

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 128 (2002)
Heft: 04

Artikel: Un projet européen: l'Airbus A380
Autor: Weibel, Jean-Pierre
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-80261>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Un projet européen: l'Airbus A380

Le 13 avril 1966, le constructeur américain *Boeing* annonçait que la compagnie aérienne *Pan American Airways* (aujourd'hui disparue) lui avait passé commande de 25 *Boeing 747*, d'un poids au décollage de près de 350 tonnes, pouvant emporter quelque 400 passagers. Cette annonce ne pouvait passer inaperçue, car les plus grands avions de ligne de l'époque, soit le *Boeing 707* et le *Douglas DC-8* pesaient environ 150 tonnes au décollage et emmenaient de 200 à 250 passagers. Les dimensions du nouvel arrivé, qui devait effectuer son premier vol trois ans plus tard, lui valurent le surnom de *Jumbo Jet* et marquèrent le début de l'ère des «Wide Bodies» tels que le *Douglas DC-10* et le *Lockheed Tristar*. Il n'est pas inutile de rappeler ce saut quantitatif avant de se pencher sur l'*Airbus A380*.

Naissance et développement de *Airbus Industries*

Premier grand projet européen d'avion de ligne, le supersonique *Concorde* visait des objectifs ambitieux sur le plan technique, mais aléatoires des points de vue écologique (le bang supersonique) et économique (la consommation de carburant). Le succès commercial ne fut pas au rendez-vous, mais la démonstration était faite que des constructeurs européens – britanniques et français en l'occurrence – pouvaient collaborer pour créer un avion d'avant-garde. Cet exercice a également montré que pour une telle collaboration, la responsabilité au sommet ne devrait pas être partagée.

C'est sous la direction d'une nouvelle société – *Airbus Industries*, avec siège à Toulouse – que des partenaires britanniques, français, allemands, néerlandais et espagnols se sont attaqués au marché des gros-porteurs, donc à l'hégémonie américaine.

Le but visé était le développement de l'*Airbus A300*, un biréacteur moyen-courrier de 150 tonnes au décollage, emmenant jusqu'à 320 passagers dans une cabine offrant en classe économique huit sièges de front séparés par deux couloirs. Sa construction a commencé en automne 1969 et son



premier vol eut lieu trois ans plus tard, en 1972. La réponse initiale des compagnies aériennes fut décevante, puisque ce n'est qu'en 1975 qu'a été livré le premier appareil et qu'en 1976, le carnet de commandes ne se montait qu'à une cinquantaine d'avions.

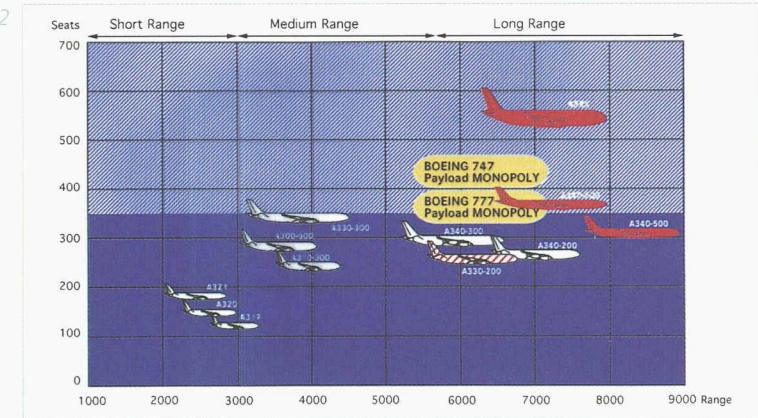
Bien que tardif (rappelons que les clients de *Boeing* et de *Douglas* commandaient sur plans!), le succès du *A300* annonçait un essor spectaculaire, plaçant aujourd'hui *Airbus Industries* au coude à coude avec *Boeing*, seul survivant des constructeurs américains dans le domaine civil. C'est le résultat de l'application de technologies de pointe, comme l'introduction du «fly by wire»¹ sur l'*A320* et ses dérivés, y compris les *A330* et *340*, ainsi que du recours aux connaissances les plus récentes en matière d'aérodynamique et de résistance des matériaux.

¹ Les commandes de vol du cockpit ne sont reliées que par des circuits électriques aux vérins actionnant les gouvernes, d'où un gain de poids, une moindre vulnérabilité et l'intégration à un système de conduite de vol informatisé. Les volants du commandant et du copilote sont remplacés par de petits joysticks de part et d'autre des sièges, ce qui améliore considérablement l'ergonomie.

Fig. 2: Evolution de la famille Airbus: d'une part, le rayon d'action des avions augmente, d'autre part le nombre de passagers transportés est en hausse (Document Daimler Chrysler Aerospace Airbus)

Fig. 3: L'Airbus A380, un saut dimensionnel important en comparaison des autres membres de la famille de l'avionneur (Document EADS Airbus)

Fig. 4: Banc d'essai pour le système hydraulique travaillant à une pression de 5000 PSI (Photo Airbus)



A l'heure actuelle, près de huit cents A300 et A310 (une version qui en dérive) ont été livrés dans le monde entier. Quant aux long-courriers biréacteurs A330 et quadriréacteurs A340 - développements plus récents de la conception du A300 qui incorporent les avancées technologiques de la famille A320-, ils ont déjà été livrés à plus de quatre cents exemplaires.

La famille des biréacteurs A320 et dérivés, offrant de cent places pour l'A318 à deux cents vingt pour l'A321, a atteint 1570 livraisons, avec un carnet de commandes de plus de 1200 avions. Dans ce secteur de marché, c'est le premier développement entièrement nouveau depuis un quart de siècle, face à la famille Boeing 737 et à celle lancée avec le DC-9. En groupant ses forces, l'industrie aéronautique européenne a réussi à faire jeu égal avec le géant Boeing, voire à l'inquiéter (fig. 2).

Pourquoi l'Airbus A380?

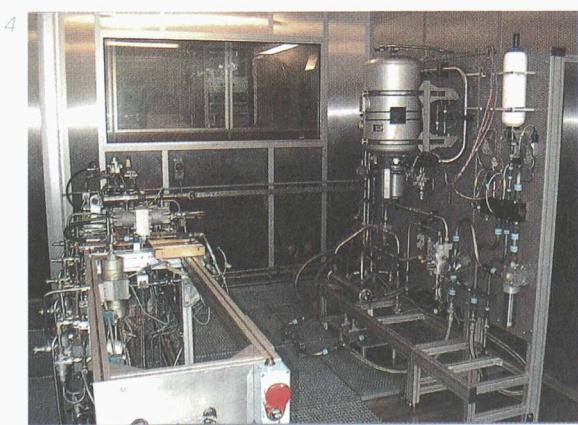
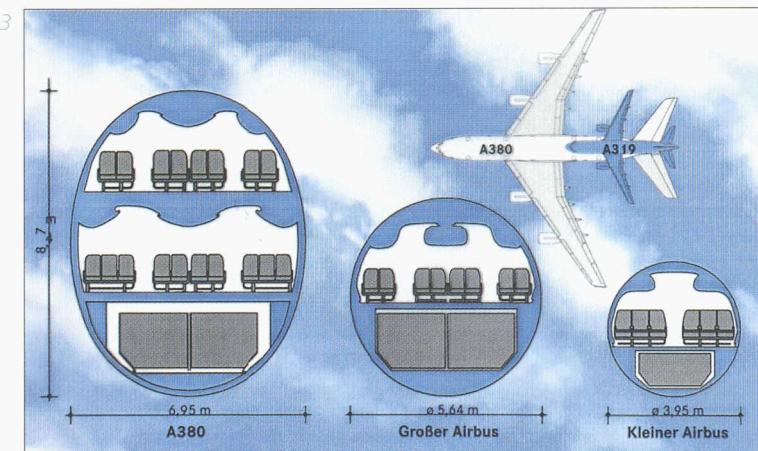
La concentration liée à la globalisation pose des problèmes de capacité aux plus grands aéroports intercontinentaux. La fréquence des mouvements en constitue la limite. La portion d'espace aérien occupée par un avion en approche ou au décollage ne dépend en effet pas de la dimension de l'appareil: le petit bimoteur d'une compagnie régionale en exige autant qu'un Jumbo Jet. Pire: le concept de «hub», c'est-à-dire un moyeu d'où rayonnent des lignes d'appoint, implique que les passagers des long-courriers recourent aux avions de ces dernières, ce qui contribue encore à l'encombrement des airs.

Par ailleurs, la combinaison des différences de fuseaux horaires sur les longues distances avec les fenêtres temporaires de départ et d'arrivée qui vont en diminuant conduit à une restriction du nombre de vols, demandant de plus gros avions pour accommoder le trafic.

Le marché du fret se développe rapidement, lui aussi: les sociétés de distribution telles qu'UPS, Federal Express et autres, utilisent déjà plus de dix gros-porteurs. En outre, ce secteur sera moins affecté que celui des voyageurs par les craintes nées après le 11 septembre 2001.

Facteur qui peut paraître anecdotique: des années 1960 - où est né notamment le projet du Boeing 747 - aux années 2010, la taille moyenne de l'homme aura augmenté de 15 à 20%. Cela explique le sentiment croissant d'inconfort ressenti par les passagers au long cours - lorsqu'il ne s'agit pas d'atteintes parfois létales à la santé. Le gros-porteur de demain doit offrir plus d'espace à ses passagers (fig. 3).

L'écologie revêt de nos jours une grande importance pour le taux d'acceptabilité d'un avion. Le développement de réacteurs particulièrement «propres» et silencieux, ainsi que leur intégration optimale à la cellule doivent permettre de rédui-



re considérablement l'impact de l'A380 par rapport aux avions plus anciens. Enfin, les différentes familles d'*Airbus* incorporent avec succès des technologies novatrices, tant pour l'aérodynamique et la structure que pour les équipements. Et il ne serait tout simplement pas possible d'en faire bénéficier, par le biais de modifications, des avions dont la conception remonte à trente-cinq ans.

Ce sont là quelques-unes des raisons qui ont conduit, en décembre 2000, *Airbus Industries* à lancer publiquement le projet A3XX – devenu A380 –, après des études de faisabilité commencées en 1990 et d'intenses consultations avec tous les partenaires potentiels (compagnies aériennes, entreprises de maintenance, aéroports, autorités d'homologation, etc.).

Quelle clientèle pour l'*Airbus A380*?

En impliquant largement les compagnies aériennes dans la définition et la conception de son projet, *Airbus Industries* assurait à ses offres une audience attentive, espérant obtenir dès l'année 2000 un nombre de commandes suffisant pour décider de passer à la réalisation, par sa division «Large Aircraft» créée à cet effet. Ce sont sept compagnies aériennes et une société de leasing qui ont répondu à l'attente initiale, et, au début 2002, *Airbus* peut compter sur une centaine de commandes fermes et des options pour une trentaine d'autres appareils.

La liste de ces compagnies – *Emirates*, *Singapore Airlines*, *Air France*, *Virgin Atlantic*, *Quantas* (Australie), *FedEx* et *Qatar Airways* – et un rayon d'action de quelque 12 000 km permettent de se faire une idée des lignes sur lesquelles sera engagé l'A380. Le huitième client est *ILFC* (*International Lease Finance Company*), importante entreprise de *leasing* d'avions commerciaux. Par ailleurs, les sociétés de distribution déjà mentionnées se sont montrées très intéressées par la version fret de l'appareil et devraient se manifester au fur et à mesure de l'avancement du programme.

Les clés du succès

Les atouts de l'A380 devraient être, outre sa capacité inégalée, des coûts d'exploitation nettement inférieurs à ceux de ses concurrents plus anciens (rappelons que *Boeing* a renoncé à extrapolier la conception aujourd'hui dépassée de son 747 pour affronter *Airbus Industries* sur le terrain des très gros porteurs).

Pour atteindre ces objectifs, les efforts ont principalement porté sur trois points:

- une construction aussi légère que possible
- des caractéristiques aérodynamiques de pointe
- des réacteurs puissants et peu gourmands en carburant.

La lutte contre le poids, ce cher souci

Si la conception sur ordinateur permet d'imaginer des structures particulièrement efficientes, les matériaux revêtent une importance primordiale pour leur réalisation. Voici quelques éléments de la lutte contre le poids superflu:

- Le caisson central de voilure, pièce maîtresse de la structure assurant la liaison des deux ailes entre elles ainsi qu'avec le fuselage, est réalisée en composite renforcé par fibres de carbone.
- Les panneaux supérieurs de revêtement du fuselage sont constitués d'un composite hybride, soit des couches alternées de tôle d'aluminium et des nappes de fibres de verre préalablement imprégnées de résine époxy. Nommé «*Glare*», ce matériau de densité inférieure à celle de panneaux en alliage d'aluminium est en outre résistant à la corrosion, au feu et à la propagation des fissures.
- Les raidisseurs des panneaux inférieurs du fuselage sont soudés à la peau par rayon laser, ce qui assure une liaison meilleure, parce que diffuse et non ponctuelle comme c'est le cas des rivets traditionnellement utilisés en aviation pour la liaison d'éléments structurels en aluminium.
- Les traverses supportant le plancher de la cabine supérieure, ainsi que la cloison arrière de la cabine pressurisée est réalisée en composite renforcé par fibres de carbone.
- Les capots des réacteurs sont constitués de monolithes en carbone, ce qui accessoirement facilite leur réparation après endommagement au sol.
- Les systèmes hydrauliques servant à actionner les vérins de commande (p.ex. gouvernes, train d'atterrissage), les freins, etc. travaillent à une pression de 5000 PSI (351 kg/cm) - au lieu des 3000 (211) usuellement développés en aviation - ce qui permet d'en réduire la section (fig. 4).
- La peinture utilisée pour la protection extérieure de l'avion a été spécialement développée pour minimiser le poids; elle est hydrosoluble, ne comportant pas de solvants et mé lange ainsi hommes et environnement.

Une meilleure aérodynamique

Il s'agit là d'un domaine où une grande discrétion est de mise chez les constructeurs. On sait toutefois que les moyens de calcul modernes mis au service de la dynamique des fluides ont permis le développement de profils d'aile optimisés pour le vol de croisière et présentant une plus grande hauteur, d'où allégement de la structure.

Par ailleurs, on notera l'apparition de «winglets» en bout d'aile de l'A380, semblables à ceux que l'on connaît sur les avions de la famille A320, c'est-à-dire de petites surfaces triangulaires verticales dépassant le plan de l'aile vers le haut et

Fig. 5: Deux moteurs sont proposés à choix pour le nouvel Airbus A380: le modèle Trent 900 de Rolls Royce et le GP 7200 de General Alliance, un consortium américain (Document Airbus)

Fig. 6: Un intérieur luxueux et spacieux est proposé par les designers. Quant à savoir quelle compagnie s'offrira ce luxe d'aménagement, la question est ouverte. (Document Airbus)

Fig. 7: Le cockpit de l'A380 est largement repris de ses petits frères (Document Airbus)

vers le bas. On notera que les A330 et 340 comportent comme winglets une petite surface prolongeant l'aile et inclinée vers le haut, solution également adoptée par *Boeing* pour les versions récentes de son 737. Ces ajouts visent à augmenter virtuellement l'envergure alaire, donc à améliorer le rapport portance/traînée sans majorer sensiblement la surface de l'aile.

Il va de soi que l'étude en soufflerie de l'avion entier ou de certains composants est un élément important des études aérodynamiques en vue d'optimaliser les interférences entre les inévitables sources de traînée, ainsi que l'alimentation en air des réacteurs. La question des tourbillons marginaux a fait l'objet d'études approfondies. On sait que ces tourbillons engendrés aux extrémités des ailes sont d'autant plus puissants que les avions sont lourds et que le coefficient de portance est élevé, donc dans la phase d'approche pour l'atterrissement. Pour éviter de dangereuses interférences entre avions se suivant, des séparations spatiales et temporelles ont été instituées sur tous les aéroports. *Airbus Industries* indique que l'A380 pourra respecter ces valeurs, donc n'entraînera pas de délais réduisant la capacité des pistes d'atterrissement.

Des réacteurs puissants, sobres et propres

Pour faire décoller l'A380 à sa pleine charge de 560 t, chaque réacteur doit fournir quelque 32 t de poussée. Le choix de l'avionneur s'est porté sur deux motoristes: *Rolls Royce*, avec son modèle *Trent 900*, et *Engine Alliance* (réunissant les deux Américains *General Electric* et *Pratt & Whitney* pour un développement commun), avec le *GP 7200*. Ces deux types sont certifiés pour une poussée maximale de 34 tonnes (fig. 5).

Pour un trajet type de 9260 km avec 555 passagers à bord, *Airbus Industries* a calculé une consommation de carburant de 2,9 l/100 km par passager. Cette valeur soutient la comparaison avec la voiture la plus économique, compte tenu du fait que l'A380 vole à une vitesse décuple de cette dernière.

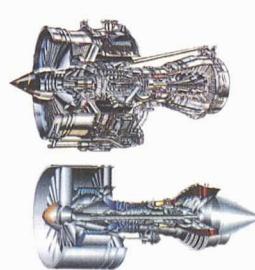
5

● 70 000 lb thrust needed for A3XX

● Engines certificated at 75 000 lb thrust

● Rolls Royce Trent 900

- MoU signed in October 1996
- Derivative of Trent family



● Engine Alliance GP 7200

- MoU signed in May 1998
- Combine best technology from GE & PW

La recherche du rendement optimal d'un réacteur conduit également à minimiser ses rejets dans l'environnement. Les émissions de CO, de HC, de NO_x et de fumées seront généralement inférieures à celles du *Boeing 747* que l'A380 veut remplacer. Cette recherche s'accompagne également d'efforts de réduction des émissions sonores, tous ces facteurs étant liés.

Problèmes divers

Répartition géographique de la production

La fabrication des éléments structuraux de l'A380 est répartie sur huit sites et le montage final ainsi que l'installation des équipements techniques auront lieu à Toulouse. Alors que les plus grands éléments des A330 et A340 assemblés dans ces ateliers peuvent y être transportés par les *Belugas*, sortes de monstres dérivés de l'A300, ceux de l'A380 sont trop volumineux. Ils seront acheminés par voie maritime jusqu'à Bordeaux et de là par la route. Cela nécessitera d'importants aménagements de la voirie, suscitant pour l'heure bien des oppositions...

Il y a bien un avion, l'*Antonov 225*, qui pourrait «avaler» ces éléments, mais il n'existe qu'un seul exemplaire opérationnel de ce géant et *Airbus Industries* ne veut pas courir le risque d'une indisponibilité. Quant au second exemplaire, inachevé, le constructeur ukrainien ne veut pas en terminer la réalisation sans garantie de rentabilité.

Adaptation des aéroports

L'A380 devait impérativement tenir dans un Carré de 80 x 80 m, s'accommoder des voies de roulement existantes, de la charge admissible sur ces dernières, ainsi que des pistes. Avec une envergure de 79,8 m et une longueur de 73 m, il remplit la première condition. La seconde peut nécessiter des aménagements mineurs des aéroports, alors que la troisième est respectée grâce à la disposition des vingt roues de son

6





train d'atterrissement principal à large voie, comme des essais et des mesures avec un véhicule représentatif l'ont confirmé.

L'A380 comporte une cabine à deux ponts sur toute sa longueur. Si le saut quantitatif de sa capacité par rapport au Boeing 747 est moindre que celui apporté par ce dernier en 1969, 555 passagers par avion posent un problème bien réel aux aéroports. L'accès et le débarquement à deux niveaux distincts par quatre portes au total apportent la solution optimale, mais nécessitent de revoir les équipements au sol.

Globalement, les aménagements des aéroports nécessités par l'A380, qui leur offre une capacité accrue, sont bien moins coûteux que la construction de nouvelles pistes, voire de nouveaux aéroports, nécessaires à l'augmentation de la fréquence des vols pour de plus petits appareils.

Et les passagers, dans tout cela?

On l'a vu, *Airbus Industries* se préoccupe d'améliorer le bien-être des passagers, notamment grâce au volume supplémentaire offert par le fuselage de l'A380. Deux escaliers, frontal et arrière, relient les deux ponts. Comme il n'est pas interdit de rêver, aux dimensions et au confort accrus des sièges s'ajoutent les propositions d'espaces de détente, voire de loisirs. Une maquette en vraie grandeur montre un bar où assiettes et verres, ainsi que des sièges grand confort, transformables en lits, attendent les visiteurs. On évoque même l'installation de douches.

Quel que puisse être l'attrait des délices promises, il appartiendra aux compagnies aériennes d'évaluer ce qui est réalisable dans un enveloppe financière rentable. On peut toutefois espérer qu'elles ne seront pas tentées d'utiliser au maximum le volume offert, mais que l'arrivée de l'A380 sur les liaisons à grande distance ouvrira une ère de confort accru (fig. 6).

Autres aspects

Cockpit

Avec la famille de l'A320, *Airbus Industries* a introduit une conception entièrement nouvelle du point de vue de l'ergonomie. Le remplacement du volant par deux petits joysticks latéraux libère entièrement la vue sur le tableau de bord avec ses écrans cathodiques.

Le système de gestion du vol informatisé constitue un appui inestimable au pilote dans la conduite du vol, qui a fait ses preuves à quelque deux mille exemplaires, car il est également présent à bord des A330 et A340, qui partagent cette conception. De la sorte, les pilotes peuvent passer d'un type à l'autre avec un temps minimum de formation complémentaire.

taire, d'où l'intérêt d'une flotte ne comportant que des *Airbus*.

Cet avantage sera maintenu sur l'A380, dont le cockpit est largement calqué sur celui de ses petits frères. La transition des pilotes venus de ces derniers ne portera qu'accessoirement sur les systèmes et pourra se concentrer sur les éléments liés à la taille de l'avion (fig. 7).

Normes de bruit

L'A380 respectera les normes les plus sévères en matière d'émissions sonores, dont le niveau est estimé à 3 db inférieur à celui du Boeing 747 (soit la moitié), malgré une capacité en passagers supérieure de 30 à 50%.

Fret

Les dimensions et les performances de cet avion attirent l'attention des transporteurs de fret. En effet, l'A380 pourra emmener sur 10 410 km 150 t de charge payante, p.ex. sous forme de 71 palettes. Il reste à peaufiner des solutions pour le chargement et le déchargement rationnels d'une telle charge. Pour cette version, *Airbus Industries* a retenu le modèle le plus puissant du réacteur *Trent 900* de *Rolls Royce*, développant 34 t de poussée. Par ailleurs, dans sa version passagers, l'A380 peut accommoder 30 t de fret en plus des 555 voyageurs.

Prochaines étapes

Après conclusion des principaux contrats avec les partenaires industriels, la phase de production est aujourd'hui en cours. Le travail sur la ligne d'assemblage débutera au premier trimestre de 2004, les réacteurs arriveront peu après et

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DE L'A380

	Version passagers	Version fret
Envergure	79,80 m	79,80 m
Longueur	73,00 m	73,00 m
Hauteur	24,10 m	24,10 m
Capacité de la cabine	555 passagers	-
Capacité en fret	30 t	150 t
Rayon d'action maximum	14 800 km (sans fret)	
	10 410 km (avec 150 t de fret)	
Rayon d'action à pleine charge	11 112 km (avec 30 t de fret)	
Poids à vide	277 t	252 t
Charge payante maximale	84 t	158 t
Poids maximum au décollage	560 t	590 t
Poids maximum à l'atterrissement	386 t	427 t
Carburant (maximum)	310 000 l	310 000 l
Poussée unitaire des réacteurs	32 t	34,7 t
Longueur de la piste de décollage	< 3000 m	< 3550 m
Altitude initiale de croisière	FL350 (I)	FL330 (II)
Vitesse de croisière économique	M0,85÷0,89 (III)	M0,85÷0,88 (IV)
Plafond pratique	FL430 (V)	FL430 (V)
Vitesse d'approche	< 268 km/h	< 278 km/h

I Niveau de vol 350, soit environ 10 700 m

II Niveau de vol 330, soit environ 10 050 m

III Mach 0,85 à 0,89, soit environ 880 à 920 km/h

IV Mach 0,85 à 0,88, soit environ 880 à 910 km/h

V Niveau de vol 430, soit environ 13 100 m

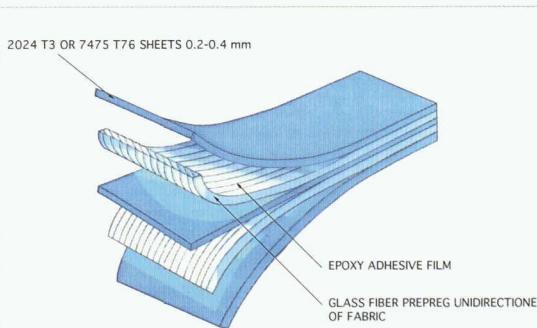
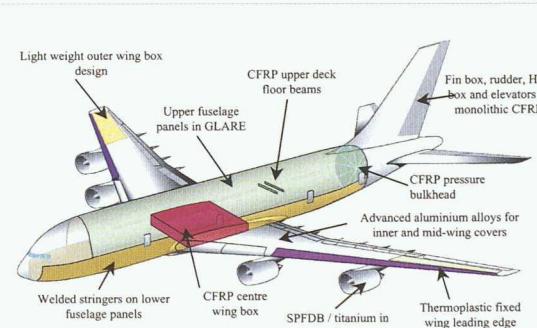
Tableau I: Performances de l'Airbus A380

Fig. 8: Répartition des matériaux sur les parties externes de l'avion.

Depuis le lancement de l'Airbus A320, la part de composites et de nouveaux alliages a encore augmenté. En blanc, les parties en aluminium et alliages d'aluminium traditionnels, en vert, les composites (CFRP: carbon fiber reinforced plastic; GFRP: glassfiber reinforced plastic, aramid reinforced plastic), en orange, l'acier et le titane. Apparaîtront dans l'Airbus A380, le glare, composite, et de nouveaux alliages Al-Mg-Sc et Al-Mg-Si. (Document Airbus).

le premier vol est prévu pour le quatrième trimestre de la même année. L'homologation devrait être achevée au début de 2006 et la première mise en service suivre au deuxième trimestre.

Au fur et à mesure de cette progression, d'autres commandes interviendront certainement, confirmant le bien-fondé du formidable défi industriel lancé par *Airbus Industries*.



L'AIRBUS A380 ET L'APRÈS 11 SEPTEMBRE

Les récents événements ont bouleversé le transport aérien. Au moins à court terme, les prévisions de trafic, donc de croissance de la flotte des compagnies, ont été révisées à la baisse. Toutefois, les flux commerciaux sur de grandes distances (10 000 km et plus), par exemple trans-pacifiques, continueront de croître, les liens internationaux étant aujourd'hui trop étroits pour être rompus. Contrairement aux liaisons court et moyen-courrier, il n'existe - ni pour les voyageurs, ni pour les biens - de substituts terrestres, fluviaux ou maritimes aux lignes aériennes long-courrier.

Compte tenu notamment de l'introduction de couvre-feux nocturnes, l'encombrement du ciel autour des «hubs» aéroportuaires impose de limiter le nombre de mouvements, en recourant par exemple à de plus grands avions. La demande pour les années 2000-2019 de très grands avions («Very Large Aircraft»), soit *Boeing 747* des versions récentes et A380, est estimée à plus de 1500 unités par *Airbus*, qui en convoite une part de 50%.

Les estimations de trafic sont basées sur une croissance annuelle de 5%, soit un doublement tous les vingt ans environ. Au vu du poids géopolitique du commerce et de l'industrie, on peut penser que ce chiffre reste valable pour les longues distances.

Fig. 9: Le glare, un composite multicouche à base de fibres de verres, d'époxy et de fibres d'aluminium utilisé sur les panneaux supérieurs du fuselage (Document Daimler Chrysler Aerospace Airbus)

Fig. 10: Mise en production industrielle du glare: un cadre de porte d'avion, de 7,7 sur 3,5 mètres (Photo Daimler Chrysler Aerospace Airbus)

Fig. 11: Le soudage par rayon laser (Laser Beam Welding), facilement automatisable, ne nécessite pas d'apport de matière (joint, rivets) et permettra une avance de dix mètres minute. Cette technique ne modifie que peu la microstructure. (Photo Airbus)

PLUS DE COMPOSITES ET DES ALLIAGES INÉDITS POUR LE NOUVEL AIRBUS

Par leur impact décisif sur le poids final de l'avion et sa sécurité, les nouveaux alliages et composites focalisent une part importante des efforts de recherche. D'autant plus que leur développement accompagne, en la favorisant, la mise en place de procédés d'assemblage novateurs. Et il aura fallu, pour certains alliages, plus de dix ans de recherche et tests en laboratoire avant d'atteindre la maturité industrielle. Comme dans d'autres domaines, la part dévolue à l'aluminium et à ses alliages traditionnels diminue sensiblement passant, sur les cinq dernières générations d'Airbus de 80% à 50%, au profit notamment de matériaux composites qui, partis de 3% atteignent aujourd'hui les 20%, et de nouveaux alliages d'aluminium (fig. 8). Si les matériaux classiques demeurent la base du fuselage et des ailes, ces dernières s'étoffent de fibres de carbone qui leur assurent, en plus de leur légèreté - à la clé, un gain de charge d'une tonne et demie -, une rigidité accrue. Pour l'empennage, le gouvernail, les stabilisateurs et la cloison pressurisée du pont supérieur également, une construction monolithique en composite renforcé de fibres de carbone a été retenue. Des alliages modernes, où interviennent du silicium ou du scandium (AL-Mg-Si ou Al-Mg-Sc) sont mis en œuvre pour les bords d'attaque des ailes.

A cause de sa grande résistance à la fatigue, le glare, composite à base de fibres de verre orientées à 0° et 90°, d'époxy et d'alliage d'aluminium, est mis en œuvre dans des composants fortement sollicités: raccord entre sections du fuselage ou pour remplacer des pièces en titane. A la fois plus ductile et plus résistant, ce matériau promet un excellent comportement et un faible taux de propagation de fissures. De

plus, il possède des vertus ignifuges et favorise une réduction de poids (10% moins dense que les alliages d'aluminium) et de bruit mais son prix reste très élevé et sa mise en œuvre difficile (fig. 9 & 10).

De nouveaux alliages aluminium font l'objet de recherches intenses. Le choix se porte naturellement sur des métaux extrêmement légers comme le lithium (gain de densité de 5%), et le scandium, dont on attend de plus une sécurité améliorée, soit une propagation diminuée des fissures et une plus grande résistance à la fatigue. Là également, le gain de poids s'accompagne de contraintes économiques, à la construction. En revanche, sur le long terme, les frais de maintenance devraient diminuer de façon sensible.

Procédés de fabrication

Parallèlement à l'utilisation de nouveaux alliages, les techniques de mise en œuvre ont, elles aussi, évolué: des procédés de soudage, brasage et extrusion apparaissent désormais pour assembler des pièces d'aluminium formant la peau du fuselage aux structures internes. La conception s'en trouve modifiée, nombre d'éléments à assembler disparaissant au profit de structures intégrées. Ainsi, le rivetage de pièces est remplacé par du soudage au laser. Au gain de temps - une avance au rythme de dix mètres par minute est attendue - s'ajoute la possibilité d'automatisation de cette technologie, sa facilité de mise en œuvre et une plus grande résistance à la corrosion (fig. 11). De grands panneaux de 1,6 à 15 mm d'épaisseur sont soudés dans des conditions particulièrement ergonomiques: sans bruit, sans fumée, sans gaz. Le procédé

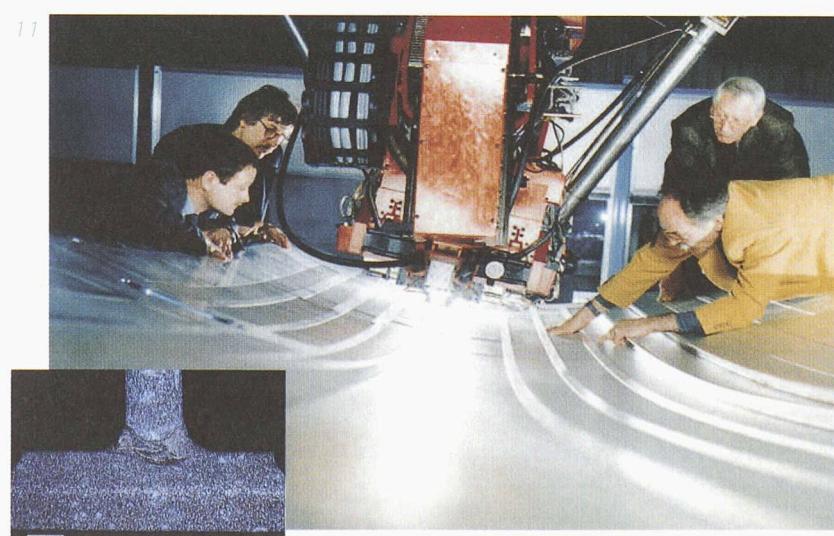
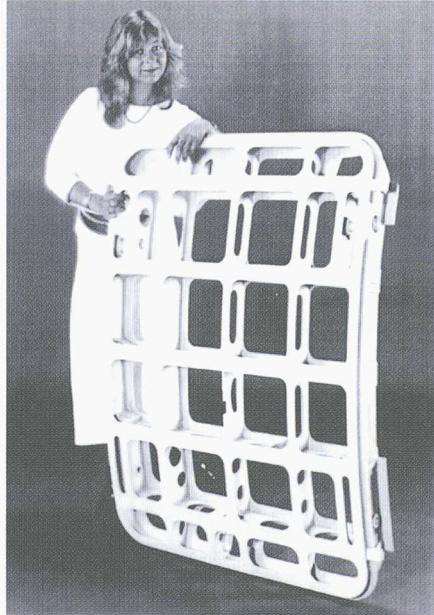


Fig. 12: Les portes du nouvel Airbus seront coulées
(Photo Daimler Chrysler Aerospace Airbus)

Fig. 13: Provenance des différents sous-ensembles de l'avion (Schéma Airbus)

12



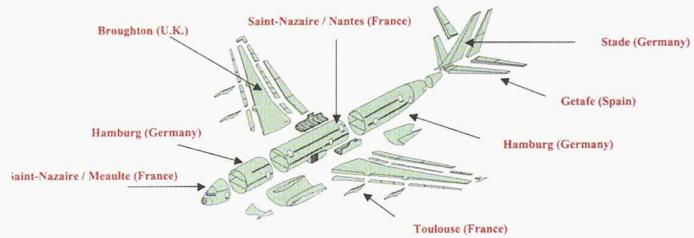
13

- A3XX - A proven industrial concept

The Build Concept for the A3XX relies on proven Airbus centres of excellence.

Complete aircraft sections with maximum equipping will be delivered to the Final Assembly Line :

- complete fuselage sections
- complete wing boxes (left & right)
- horizontal tailplane and vertical fin



en lui-même n'est pas inconnu, mais son application à des alliages d'aluminium est pour le moins inédite. Pour l'heure des lasers au CO₂ ont été testés; à l'avenir l'intérêt se portera également sur des lasers Nd-YAG. Les soudures offrent d'excellentes propriétés mécaniques, peu de distorsion ou de modification de la microstructure. Une restriction toutefois: ce système s'applique à des pièces simples. Les retombées sur les coûts de construction se chiffrent à près de 15% grâce à une réduction des étapes de production, de la matière ajoutée et du poids final de la pièce assemblée.

D'autres techniques traditionnelles sont poussées à leurs limites étant donné la taille énorme des pièces à produire. De larges panneaux, des pièces de la cabine par exemple, sont produits par l'extrusion d'un cylindre de trois mètres de diamètre, qui est ensuite coupé et redressé. Les techniques de coulée ont fortement évolué afin de remplir les critères de résistance et de reproductibilité du processus, comme le montrent les portes passagers de l'Airbus A380 (fig. 12).

Provenance des pièces

L'industrie aéronautique européenne étant répartie entre plusieurs pays, le suivi de la construction demande d'excellents outils de gestion et une coordination étroite. L'assemblage final des pièces a lieu à Toulouse.

L'acheminement de sous-ensembles aux dimensions importantes de différents points d'Europe pose des problèmes tant logistiques qu'écologiques. Les ailes restent la spécialité des Britanniques et seront produites à Broughton, tandis que les

principales sections du fuselage viendront de Hambourg, les caissons centraux et pointes avant, de Nantes, St-Nazaire et Méaulte, les empennages horizontaux d'Espagne avec, à choix, des moteurs européens ou américains (fig. 13). Si les pièces acheminées par voie maritime d'Angleterre et d'Allemagne peuvent remonter l'estuaire de la Gironde, reste le dernier relais vers Toulouse, par la route, qui pose des problèmes délicats: la hauteur des chargements ne permettant pas le passage sous les ponts autoroutiers, des routes campagnardes vont être réaménagées sur 250 km, au grand dam des riverains et agriculteurs concernés. Il n'existe actuellement pas d'alternative à la route sur ce dernier tronçon; les charges, allant jusqu'à vingt tonnes, interdisent le transport par hélicoptère et aucun dirigeable fiable n'est encore disponible.

Références

- KARL-HEINZ RENDIG: «Aluminium structures used in Airbus», Colloque en science des matériaux, 16 janvier 2001, EPFL
KARL-HEINZ RENDIG: «Aluminium structures used in Airbus: Status and Prospect», Daimler Benz Aerospace Airbus, Bremen, 1996