

Avertissement

Cette présentation est un hommage personnel à Lucien SERVANTY, Ingénieur DPE Aéronautique CNAM de Paris, 1943, mon mentor, « père spirituel » du Concorde, à propos duquel il n'existe aucune biographie, ce que déplorait André TURCAT, avec lequel il eut une collaboration étroite (Voir diapositive 18 et Sitographie 1).

« On volait plus vite au siècle dernier que de nos jours ! »

« Concorde ou l'Histoire d'un MYTHE »

Concorde surnommé « le pointu » en raison de son nez basculant, reste à ce jour le seul avion commercial supersonique.

« Concorde c'est 100 passagers dans une balle de fusil! »

Développé en coopération entre la France et le Royaume-Uni, exploité pendant 30 années par Air France et British Airway.

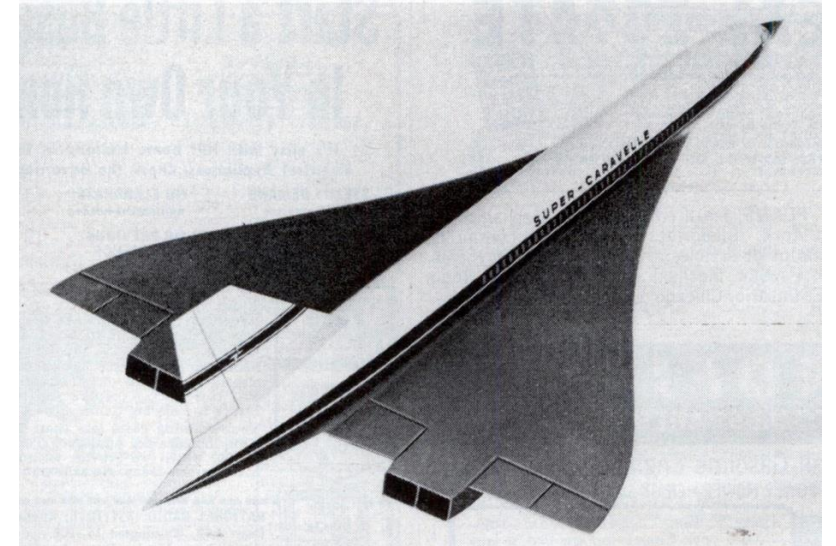


2000 km/h

Concorde à M2.02 Avril 1985 par Adrian Meredith depuis un chasseur Tornado de la Royal Air Force (RAF). Le rendez-vous aurait duré 4 minutes au dessus de la mer d'Irlande...

Genèse du Supersonique

- 1956 : l' « Advisory Committee (GB) » réfléchit à ce que pourrait être un avion de transport supersonique.
- 27/11/59: programme STAé pour un supersonique civil moyen-courrier (80 pl, 3.500 km)
- début 60: projets Nord Aviation, Sud II & III, Dassault (Mirage IV allongé!)
- 30/03/60 : accord Sud/Dassault pour la Super Caravelle
- 10/61 : Sud Super Caravelle retenue
- 29/11/62 : accord F-GB sur Concorde 100 pl (moyen-courrier 100 t. français, long courrier 119 t britannique).
- 1964: l'équipe de Lucien SERVANTY entreprend un travail de recherches préalables sur le sujet avec pour aboutissement la **Super Caravelle SE210 10B3**



**Super Caravelle
SE210 10B3**

De « Concord » à «Concorde»

Si le projet de Super Caravelle supersonique n'a jamais vu le jour, il a finalement abouti au Concorde (TSS = Transport Super Sonique) , synthèse entre la Super-Caravelle et le Bristol 223, fruit de la coopération entre :

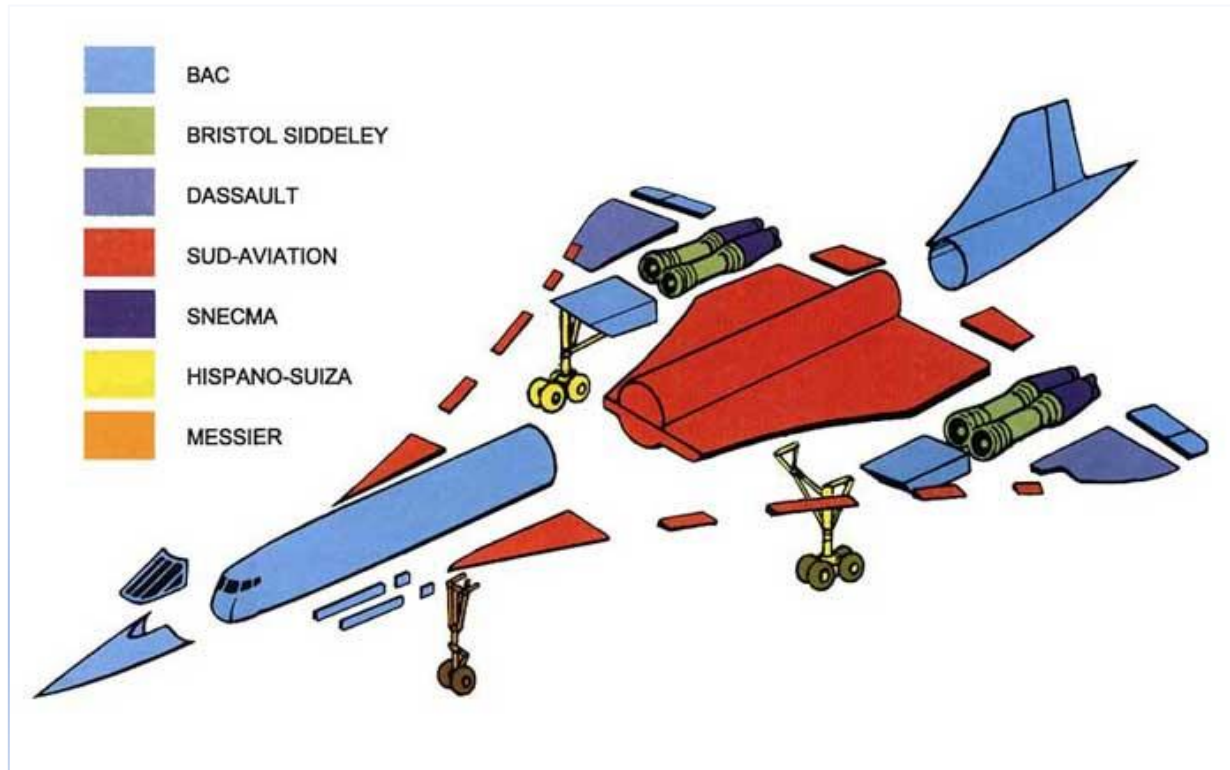
- SUD-AVIATION Toulouse (*), équipe de Lucien SERVANTY,
- BAC Filton, équipe du Docteur Bill STRANG, homologue britannique de Lucien SERVANTY.



() 1^{er} janvier 1970, NORD-AVIATION et la SEREB fusionnent pour donner naissance à la SNIAS qui deviendra Aerospatiale SNI et la même année est créé le GIE Franco-Allemand AIRBUS, que rejoindront plus tard la Grande-Bretagne et l'Espagne / mars 1978, sous la Présidence de François MITTERRAND, le nom Aerospatiale SNI est simplifié en « aerospatiale » et c'est avec ce nom qu'elle acquiert une notoriété internationale.*

« Le plus fabuleux aéronef créé à ce jour doit essentiellement le dessin de son fuselage et de sa voilure à Lucien SERVANTY »

Répartition entre industriels



Cellule

- 60% Sud-Aviation
- 40% BAC

Propulsion (prototype)

- 2/3 BSEL
- 1/3 SNECMA

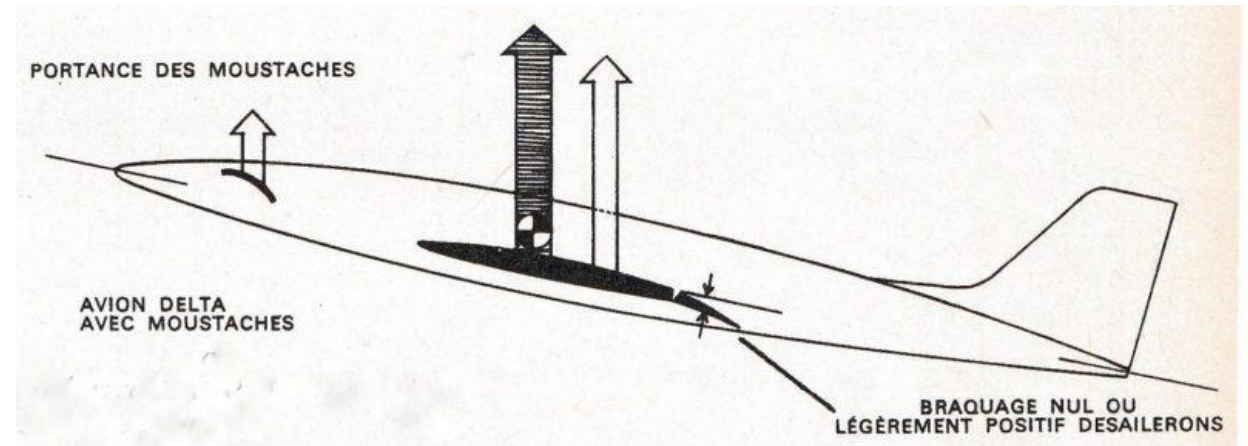
La coopération entre les 2 leaders du programme SUD-AVIATION & BAC fut exemplaire bien que SERVANTY ne parlait pas l'Anglais. Les gouvernements de la France et de la Grande Bretagne décident de partager les coûts (et les profits) dans ce projet commun, ce qui provoque la démission de Georges HEREIL. Lui succède à la tête de SUD-AVIATION le général André PUGET (1911-1973).

Principaux défis technologiques

- 1) Profil, voilure, petites moustaches
- 2) Les matériaux (AU2GN) et le bilan de masse
- 3) Refroidissement du fuselage
- 4) Visibilité de la piste du cockpit
- 5) Les essais au sol / le Roll-Out
- 6) Les commandes de vol électriques
- 7) Le mini-manche
- 8) Le machmètre / “Mur du son” et “Cône de Mach”
- 9) Les moteurs
- 10) Le recentrage de l’appareil entre subsonique-supersonique

1) Profil, voilure et moustaches

- Le profil d'aile supersonique est « delta néogothique».
- La voilure est tracée et préparée au sol par des opératrices à genoux.
- Les petites moustaches (utiles à basse vitesse)



Les petites « moustaches » placées à l'avant, et escamotables dès qu'elles ne sont plus utiles, fournissent une solution élégante au problème du vol à basse vitesse. Les élévons peuvent rester en ligne avec le profil de l'aile, ou même être braqués positivement. La portance de l'aile est alors meilleure et celle des "moustaches" bien que faible (leur surface est réduite) s'y ajoute. (Cf. : Sitographie 2)

2) Les matériaux et le bilan de masse

Vaincre le mur de la chaleur en utilisant un matériau réfractaire « léger » et « résistant » : l'AU2GN. Les pièces sont soit usinées dans la masse par fraisage, soit laminées.

Températures à tenir à Mach 2.2 :

- pointe du nez = + 180°C / + 453K
- bord d'attaque de la voilure = + 155°C / + 428K
- fuselage et bord de fuite = + 140°C / +413K
- surfaces extérieures = +110°C / +383K

P.M. 0K = -273°C

Masse maxi totale = 115 tonnes dont 50% de carburant sur la base d'un avion de dimensions:

- Longueur initiale = 51,5m; finale = 62,13m
- Envergure initiale = 21,44m; finale = 25,56m

3) Régulation de la température de cabine

Les conditions sont différentes en supersonique du fait de l'élévation de la température de peau qui peut atteindre, dans les cas extrêmes, $+110^{\circ}\text{C}$ / $+383\text{K}$ à Mach 2 en croisière et de l'altitude de croisière plus élevée (environ 60000 pieds # 18000m) ce qui donne des pressions différentielles plus élevées. Ces problèmes sont relativement simples et le conditionnement d'air de Concorde a été conçu sur des principes de conception classique ayant fait leur preuve, en prenant compte de ces différences.

En domaine de vol subsonique, il faut réchauffer la cabine, par contre, en supersonique il faut la refroidir. Or le refroidissement de l'air prélevé sur les moteurs par des échangeurs classiques AIR - AIR n'est plus suffisant. Les ingénieurs vont donc faire appel à un échangeur thermique disponible : celui du circuit carburant le kérosène jouant le rôle de caloporteur.

4) Visibilité de la piste du cockpit

Nez basculant avec un angle d'incidence de $12,5^\circ$ au sol (atterrissage, décollage) de 5° (roulage et décollage) de 0° (en vol) ce concept ayant lourdement pesé sur le coût du programme. Renforcement de la sécurité par une double verrière en vol, le nez, qui aurait été inspiré par biomimétisme du bec du Fou de Bassan (à droite, ci-contre), s'alignant parfaitement avec le fuselage. (Cf. : *Sitographie 3*)



5) Les essais au sol / Le Roll-Out

- Les essais aérodynamiques eurent lieu à la soufflerie de l'ONERA sous la responsabilité de l'équipe de Philippe POISSON-QUINTON.
- Les essais statiques de vibrations se déroulèrent quant à eux au CEAT (Centre d'Essais Aéronautiques Toulousain) à partir de 1967.
- Les essais dynamiques se déroulèrent au REF (Royal Establishment de Farnborough en Angleterre).



Roll-out du F-WTSS le 11 Décembre 1967 à Toulouse en présence des responsables des essais en vol, André TURCAT et Brian TRUBSHAW. Ce jour-là les Anglais acceptent le « E » final de Concorde qui devient Concorde

6) Les commandes de vol électriques

- En 1978, la SNIAS obtient le financement de 10 heures d'essais sur Concorde, pour l'équiper d'un « minimanche », histoire de voir la réaction du pilote. En effet, tant qu'il fallait actionner des câbles, les pilotes avaient besoin d'un grand manche avec un débattement important...mais avec les **CDVE**, le manche devient un simple potentiomètre, et plus rien ne justifie le grand volant de direction.

Les essais sont concluants et l'Aérospatiale renouvellera l'expérience en 1982 sur l'Airbus A300B2 n°3. Il ne s'agit pas, à proprement parler, de commandes de vol électroniques, car l'expérience est faite en bouclant le « minimanche » sur le pilote automatique, ce qui permet de piloter l'avion via le manche. La SNIAS s'est inspirée d'une expérience déjà faite par l'USF sur un B-47E modifié, avec un « minimanche » en tangage uniquement, entre 1967 et 1969.

7) Le mini-manche



8.1) Le machmètre



Vitesse du son $a = a_0 \sqrt{T / T_0}$

$a_0 = 340 \text{ m/s}$ à 15°C soit 288°K au niveau du sol

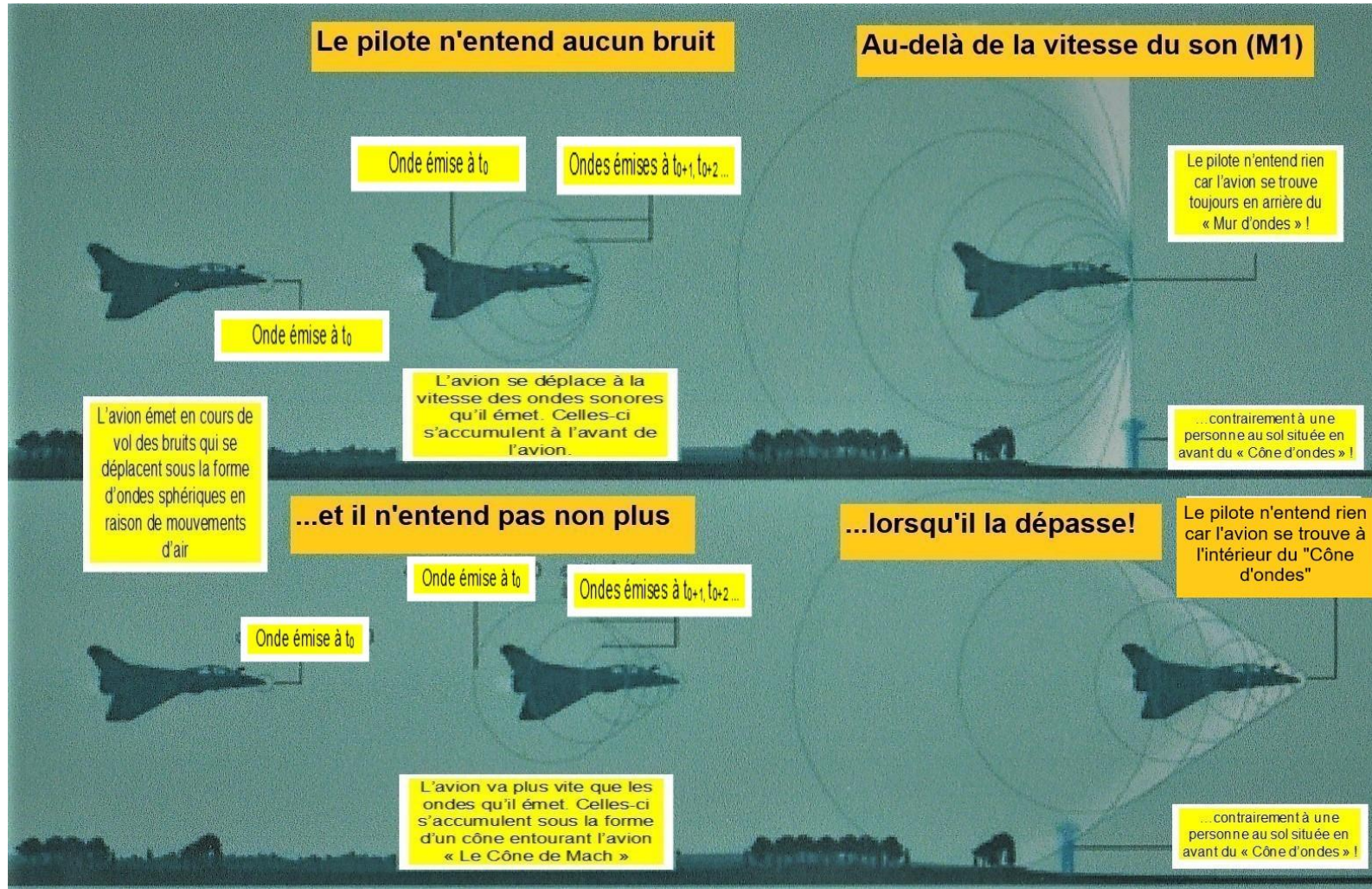
$a = 340 \sqrt{T / 288}$ soit $a \approx 20 \sqrt{T}$

A 11000 m la température atteint $-56,5^\circ\text{C} / 216\text{K}$ se stabilise jusqu'à 20000 m. Elle augmente à nouveau au-delà. La couche d'Ozone se trouve entre 20 et 40km. La vitesse du son est alors de 294 m/s ce qui correspond à $M_2 = 2122 \text{ km/h}$

Mach 2.01, soit $\approx 2122 \text{ km/h}$. C'est la vitesse d'une balle de fusil mais aussi celle de Concorde en croisière supersonique.

Durant le vol, le machmètre subit de légères variations, le nombre de Mach M étant une vitesse relative (rapport entre la vitesse de l'avion et celle du son dans l'air qui l'entoure)

8.2) « Mur du son » et « Cône de Mach » »



9) Les Moteurs

- Choix de 4 turboréacteurs Rolls-Royce SNECMA Olympus 593-610 délivrant une poussée totale de 677 KN.
- Problème des entrées d'air sous les ailes pour ralentir le débit d'air.
- Inconvénient : moteurs jumelés 2 par 2.
- Des tuyères à diamètres variables pour maintenir l'avion en supersonique mais aussi pour le freiner.
- Inverseurs de poussée permettant de freiner l'appareil à l'atterrissage.

Post-Combustion (*), agissant comme un moteur d'appoint.

() Une fois l'air expulsé des turbines, la température étant encore très élevée, il suffit de réinjecter du kérosène pour générer une explosion continue. Ce processus engendre une poussée additionnelle d'environ 25 à 40 % avec une consommation supplémentaire pouvant atteindre 200 %. Concorde fut le seul avion commercial à être équipé de moteurs avec Post-Combustion. Pour des raisons de consommation, la PC n'était utilisée qu'en phase de décollage et pour passer à la vitesse du son. Cela permettait à Concorde de voler à 60.000 pieds et à M2 !*

10) Le recentrage de l'appareil entre subsonique-supersonique

En régime supersonique un avion a tendance à « piquer » et à être « hyperstable ». Le passage du régime subsonique au régime supersonique entraîne le recul du centre de portance que l'on compense par un recul du centre de gravité en transférant au moyen de pompes le carburant de l'avant vers l'arrière.

2/3 du kérosène sont contenus dans les réservoirs situés dans les ailes et 1/3 dans les 2 réservoirs complémentaires situés le 1^{er} à l'avant de l'appareil, le 2nd à l'arrière du fuselage.

En phase ascensionnelle le kérosène est transféré automatiquement de l'avant vers les réservoirs d'aile et de queue ce qui a pour effet de faire reculer simultanément les Centres de Gravité et de Portance.

L'inconvénient de ce dispositif, utilisé avec succès sur le Mirage IV de DASSAULT, est qu'il entraîne inévitablement un problème d'encombrement et une augmentation de masse dus au dispositif de pompage.

Lucien SERVANTY & André TURCAT

« *Une collaboration étroite* »



André TURCAT, sitôt le programme Super Caravelle/Concorde mis sur les rails fin 1962, s'implique dans le développement de cet appareil novateur, ce qui le conduit à travailler avec Lucien SERVANTY, responsable français du programme. Ils tissent des liens étroits qui, à aucun moment, ne seront compliqués par le caractère réputé difficile de SERVANTY. Tout au contraire, des relations faites de respect mutuel s'établissent rapidement entre les deux hommes.

1^{er} Vol de Concorde



1^{er} vol d'essai du prototype Concorde 001F-WTSS
Cf. : Sitographie 4

- Le 02/03/1969, 1^{er} vol du Concorde 001, aux commandes André TURCAT, assisté de Jacques GUIGNARD (copilote), Henri PERRIER (Ingénieur naviguant) et Michel RETIF (Mécanicien naviguant), doté de 4 turboréacteurs Rolls-Royce SNECMA Olympus 593-610 délivrant une poussée totale de 677 KN.
- Le 09/04/1969: 1^{er} vol du Concorde 002 (BAC)
- Le 1^{er} octobre 1969, aux commandes Jean PINET, 1^{er} vol supersonique (1h59 dont 9 min en supersonique).
- Le 26/09/1973 1^{ère} traversée de l'Atlantique Nord en 3h26, dont 2h54 en supersonique. Washington-Orly

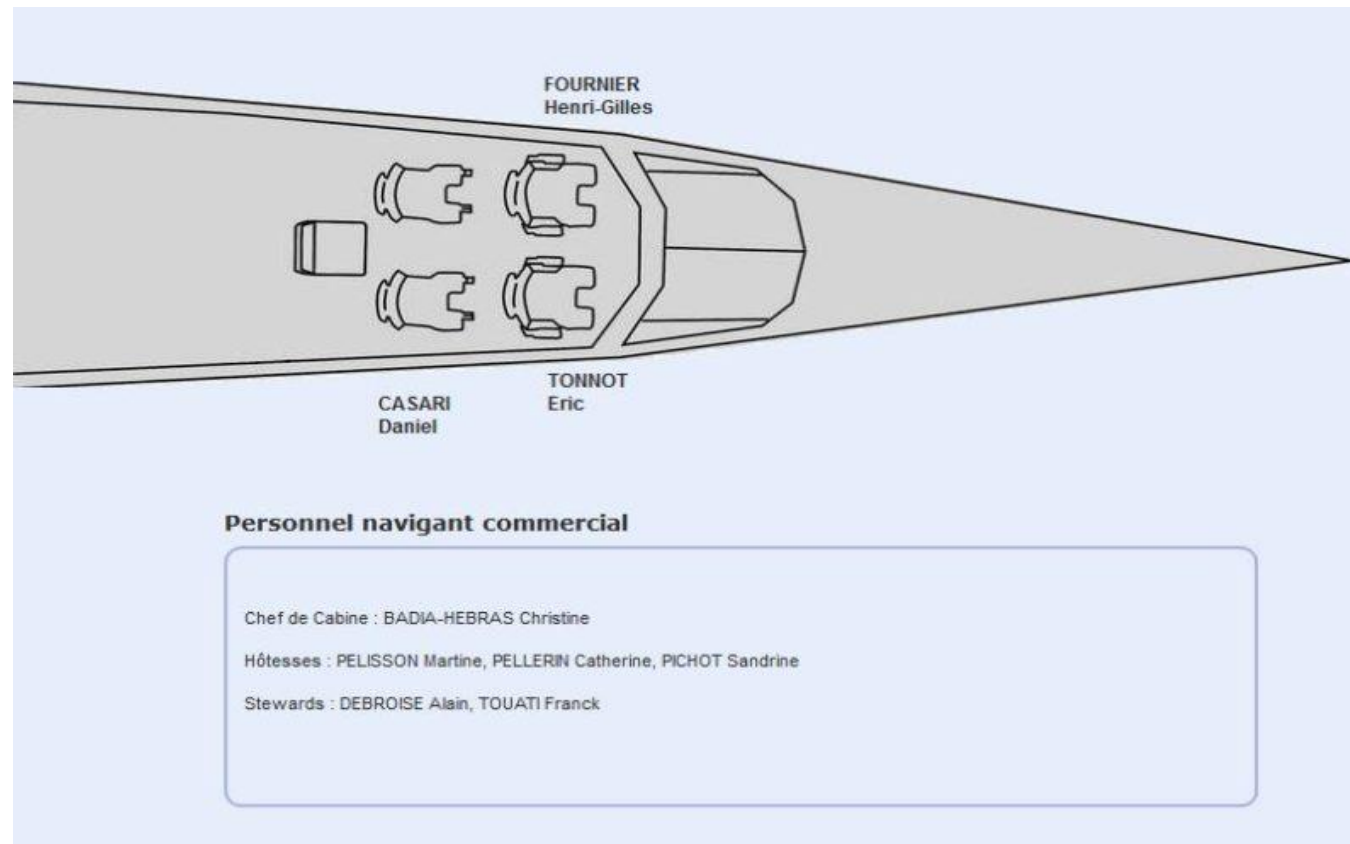
Inventaire des 20 Concorde fabriqués

Avion type	Référence	Des protos aux vols commerciaux
Prototype	001F-WTSS	Proto français le 1 ^{er} à avoir volé le 2/03/1969
	002G-BSST	Proto anglais – 1 ^{er} vol le 9/04/1969
Présérie	101G-AXDN	Préprod anglais – Record de traversée de l'Atlantique Nord
	102F-WTSA	Préprod français – 1 ^{er} vol vers Dallas - USA le 20/09/1973 aux couleurs AF et BAc
Test	201F-WTSB	Tests F phases finales, certification, training, jamais pour des vols commerciaux
	202G-BBDG	Tests GB phases finales, certification, training, jamais pour des vols commerciaux
Série Français (7)	203F-BTSC/205F-BVFA/207F-BVFB/209F-BVFC/211F-BVFD/213F-BTSD/215F-BVFF	
Série Anglais (7)	204G-BOAC /206G-BOAA/208G-BOAB/210G-BOAD/212G-BOAE/214G-BOAG/216G-BOAF	

Dernier vol du Concorde anglais 216G-BOAF 26/11/2003 – Heaththrox-Filton



Equipage du dernier vol du Concorde Français 209F-BVFC Fox Charlie 27/06/2003 Vol AF 6903 Roissy CDG-Toulouse Blagnac



Crash d'un MYTHE

Après 30 années d'exploitation commerciale sans accident corporel par les compagnies aériennes Air France et British Airways le crash du Concorde F-BTSC d'Air France, Vol AFR 4590, fait 113 victimes le 25 juillet 2000 à 14h45 à Gonesse (Val d'Oise) juste après son décollage de Roissy avec 109 personnes à bord dont 9 membres d'équipage et 4 victimes au sol, l'appareil s'étant écrasé sur l'hôtel Hôtelissimo le détruisant totalement. (Cf.: Sitographie 8)

Selon le BEA (organisme officiel responsable des enquêtes techniques sur les accidents d'avions) et les experts judiciaires, l'accident a été provoqué par une lamelle de titane, perdue par un DC10 de Continental Airlines qui avait décollé de l'aéroport de Roissy quelques minutes avant le Concorde d'Air France.

Le moteur 2 sous l'aile gauche prit feu alors que les réservoirs étaient pleins à ras bord = 94,8 t de kérosène. Ce sont probablement des impacts de débris (4kg pour le plus gros) provenant de l'éclatement d'un pneu à grande vitesse de roulage qui auraient provoqué une onde de choc qui, en raison de l'absence d'air au-dessus du niveau du réservoir, n'aurait pu se dissiper, provoquant une faiblesse dans celui-ci et son éclatement. (Les expertises mirent en évidence une ouverture du réservoir de l'intérieur vers l'extérieur). L'appareil prend feu. Dans cette phase de vol, impossible à l'équipage de tenter quoi que ce soit.

2001 aurait pu être l'année de la reprise des vols commerciaux, avec des pneumatiques Michelin. Mais il n'en a rien été.

Projets initiaux ATSF et AGV



L'ATSF Avion de Transport Supersonique du Futur

Longueur = 76 m / Envergure = 42,6 m

Masse décollage = 220 t

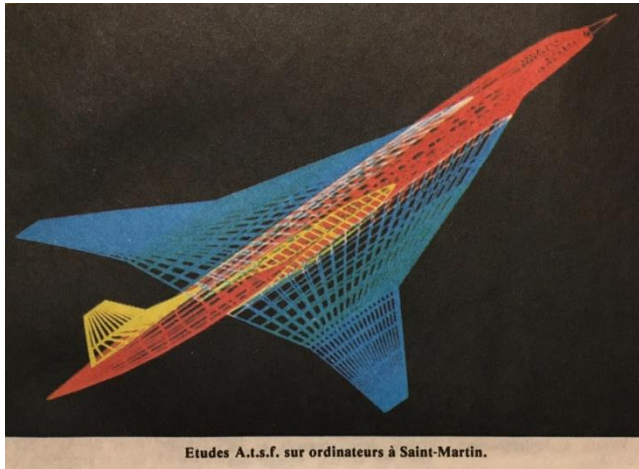
Voilure double delta = 500 m²

Motorisation = 4 turboréacteurs

Vitesse = M2 à M2,5

Capacité = 200 passagers

Rayon d'action > 10000 km



L'AGV / Avion Grande Vitesse

Longueur = 72m / Envergure = 32m

Capacité = 150 passagers

Motorisation = 4 à 6 turboréacteurs

Capacité = 150 passagers

Bibliographie (extrait)

- « Quand la France rêvait du Ciel » documentaire de Philippe BARON présenté sur FR3 Centre le 11 novembre 2016 pour le 70^{ème} anniversaire du 1^{er} vol du 1^{er} avion à réaction français (Le SO6000)
- Science & Vie M05416 de décembre 2016, hors-série « 50 ANS DU CONCORDE »
- La Dépêche du Midi, édition spéciale 2 mars 1989 « CONCORDE, 20 ANS DÉJÀ »
- 3AF Société Savante de l'Aéronautique et de l'Espace : 100 ans au service de l'Aéronautique Militaire et Civile d'Alain CHEVALIER du GT "Patrimoine"

Les supersoniques du futur

- Le crash du MYTHE Concorde à la charnière des XXème et XXIème siècles a donné un brutal coup d'arrêt au transport supersonique commercial!
- Mais les avionneurs n'ont pas jeté l'éponge et planchent sur des projets de supersoniques (Entre M1 et M3), voire hypersoniques (Au-delà de M5), rivalisant d'innovation qui sont prêts à relever le flambeau, dans des versions plus rapides et plus respectueuses de l'environnement notamment coté pollution sonore et motorisation!
- *Cf.: Sitographie 9 et diapos 28 à 34*

Pour résoudre les nuisances sonores provoquées par le franchissement du mur du son, il est envisagé de placer les moteurs au-dessus de la voilure de l'avion. Le bang sonore serait avec cette innovation architecturale du niveau d'un claquement de portière de voiture !!!

Sitographie

1. Lucien SERVANTY, l'homme qui avait des avions dans la tête
[https://www.tvlocale.fr/img/journal/317/20190117_SERVANTY-CONCORDE\(1\).pdf](https://www.tvlocale.fr/img/journal/317/20190117_SERVANTY-CONCORDE(1).pdf)
2. Les moustaches de Concorde <http://cap-avenir-concorde.fr/les-dossiers-de-presse/sciences-avenir-septembre-1969-les-moustaches-de-concorde>
3. Nez du Concorde <https://urlz.fr/fCMS>
4. Premier vol du concorde du 2 mars 1969 <https://www.facebook.com/watch/?v=808975659455193>
5. Revue technique du Concorde avec Dominique <https://faq-fra.aviatechno.net/dom/dominique2.php>
6. Dernier vol <https://concorde-bvfc.fr/index.php/lhistoire-du-bfvc/le-dernier-vol/>
7. ATSF & AGF <https://www.ina.fr/video/CAB90017439>
8. Crash du Concorde <https://urlr.me/C2GQL>
9. Supersonique du futur <https://www.ina.fr/video/CAB99009763>

Projet BOEING, inspiré d'un drone militaire



Avion de ligne hypersonique (M5 # 6000km/h) propulsé par une combinaison de 2 turboréacteurs (de M1 à M3) relayés par un statoréacteur de M3 à M5.

L'HyperStar de Hypermach Aerospace Industrie USA



*Jet d'affaire 20 places de la Sté USA Hypermach Aerospace Industrie créée en 2008- M3,6-11000Km
Moteurs H-Magjet 4400 hybrides (Electricité-Kérosène) placés au-dessus de la voilure, de nouvelle génération (-
30% de consommation carburant / Concorde). Moteur révolutionnaire doté de supraconducteurs (génération de
bord électrique et création d'un champ électromagnétique réduisant la traînée et le bruit.*

Avion supersonique de la NASA The « Quiet Super Sonic Technology »



Le X-59-QueSST en cours d'assemblage chez Lockheed Martin (Connu pour ses avions de chasse F-16 / F-22 / F-35). 1^{er} vol avec pilote annoncé pour 2021. Ce démonstrateur sera capable de franchir le mur du son en réduisant très fortement le bang supersonique. Remarquer la position du réacteur au-dessus de la voilure (celle-ci jouant le rôle d'écran acoustique)

Le XB-1, « Baby Boom » Concorde de taille réduite



Le XB-1 « sera l'avion de ligne supersonique **le plus rapide et le plus durable**, volant 2X plus vite que n'importe quel avion commercial d'aujourd'hui », selon Boom Technology. Il permettra à BT de perfectionner sa conception et son ingénierie en testant les technologies supersoniques clés et d'assurer le meilleur compromis « Efficacité-Sécurité-Fiabilité » en vue d'une entrée en ligne à l'horizon 2023.

55 passagers à M2,2 / RA = 8300 km

3 turboréacteurs J85 General Electric

76 précommandes enregistrées par BB pour « **l'Overture** », nom commercial du XB-1, passées par 5 compagnies aériennes dont Virgin Atlantic (10 ex) et Japan Airline (20 ex).

L'AERION AS2, jet d'affaires transsonique



Projet de jet d'affaires d'un supersonique plus réaliste porté par la Société Américaine AERION en partenariat avec Lockheed Martin pour une entrée en ligne en 2025.

- 10 passagers / Vitesse M1,4 / RA = 10000 km*
- 3 turboréacteurs General Electric Affinity dérivés du CFM56, dont la conception s'est achevée en 2018.*
- Optimisation de l'écoulement d'air et de la traînée aérodynamique à haute vitesse par le choix d'une voilure biconvexe.*
- Quant au bang sonore, l'AS2 volerait en deçà du mur du son à M0,95 au-dessus des zones continentales estimant que le mur du son n'est déclenché qu'à partir de M1,2 selon la température à l'altitude de croisière et les vents.*

Le SPIKE S-512 de Spike Aerospace



Jet de luxe dont la Société Américaine SA a affirmé avoir terminé la conception et défini les spécifications supersoniques depuis 2013 pour un premier envol à l'horizon 2023.

- *12 à 18 sièges / M1,6 / RA = 11500 km*
- *Sans hublots remplacés par un écran panoramique*
- *Bang sonore réduit grâce à concept QSSFT perçu au sol comme un claquement discret.*

Le LABCAT A2, l'hypersonique de la démesure



Projet d'avion hypersonique M5 (au-delà de 6000km/h)

- *2 fois plus rapide et 2 fois plus long que Concorde / 300 passagers / RA > 20000 km (Paris-Tokio AR)*
- *Moteur (unique) nommé Scimitar, en cours de développement par le constructeur aéronautique britannique Reaction Engines, type moteur-fusée à hydrogène liquide capable de fonctionner à basse comme à haute vitesse équipé d'un échangeur thermique révolutionnaire à l'admission d'air, capable de réduire l'échauffement du fuselage dû aux frottements de l'air à grande vitesse de 1000 à 150°C en 1/100 de seconde...*

MERCI POUR VOTRE PARTICIPATION ATTENTIVE!

Un grand MERCI à celles et ceux qui, de près ou de loin, m'ont permis d'élaborer cette présentation en espérant d'avoir réussi à satisfaire leurs attentes et à susciter leur passion!

MERCI à INSA GR et à Alumni Insa Lyon pour l'organisation de cette visioconférence.

Que Concorde, reste pour nous ce que fut la rose pour le Petit Prince :

« Une part de rêve, la plus importante, celle pour laquelle on s'est donné de la peine! »

Edgard CHILLAUD - Chef de Division Concorde à Air France, Septembre 2001