce qui précède. Toutefois, la prudence s'impose. Ainsi, il est souvent rapporté que les PAN/D se déplacent à très grande vitesse dans l'atmosphère sans onde de choc et sans le moindre bruit. Au stade de notre réflexion, ce phénomène n'est pas facile à expliquer [13].

POUR ALLER PLUS LOIN

Si quelque expérience ou observation venait à justifier cette analyse, le contrôle local de la gravitation cesserait peut-être d'être de la science-fiction même s'il paraît impossible aujourd'hui de créer les champs EM nécessaires. Sur le plan théorique, bien qu'Einstein et ses contemporains aient échoué à unifier l'EM et la gravitation dans un cadre classique [14], il me semble que la théorie EM modifiée, évoquée ci-dessus, mériterait d'être considérée sachant, par ailleurs, que cette approche reste «classique» (au sens de non-quantique) et ne peut donc prétendre qu'à une

contribution partielle à l'unification des forces fondamentales activement recherchée aujourd'hui [15].

En ce qui concerne les PAN/D, il faudrait disposer de capteurs tenant compte des caractéristiques (observations, mesures) d'un phénomène EM tel que décrit précédemment, notamment sa signature radar. Il faut aussi confronter les manifestations supposées d'une machine gravitationnelle avec les observations de différentes natures comme l'influence éventuelle sur les champs EM et gravitationnel. C'est pourquoi l'une des voies de réflexion de notre groupe concerne l'observabilité des PAN au sens large, qu'il s'agisse des observations cinématiques mesurables (radar, optique) mais aussi de leur influence sur l'environnement naturel.

LE CAS DE MANSFIELD

Extrait de l'ouvrage de Peter A. Sturrock: « La Science face à l'énigme des OVNIS » - Presses du Châtelet.

Le 18 octobre 1973, vers 23 h, près de Mansfield (Ohio), l'équipage (pilote, copilote et deux passagers) d'un hélicoptère de l'US Army, observe, pendant environ une minute, une lumière rouge paraissant accompagner l'appareil avant de s'en rapprocher à grande vitesse (estimée à 600 noeuds). Le pilote amorce alors une descente à 500 pieds /mn et contacte la tour de contrôle de Mansfield pour s'informer du trafic aérien avant que les radios VHF et UHF cessent de fonctionner.

La collision semblant imminente, le pilote accélère la descente. La dernière altitude notée est de 1700 pieds MSL [16]. Mais la lumière décélère et se place au-dessus et en avant de l'appareil. L'équipage observe la silhouette d'un objet métallique gris en forme de cigare avec une lumière rouge à l'avant et blanche à l'arrière. La silhouette emplit toute la vitre frontale et le cockpit baigne dans une lumière verte. Quelques secondes plus tard, la lumière

s'éloigne puis disparaît.

Pendant que la lumière blanche est encore visible, les pilotes notent que l'appareil est remonté à 3800 pieds MSL avec une vitesse ascensionnelle de 1000 pieds/mn alors que la commande de profondeur est toujours en position de descente toute. Bien qu'ayant ressenti la descente rapide, aucun des membres de l'équipage n'a éprouvé d'effet G à la remontée [17]. Par la suite, le vol se déroule normalement jusqu'à Cleveland, sa destination.

L'enquête longue et minutieuse, notamment auprès de témoins dignes de foi qui, sans se connaître, donnent un récit identique, n'a fourni aucune explication plausible. Pour Peter A. Sturrock, il s'agissait d'un objet matériel, sans pouvoir en être certain et sans qu'on puisse rien dire de son fonctionnement ni de son origine.

Né en Angleterre en 1924, Peter A. Sturrock est un astrophysicien mondialement connu. Réputé pour sa rigueur scientifique, il a publié plus de 200 articles ainsi que plusieurs ouvrages. Fondateur de différentes institutions prestigieuses, membre de sociétés savantes réputées, consultant de la NASA, titulaire de nombreux prix, médailles et distinctions, il a fondé en 1982 la «Society for Scientific Exploration», forum professionnel d'investigation de sujets ignorés ou mal étudiés par la science institutionnelle. En 1997, le mécène Laurence S. Rockefeller lui a demandé de réunir un panel de scientifiques de haut niveau pour faire le point sur l'énigme des UFO's (Unidentified Flying Objects ou OVNIS en français). La synthèse de ces travaux a été publiée en 1999 sous le titre «The UFO enigma» puis traduite en français sous le titre «La Science face à l'énigme des OVNIS» (Presses du Châtelet).

Pour les références [i], [ii], et [iii], voir la note à télécharger à http://www.3af.fr/sites/default/files/notes_0.pdf

[1] Le CNES-GEIPAN classe les PAN en quatre catégories:

PAN/A: clairement expliqué (11%)

PAN/B: hypothèse retenue très probable (29%)

PAN/C: témoignage non exploitable (37%)

PAN/D: non expliqué (23%).

[2] Le principe de relativité de Galilée stipule que toutes les lois de la mécanique sont identiques dans tous les référentiels «inertiels». Dans de tels référentiels, tout corps «libre» (i.e. soumis à aucune force) est soit au repos soit en mouvement linéaire uniforme et son moment angulaire est constant.

[3] Le seul exemple où les deux relativités trouvent une application dans la vie quotidienne est celui de la localisation par satellites (GPS). La vitesse relative et l'altitude de ces derniers (variation de g) par rapport aux terminaux nécessitent une correction relativiste pour synchroniser les horloges en orbite et sur Terre.

[4] Figure illustrant le texte de David Louapre sur le Big Bang (Francetveducation).

[5] Dans un espace courbe, le plus court chemin entre deux points n'est pas une droite mais une courbe appelée géodésique (du nom des arcs de grands cercles à la surface de la Terre).

[6] La gravitation répulsive est plus ou moins réfutée par la science actuelle bien que la RG ne l'interdise pas formellement. Par ailleurs, l'accélération de l'expansion de l'univers, découverte en 1998 (Perlmutter, Schmidt, Riess - prix Nobel 2011) semble être le fait d'une forme d'énergie inconnue, dite «énergie sombre» ou «énergie noire», qui baignerait tout l'univers (70% de sa densité) en jouant un rôle antigravitationnel.

[7] Purement fortuite en mécanique classique, l'identité des masses grave et inerte fonde la RG sous le nom de «principe d'équivalence». Ainsi le passager d'une station orbitale ne peut savoir si celle-ci

SCIENCES ET TECHNOLOGIES

est en mouvement uniforme, loin de tout centre d'attraction ou en chute libre (perpétuelle) dans un champ de gravitation.

[8] Les PAN/D2 correspondent à des phénomènes très étranges et «de consistance forte» avec plusieurs témoins indépendants, et/ou des enregistrements photo ou vidéo et/ou des traces au sol.

[9] Le 1er groupe stipule que le tenseur de Faraday (qui regroupe les champs E et B) est antisymétrique. Le 2ème groupe constitue les équations de Lagrange de l'espace de configuration du champ EM.

[10] Ce principe stipule que toute combinaison linéaire de champs solutions des équations, est également une solution.

[11] L'article est disponible sur le site de la Fondation et directement consultable à l'adresse: <http://www.ensmp.fr/aflb/AFLB-341/aflb341m569.pdf>

[12] L'e-book «Gravity-Superconductors Interactions: Theory and Experiment» (2012) recense l'ensemble de ces travaux. Bentham@ebooks - Editors Giovanni Modanese - Free University of Bolzano - Faculty of Science and Technology Bolzano University - Italy & Glen A. Robertson - Institute for Advanced Research in the Space, Propulsion and Energy Sciences - USA

[13] La propulsion magnétohydrodynamique (MHD) est une explication au mode de propulsion des PAN/D mais elle n'est pas sans poser des problèmes technologiques apparemment insurmontables.

[14] en imaginant des espaces plus généraux que l'espace-temps de la relativité générale. Cf. A. Lichnerowicz, Théories relativistes de la gravitation et de l'électromagnétisme, Ed. Masson & Cie, Paris (1955).

[15] La RG et la mécanique quantique (MQ) qui régit l'infiniment petit sont actuellement incompatibles. Or cette dernière est incontournable dans son domaine opératoire, précisément là où la RG ne fonctionne plus (singularités telles que le centre des trous noirs, le point origine du Big Bang,...). On attend une nouvelle physique pour les réconcilier.

[16] pour Mean Sea Level : niveau moyen des mers. L'altitude moyenne de Mansfield est d'environ 1000 pieds.

[17] Sensation d'augmentation du poids lors d'une accélération centrifuge, notamment lors du redressement après un piqué.

PIERRE MARX

Membre de la Commission Technique Sigma 2

CULTURE

CES ARTISTES INSPIRÉS PAR L'AÉRONAUTIQUE ... JEAN LETOURNEUR ET MARC NEWSON

L'art et la science ne sont pas des univers disjoints, l'artiste ne puisant pas seulement son inspiration dans la nature mais aussi dans les réalisations humaines. Jean Letourneur et Marc Newson, chacun dans son domaine, créent un art empreint de science et de technique. Le grand avionneur Marcel Dassault, dont on connaît le célèbre adage « Pour qu'un avion vole bien, il faut qu'il soit beau », n'aurait pas renié cette connivence entre l'art et la recherche et technologie.

JEAN LETOURNEUR

Jean Letourneur, sculpteur du mouvement fluide, est un passionné d'aérodynamique. Sa vocation de sculpteur il l'a trouvée dans son berceau, auprès de son père René Letourneur, Premier Grand Prix de Rome de sculpture en 1926. Sa passion il l'exerce aujourd'hui encore dans l'atelier

paternel à Fontenay aux Roses. C'est auprès de lui, dont il fut le praticien durant 8 ans, qu'il acquiert la technique de la taille directe. Il est à l'heure actuelle l'un des rares sculpteurs français à maîtriser cette technique qui ne tolère pas la faute. Comme il le souligne : « Tailler le marbre ne s'improvise pas, l'erreur est interdite ». Son attrait pour les sciences il le doit également au milieu familial, son grand-père maternel Henri Gondet ayant dirigé durant trente ans les Etablissements Beaudoin (fabricants d'instruments de mesures de précision) avant de devenir Directeur Scientifique de la Physique à l'Onera puis de prendre la direction des laboratoires du CNRS de Bellevue à Meudon, à la demande de Frédéric Joliot-Curie. Jean Letourneur a trouvé son chemin de Damas en 1973, l'année de son bac, en visitant l'exposition « Sciences, Formes, Couleurs » au Palais de la Découverte, où l'Onera présentait ses travaux en Mécanique des Fluides. Ce fut pour

lui la révélation qui allait décider de sa carrière.

La carrière de Jean Letourneur est le fruit d'une rencontre avec un ingénieur de l'Onera, Henri Werlé, dont les travaux en hydrodynamique l'ont littéralement subjugué. Les très belles visualisations réalisées avec des colorants au tunnel hydrodynamique par Henri Werlé ont fait les heures de gloire de l'Onera. Elles ont fasciné Jean Letourneur, qui a vu prendre vie aux images fixes de l'exposition du Palais de la Découverte. Il lui suffisait de regarder et de dessiner, puis de sculpter.

Les oeuvres issues de cette fructueuse collaboration entre l'artiste et le scientifique sont nombreuses. Pour ne citer que quelques unes d'entre elles, évoquons :



KATABASE (1989 – 1991), pierre de 3 mètres de hauteur d'après les tourbillons contrarotatifs à l'aval du culot incliné d'un cylindre, qui a été érigé sur la place de l'Eglise de Fontenay aux Roses .

L'AIR ET L'EAU (1992), deux bronzes, issus des célèbres allées tourbillonnaires de Bénard-Von Kàrmàn.

Le **MIROIR** (1994), un bronze inspiré des visualisations sur un ellipsoïde [1,2] .



La **FONTAINE WERLE** (1994). Il s'agit d'une fontaine inspirée d'un écoulement autour d'une colonne dont une partie est en rotation.



LE DISCOBOLE (2005), où l'athlète est comme englué dans la matière fluide qui l'entoure. L'inspiration provient des tourbillons provoqués par des pales d'hélicoptère. Ce Discobole était destiné à accompagner la candidature de Paris aux Jeux Olympiques de 2012, projet auquel on a cru un temps, avant que le site de Londres soit choisi. Ironie du sort, ce discobole a été fondu au château de Coubertin à Saint-Rémy lès Chevreuse, dans le domaine de la nièce de l'initiateur des Jeux Olympiques modernes, le baron Pierre de Coubertin.

C'est également en 2005 dans le cadre de l'année internationale de la physique que Jean Letourneur décida de monter en vitesse ! Jusque là ses sources d'inspirations s'étaient limitées aux écoulements subsoniques. Il a frappé de nouveau à la porte de l'Onera. Henri Werlé n'était plus là et j'ai eu le plaisir de faire sa connaissance et de guider ses pas vers le supersonique. Il est venu plusieurs fois au centre de Meudon pour découvrir les souffleries et s'intéresser

aux écoulements à grande vitesse. Il a été particulièrement intéressé par la simulation des écoulements hypersoniques dans les souffleries à rafales où des vitesses de 1,5 km/s sont atteintes. Nous lui avons montré les ondes de choc visualisées au moyen de la méthode strioscopique. Le résultat de cette découverte du domaine des très hautes vitesses fut la création d'une grande médaille pivotante **INTERFERENCE DE CHOCS**, représentant sur une face un croisement de choc du premier type, ou interférence régulière, et sur l'autre face un croisement du second type, ou phénomène de Mach [3].

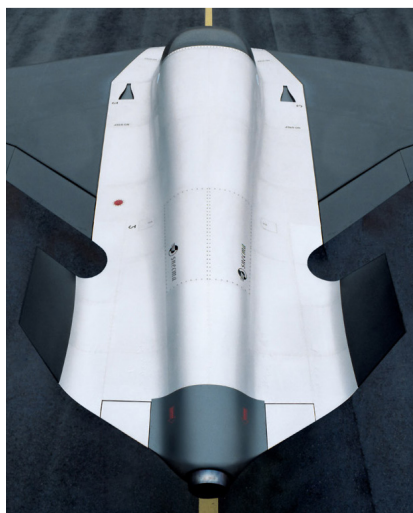
Jean Letourneur est également l'auteur des célèbres **MEHAREES**, compositions reproduisant la trace sur le sable de la mer qui se retire. C'est non loin de sa maison de la côte normande, vers Portbail, qu'il observe ces ondulations du sable, toujours similaires et si différentes. Vacances studieuses l'ayant conduit à prendre des moulages de ces reliefs naturels, qu'il a ensuite sculptés dans le marbre, en taille directe comme il sait si bien le faire.

A l'automne 2009, la ville de Fontenay-aux-Roses a organisé une exposition consacrée à Jean Letourneur où étaient exposées de nombreuses œuvres et en particulier **LES MEHAREES**. Au même moment le château de Sceaux rendait hommage à René Letourneur, le père, en présentant « L'Atelier du sculpteur René Letourneur », atelier repris par le fils, perpétuant en ces lieux enchanteurs la tradition paternelle.

La présentation de l'œuvre de Jean Letourneur ne serait pas complète sans présenter l'admirable buste stèle de Saint-Exupéry. La tête de l'écrivain se termine par le manteau du Petit Prince. Cette œuvre, commandée pour l'aéroport Lyon-Saint-Exupéry, figure dans le salon d'honneur de l'aérogare. Jean Letourneur avait auparavant gravé une médaille pour la Monnaie de Paris, en l'honneur d'Antoine de Saint-Exupéry sur laquelle figure aussi son avion.

MARC NEWSON

Et c'est un avion sculpture, Kelvin 40, que le designer australien Marc Newson conçoit en 2004. Cette œuvre est la synthèse de l'esthétique de l'auteur et de sa passion pour la recherche et l'industrie aéronautique, domaine qu'il observe et fréquente depuis toujours, auquel il emprunte beaucoup et avec lequel il travaille fréquemment. Marc Newson a reçu une formation de joaillier. Il reconnaît des similitudes entre les deux activités : « Comme dans l'industrie joaillière, on maintient dans l'industrie de l'aviation un degré constant de précision, que ce soit pour l'avion le plus grand (un Airbus A380) ou le plus petit (un Falcon de Dassault Aviation) » [4].



En 2004, la Fondation Cartier pour l'art contemporain l'invite en lui donnant carte blanche. Il a confié à Louise Néri « Ce qui m'a inspiré Kelvin 40 c'est le désir de créer un objet que j'avais toujours voulu réaliser sans avoir jamais trouvé le financement nécessaire. Si j'étais un artiste et non un designer, peut-être aurais-je eu de nombreuses opportunités de donner libre cours à mes fantasmes ... » [4]. Cette opportunité il l'a saisie et « sculpte » alors un avion idéal : un concept de jet.

Kelvin 40 fait explicitement référence à William Thomson (1824-1907), titré Lord Kelvin en 1882, spécialiste en thermodynamique et au Dr Kelvin du film *Solaris* d'Andreï Tarkovski. C'est aussi une référence cachée à l'âge qu'il a atteint en 2004 : 40 ans.

Selon Marc Newson, les « concept cars » constituent une partie essentielle des programmes automobiles en dévoilant au profane ce que sera l'avenir. Il note en contrepoint que : « Le monde de l'aviation civile nous semble pragmatique, rationnel et ennuyeux » [4]. Ainsi pour réveiller ce secteur, il conçoit avec le soutien financier de Dassault Aviation et Snecma un avion « fictif » qui ne sert qu'à être vu ! Pour son créateur, Kelvin 40 est avant tout une célébration de cette beauté formelle qui découle de la technologie et de la construction, sans toutefois être leur fin propre. Sculpture d'aluminium, le prototype de cet avion improbable a été exposé quelques mois dans les locaux de la Fondation Cartier à Paris du 24 janvier au 2 mai 2004.

Mais c'est seulement une fois cette sculpture avion dessinée et déjà mise en fabrication qu'on s'est préoccupé de faire réaliser une étude à l'Onera afin d'ajouter à l'exposition des visualisations d'expérience et de calcul ! Cet hommage rendu à la recherche repose sur l'attrait pour de belles images de science. Kelvin 40 était ainsi présenté au centre d'un théâtre optique, les

simulations numériques et expérimentales réalisées l'entourant et lui donnant vie, son étrange silhouette glissant entre les filets d'air et le fluide s'écoulant autour de l'engin. Les calculs avaient été effectués par Eric Garnier du Département d'Aérodynamique Appliquée pour différents nombres de Mach compris entre 0,2 et 0,8. L'étude expérimentale avait été menée à Lille dans la soufflerie L1 par Christian Verbeke et son équipe.

Ces études, numérique et expérimentale, avaient pour seul but de produire des images et des films d'animation afin de les diffuser autour d'un avion statique, pour toujours privé de la possibilité de s'envoler, puisque sans moteur et conçu uniquement pour être regardé. Ces visualisations de l'Onera auront démontré que la science revêt aussi un caractère artistique.

Voir les sites de Jean Letourneur et Marc Newson :
www.jeanletourneur.com/
www.marc-newson.com/default.aspx

[1] Werlé Henri
Principaux types de décollement libre observés sur maquettes ellipsoïdales, Note Technique Onera 1985-7

[2] Chanetz Bruno
Contribution à l'étude du décollement tridimensionnel en écoulement turbulent incompressible, Note Technique Onera 1988-6

[3] Chanetz B. et Benay R.
Hysteresis phenomena associated with shock waves interference in steady flow, Int. J. of Aerodynamics, Vol 2, Nos. 2/3/4, 2012.

[4] Marc Newson and Nicolas Register,
Kelvin 40, Actes Sud- Fondation Cartier pour l'art contemporain, janvier 2004

BRUNO CHANETZ
Membre senior 3AF

AGENDA

13 NOVEMBRE PRÉSENT ET FUTUR DES DRONES CIVILS

DGAC, 50 rue Henri Farman 75015
Paris- France
Du jeudi 13 au vendredi 14 novembre

24 NOVEMBRE COLLOQUE MATÉRIAUX 2014

Esplanade Charles de Gaulle 34027
Montpellier - France
Du lundi 24 au vendredi 28 novembre

25 NOVEMBRE LES ETOILES DE 3AF

Pavillon Dauphine, Place du Maréchal
De Lattre de Tassigny, 75116 Paris
Le mardi 25 novembre



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

Retrouvez nos articles sur le site
www.3af.fr