

**ATELIER SUR LES MESURES OPÉRATIONNELLES
VISANT AUX ÉCONOMIES DE CARBURANT ET À LA
RÉDUCTION DES ÉMISSIONS EN AÉRONAUTIQUE**

**Le comité d'efficacité
énergétique et le système de
mesure des événements**

Juan Polyméris

Dr. sc. techn. ETHZ

Swiss International Air Lines Ltd.



Mission du comité d'efficacité énergétique

→ Le but principal consiste à **réduire la consommation de carburant** et les coûts inhérents sans nuire à la sécurité, à réduire le bruit et les émissions dans la communauté et à optimiser la masse opérationnelle des avions.

→ Nous avons identifié plusieurs mesures d'économie de carburant faisant appel à des solutions opérationnelles et techniques élaborées, à des procédures holistiques et à un changement de comportement progressif au sein de **swiss**, et nous sommes le **centre de compétences** en matière de perspectives opérationnelles touchant les économies de carburant et les réductions d'émissions.

→ Le comité d'efficacité énergétique a été mis sur pied en juin 2000 (chez swissair, jusqu'à la disparition de notre compagnie).



Mission du comité d'efficacité énergétique (suite)

→ Responsable : les Opérations de vol, un comité composé de dix spécialistes de **swiss** pleinement appuyé par la gestion.

→ Nous avons identifié des économies de carburant récurrentes de l'ordre de **6+ M\$**; équivalent à **20 000+** tonnes de **carburant** ou à 60 000+ tonnes d'émissions de **CO²** (ce qui correspond à une 'valeur sur le marché' de plus de 600 000 \$, en supposant une pénalité minimale de 10 \$ par tonne de CO²).

→ Nous sommes sur la bonne voie et croyons même pouvoir dépasser cet objectif grâce à la mise en œuvre de nouvelles idées et au recours aux meilleures façons de faire qui soient. L'amélioration du **processus** est une condition nécessaire pour en arriver à des économies de carburant et à une réduction des émissions.



Mission du comité d'efficacité énergétique (suite)

→ Actuellement, nous sommes contraints de minimiser nos activités - manque de ressources, nouvelle compagnie, etc. - et nous avons décidé de nous concentrer principalement sur la mise en oeuvre du **système de mesure des événements** (EMS) et sur des mesures opérationnelles visant à des économies de carburant pendant la phase de croisière des vols (c'était déjà le cœur de mon message à Madrid!).

→ Ces perspectives opérationnelles sont réelles, quantifiables et durables, et elles constituent la façon la plus immédiate de minimiser les émissions des avions et d'augmenter la charge marchande.

→ De plus, ces mesures opérationnelles présentent moins de problèmes juridiques, économiques et techniques que les autres approches.



Quelques faits (ordre de grandeur)

→ **+1 % de la consommation de carburant** de la flotte d'A330 ou A340 ⇒

w**1+ M\$ / an** de coûts récurrents.

→ **+100 kg (augmentation de masse)** d'un A340-300 ⇒

w**500 000+ \$ par an** de coûts récurrents

(flotte complète d'A340; carburant et fret).

→ **+/- 1/100 de nombre de Mach** pour un A340-300

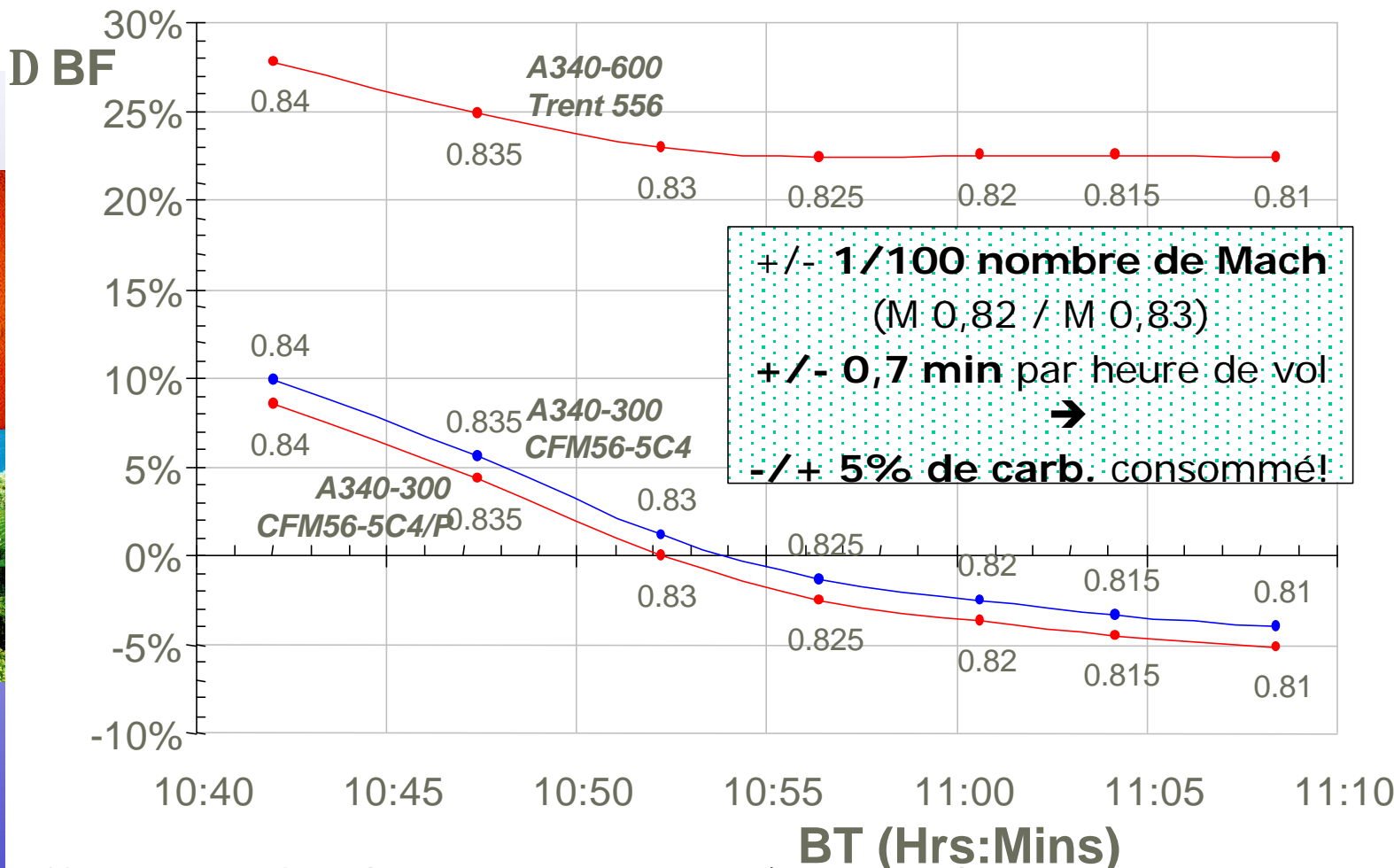
(0,82 ⇔ 0,83) ⇒

◆ **+/- 0,7 min** par heure de vol ⇒

◆ **+/- 5% de carburant consommé.**



A340-300 ... échange temps contre carburant ... économies de carburant!



+/- 1/100 nombre de Mach (M 0,82 / M 0,83)
 +/- 0,7 min par heure de vol
 →
 -/+ 5% de carb. consommé!



Charge marchande passagers max. / secteur de 5 000 nm
 +1% consommation carburant, flotte A340 = +1M\$



Problème et solution

→ Problème : manque de **données et de chiffres** opérationnels et techniques pour ‘convaincre’ les équipages de conduite et la gestion – mieux sensibiliser aux coûts et à l’environnement en général – fournir des preuves des **possibilités** et **contrôler** les bénéfices récurrents.

→ Solution : mise en œuvre du **système de mesure des événements** (outil d’analyse ADAS, principalement débit carburant, vitesses, temps, distances air et sol, vents, masses, etc.) + renseignements de vol additionnels et savoir-faire / confiance.

→ Conclusion : ‘**matériel**’ + ‘**logiciel**’ plus **continuité**.



Le système de mesure des événements

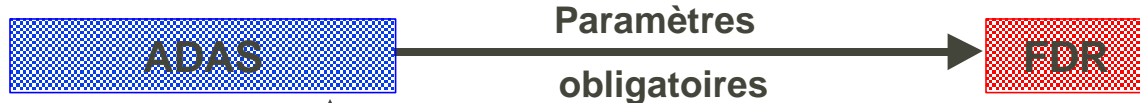
→ L'**EMS** – un outil très puissant conçu pour les opérations de vol et l'assurance de la qualité de la maintenance – ne fait pas que détecter les événements, car il mesure également les paramètres techniques et opérationnels du vol.

→ Ce système expert permet à une compagnie aérienne de comprendre dans quelles conditions ses avions volent et permet également aux opérations de vol et au responsable de la maintenance d'étayer facilement les exigences en matière de renseignements des divers services techniques.

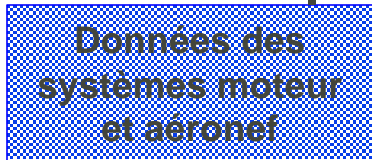
→ Nous espérons voir l'EMS devenir le cœur de notre outil d'analyses statistiques et opérationnelles / notre centre de compétence ↔ lien avec les opérations de vol DWH.



Système d'acquisition de données d'aéronef (ADAS)



Paramètres requis



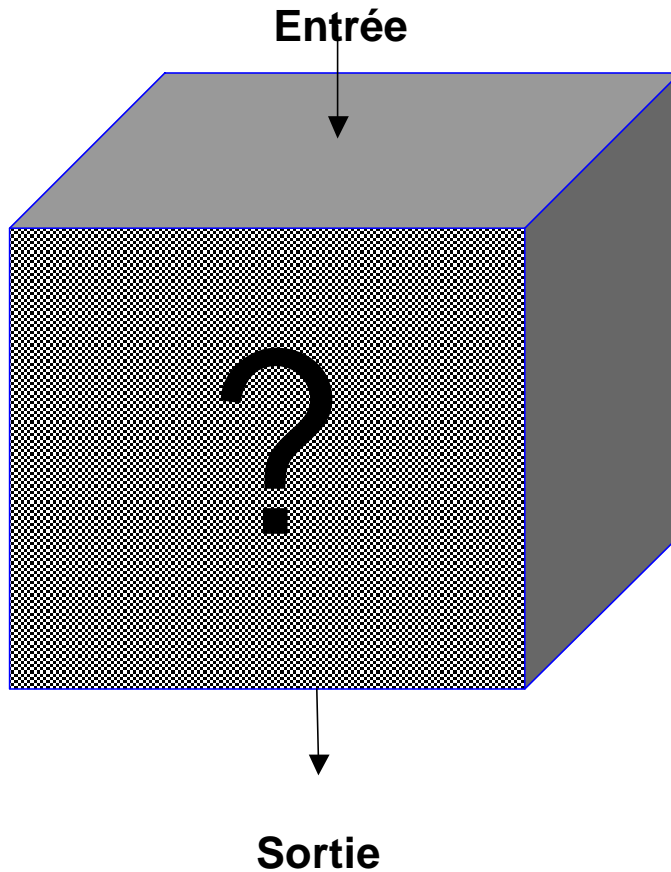
- Accéléromètre trois axes
- Unité de gestion des données
- Environ 1 500 paramètres enregistrés chaque seconde!

- Enregistreur phonique (CVR)
- Enregistreur de données de vol (FDR)
- Environ 250 paramètres

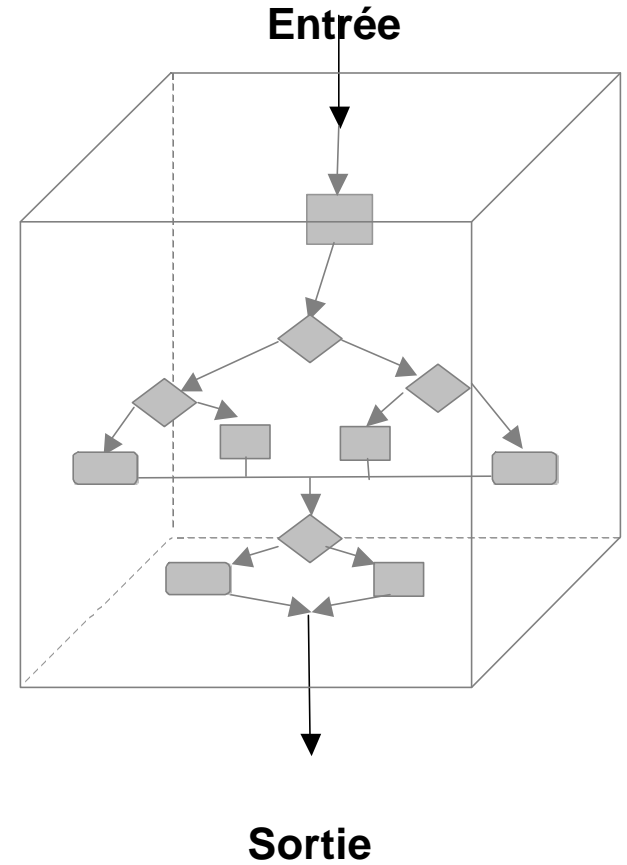


Le système de mesure des événements (suite)

Boîte opaque



Boîte transparente





Flight Data Warehouse

File Edit Find Window Help

Downloads Database

Last Download: 5:58 PM Jul 31
 Number of Downloads: 143
 Number Unsuccessful: 8

Automatic Data Collection

Collection Locations: View or modify the locations from which flight data is collected.

Review Unsuccessful: Manage the list of unsuccessful data collection.

Disable Collection: Enable or disable automatic data collection.

Explore the Database of Collected Downloads

Profile 46: OSP PROFP Fuel Test - Measurements Explorer - EGT LP

File Edit Cancel Plot View Window Help

Analysis Summary Flight Record Tables 20 Chart 30 Chart Cancel Plot (Main 1)

Average EOTLU (degC)

440
430
420
410
400
390
380
370
360
350

HB-10A HB-10B HB-10C HB-10D HB-10E HB-10F HB-10G HB-10H HB-10I HB-10J HB-10K HB-10L HB-10M

Tail Number

Copyright 1999-2001, Austin Digital, Inc. Profile 46: OSP PROFP Fuel Test SWRDEM SWR

Dépôt de données de vol

Automated Parameter Measurement

File Edit Library Profile Search View Help

Profile 12 Profile 13 Profile 14 Profile 15 Profile 16 Profile 17 Profile 18 Profile 19 Profile 20 Profile 21 Profile 22 Profile 23 Profile 24
 Profile 25 Profile 26 Profile 27 Profile 28 Profile 29 Profile 30 Profile 31 Profile 32 Profile 33 Profile 34 Profile 35 Profile 36 Profile 37
 Profile 38 Profile 39 Profile 40 Profile 41

Monitoring Profiles

1. Description
 3. EMS Approach &
 4. EMS Engines
 5. EMS Flight Cont
 6. EMS Flight Dyna
 1. EMS Flight Safel
 7. EMS Fuel Econo
 10. EMS Hard Landi
 8. EMS Maintenance
 9. EMS Navigation

APM Testeur 6319-112.07M

File Edit

Profile Altitude (feet)

4000
3000

Measurements

- 3. Altitude 39007 feet
- 4. Altitude 0AE
- 100 Altitude 39609 feet
- Plan Headwind -35.7649 knots
- Plan Crosswind -16.1123 knots
- Plan Cruise Mach 0.775353 M
- Delta PQ for Cruise 2252.89 Kg
- Delta Fuel Score -9.4243 %
- Fuel Used (Integral) predicted at TOC 2463.79 kg

Copyright 1990-2001, Austin Digital, Inc. Profile 27: OSP PROFP Fuel Monitoring and Wind SWRDEM SWRDEMOT5ybop

Mesures de paramètres automatiques APM

Testeur APM

Visualiseur de données de vol (tracé/liste)

→ **Dépôt et analyse des données de vol**

- ◆ collecte des données de vol et préparation en vue de leur analyse, et exploration de la base de données de résultats.

→ **Détection des événements**

- ◆ recherche automatique dans toutes les données de vol entrantes d'événements prédéfinis par l'utilisateur (bibliothèque de configurations).

→ **Mesures des paramètres et visualiseur des données de vol**

- ◆ logiciel de détection et de mesure de presque toutes les facettes du vol;

p. ex. la vitesse vraie moyenne en montée en fonction du taux de montée, le nombre de Mach moyen pendant les cinq premières heures, une fois la montée terminée, etc.



Le système de mesure des événements (suite)

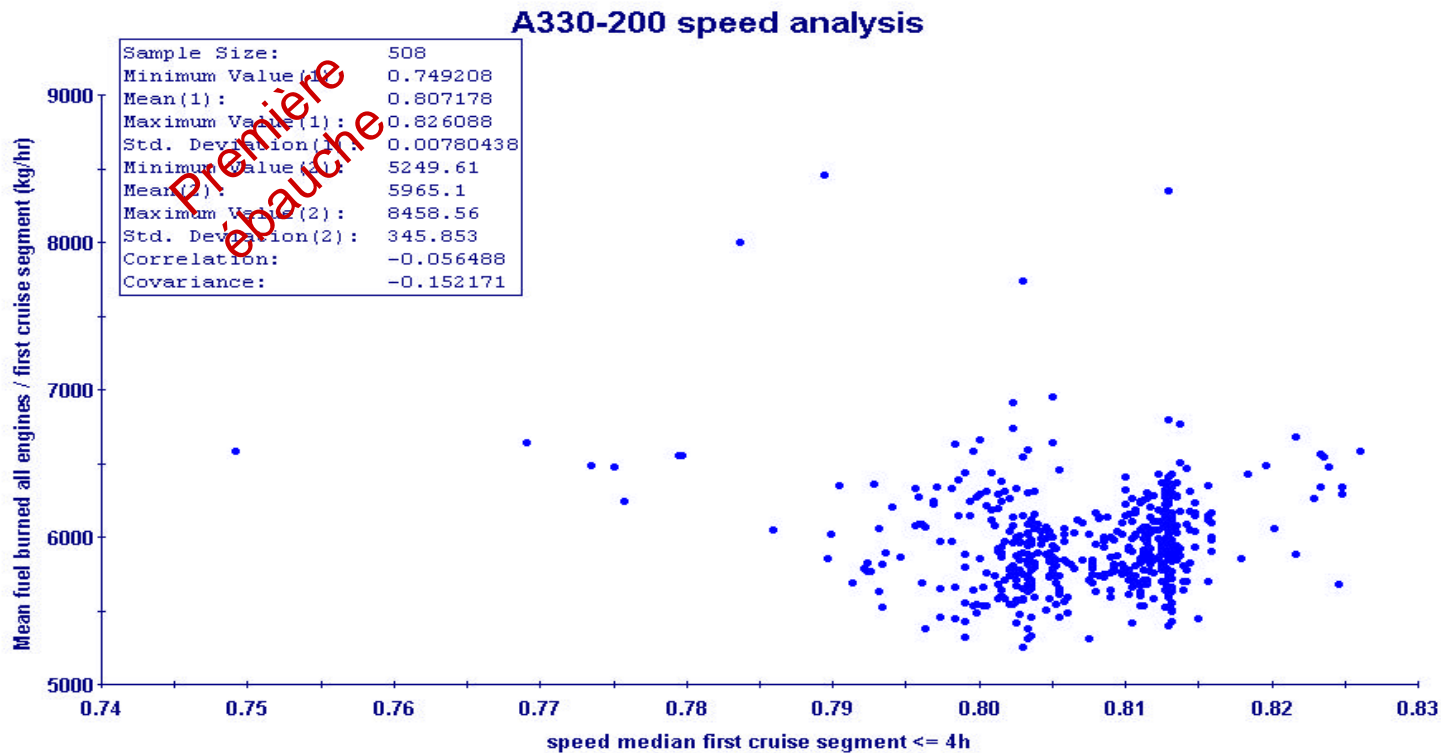
→ **Ne mesure pas que le carburant, mais aussi :**

vitesse, temps, attentes, rendement des systèmes, mauvais fonctionnements et surveillance, communications / navigation, distances statistiques air et sol, routes, vents, masses, centrage, températures, réglages de poussée, émissions des moteurs, valeurs empiriques, indicateurs de performances clés,
etc. ...

et ... débit carburant, carburant utilisé, carburant à bord, carburant convoyé, erreur carburant etc.

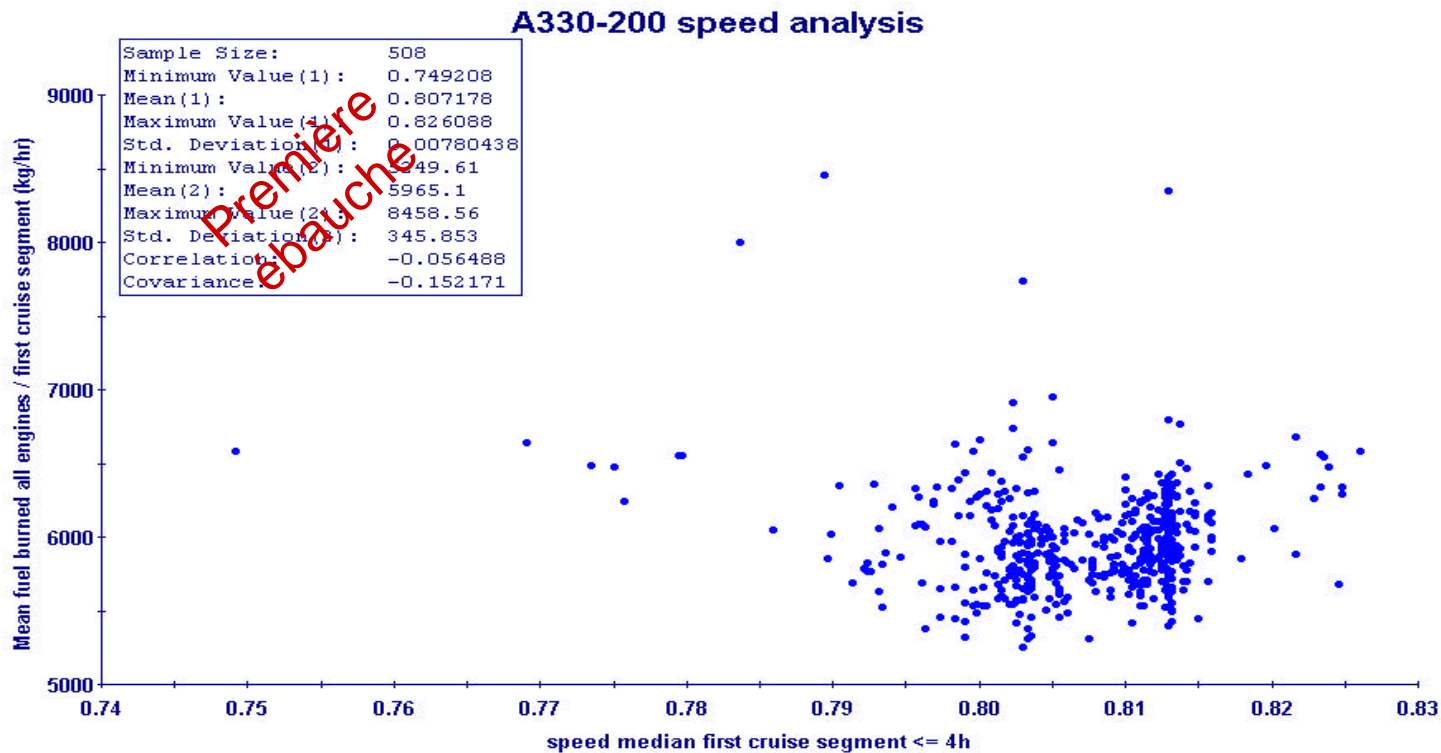


Analyse de la vitesse de croisière d'un A330-200 en fonction de la consommation horaire de carburant



... premier segment de la croisière <= 4h

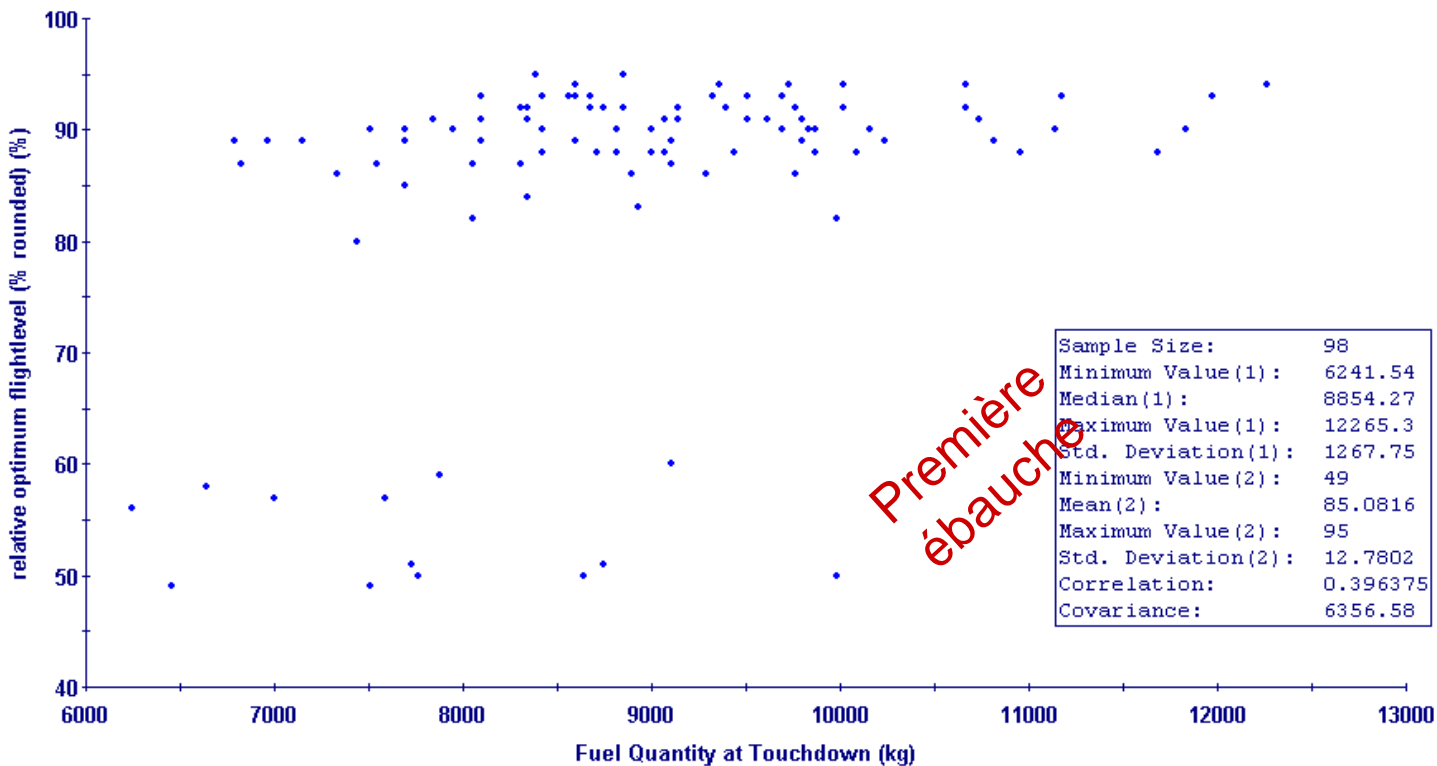
Analyse de la vitesse de croisière d'un A330-200 en fonction de la consommation horaire de carburant



... dernier segment de la croisière <= 4h

Carburant restant dans un A330-200 sur AUH, DXB, RUH & DEL

A330-200 fuel on board remaining at touch down



... niveaux de vol optimaux et non optimaux



Le travail accompli par le comité d'efficacité énergétique

→ **La masse des avions** est un facteur très important pour ce qui est de la consommation de carburant. En plus de la masse à vide et de la charge marchande (passagers et fret), le carburant dans les réservoirs et les produits nécessaires au service en vol contribuent à la masse totale.

→ Toutes les parties au sein du Groupe sont constamment à la recherche de moyens permettant de réduire la masse; p.ex.

Mise en service de l'A340-300 / spécification et garanties de la masse, réapprovisionnement flexible en eau potable, pose d'un système de séchage permettant d'éliminer l'humidité des matelas isolants, politique de carburant JAR-OPS, réduction de masse des ULD, articles excédentaires de service aux passagers, etc.



Le travail accompli par le comité d'efficacité énergétique (suite)

→ Nos travaux ont montré que les mesures de **réduction de la masse** sont celles qui ont l'impact le plus significatif sur l'environnement (sans causer d'effets secondaires 'problématiques').

→ Lancement du processus de '**contrôle**' de la masse de l'A340-300;

→ **Réduction des coûts;**

p. ex. outil de meilleure gestion du carburant convoyé
– réduction annuelle de 2+ M\$ des coûts récurrents –
nouvel outil de comparaison des routes et
redevances de survol optimisées etc.



Le travail accompli par le comité d'efficacité énergétique (suite)

→ Points techniques; p. ex.

Garanties de conservation des performances de l'A340-300 / CFMI, lavage des moteurs d'A340 et de MD11 (déjà fait pour les A320/A330), meilleurs calculs du CdG (A340), temps de fonctionnement de l'APU, etc.;

Contribution au processus de décision de montage en rattrapage, à savoir montage en rattrapage de moteurs 'améliorés' CFM56-5CP ⇒ au moins **1% d'amélioration au niveau de consommation de carburant et émissions réduites** (prétention et garantie de CFMI).

Additifs de carburant pour réduire les émissions au sol, etc.



Le travail accompli par le comité d'efficacité énergétique (suite)

→ Mesures opérationnelles; p. ex.

nouvelle réduction de vitesse de pointe des long-courriers, procédure OACI B et approche en descente continue,

meilleure optimisation des plans de vol et calculs de nombre de Mach variables en croisière, utilisation des meilleures hypothèses au moment de la planification;

p. ex. masse réelle sans carburant et OFP à la dernière minute

réduction du carburant restant à bord à l'atterrissage à l'aéroport d'attache, etc.



→ 'L'idée' :

La vérification (de 2000) de la consommation de carburant de nos MD11 a révélé un régime HSC moyen bien au-dessus de **40 %** dont la moitié pourrait être ramenée à une vitesse normale, ce qui se traduirait par des économies annuelles admises d'au moins **3+ M\$** (pénalité sur le fret non quantifiée).

Faits et chiffres sur la croisière – au-dessus du FL290 – avec des vitesses supérieures à celles de la 'croisière normale' – **nombre de Mach > 0,83** ou **> 0,82** :

MD11 (2000) > **0,83** :

- ~ **30 %** jusqu'à plus de **50 %**
- ÷ moins de **20 %** (2001)



Réduction des vitesses élevées des long-courriers (suite)

A330-200 (2000) > **0,82** :

- 'meilleure supposition' > **30 %**
- ÷ moins de **10 %** (2002),

→ But : garantir **de meilleures façons de faire et une meilleure transparence** en matière de **consommation de carburant, de ponctualité**, etc.

→ Introduction d'une **politique relative aux vitesses élevées** (manuels d'utilisation et de route des A320/A330/A340 et MD11) :



Réduction des vitesses élevées des long-courriers (suite)

→ **Priorité 1** en vol – d'après les TOI – les procédures à **vitesse élevée** s'appliquent **quand cela est possible**.

→ **Priorité 2** en vol – **Vitesses élevées utilisées seulement si elles s'imposent** pour respecter des exigences opérationnelles données à l'équipage par télex, TOI, ACARS ou tout autre moyen.

→ Arrivée **en dehors** de la fenêtre 'À l'heure', à savoir **STA + 15 min** à la porte d'embarquement.

→ Autres raisons (p. ex. temps de déplacement court, couvre-feu, créneaux en route, etc.).



Réduction des vitesses élevées des long-courriers (suite)

→ «Il n'est absolument pas question de continuer à voler en HSC, une fois que l'ETA révisée respecte l'horaire (à moins d'instruction contraire du contrôle des opérations).

Cela est particulièrement vrai pour nos arrivées tôt le matin à ZRH. **Veillez gérer votre vitesse en conséquence**».

(CdB Martin Rau, chef-pilote de MD11, vitesse contre ETA dans nos efforts visant à améliorer la ponctualité).

→ Cela devrait aider de nombreuses compagnies à améliorer leur efficacité énergétique.

Nous sommes convaincus que la meilleure façon de réduire les émissions se fonde sur l'hypothèse d'une **réduction de la consommation de carburant** principalement en croisière.



Réduction des vitesses élevées des long-courriers (suite)

→ «Comme les procédures à **vitesse élevée** entraînent une augmentation de la consommation de carburant, toute décision de voler à des vitesses plus élevées que celles de croisière normale ne doit être prise qu'après étude soigneuse de **tous** les facteurs» (exigences liées aux passagers, ponctualité, économie de carburant, etc.)

...

→ «L'application partielle des procédures à vitesse élevée (p. ex. index de coût variable, **montée** à vitesse élevée uniquement, **descente** à vitesse élevée uniquement, etc.) **suffisent** souvent à respecter les exigences indiquées plus haut».

(extrait RM A320/A330/A340)



Réduction du carburant restant à l'atterrissage


→ 'L'idée' :

Notre analyse – le carburant restant à bord des A330-200 à l'atterrissage, avant et après l'introduction de la politique JAR-OPS en matière de carburant – a montré une réduction de 500 kg par vol long-courrier, ce qui s'est traduit par une économie annuelle admise d'au moins **500 000+ \$**, etc.


→ Un sondage sur les vols long-courriers en MD11 a montré un **excédent moyen de carburant** pour les vols NAT de l'ordre de **2,5 t** avec des prévisions météo 'bonnes' et stables.



Réduction du carburant restant à l'atterrissage (suite)



→ Il est donc clair que des économies additionnelles de l'ordre de **500 000+ \$** peuvent être réalisées sur l'ensemble de la flotte, grâce à une réduction de 2,5 t à 1,8 t du carburant supplémentaire (flotte de MD11).



→ Notre analyse du carburant restant à bord des A330 sur DEL et DXB a montré une moyenne égale à **8 400 et 9 200 kg** à l'atterrissage – y compris **1,5 t de carburant imposé par la compagnie** – moins de **5 %** ayant moins de **6,4 tonnes** restant à bord.



Réduction du carburant restant à l'atterrissage (suite)

→ Nous nous attendons à une amélioration notable après la mise en œuvre des RVSM (minimums réduits d'espacement vertical).

→ **Des faits et des chiffres fiables** sont nécessaires pour identifier les mesures opérationnelles et les bénéfices correspondants en matière d'économies de carburant en croisière par réduction de la masse de carburant – supplémentaire – dans les réservoirs.

⇒ pour le moment, aucune autre recommandation sur la réduction du carburant restant, imposé par la compagnie et supplémentaire.



«logiciel contre matériel»

«logiciel»

réduction des vols à vitesse élevée

Comité d'efficacité énergétique

et nouvelles idées optimisation des plans de vol

réduction du carburant supplémentaire

Système de mesure des événements / outil d'analyse des données carburant

procédure OACI B

surveillance carburant A330/A340 ...

sensibilisation aux coûts et à l'environnement

lavage moteur

réduction de masse des ULD

«matériel»



Merci!



Volet Opérations aériennes
Ottawa, 5-6 novembre 2002