

The fabric of flight: from feathers to composite materials

Le tissu du vol: des plumes aux matériaux composites



Author | Auteur: Mike Sinnott - Vice President, Product Strategy and Future Airplane Development, Boeing Commercial Airplanes

One of aviation's earliest pioneers, the great Arab polymath, Abbas ibn Firnas, reportedly used feathers to build a rudimentary flying contraption in the 9th century AD. While there is no conclusive evidence that he succeeded in his attempt, it is notable that he apparently realized the need to use lightweight, aerodynamic materials to build his flying machine.

Over 1,000 years later, today's flying machines would probably have been beyond ibn Firnas' wildest imagination. But, as sophisticated as modern aviation is, its beginnings were contrastingly simple. Visionaries, such as the Wright brothers, pursued the dream of manned and powered flight at the turn of the 20th century, with self-built craft. In fact, the Wright Flyer was, by current standards, a simple powered glider constructed with wood and muslin.

But, the impact of this era in aviation's history is indisputable. Having proved that powered flight was possible, it served as a catalyst for the creation of the aviation industry. Having ruled out metals because of their weight and tendency to corrode, early pioneers such as William Boeing built their airframes out of lightweight spruce, birch plywood or balsa wood, and then covered them in fabric.

While aluminum was used in the piston engines that powered these planes, the possibility of an all-metal airplane didn't become a reality until Alfred Wilm, a German physicist, developed a new, light-weight alloy called duralumin. It was this radical new material that allowed Hugo Junkers to build the world's first all-metal airplane, the J-7 fighter, which first flew in 1917, and the F-13, the world's first all-metal commercial aircraft, which was unveiled three years later.

From then on, the use of metal alloys enabled new performance improvements that would simply not be possible with wood and fabric airframes. The use of metals that were capable of handling the stress of





flight, combined with the Monocoque principle - which used the skin of an airplane to support its structural load, not unlike an eggshell - enabled the development of the Boeing 247 in 1933. It was the world's first modern airliner, leveraging the strength of its anodized aluminum skin to maintain airframe integrity.

This, in turn, paved the way for cabin pressurization and, in 1938, the Boeing Model 307 Stratoliner became the first commercial airplane to offer a pressurized cabin. With this development, long-range, trans-ocean air travel became a reality. By the 1950s, the first generation of passenger jets, such as the de Havilland Comet and the Boeing 707, took to the skies. The all-metal airframes made it possible to comfortably fly passengers and cargo across unprecedented distances, creating the global airline industry.

While the 707 served as the engineering template for subsequent aircraft models, it was the iconic 747 - nicknamed the 'Queen of the Skies' - that represented the next major leap forward in aircraft design. Made possible by reinforced aluminum alloys, the original 'Jumbo Jet' featured a distinctive humped upper deck, the highest capacity passenger cabin and a bigger cargo hold than any aircraft at the time.

However, working with aluminum presented its own challenges and airlines sought out lighter, stronger and more fuel-efficient aircraft. In response, engineers began looking at other materials, such as carbon fiber composites and metals such as

titanium, to reduce weight, drag, corrosion-related fatigue and operating costs, while improving the cabin experience.

The launch of the Boeing 777, which just recently crossed its 2000th order, the backbone of several of the world's long-haul fleet, marked one of the first significant efforts to increase the use of composites in commercial airplanes. Composites currently account for 12 percent of a 777's structural weight, including its vertical and horizontal tails, and the cabin floor beams.

But it is the Boeing 787 Dreamliner that truly defines the future of commercial aviation by bringing the benefits of composites for passengers, airlines and the environment. It is the first airliner to be built using composite barrel sections, doing away with the traditional aluminum sheets and the thousands of rivets needed to fasten them together. As much as 50 percent of the airplane is built from advanced composite materials, while a further 15 percent is

titanium. In fact, only 20 percent of its airframe is aluminum, one of the many factors allowing airlines to dramatically reduce operating costs - through lower maintenance needs and improved fuel use - while boosting revenues.

In addition, Boeing's fourth-generation 777X has composite wings with a longer span than today's 777. Its folding, raked wingtip and optimized span deliver greater efficiency, significant fuel savings and complete airport gate compatibility.

Few industries have seen rapid innovation at the pace that the aviation industry has. In the span of just over a century we have evolved from wood and muslin machines capable of flying a few hundred metres, to the super-efficient Dreamliner family, which, in its stretched 787-10 version, will be able to fly over 300 passengers and many tonnes of cargo across distances that Abbas ibn Firnas could only have imagined.

As this innovation evolves, one can only imagine what the future holds.

The Boeing 787 Dreamliner soars in Africa and beyond

- The Dreamliner with its range and super fuel efficiency has enabled African carriers to better connect the continent directly with other parts of the world.
- Today, nearly 34 787 Dreamliners are operated by seven African airlines.
- Kenya Airways launched the first non-stop flight from East Africa to New York (JFK) with a 787.
- Ethiopian Airlines flies the 787 from Ethiopia to Shanghai, Sao Paolo and Los Angeles.
- Royal Air Maroc flies the Dreamliner from Casablanca to Washington DC and will be including Miami from April 2019.
- As of December 2018, 315+ million passengers have flown the Dreamliner, saving 33 billion pounds of fuel and enabling the opening of 210+ new routes. 🌐



L'un des premiers pionniers de l'aviation, le grand polymathe arabe, Abbas ibn Firnas, aurait utilisé des plumes pour construire un engin volant rudimentaire au 9^{ème} siècle après JC. Bien qu'il n'y ait pas de preuve concluante qu'il ait réussi sa tentative, il convient de noter qu'il semble avoir été conscient de la nécessité d'utiliser des matériaux légers et aérodynamiques pour construire sa machine volante.

Plus de mille ans plus tard, aujourd'hui les machines volantes auraient probablement dépassé les rêves les plus fous d'ibn Firnas. Toutefois, aussi sophistiquée que puisse paraître l'aviation moderne, ses débuts furent plutôt simples. Les visionnaires, comme les frères Wright, ont réalisé le rêve d'un vol habité et motorisé au début du 20^{ème} siècle, avec un avion qu'ils ont construit eux-mêmes. En fait, le Wright Flyer était, selon les normes actuelles, un simple planeur propulsé, construit en bois et en mousseline.

Mais, l'impact de cette époque dans l'histoire de l'aviation est incontestable. Après avoir prouvé que le vol motorisé était possible, cela a servi de catalyseur pour la création de l'industrie aéronautique. Ayant écarté les métaux en raison de leur poids et leur tendance à se corroder, les pionniers, tels que William Boeing, construisirent leurs cellules en épinette légère, en contreplaqué de bouleau ou en bois de balsa, qu'ils recouvraient ensuite de tissu.

Même si l'aluminium était utilisé dans les moteurs à pistons qui propulsaient ces avions, la possibilité d'un appareil entièrement métallique ne devint une réalité qu'avec Alfred Wilm, physicien allemand, qui développa un nouvel alliage léger appelé le duralumin. C'est ce tout nouveau matériau qui a permis à Hugo Junkers de construire le premier avion entièrement métallique du monde, le chasseur J-7, qui effectua son premier vol en 1917, et le F-13, le premier avion commercial du monde tout en métal, qui fut dévoilé trois ans plus tard.

Dorénavant, l'utilisation d'alliages métalliques a permis de nouvelles améliorations de performance qui n'auraient tout simplement pas été possibles avec des cellules en bois et en tissu.



L'utilisation de métaux capables de résister au stress de vol, combiné avec le principe du monocoque - qui utilisait la peau d'un avion pour supporter sa charge structurelle, un peu comme une coquille d'œuf - a permis le développement du Boeing 247 en 1933. Il fut le premier avion de ligne moderne du monde qui exploita la force de sa peau en aluminium anodisé pour maintenir l'intégrité de la cellule.

Ceci, à son tour, a ouvert la voie à la pressurisation de la cabine et, en 1938, le Boeing 307 Stratoliner devint le premier avion commercial pressurisé. Grâce à cette avancée, les vols transocéaniques long-courriers devinrent une réalité. Au cours des années 1950, la première génération de jets de transport de passagers, comme le de Havilland Comet et le Boeing 707, prit son envol. Les cellules entièrement métalliques ont permis de transporter confortablement des passagers et du fret sur de longues distances jamais franchies, créant ainsi l'industrie mondiale du transport aérien.

Alors que le 707 a servi de modèle d'ingénierie pour les modèles d'avions suivants, ce fut l'emblématique 747 - surnommée la Reine des Cieux - qui représenta le prochain grand bond en avant dans la conception des avions. Rendu possible par des alliages d'aluminium renforcé, le «Jumbo Jet» original était doté d'un pont supérieur sous forme de bosse, de la cabine passagers la plus spacieuse et de la soute la plus grande de tout autre avion de l'époque.

Néanmoins, travailler avec de l'aluminium présentait ses propres défis alors que les

LEDE: From the use of feathers in attempts to mimic avian flight, to the cutting edge composites used to build many of today's sophisticated aircraft, the evolution of materials used to make manned flight a reality articulates the progression of aviation itself.

compagnies aériennes cherchaient des avions plus légers, plus solides et plus économes en carburant. En réponse à ces défis, les ingénieurs ont commencé à chercher d'autres matériaux, tels que les composites en fibres de carbone et des métaux tels que le titane, pour réduire le poids, la traînée, la fatigue liée à la corrosion et les coûts d'exploitation, tout en améliorant l'expérience de la cabine.

Le lancement du Boeing 777, qui vient récemment de franchir la barre des 2000 commandes, l'épine dorsale de plusieurs flottes long-courriers du monde, a marqué l'une des premières initiatives d'accroître l'utilisation des matériaux composites dans la construction des avions commerciaux. Les matériaux composites représentent actuellement 12% du poids structurel du 777, y compris son empennage vertical et horizontal, ainsi que les poutres de plancher de la cabine.

Toutefois, c'est le Boeing 787 Dreamliner qui définit véritablement l'avenir de l'aviation commerciale en apportant les avantages des matériaux composites aux passagers, aux compagnies aériennes et à l'environnement. Il est le premier avion de ligne à être construit à l'aide de sections de baril composite, en faisant disparaître les feuilles d'aluminium traditionnelles et les milliers de rivets nécessaires pour les maintenir

ensemble. L'avion est construit jusqu'à 50% à partir de matériaux composites avancés, tandis que 15% est du titane. En fait, seulement 20% de sa cellule est en aluminium, l'un des nombreux facteurs permettant aux compagnies aériennes de réduire considérablement leurs coûts d'exploitation - grâce au fait que l'avion a besoin de peu d'entretien et consomme moins de carburant - tout en augmentant leurs recettes.

De plus, la quatrième génération de Boeing 777X a des ailes composites avec une plus grande envergure que celle du 777 actuel. Ses ailes dont les extrémités seront dépliables et repliables, ainsi que son envergure optimisée offrent une plus grande efficacité, des

économies de carburant et une compatibilité complète avec les portes de passerelles aéroportuaires.

Peu d'industries ont connu une innovation aussi fulgurante que l'industrie aéronautique. En effet, en l'espace d'un peu plus d'un siècle, nous avons évolué des machines en bois et en mousseline capables de voler quelques centaines de mètres, à la famille Dreamliner super-efficace, qui, dans sa version allongée 787-10, sera capable de transporter plus de 300 passagers et plusieurs tonnes de fret sur des distances qu'Abbas ibn Firnas n'aurait pu imaginer.

Au fil de l'évolution de cette innovation, on ne peut qu'imaginer ce que l'avenir nous réserve.

Le Boeing 787 Dreamliner décolle en flèche en Afrique et au-delà

- Le Dreamliner avec son grand rayon d'action et sa super efficacité énergétique a permis aux transporteurs africains de mieux relier le continent directement avec d'autres régions du monde.
- Aujourd'hui, près de 34 Boeing 787 Dreamliner sont exploités par sept compagnies aériennes africaines.
- Kenya Airways a lancé le premier vol sans escale entre l'Afrique de l'Est et New York (JFK) avec un 787.
- Ethiopian Airlines utilise le 787 sur Shanghai, Sao Paulo et Los Angeles.
- Les vols de Royal Air Maroc entre Casablanca et Washington DC, et bientôt Miami à partir d'avril 2019, s'effectuent en Dreamliner.
- Jusqu'en décembre 2018, plus de 315 millions de passagers avaient voyagé en Dreamliner, un avion qui a permis d'économiser 33 milliards de livres de fuel et d'ouvrir plus de 210 nouvelles lignes. 🌍

Chapô: De l'utilisation des plumes pour tenter de mimer un vol d'oiseau, aux matériaux composites de pointe utilisés dans la construction de beaucoup d'avions sophistiqués d'aujourd'hui, l'évolution de matériaux utilisés pour rendre le vol habité une réalité témoigne de la progression de l'aviation elle-même.

