La chimie s'envoie en l'air



ans le domaine aéronautique et de l'espace, l'Europe a plutôt des joyaux industriels ; Airbus et Ariane en sont les exemples les plus visibles. Le contenu chimique de ces réussites n'est pas souvent mis en valeur alors qu'il est loin d'être négligeable. L'évolution qui est en cours va encore faire appel à l'imagination et au savoir-faire des chimistes pour un marché annuel estimé à plusieurs centaines de milliards de dollars.

Le rêve de l'espace

« Boosté » par l'aventure de notre cosmonaute français Thomas Pesquet, l'appétence des jeunes pour l'espace s'est renforcée. Espérons qu'ils approcheront leur rêve dans les disciplines scientifiques et techniques, car l'innovation a besoin de têtes et de bras, et pour les « lanceurs », il y a une concurrence féroce. À côté de la société américaine SpaceX et sa fusée réutilisable, les fusées « low cost » de la Chine et de l'Inde veulent tailler des croupières à Ariane 5 qui bénéficie encore pour un temps de ses atouts : sûreté et fiabilité. C'est pourquoi ArianeGroup (ex Airbus Safran Launchers) démarre la fabrication d'Ariane 6. Ce n'est pas moins de cinq pays européens qui mettent en musique l'éclosion de deux modèles capables de mettre en orbite géostationnaire 5 ou 10,5 tonnes : Ariane 62 et Ariane 64, dotés respectivement de deux ou quatre boosters au décollage. Ces boosters à poudres de perchlorate d'ammonium et d'aluminium liées par

du polybutadiène disposent de jupes orientables en composites SiC. Les premier et second étages sont à propulsion cryogénique hydrogène et oxygène liquide avec le moteur Vulcain riche en alliage réfractaire, composites céramiques et carbone. En ces domaines, les motoristes ont bénéficié des recherches fondamentales du laboratoire mixte CNRS/Safran, le LCTS de Bordeaux. L'étage supérieur dispose du moteur Vinci qui bénéficie d'une poussée trois fois supérieure au moteur HM7 d'Ariane 5 ; il a la particularité de pouvoir se rallumer dans le vide spatial. En collaboration avec le CNES, un nouveau moteur « low cost », le Prometheus, est à l'étude ; il utilisera l'oxygène et le méthane liquides du fait de la plus grande proximité des températures de liquéfaction (- 183 et - 164 °C au lieu de - 253 °C pour l'hydrogène), ce qui permettra d'utiliser les mêmes canalisations et turbopompes. Pour les fusées annexes de positionnement définitif des satellites, les propergols à base de dérivés de l'hydrazine - développés en collaboration avec le laboratoire lyonnais Hydrazines et Composés énergétiques polyazotés (LHCEP) -, avec catalyseurs d'allumage, laissent la place aux moteurs électriques. À base de xénon, ces derniers créent un plasma où les ions sont accélérés à haute vitesse soit par un champ électrique, soit combiné à un champ magnétique par effet Hall; leur poussée est plus faible, mais les économies en poids sont appréciables.

L'évolution de l'aéronautique

Pour les moyens et longs courriers, ce sont les cellules qui ont le plus évolué. Dans les appareils récents de Boeing et Airbus, on compte plus de 50 % de composites à matrice organique et fibres de carbone. C'est dire combien ont été grands les progrès sur la physico-chimie des interfaces fibre/matrice et la prévision sur la propagation des fissures. Par ailleurs, la sensibilité au foudroiement du fait de la faible conductivité est palliée par l'ajout de poudres métalliques (Cu) dans le corps des parois. Les composites céramiques et les pièces en fibres de carbone tissées résistantes aux hautes températures (1 200 °C) ont aussi gagné les moteurs, comme ceux développés par Safran Aircraft Engines, le CFM56 et le LEAP, qui dominent les équipements des avions de type monocouloir et permettent des économies de carburant de l'ordre de 30 %. Ces avancées ont été permises assez souvent grâce à la modélisation de la fabrication, de la tenue mécanique et de l'endommagement des pièces constitutives avec des algorithmes développés par des équipes de l'École des Mines et du CNRS. C'est aussi grâce à la modélisation des parcours des carburants, de l'air et des flammes, et à un banc expérimental unique d'un foyer annulaire aux parois transparentes en quartz au laboratoire EMC2 (Énergétique moléculaire et Combustion de Châtenay-Malabry), qui permet d'observer et de filmer la combustion.



Congrès SCF18

30 juin - 4 juillet 2018 Montpellier & Toulouse www.scf18.fr

que l'on peut optimiser la consommation de carburant et diminuer le bruit des turboréacteurs.

L'évolution touche aussi la cabine passagers, qui fait l'objet d'une féroce bataille entre les compagnies. Pour attirer les voyageurs, il faut produire des aménagements personnalisés. Cela concerne d'abord les sièges et les IFE (« in-flight entertainment », divertissements à bord). Pour les sièges, Safran, qui vient de racheter Zodiac Aerospace, est désormais le numéro 3 mondial des équipements de l'avionique. Les sièges ultra légers, où l'aluminium est remplacé par le titane et des composites, permettent de gagner 4 à 6 kilos par siège. De même, les écrans plats au dos des sièges fournis par Thales ont maigri de près de moitié. Mais la grande révolution résulte dans l'interconnectivité. Les interfaces de ces écrans sont régulièrement mises aux nouvelles normes de connexion. Des satellites puissants arrosent les grandes routes aériennes et permettent aux passagers de surfer sur le web ou de capter leurs films préférés en streaming. L'acquisition de plateformes big data par les compagnies permettra aussi de suivre chaque avion et de collecter en temps réel les masses d'informations issues de centaines de capteurs — éléments de sécurité quand on se rappelle la disparition du vol MH370 de Malaysia Airlines.

La révolution électrique

Solar Impulse, avec son spectaculaire tour du monde sans une goutte de carburant, a popularisé l'idée d'un transport aérien « électrique ». Rappelons que Solar Impulse était bourré de chimie : ossature en fibres de carbone, cellules solaires en couches minces, batteries lithium-ion super légères... Véritable laboratoire d'innovations pour la chimie des matériaux, il a été l'élément précurseur des préoccupations et recherches des grands constructeurs. Même s'ils disent que pour remplacer les 240 tonnes de kérosène d'un A380, il faudrait 3 600 tonnes de batteries, dans leur arrière cuisine, ils préparent la révolution. Après l'E-Fan, Airbus planche sur Vahana, un avion monoplace, et CityAirbus, un taxi volant capable de transporter quatre personnes (voir image). Ils devraient voler fin 2017 et donner des démonstrateurs fiables en 2020 avec des batteries et des puissances de l'ordre de quelques centaines de kilowatts. D'autres constructeurs visent l'avion hybride, comme Zunum Aero soutenu par Boeing. Ils construisent un avion avec deux hélices électriques arrière alimentées par un générateur à essence et des batteries ionlithium Tesla, qui peut parcourir 1 200 km à 550 km/h à une altitude de 2 200 pieds. Boeing s'intéresse aux hybrides car ils peuvent se poser sur les petits aéroports sans pollution sonore; les coûts sont

réduits et l'économie en carburant serait de 40 à 80 %. C'est aussi la solution retenue par un petit constructeur d'Évreux qui construit la voiture volante Mini Bee avec huit moteurs, 80 kg de batteries et 300 litres de kérosène, visant les liaisons intercités à 300 km/h avec 500 à 600 km d'autonomie.

Comme pour l'automobile, le verrou thermodynamique reste l'énergie embarquée. Lorsqu'avec les petits planeurs en balsa de notre jeunesse nous tournions l'hélice avant le vol, nous n'imaginions pas que l'élastique torsadé en caoutchouc représentait la réserve d'énergie. Plus tard, avec nos modèles réduits et les moteurs alimentés par piles, nous touchions mieux le problème au bout des quelques minutes d'autonomie. Pour l'aéronautique commerciale, ce sont des mégawatts de puissance avec des circuits électriques et des intensités qui engendreront des champs électromagnétiques intenses dont il faudra se prémunir, sans compter une cybersécurité renforcée. Rêvons cependant : ce n'est pas encore demain que les éléphants voleront... mais ils s'exercent!



Jean-Claude Bernier Octobre 2017

Index des annonceurs

AgileBio p. 30 **ENSIC** p. 67 Fondation de la Maison de la Chimie p. 60 Carlo Erba 3^e de couv. CPE Lyon 3^e de couv. **GPI** Chemparc p. 2 **INRS** 4e de couv. **EDP Sciences** p. 60 ENS – Département de Chimie p. 49

Régie publicitaire : FFE, 15 rue des Sablons, 75016 Paris.

Tél.: 01 53 36 20 40 – www.ffe.fr