Un avion de rêve



Seattle, état de Washington, dans le nord-ouest des États-Unis, offre pour les passionnés un éventail aéronautique exceptionnel. La ville respire l'aviation et Boeing domine le paysage. Afin de satisfaire ma curiosité, j'ai osé une sorte de tentative d'espionnage dans les usines de l'avionneur américain.

Le berceau historique de l'entreprise se trouve à Everett à une trentaine de kilomètres au nord de Seattle (le siège social est installé à Chicago). Le *Future of Flight Aviation Center and Boeing Tour* (futureofflight.org) est la porte qui permet au public d'entrevoir les formidables capacités de production de l'avionneur américain. On peut se rendre dans cette Mecque aéronautique par deux moyens de transport différents : la route ou les airs. Pour votre information, Seattle est réputée pour avoir les pires embouteillages de tout le pays : à vous de choisir !

Tous les appareils fabriqués sur place s'envolent de Paine-Field-Airport vers les terrains du monde entier. Comme Boeing partage la propriété des lieux avec le Snohomish County, l'aéroport bénéficie d'une tour de contrôle et accueille les avions de tourisme qui doivent cependant s'acquitter d'une redevance.

A chacun son budget

La piste est longue, comme on s'en doute, et à l'atterrissage on longe les usines et les grands frères de l'avion que vous pilotez. Il n'est pas impossible que l'un d'entre eux fasse des essais moteurs avant son premier vol. Si vous venez pour une emplette, Boeing offre un éventail de produits variés qui satisferont toutes les bourses : de 52 millions de dollars (environ 38 millions d'euros) pour un 737 à plus de 300 millions de dollars (215 millions d'euros environ – on ne va pas ergoter pour quelques millions dus au taux de change) pour un 747. Les paiements se font en trois fois : à la commande, vers la fin du montage et à la livraison de l'appareil. Généralement, les compagnies aériennes envoient un équipage au complet pour pouvoir embarquer des passagers et mettre l'appareil en service le plus rapidement possible.

Un hôtel Hilton à côté du musée vous permettra de vous reposer, j'imagine confortablement, avant de vous installer dans le cockpit de votre nouvelle acquisition.

Reconnaissance discrète

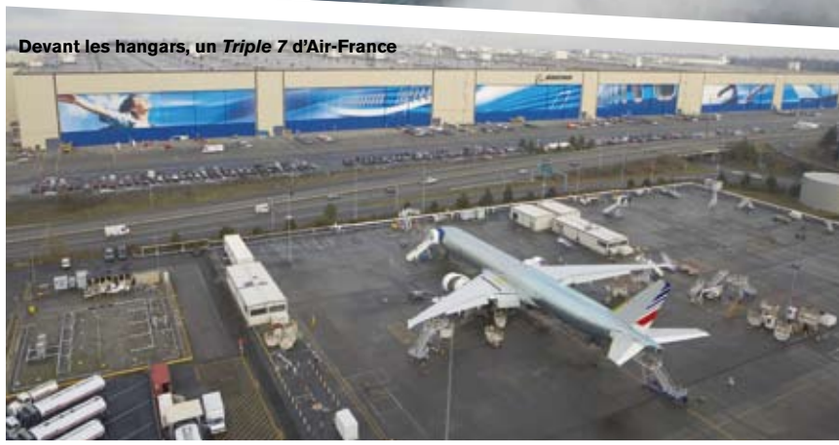
Le *Future of Flight* offre la découverte des installations à partir de galeries situées au-dessus des unités de production. Attention, les appareils photos ainsi que tous les objets personnels sont interdits durant la visite. Les services de sécurité de Boeing ne plaisantent pas et vous confisqueront les intrus que vous auriez tenté de passer en fraude. Il y a quelques années, un touriste a laissé tomber sa caméra sur une aile d'avion, ce qui a engendré un coût de fabrication additionnel de 250 000 $. La légende ne dit pas si le visiteur a dû payer la note. Un conseil avant de monter dans le bus qui vous emmène vers les hangars : certains tours vous font découvrir les lignes de production des 747 et d'autres celles du 777 et du 787. La visite de ces dernières me paraît plus intéressante. Vous ne verrez pas les 737 dont la production se passe à Renton





Les usines Boeing

© R. Van Essen



Devant les hangars, un *Triple 7* d'Air-France

© boeing

au sud d'Everett. Il est possible aussi, les jours de grande affluence, qu'une réservation pour visiter les usines soit nécessaire.
Avant de repartir, vous pourrez aussi admirer le *Flying Heritage Collection* (flyingheritage.com), un musée de *warbirds* financé par Paul G. Allen, le co-fondateur de Microsoft. Un voyage dans le passé de l'aviation comporte toujours un charme discret.
Tant qu'à faire, puisque vous avez entrepris le déplacement, autant vous offrir le dernier-né, le *Dreamliner* 787 (il faut cependant s'y prendre à l'avance car les commandes s'accumulent). Il vous en coûtera, suivant la version, entre 150 millions et 206 millions de dollars. Mais ne seriez-vous pas intéressés et rassurés avant de vous envoler de savoir comment il a été conçu et fabriqué ?

The old fashion way

Avant la création du 787, l'avionneur sous-traitait la production des différentes parties de ses avions et assemblait tous les morceaux comme un puzzle sur son site d'Everett. Par exemple, la partie centrale de la carlingue d'un 777 arrive en quatre grands morceaux qui sont libellés pour une commande particulière. Ces pièces sont installées sur un immense tour qui pivote et qui permet la fixation des quatre composants. Le processus se répète pour chaque partie de l'avion. On obtient ainsi trois gros blocs : l'avant, la partie centrale et l'arrière. Chaque bloc est ensuite équipé par les techniciens de l'avionneur et finalement assemblé avec les autres pour former l'appareil. Boeing avait toujours conservé la création, la production et l'agencement des ailes. Ces surfaces sont cruciales car elles assurent la portance et contiennent les réservoirs. Ces dernières sont attachées au corps de l'avion et ensuite le train d'atterrissage est fixé car le poids de l'appareil ne permet plus aux échafaudages de le soutenir. Au passage, imaginez un peu l'épaisseur de la dalle du hangar. Trois mètres de béton soutiennent les machines.
L'orchestration de toutes ces actions demande un planning rigoureux. Chaque employé a un calendrier quotidien qu'il doit respecter scrupuleusement. Au cas où un problème surviendrait, il existe une équipe de soutien qui se trouve dans la barge area. S'il peut être résolu sur place, les actions sont exécutées immédiatement. Sinon, une équipe supplémentaire intervient dans un délai très court. La cadence doit être maintenue car dans cette industrie, l'inventaire coûte cher et tient beaucoup de place.
Au cours des dernières années, Boeing a continuellement amélioré son processus de fabrication. Les chaînes se sont allégées, mais comme l'avionneur gardait la fabrication de l'avion, des améliorations radicales n'étaient pas possibles. Il faut environ quatre mois et demi pour construire un 747 cargo et cinq mois pour la version passagers de l'appareil.

The new business model

Le *Dreamliner* 787 a fait voler en éclat cette organisation bien établie. Les cadres de l'entreprise ont inventé un nouveau type de production. Boeing a établi des partenariats avec des entreprises étrangères ou américaines performantes dans leur domaine respectif. Environ 75 % de l'avion est fabriqué par des entreprises américaines. Le reste du monde se partage les 25 % restant. L'avionneur leur confie la fabrication de pratiquement tout l'appareil. Les entreprises françaises sont bien représentées :

Messier-Dowty fabrique la structure du train d'atterrissage, Dassault-Systèmes le logiciel de conception, Latécoère les portes passagers, Thalès, l'afficheur de vol intégré (ISFD – *Integrated Standard Flight Display*) entre autres, Labinal le câblage, Messier-Bugatti les freins électriques, Michelin les pneumatiques, Zodiac-Aerospace le système de gestion des déchets et des eaux usées et les glissières de secours [et ECE-Zodiac le « cœur électrique » de l'avion – NDLR] et finalement Donaldson-Le Bozec pour le système de purification de l'air.

Le montage final se passe au site d'Everett. Boeing renonce à son expertise développée au cours des ans pour se concentrer sur les phases initiales et terminales. Même les ailes ne sont plus faites à Everett mais fabriquées en grande partie au Japon. Ce changement de paradigme de production fut vraiment un choc culturel pour l'entreprise. Il a nécessité une longue réflexion, mais finalement, les avantages de ce nouveau système ont été suffisamment convaincants pour persuader les dirigeants d'engager le changement.

Cette nouvelle culture révolutionnaire permet à Boeing d'atteindre plusieurs objectifs économiques. Premièrement, les risques financiers de la création d'un nouvel avion sont répartis sur une gamme de partenaires. L'avionneur n'assure plus seul un potentiel désastre financier. A l'inverse, il doit aussi partager les bénéfices d'un succès. Deuxièmement, les entreprises sélectionnées sont théoriquement les meilleures dans leur spécialité. Cette approche qui recherche les compagnies les plus performantes dans un domaine est considérée par de nombreux économistes comme une stratégie efficace et efficiente. Pourquoi faire soi-même quelque chose que d'autres peuvent faire beaucoup mieux et à meilleur coût car ils concentrent leur production sur cette spécialité particulière ? Ils peuvent ainsi générer des économies d'échelle et leur « *learning curve* » progresse plus rapidement. Troisièmement, moins de place est nécessaire pour entreposer les parties quand elles sont construites. Finalement, l'avionneur garde le contrôle de la création et de la finalisation de ses appareils et peut exercer des pressions pour que la qualité et le timing soient respectés.

Les faiblesses de ses qualités

Ce dernier avantage recèle néanmoins une faiblesse dans cette nouvelle méthode de production. La gestion de la construction


Un 747 cargo en construction


Les moteurs d'un 777 en attente de montage



La chaîne des 777



Un des *Dreamlifter* utilisé pour le transports des pièces de 787



Un *Dreamlifter* au décollage

© Boeing

de l'avion doit toujours suivre des délais très stricts. Il faut que les pièces arrivent à la date prévue à Everett pour l'assemblage final. Tout délai peut générer des retards conséquents et des problèmes d'organisation. Il est plus difficile de contrôler ce qui se passe dans une entreprise à l'autre bout du monde qu'à un coin du hangar même si celui-ci est immense. Il est délicat pour Boeing de vérifier la qualité du produit final avant livraison à Everett. Il doit faire confiance à ses partenaires. Mais les contrats sont tellement importants qu'ils impliquent automatiquement une discipline sur les entreprises.

Des *Dreamlifter*, les équivalents du *Beluga* d'Airbus, vont chercher les pièces de par le monde et les apportent à Everett où elles sont finalement assemblées. La chaîne de production d'un 787 diffère totalement de celle d'un 767 ou d'un 747. Un grand hangar accueille les blocs principaux que l'on agence ensemble grâce à un immense outil. Tout d'abord, les trois blocs sont assemblés, puis dans un deuxième temps, le train d'atterrissage et les moteurs sont ajoutés. Parallèlement, l'installation intérieure est mise en place. Finalement, la vérification finale est opérée et l'avion peut partir vers les ateliers de peinture. L'économie de moyens est évidente, presque minimaliste quand on compare cette chaîne à celle d'un 747 ou d'un 777. Plus aucun pont roulant ne navigue dans les airs pour transporter d'immenses pièces entre les différentes parties du hangar. Seul un grand tour d'assemblage trône dans les lieux. Dans le futur, grâce à son nouveau concept, Boeing espère produire un 787 tous les trois jours. Le hangar actuellement peut accueillir trois appareils conjointement. Il est prévu qu'un quatrième puisse être entreposé pour augmenter la cadence de production.

Pour l'instant, le *Dreamliner* est un immense succès commercial. A la mi-janvier, 851 appareils ont été commandés et la première livraison d'un 787-8 (la version long courrier, grand frère de l'exemplaire qui a fait le vol inaugural) doit se faire fin 2010 à All-Nippon-Airways.

Urbanisation des hangars

Boeing ne cherche pas seulement à révolutionner son processus de fabrication. Il tente aussi de créer un climat agréable qui permettra à ses employés d'être heureux de travailler pour une compagnie performante. Ainsi ils pourront proposer des innovations qui rendront la production encore plus efficace.

Tout d'abord de multiples services sont disponibles sur le site d'Everett. Des banques, des cafétérias, des laveries/nettoyage à sec, des garderies facilitent le quotidien des employés. Dans un pays où la protection sociale est parfois déficiente, il est essentiel que cette entreprise offre des avantages non monétaires à son personnel. Ainsi, il peut se permettre de recruter

Les Boeing 787

Le *Dreamliner* est proposé en trois versions qui devraient satisfaire tous les goûts sur la planète.

Modèle	787-3	787-8	787-9
Passagers	290-330	210-250	250-290
Rayon	2 500 à 3 050 Nm	7 650 à 8 200 Nm	8 000 à 8 500 Nm
Vitesse	0,85 Mach (487 nœuds, 902 km/h)		
Vitesse maximum	0,89 Mach (510 nœuds, 945 km/h)		
Masse maximale au décollage	165,100 kg	219,540 kg	244,940 kg
Plafond	43 000 pieds (13 100 m)		
Longueur	57 m		63 m
Largeur	52 m	60 m	63 m
Volume des réservoirs	126 903 litres		138 700 litres


Au premier plan, le 787 n° 4



Le baptême du *Dreamliner*

La complexité de la construction d'un tel appareil implique, comme on l'a vu pour l'A-380, des contraintes qui déraillent temporairement une machine productive que l'on croit bien huilée. Il semblerait qu'une des difficultés provienne d'un problème de coordination entre les différents partenaires et d'un manque de pièces. Rien de surprenant car la faiblesse de la nouvelle structure de production mise en place a été soulignée dans l'article.

Le 10 octobre 2007, Boeing a annoncé un retard de six mois pour la livraison de son premier avion. Le vol inaugural qui aurait dû se passer en septembre a été reporté à la fin du premier trimestre 2008 et a finalement eu lieu le 15 décembre 2009 à Paine-Field-Airport avec un 787-3. On peut admirer l'envol et l'atterrissage de la machine en tapant sur son moteur de recherche favori « First flight *Dreamliner* » (787firstflight.newairplane.com) et cliquer sur Webcast. Boeing a réalisé un film pour célébrer ce baptême tant attendu qui d'ailleurs s'est passé sous la pluie ce qui pour Seattle n'est pas inhabituel. Le contraire eut été surprenant. All-Nippon-Airways (ANA) devrait recevoir le premier exemplaire d'un 787-8 fin 2010 une fois tous les tests en vol effectués et la certification de la FAA obtenue.

les meilleurs ouvriers, techniciens, ingénieurs, ou autres employés. Pour l'instant les relations sociales sont correctes, mais Boeing avec son 787 offre un plein emploi. Si ce n'est pas toujours le cas, des plans de licenciements draconiens permettront un retour vers les profits. La cruelle loi de l'économie de marché s'applique aussi dans cette entreprise.

Dans l'unité de production de Renton au sud d'Everett, une nouvelle organisation de la gestion de l'espace et des méthodes de travail a vu le jour en 2004-2005. Boeing a construit des bureaux à l'intérieur même des hangars de production. Certains services administratifs directement en liaison avec le personnel de production travaillent maintenant dans le même lieu. Auparavant, ils se trouvaient dans un immeuble à part. Cette dissociation causait de nombreux délais. Dorénavant, les ingénieurs, le personnel des finances, et le personnel des ressources humaines peuvent voir depuis leur bureau la progression des travaux sur les avions. La proximité de ces services crée des liens plus forts entre les employés et il est toujours agréable de regarder la construction des appareils auxquels on participe. Bien entendu, si un problème survient, le temps de réaction est plus rapide du fait de la proximité des salariés.

Cette nouvelle disposition a obtenu un succès immédiat à Renton. Le moral des employés a grimpé en flèche. Ils trouvent plus de plaisir à venir sur leur lieu de travail. Il est donc normal que cette nouvelle approche fasse son apparition sur le site d'Everett. L'avionneur construit donc des bureaux à l'intérieur de son usine sans d'ailleurs perturber la production et déménagera le personnel administratif. Cette usine est en constante évolution.

Le gigantisme des hangars impressionne le visiteur au premier abord. Le site ouvert en 1967 pour la production du 747 fait dans son ensemble 415 hectares. Même le *Guiness-Book of Records* a inscrit les bâtiments à son palmarès comme les plus grands au monde en terme de volume. Ils sont de la taille de 911 terrains de baskets. En fait, toute la saison du NBA (*National Bastekball Association*) pourrait se dérouler en une seule journée. Les déplacements se font soit en petite voiture électrique soit en vélo. Lors de ma visite, je me demandais si des policiers ne seraient pas bientôt nécessaires aux intersections tant l'usine ressemble parfois à une fourmilière.

Des visions opposées

Airbus demeure le compétiteur essentiel de Boeing. Les autres fabricants d'avions tels que Bombardier ou Embraer n'évoluent pas nécessairement dans le même segment de marché. Les deux avionneurs se livrent une guerre acharnée. Ils ont cependant opté pour deux visions différentes. Boeing se concentre sur la fabrication d'avions qui permettront aux compagnies aériennes d'amener des passagers entre deux destinations sur un vol direct. L'américain prédit que son *Dreamliner* va pouvoir connecter 450 paires de villes au monde.

Ainsi, le 787 peut transporter, selon les versions, entre 210 et 330 passagers environ. La viabilité du marché du 787-3 est actuellement en révision. Le programme du 787 est revu constamment en fonction des besoins des clients de Boeing. Il sera, d'après l'avionneur, plus facile à remplir puisque d'une taille modeste. L'Américain souhaite offrir plus de flexibilité à ses clients. Il argumente que les utilisateurs préfèrent se rendre directement à leur destination sans avoir à changer d'avion. Il suffit d'ailleurs de voyager aux États-Unis avec un transfert dans un aéroport comme Detroit, Washington ou Philadelphia pour mettre sa patience à rude épreuve. Il faut passer la douane, récupérer ses bagages, les reposer sur un carrousel pour franchir à nouveau des services de sécurité et rater sa correspondance si les douaniers ont été trop zélés. Après cette expérience, un vol direct en 787 deviendra une priorité.

Boeing produit actuellement cinq avions: le 747, le 767, le 737, le 777 et le 787. La production des 757 a été arrêtée en 2006. L'A-330 est le compétiteur direct du 767 et le 777 concurrence l'A-340. Le 737 s'affronte aux Airbus A-318/319/320/321.

Airbus a mis en chantier l'A-350 qui concurrencera le *Dreamliner* de Boeing, mais on connaît les problèmes qu'a rencontré l'européen dans la conception de ce nouvel avion. L'A-350 ne naîtra pas avant quelques années et pour l'instant l'Américain fait un carnage sur le marché.

A couteaux tirés

L'avionneur européen, avec son A-380, exploite une autre section du marché. Il a décidé de se concentrer sur les gros porteurs qui transporteront de nombreux passagers entre deux *hubs* d'où ils seront ventilés sur

d'autres destinations. Boeing ne pense pas que ce segment de marché soit important. De plus, on m'a précisé que tous les aéroports mondiaux ne sont pas équipés pour accueillir cet avion.

Cependant, les Américains perçoivent le risque que l'A-380 peut faire courir à leur entreprise. Ils ont donc décidé de mettre en chantier un nouveau 747. Le 747-8 sera une version allongée de l'avion actuel. Il devrait s'imposer dans le segment du marché qui n'est couvert par aucun appareil pour l'instant. Le 777 peut emporter environ 365 passagers et l'A-380 environ 550 personnes (ou plus suivant l'agencement des sièges), nombres qui varient suivant les versions des deux appareils. La nouvelle mouture du 747 transportera autour de 450 âmes. Boeing voit cet avion comme un appareil complémentaire à l'A-380.

Les différences entre les deux avionneurs ne s'arrêtent pas à une vision différente du futur. Avec son 787, Boeing devient vraiment une entreprise internationale privée. Airbus doit toujours composer avec les gouvernements nationaux et on sait qu'ils interfèrent régulièrement et pas toujours pour le bien de l'entreprise. Le modèle de production d'Airbus est basé sur une production propriétaire dans les différentes unités du groupe. Les pièces fabriquées dans les usines Airbus sont apportées à Toulouse pour l'assemblage final.

La compétitivité féroce qui existe entre les deux géants de l'aviation favorise la recherche et l'innovation. Les matériaux composites permettent de nos jours un gain de poids considérable. Le *Dreamliner* est composé de 50 % de matériaux composites, de 20% d'aluminium, de 15 % de titane, de 10 % d'acier et de 5 % d'autres matériaux. Par comparaison, un 777 comprend 50 % d'aluminium et 12 % de matériaux composites. Boeing espère aussi pouvoir installer des appareils de contrôle des différents systèmes de l'avion qui transmettront leurs données à des ordinateurs au sol. Ainsi, la maintenance des avions en sera facilitée et accélérée.

On attend donc avec impatience les créations des deux avionneurs dans les années futures afin de pouvoir voyager dans des appareils plus confortables et qui respectent mieux l'environnement.

Pierre-Philippe REILLER, photos auteur, Bart Van Essen et Boeing

Merci à Marc Birtel, porte-parole de Boeing pour son accueil chaleureux et son professionnalisme.





Le 787 devant les hangars


Le montage du 787

© Boeing