Solar Impulse : un avion porteur de messages

Roselyne Messal

Faire voler un avion, de jour comme de nuit, rien qu'avec l'énergie solaire. Un scénario de science fiction à la Jules Verne ? Non, un formidable défi technologique, porté par une équipe passionnée qui a su motiver partenaires, ingénieurs et chercheurs pour les embarquer dans une belle aventure scientifique et humaine, où la chimie est en première ligne.

Décollage du projet

© Solar Impulse/Stéphane Gros.

André Borschberg et Bertrand Piccard.

« Il faut aimer prendre des risques et être passionné… Pour moi, Solar Impulse, c'est 18 h de travail par jour » (B. Piccard).

Deux hommes sont à l'origine du projet et en assurent le développement : Bertrand Piccard, psychiatre, aéronaute – le communicateur – et André Borschberg, pilote professionnel, ingénieur de l'EPFL et titulaire d'un master en science du management – le manager.

Il faut rappeler que dans la famille Piccard, l'exploration et le développement scientifique sont une tradition : Auguste, le grand-père, accédait à la stratosphère à bord d'un ballon à gaz ; Jacques, le père, explorait les abysses. Pionnier du vol libre et aviateur dans l'âme, Bertrand réalisera avec l'anglais Brian Jones en 1999 le premier tour du monde en ballon sans escale. À deux doigts d'échouer par manque de carburant, c'est là qu'il prendra conscience de la nécessité de réduire la dépendance aux énergies fossiles et de promouvoir les énergies renouvelables. L'idée d'un avion solaire est lancée. Restait à convaincre les bons interlocuteurs du bien-fondé du projet. Cela se fera au cours de rencontres décisives. Dès 2003, l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) donne son feu vert et sera le conseiller scientifique. Après avoir rencontré Bertrand lors du 140e anniversaire du groupe, Solvay s'engage dans le projet, convaincu que ce défi aéronautique sera un formidable tremplin pour l'innovation (à noter que les relations de Solvay avec la famille Piccard ne datent pas d'hier : Auguste Piccard participait avec Albert Einstein et Marie Curie aux Conseils de physique créés en 1911 par Ernest Solvay). Et d'autres partenaires suivront : Dassault-Aviation comme conseiller aéronautique, Omega, Deutsche Bank, Schindler, Bayer Material Science, Altran, Swisscom, l'Association internationale du transport aérien (IATA)…

De la chimie jusqu'au bout des ailes

Premier partenaire principal dès 2004, Solvay engage une dizaine de ses ingénieurs pour développer ou optimiser de nouveaux produits et matériaux. Car le défi est de taille : faire voler un avion uniquement à l'énergie solaire nécessite de résoudre deux problèmes majeurs : la propulsion et le poids de l'appareil. La chimie et les plastiques vont contribuer à résoudre ces problèmes, en particulier dans la chaîne énergétique, la structure et l'allègement de l'avion.

L'énergie solaire est captée par des cellules au silicium dont l'assemblage forme l'extrados de l'aile qui subit contraintes et déformations, variations de températures et radiation solaire. Pour les protéger, ces cellules sont encapsulées dans des films à base de polymères fluorés. Les batteries bénéficient d'un liant PVDF (polyfluorure de vinylidène) pour les électrodes et de FIEC (carbonate d'éthylène monofluoré) pour l'électrolyte.

Le poids minimum de l'avion est atteint grâce aux fibres de carbone et aux mousses. Des mousses isolantes pour températures extrêmes (de + 40 à - 60 °C) en polyuréthane optimisé grâce à un solvant fluoré habillent le cockpit et les quatre logements des batteries. Des pièces mécaniques ultra-résistantes rentrent dans la structure de l'avion : les longerons d'aile et les stabilisateurs arrière sont conçus en nid d'abeille pris en sandwich entre deux voiles de fibre de carbone. Le polyamide-imide, l'un des composants clés de cette

Solar Impulse HB-SIA

© Solar Impulse/Reuters/Christian Hartmann/Pool.

- Envergure : 63,40 m (la taille d'un Airbus A340) ; longueur : 21,85 m ; hauteur : 6,40 m
- Poids : 1 600 kg (celui d'une voiture familiale) – cinq fois plus léger qu'un planeur classique
- La puissance d'un scooter : 4 moteurs à hélices de 10 CV
- Alimentation : 11 628 cellules solaires ; 400 kg de batteries
- Vitesse moyenne : 70 km/h
- Altitude max. : 8 500 m

Vous voulez supporter Solar Impulse ? Adopter une cellule solaire de l'avion ? Ou tout simplement en savoir plus : www.solarimpulse.com

structure, confère à l'ensemble d'exceptionnelles performances mécaniques. Les pièces en métal sont, si possible, remplacées par des polymères ultra-performants, beaucoup plus légers (pièces du tableau de bord, boîtiers de commande, paliers, axes, charnières...) et ultra-résistants (vis, écrous, rondelles). La lubrification des systèmes est assurée par des graisses synthétiques adaptées aux différentes températures (jusqu'à - 60°C) grâce à un perfluoroéther.

Enfin, les phases de conception et de développement ont fait appel aux calculs de comportement pour lesquels Solvay a un savoir-faire spécifique au niveau des matériaux (encapsulation des cellules photovoltaïques, collage par colles époxydes) ou de la structure de l'avion (panneaux solaires, bord d'attaque des ailes…).

Au final, Solvay aura développé plus de onze produits et une vingtaine d'applications pour plus de 6 000 pièces que l'on retrouvera dans l'avion.

Depuis mars 2010, des chercheurs de Bayer Material Science ont rejoint l'équipe de Solar Impulse et travaillent sur les structures en matériaux légers et le rendement énergétique (mousses polyuréthanes pour isolation du poste de pilotage, capotage des moteurs et des ailes). L'implication de Bayer devrait être nettement plus importante dans le second prototype, avec par exemple une verrière de cockpit ultralégère (pas plus de 20 kg) capable de résister à des écarts de températures extrêmes, ou encore des nanotubes de carbone destinés à stabiliser la structure et à en réduire le poids.

Le récent rachat par Total de SunPower, la société californienne qui a fourni les cellules solaires, devrait inciter le groupe à devenir partenaire.

La revanche d'Icare…

Au total, 70 ingénieurs et techniciens, épaulés par une centaine d'experts et de conseillers, auront concrétisé le projet. De la conception à la construction du prototype, tout aura été pensé pour optimiser au maximum les performances de l'avion, tout en intégrant les contraintes de poids et les impératifs de résistance aux conditions que subissent le matériel et le pilote en altitude. Toutes les pièces ont été allégées et testées jusqu'à leurs limites. Il aura fallu un an d'études, quatre ans de conception, deux ans de construction et un an de tests, avec beaucoup de pression pour toute l'équipe, pour que le rêve devienne réalité. Les quelque 12 000 cellules solaires intégrées dans l'aile alimentent en énergie renouvelable quatre moteurs électriques qui chargent de jour les batteries lithium-polymère, permettant à l'avion de voler de nuit.

Le 7 avril 2010, avec deux ans de retard sur les prévisions de vol, le pilote d'essai Markus Scherdel décolle de Payerne (Suisse) et vole pendant 87 min, atteignant l'altitude de 1 600 m. Les 7 et 8 juillet, aux commandes pendant plus de 26 h, André Borschberg effectue le vol solaire le plus long et le plus haut de l'histoire. Ce vol nocturne, sans carburant, était crucial pour démontrer la capacité de l'appareil à être autonome de jour comme de nuit. C'est une véritable prouesse technique et humaine, et la Fédération aéronautique internationale le ratifie de trois records du monde.

Les premiers vols internationaux suivent : en juin 2011, l'avion relie Payerne-Bruxelles, puis Paris, où le public découvre au 49e Salon du Bourget la « belle libellule solaire », invitée d'honneur aux côtés des plus grands.

Pari réussi ! Après les premiers vols motorisés des frères Wright (1903), la première traversée sans escale New York-Paris (Lindbergh, 1927) le début du transport aérien en avion à réaction (1952), le premier vol commercial d'un avion supersonique (Concorde, 1976), la traversée de la Manche à bord d'un avion solaire (1981), le premier vol d'un avion de ligne propulsé par des moteurs à hydrogène (un Tupolew en 1988), **un nouveau pas dans l'histoire de l'aviation vient d'être franchi** : Solar Impulse est le premier avion solaire à voler de nuit (Borschberg, juillet 2010).
© Solar Impulse/Keystone Pool/Dominic Favre.

L'équipe s'est lancée un prochain défi : rééditer les grandes premières de l'aviation en effectuant en 2013 vols transatlantique et transcontinental et faire le tour du monde avec escales dès 2014 – les deux pilotes se relaieront lors des cinq étapes prévues. Un second prototype (HB-SIB), intégrant les enseignements du premier, est déjà en préparation (pilote automatique, meilleure protection des cellules photovoltaïques pour éviter les courts-circuits en cas de pluie…).

Solar Impulse : une vitrine technologique, mais aussi un symbole

Bien sûr, il n'est pas question aujourd'hui de penser à remplacer nos avions de ligne. Mais cet avion, produit d'une collaboration européenne exemplaire, est une merveille technologique et la démonstration des prouesses de la recherche. Sans l'apport de la chimie et des nouveaux matériaux, un tel projet n'aurait jamais abouti. Les innovations peuvent être transposées à d'autres domaines de la vie quotidienne (énergie solaire, isolation, batteries, automobiles…) et trouveront sans doute aussi leur place dans l'avion du futur, qui pourrait être une sorte d'avion hybride où des piles embarquées à bord remplaceraient une partie du carburant actuel…

Au-delà de l'exploit technologique et aéronautique, cet avion a aussi une portée symbolique : « *Solar Impulse n'a pas été construit pour transporter des passagers, mais pour transporter des messages. Le premier, c'est qu'il n'y a rien d'impossible et que cet avion en est la démonstration.* » Le second, c'est « *qu'avec Solar Impulse, l'écologie a pris une nouvelle dimension* » (B. Piccard). C'est une démarche scientifique, mais aussi politique et philosophique, destinée à sensibiliser les décideurs et la société sur la possible mise en œuvre de solutions aux problèmes énergétiques et environnementaux.

L'auteur remercie l'équipe de Solar Impulse et de Solvay pour leur accueil lors du Salon du Bourget, et tout particulièrement Bertrand Piccard, André Borschberg et Claude Michel (directeur du partenariat Solvay/Solar Impulse) rencontrés le 22 juin 2011.

Roselyne Messal
est journaliste à *L'Actualité Chimique**.

* SCF, 28 rue Saint-Dominique, F-75007 Paris.
Courriel : redaction@lactualitechimique.org
www.lactualitechimique.org