

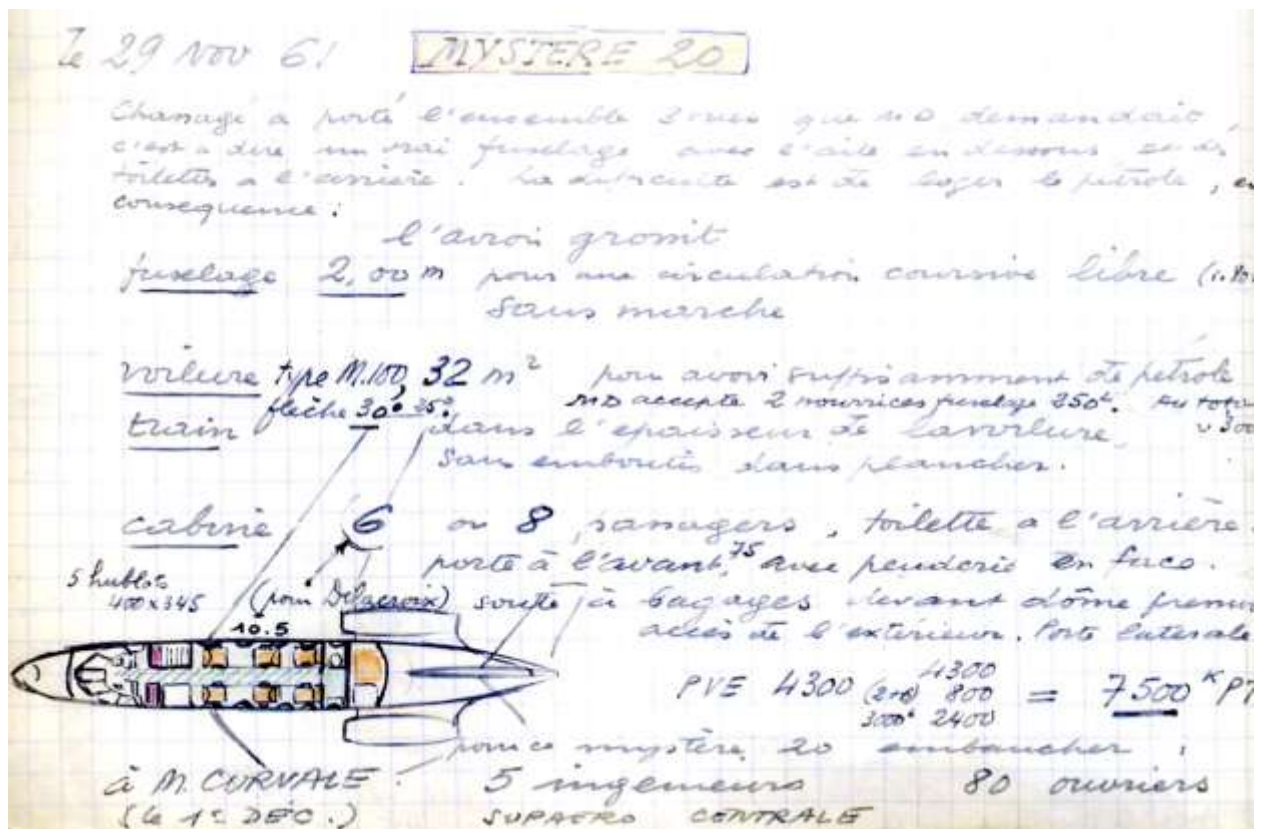


Le projet **DELIRE**
Développement par Equipe
de Livrables Informatiques
et Réalisation Encadrée

G8 – De grands succès 2



Un incunable



Le texte, de façon plus lisible, nous dit:

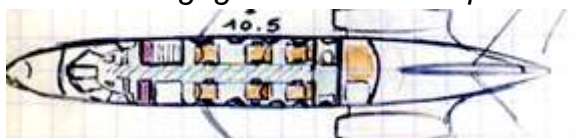
Le 29 nov 61 MYSTERE 20

Chassagne a porté l'ensemble 3 vues que MD demandait,

c'est à dire un vrai fuselage avec l'aile en dessous et des toilettes à l'arrière!

La difficulté est de loger le pétrole, en conséquence : l'avion grossit

- Fuselage : 2.00 m, pour une circulation coursoive libre (1.80 m) sans marche
- Voilure : type M.100, 32 m², pour avoir suffisamment de pétrole
- Flèche 30° 25% MD accepte 2 nourrices fuselage 250^L. Au total ~300^L
- Train : dans l'épaisseur de la voilure, sans emboutis dans plancher
- Cabine 6 ou 8 passagers, toilette à l'arrière, porte à l'avant⁷⁵ avec penderie en face
- 5 hublots 400*345 (Pour Delacroix)
- Soute à bagages devant dôme pression, accès de l'extérieur, porte latérale.



PVE (poids à vide) : 4300
2+6 (personnes) : 800
3000^L (Kérozène) : 2400
PT (Poids total) : 7500

A M. Curvale (le 1^{er} Déc.): pour ce mystère 20, embaucher 5 ingénieurs SUPAERO – CENTRALE et 80 ouvriers.



Ce qui est fascinant

1. Spécification fonctionnelle complète sur notre incunable (MD a lui-même l'idée de la porte-escalier latérale
2. Définition des contraintes
3. Dimensionnement de et choix des compétences
4. Il ne manque que le planning et les coûts prévisionnels pour faire le suivi de projet

1er vol du prototype à Mérignac: 04 mai 1963



Il a fallu moins d'un an et demi, à 5 jeunes ingénieurs pour concevoir et faire réaliser le prototype de cet avion

C'est néanmoins l'exemple à ne pas suivre. Le succès de cette avion est du à de la chance, non à une démarche d'ingénierie couvrant tous les aspects du problème.

Après la guerre

5. Le redémarrage est très lent, du fait de faibles stocks d'acier, et de priorité donnée à Renault pour la 4CV.
6. Au salon de 1948 est présentée la 2CV type A définitive
 - a. Pas de démarreur électrique : l'ajout en est décidé la veille de l'ouverture du salon de Paris.
 - b. Il faut alors ajouter une batterie à la 2CV mais cela se fait rapidement car les employés ont déjà étudié la question, comme pour beaucoup d'autres, en cachette du patron



Le Falcon 7X

« *Un bel avion est un avion qui vole bien* »
Marcel Bloch, dit Dassault

En 2001, DA se lance dans le projet Falcon 7X,
avec un planning ultra agressif

1. 2001: Annonce du programme
2. 2002: Création du plateau virtuel
3. 2003: Naissance du 7X
4. 2004: Assemblage final
5. 2005: Premier vol
6. 2006: Certification et livraison au client

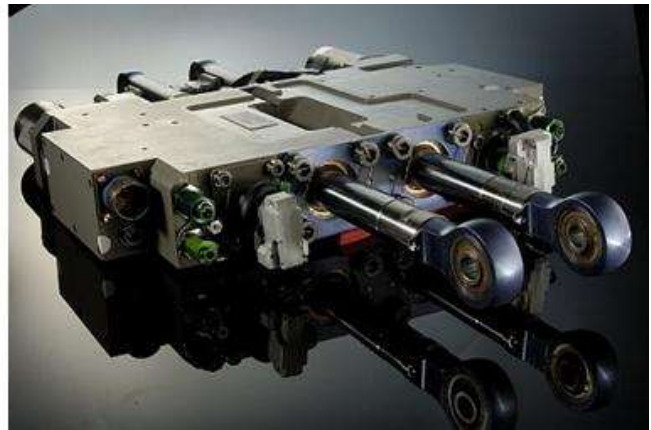


Rapidement, les principes du design sont figés, autour de 5 idées clé

1. Poste de pilotage exceptionnel



2. Tout électrique



3. Pilotage par stick



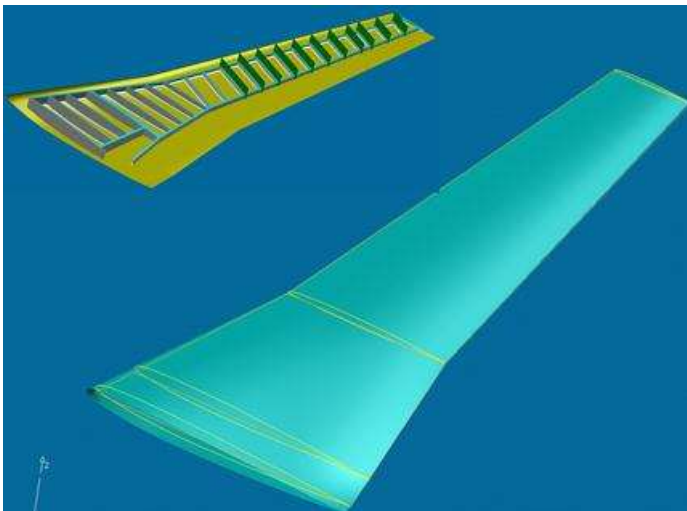
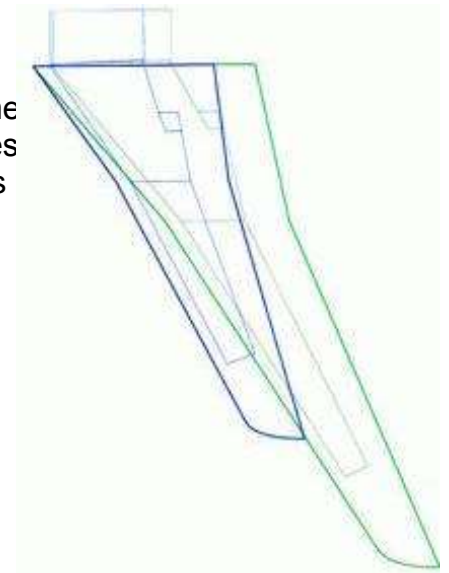
4. Une cabine pour CEO





5. Une aile de nouvelle génération

- a. Méthodologie novatrice de calcul de portance et de trainée développée par ONERA Châtillon
- b. Les ingénieurs D.A. ont recours aux algorithmes génétiques pour optimiser la forme de la voilure.
 - i. Pour le Falcon 7X, il s'agissait d'un problème d'optimisation multi critères, à 15 paramètres
 - ii. Résultat: une envergure totale de 25 mètres contre 19 pour les Falcon 900X et 2000X.
- c. Pour optimiser:
 - i. la consommation en carburant,
 - ii. le rayon d'action,
 - iii. et le coût d'exploitation.



Pour le detailed Design, Charles Edelstenne, P.D.G. de DA et C.E.O. de DS, se lance dans un pari audacieux, le plateau virtuel:

1. Co-Design distribué
2. Partage des risques et des responsabilités
3. Accès à l'ensemble des données pour tous
4. Synchronisation quasi permanente
5. Revue de design distribuée



Le plateau virtuel permet de partager le Design

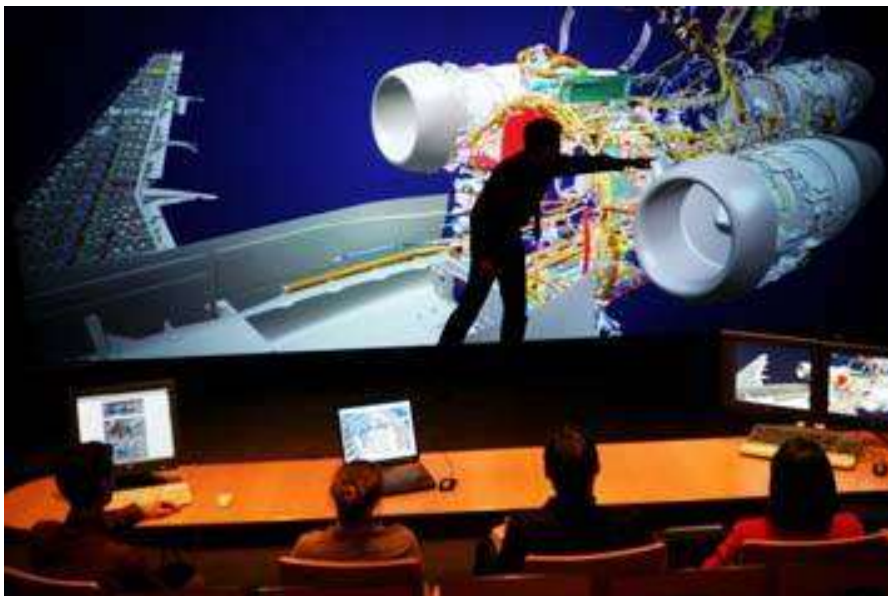


Entre tous les partenaires du projet



En septembre 2001, cinq cents personnes issues des 27 partenaires se retrouvent sur le plateau physique de D.A. Saint-Cloud pour réaliser la conception préliminaire des 50 000 pièces et pour valider les futures méthodes de travail à adopter dans le cadre d'une collaboration à distance.

Fin 2002, déjà, chacun peut rentrer chez soi, pour continuer de collaborer, à plus de 1500 ingénieurs, sur le plateau virtuel.



Chaque vendredi soir les données sont répliquées sur le site central de Saint Cloud

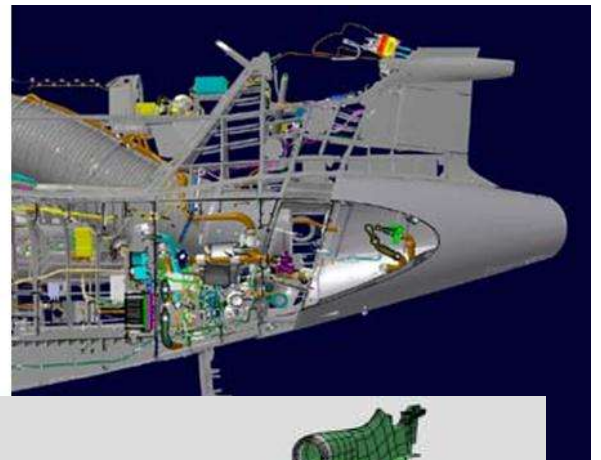


Les revues de Design simultanées du lundi

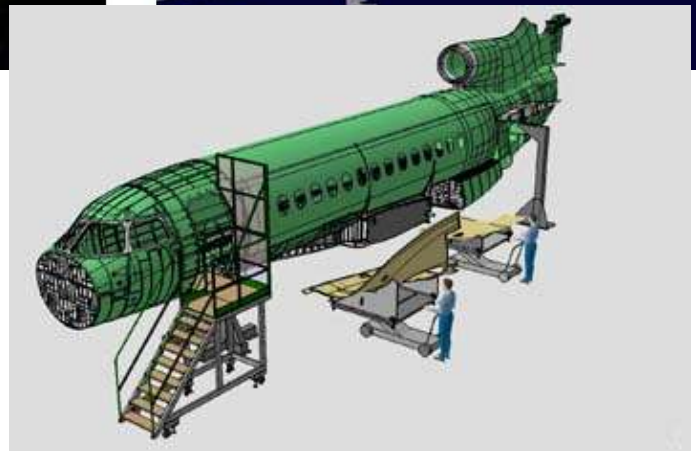


et dans lesquelles sont impliquées les équipes

1. de Design



2. de Manufacturing,



3. et de Maintenance





Permettent de faire progresser en parallèle ces trois disciplines

Le projet de plateau virtuel avait commencé dès 1999.

Et là les vraies difficultés étaient apparues:

1. Réplication des données
2. Distribution du travail
3. Mécanisme de promotion



Et le fait d'avoir comme patron du client DA
notre propre boss de DS n'était pas toujours facile à
gérer

Le projet mettra 2 ans à atteindre sa maturité

1. Mais le résultat reste remarquable

Projet DELIRE - page 10

G8 – De grands succès 2

© 2003-2017 CARAPACE



2. Aucune maquette physique pour cet avion

Les outils logiciels étaient indispensables, mais la révolution a surtout résidé dans le nouveau processus industriel:

1. Parallélisation des tâches, collaboration multi disciplines, nombre et savoir faire des ingénieurs fortement accrus.
2. Ingénierie de fabrication et de conception en simultané.
3. La maintenance, cruciale sur les avions d'affaires, est anticipée très tôt.

Les résultats ont largement validé la démarche

Le montage du premier Falcon 7X a permis une réduction considérable des cycles et des coûts des outillages de production

1. 7 mois se sont écoulés entre la fabrication des pièces primaires et la réalisation du premier avion entièrement équipé.
2. contre 14 pour un avion d'affaire classique, tel le Falcon 900



L'usine Numérique a permis l'amélioration de la qualité des pièces primaires et des processus d'assemblage

La qualité de réalisation n'avait encore jamais été atteinte pour un premier avion de série.



La numérisation des process de fabrication permet

1. L'assemblage direct et le montage meccano
2. La quasi-disparition des bâtis d'atelier, compte tenu de la concordance de positionnements des pièces



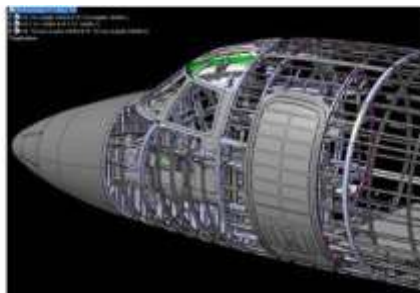
L'usine numérique permet d'abaisser le coût des assemblages par:

1. La réduction du nombre d'outillages
2. L'optimisation des gammes de production
3. La réduction importante des surfaces des ateliers



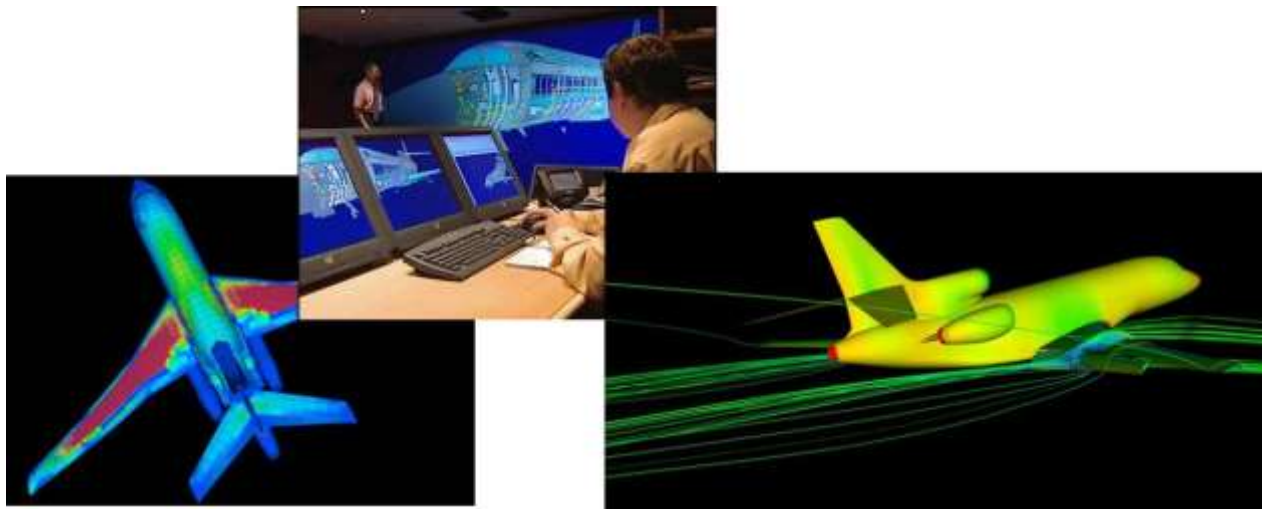
En ce qui concerne la cellule,

1. les nouvelles structures composite + métallique ont permis d'en simplifier l'architecture, et de diminuer ainsi le nombre de pièces.
2. D'où une cellule plus légère, plus résistante, conçue pour minimiser les travaux de maintenance, contribuant à l'optimisation de son temps d'utilisation.



Le Concurrent Engineering multi disciplines autour de la voilure:

1. Aérodynamique, Aéroélasticité, Taille des réservoirs
 2. R.D.M., poids et choix de matériaux composite
- a été couronné de succès en essais en vol



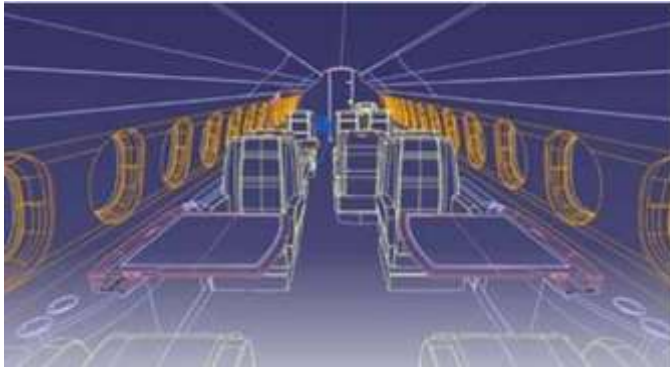
L'aérodynamique de l'avion est exceptionnelle

1. A mach 0.85, gain de trainée de 15% vis-à-vis du Falcon 900 à mach 0.8, malgré un diamètre de fuselage et une masse marchande notablement plus importants.
2. Vitesse d'approche, distance d'atterrissage remarquables.

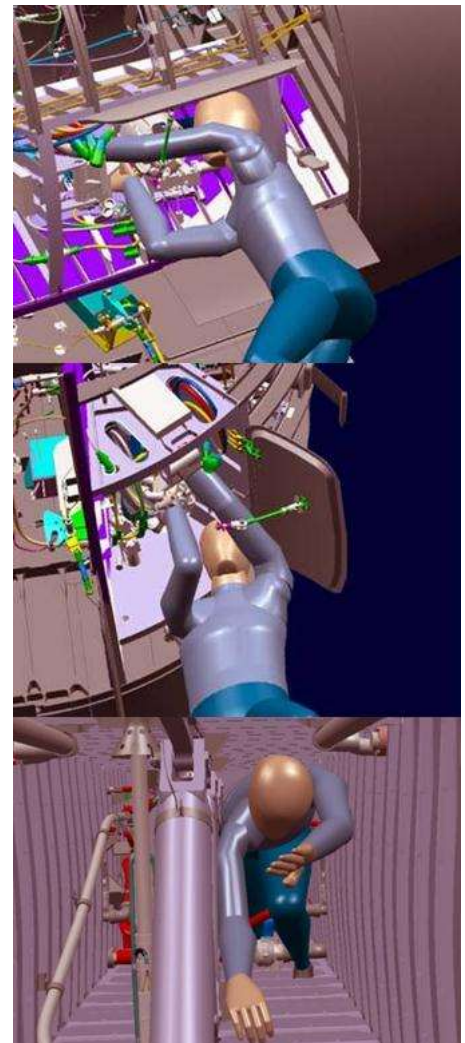


Le confort passager est lui aussi au top:

1. Pression cabine 6000 fts
2. Réduction du niveau sonore de 4 dB
3. Partition de la cabine
4. Double cabinet de toilette



La prise en compte, dès la phase de conception, des problèmes de maintenance, permet d'alléger les coûts d'entretien, argument de poids pour la vente.



Le rayon initial de 5700 Nm.



1. couvrait 95% des besoins clients
2. pour un avion plus léger
3. plus économique en carburant et en taxes d'aéroport

Il a finalement été porté à 6000 Nm, ce qui explique le retard final de 6 mois pour la première livraison à un client.



Entre la définition complète des spécifications, en 2001



FALCON 7X

Performance

Range <i>(eight passengers, three crew, NBAA IFR reserves, .80 Mach)</i>	5 700 nm
Maximum operating speed, Mmo	.90 Mach
Vmo	376 KIAS
Long Range Cruise	.80 Mach
Typical Cruise Speed	.85-.87 Mach
Maximum Certified Altitude	51 000 ft
Initial Cruise Altitude	41 000 ft
Balanced Field Length <i>(full fuel, eight passengers, three crew; Sea level, ISA)</i>	5 200 ft
Landing Distance, Typical <i>(eight passengers, three crew, NBAA IFR Reserves, sea level, FAR 91)</i>	2 350 ft
Landing Distance, Maximum Landing Weight <i>(sea level, FAR 91)</i>	3 925 ft
Approach speed, Vref <i>(eight passengers, three crew, IFR)</i>	104 KIAS
Takeoff Speed (V2) <i>(maximum takeoff weight)</i>	134 kt



Les études



Et la livraison au client, 6 ans se seront écoulés

Le premier vol a eu lieu le 5 mai 2005



La certification de l'avion a eu lieu le 27 avril 2007



Et la première livraison le 18 juin 2007



Aujourd'hui, l'usine de Mérignac tourne maintenant à plein régime pour répondre à la demande



Le 7X est le premier avion à avoir traité le cycle de vie dans sa globalité.

1. Il est un exemple parfait de conception aéronautique où la recherche d'un optimum de coût d'exploitation pour le client ne s'oppose pas à une démarche de développement durable.
2. Le 7X consommera 30 à 40 % de kérosène de moins que ses concurrents, du fait de sa masse plus faible, de son rayon d'action, de sa voilure optimisée.



Ce que nous avons appris avec le projet 7X : la mise en place d'un plateau virtuel distribué présuppose un découpage adéquat des responsabilités, en minimisant les couplages au travers d'interfaces bien ciblés.



La maturité du Relational Design a permis de converger en parallèle forme de voilure et développement de structure



Le projet a permis de faire progresser en parallèle DA et DS



Le Falcon 7X, 6 ans plus tard

200^{ème} exemplaire sorti des chaines. Une seconde ligne d'aménagement à Mérignac

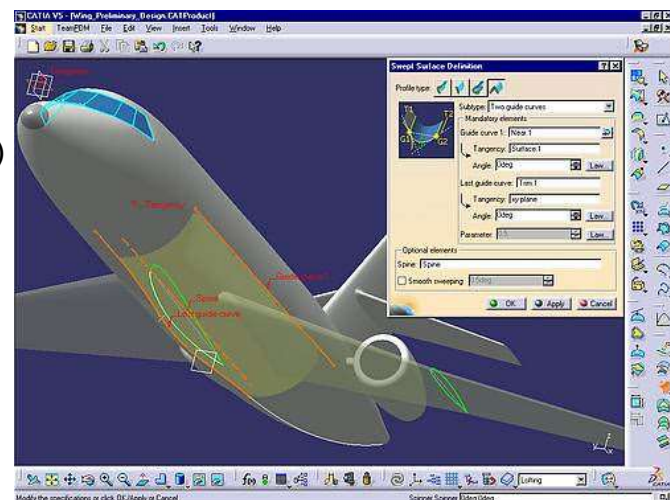
Un seul incident :

1. 25 mai 2011
 - a. Fonctionnement du compensateur de profondeur du 7X S/N 116
 - b. Prise d'assiette à cabre de 38°, forte prise de G
2. La flotte clouée la flotte au sol pendant plusieurs mois
3. By-pass correctif
4. Puis identification de la cause de la panne



Les clients

1. Le plus rapide de sa catégorie: mach 0.9
2. Le silence en cabine (- 4 dB vs F900)
3. La pressurisation - WIFI
4. Douche (défi technique d'évacuation d'eau)
5. Triréacteurs: pas de contrainte Etaps (moins de 3 h d'un aéroport)
6. Approche à forte pente, atterrissage n'importe où (LCY, London City).
7. Flexibilité d'emploi
8. Stabilité (CDVE, niveau de vol 430 au-dessus des turbulences)



Pilotes

1. Confortable à piloter
2. Simples à maîtriser
3. Certifié EFVS, atterrissage sans quasi visibilité
4. Enveloppes de vol, un vrai plus en terme de sécurité



La différence entre les deux projets

En 1961 (Mystère 20)

1. Il n'y a pas beaucoup de méthodes pour concevoir un avion
2. Une fois les grands choix définis par tonton Marcel
3. Appliquer des formules apprises en école d'ingénieur, pour obtenir:
 - a. le dimensionnement des pièces,
 - b. la forme de la voilure,
 - c. et les caractéristiques de poussée des moteurs.

Marcel était grand



En 2001 (Falcon 7X)

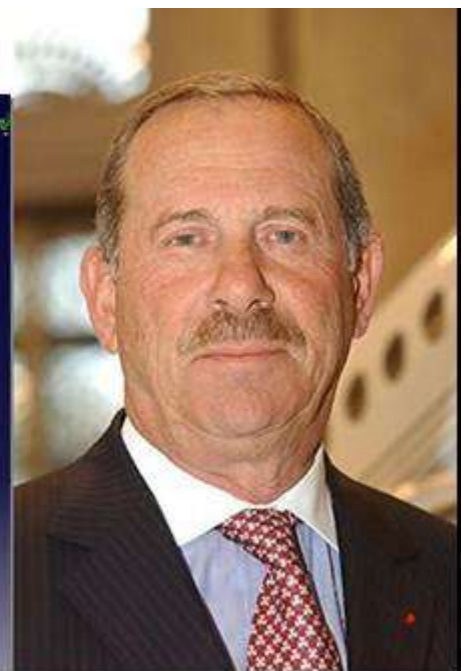
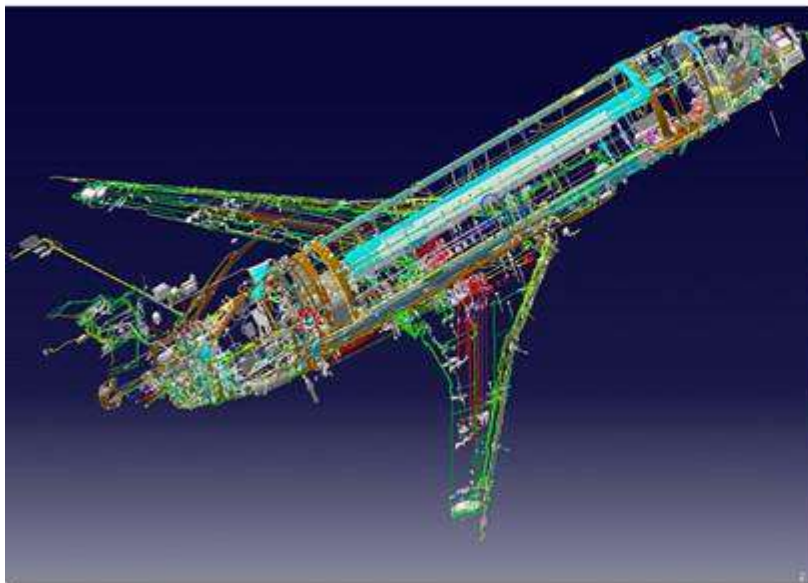
1. Tas de paramètres et de disciplines à prendre en compte
2. Explorer des tas de solution, et optimiser en faisant des compromis
3. Ce qui impose nombre d'acteurs important, et savoir-faire variés

Projet compliqué: gérable, dans un temps parfois assez long, par un individu particulièrement brillant.

Projet complexe: personne ne maîtrise l'ensemble du système.

Nécessité d'un outil de pilotage fédérateur, le PLM

Et Charles, tu peux être fier de toi



Cocorico



En 2007, Regina Dugan, patronne de DARPA (l'organisme américain qui gère l'ensemble des grands programmes fédéraux), est venue en France pour rencontrer Bernard Charlès, patron actuel de DS et Jacques Pellas, le patron du Falcon 7X, pour comprendre pourquoi le PLM avait permis à Dassault Aviation de sortir le Falcon 7X dans les temps



Bien sûr, je vais commencer par expliquer que ce succès est dû à l'utilisation des outils de DS, à commencer par CATIA. Mais cette explication ne tient pas, puisque Boeing a également utilisé les mêmes outils pour le B787.

Pour moi 3 explications

1. Un patron de Dassault Aviation (Charles Edelstenne) qui croyait en la démarche
2. Un patron de Dassault Systèmes (Charles Edelstenne) qui a adapté les outils au processus du client
3. Une équipe de taille encore manageable (1500 ingénieurs) à comparer aux 10000 ingénieurs impliqués dans les programmes A380 ou B787.

